



ESTUDO DE COBRANÇA PELO USO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE - Relatório Final Consolidado -

Março /2022



ESTUDO DE COBRANÇA PELO USO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE

- Relatório Final Consolidado -

CONTRATANTE:

ELABORAÇÃO E RESPONSABILIDADE:



De Curitiba/PR para Brasília/DF
Março / 2022

APRESENTAÇÃO DA EQUIPE

Coordenação Geral

Daniel Thá | *Economista*

Coordenação Técnica

André Luciano Malheiros | *Eng. Civil*

Coordenação Executiva

Helder Rafael Nocko | *Eng. Ambiental*

Equipe Técnica

André Luciano Malheiros | *Eng. Civil - Especialista II*

Daniel Thá | *Economista – Especialista I*

Helder Rafael Nocko | *Eng. Ambiental. – Especialista IV*

Leonardo Mitre Alvim de Castro | *Eng. Civil – Especialista V*

Marcelo Ling Tosta da Silva | *Economista – Especialista III*

Mirna Luiza Cartopassi Lobo | *Arq. Urbanista – Especialista VII*

Nilo Aihara | *Eng. Civil – Especialista VI*

Equipe Complementar

Thiago André Guimarães | *Eng. Produção e Economista*

Tiago Aparecido Perez Vieira | *Eng. Ambiental*

Gestor de Contrato

Paulo Henrique Costa | *Analista Ambiental*

<i>Revisão</i>	<i>Data</i>	<i>Descrição Breve</i>	<i>Ass. do Autor.</i>	<i>Ass. do Superv.</i>	<i>Ass. de Aprov</i>

ESTUDO DE COBRANÇA PELO USO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE			
Relatório Final Consolidado, incluindo Produtos Parciais 1, 2 e 3			
Elaborado por: Equipe EnvEx – Ferma		Supervisionado por: Helder Rafael Nocko	
Aprovado por: Daniel Thá	Revisão	Finalidade	Data
	02	03	23/03/2022
Legenda Finalidade: [1] Para informação [2] Para comentário [3] Para aprovação			
 		Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico CEP 80.210-190 Curitiba – PR Tel: (41)3053-3487 envex@envexengenharia.com.br www.envexengenharia.com.br	

APRESENTAÇÃO

Apresentamos à Agência Nacional de Águas e Saneamento, o Relatório Final Consolidado do Estudo de subsídio à implementação da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Grande, referente ao Contrato nº 008/2021/ANA, em conformidade com o Projeto Básico do Edital de Concorrência nº 02/ANA/2019, Processo nº 02501.002454/2019-18. Este relatório congrega os produtos parciais 1, 2 e 3.

Daniel Thá
Economista, Msc
Coordenador Geral

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	28
1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO GRANDE E DOS USOS DAS ÁGUAS SOB DOMÍNIO DA UNIÃO.....	32
1.1. Bacia Hidrográfica do Rio Grande.....	32
1.2. Conhecimento dos setores usuários de recursos hídricos.....	35
1.2.1. Caracterização dos pontos de outorga (usuários)	37
1.2.1. Caracterização dos volumes outorgados	57
1.2.2. Panorama geral dos usuários de domínio da União	74
1.3. Principais desafios identificados pelo PIRH-Grande.....	77
2. DISCUSSÕES COM ATORES-CHAVE	84
2.1. Pesquisa com usuários.....	84
2.2. Entrevistas com atores-chave.....	89
3. DEMANDAS FINANCEIRAS PARA A GESTÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	97
3.1. Gestão de recursos hídricos e apoio ao Comitê de Bacia Hidrográfica.....	98
3.1.1. Orçamento do Plano e seus instrumentos de gestão.....	98
3.1.2. Comparação do orçamento do PIRH-Grande.....	102
3.2. Manutenção do Comitê de Bacia e da Entidade Delegatária	105
3.3. Ações complementares ao PIRH-Grande - Agenda Setorial.....	106
3.3.1. Universalização da coleta e tratamento de esgoto.....	110
3.3.2. Controle de perdas de água na distribuição	113
3.3.3. Promoção do reúso da água na agricultura irrigada	114
3.3.4. Infraestrutura natural - Serviços ecossistêmicos hidrológicos	116
4. CENÁRIOS DO PAPEL DA COBRANÇA NO ATENDIMENTO ÀS DEMANDAS FINANCEIRAS	121
4.1. Papel da cobrança no financiamento das demandas financeiras	123
4.1.1. Financiamento da gestão de recursos hídricos e apoio ao Comitê de Bacia Hidrográfica	123
4.1.2. Financiamento da manutenção do Comitê de Bacia e da Entidade Delegatária	125

4.1.3.	Financiamento das ações complementares ao PIRH-Grande - Agenda Setorial	125
4.2.	Definição dos cenários e objetivos	133
4.2.1.	Cenário 1 - Foco nos rios federais.....	134
4.2.2.	Cenário 2 - Foco nas priorizações específicas de cada atividade.....	136
4.2.3.	Cenário 3 - Foco nas áreas críticas em qualidade e quantidade	138
4.2.4.	Cenário 4 - Foco nas áreas críticas em quantidade	140
4.2.5.	Cenário 5 - Foco nas áreas críticas em qualidade	141
4.2.6.	Cenário 6 - Sem recursos disponíveis para orçamentos associados.....	143
4.3.	Síntese dos cenários e preços unitários básicos	144
5.	CENÁRIOS FINAIS, VALORES-OBJETIVO E BENEFÍCIOS POTENCIAIS	147
5.1.	Estimativa de custeio da Entidade Delegatária	148
5.2.	Valores-Objetivos por cenário	156
5.3.	Benefícios potenciais gerados pela Agenda Setorial nos cenários de cobrança.....	159
5.3.1.	Universalização da coleta e tratamento de esgoto.....	159
5.3.2.	Controle de perdas de água na distribuição	163
5.3.3.	Promoção do reúso da água na agricultura irrigada	166
5.3.4.	Infraestrutura natural - Serviços ecossistêmicos hidrológicos	169
5.4.	Síntese dos benefícios potenciais gerados pela Agenda Setorial nos cenários de cobrança.....	181
6.	RELAÇÕES ECONÔMICAS DO USO DA ÁGUA	185
6.1.	Associação de outorgas e atividades econômicas.....	187
6.1.1.	Atividades econômicas usuárias	187
6.2.	Contas Econômicas Ambientais da Água	197
6.3.	Estimativas de DAP e de eficiência hídrica para as atividades econômicas usuárias.....	200
6.3.1.	Atividade de abastecimento humano.....	200
6.3.2.	Atividade de agricultura irrigada	207
6.3.3.	Atividade industrial	227
6.3.4.	Demais atividades econômicas usuárias.....	237
6.4.	Identificação das possíveis reduções de usos.....	239

6.4.1.	Consolidação das relações econômicas	239
6.4.2.	Efeito incitativo potencial	241
7.	ESTUDOS ECONÔMICOS - MODELO DE OTIMIZAÇÃO DA COBRANÇA.....	247
7.1.	Definições para a modelagem econômica.....	248
7.1.1.	Conjuntos.....	249
7.1.2.	Definição dos parâmetros	251
7.1.3.	Concepção e implementação do modelo	257
7.1.4.	Configurações de análise (CA)	262
7.2.	Resultados por configuração de análise.....	263
7.2.1.	Resultados para a CA-1	264
7.2.2.	Resultados para a CA-2	273
7.2.3.	Resultados para a CA-3	282
7.2.4.	Resultados para a CA-4	291
7.2.5.	Resultados para a CA-5	300
7.2.6.	Resultados para a CA-6	309
7.2.7.	Resultados para a CA-7	318
7.3.	Análise dos resultados do modelo.....	326
8.	PROPOSIÇÃO DE MECANISMOS E VALORES PARA O CBH-GRANDE	334
8.1.	Proposição de mecanismos de cobrança	337
8.1.1.	Diferenciação por local crítico - Captação e lançamento.....	338
8.1.2.	Mecanismo para lançamento - Diferenciação por setor usuário	342
8.1.3.	Mecanismo para captação - Diferenciação por setor usuário.....	346
8.1.4.	Diferenciação por sazonalidade	357
8.1.5.	Diferenciação por grande porte.....	358
8.1.6.	Diferenciação por pequeno porte	360
8.1.7.	Critérios complementares.....	366
8.2.	Síntese dos mecanismos de cobrança	372
9.	SIMULAÇÕES DOS CENÁRIOS DE COBRANÇA.....	379
9.1.	Simulações detalhadas por cenários	380

9.1.1.	Cenário 1 - Foco nos rios federais.....	380
9.1.2.	Cenário 2 - Foco nas prioridades específicas	382
9.1.3.	Cenário 3 - Foco nas áreas críticas em qualidade e quantidade	383
9.1.4.	Cenário 4 - Foco nas áreas críticas em quantidade	385
9.1.5.	Cenário 5 - Foco nas áreas críticas em qualidade	387
9.1.6.	Cenário 6 - Sem recursos disponíveis para orçamentos associados.....	389
9.2.	Síntese comparativa das simulações	392
9.3.	Comparações entre mecanismos de cobrança.....	397
9.3.1.	Breve apresentação de outros mecanismos de cobrança.....	398
9.3.2.	Simulações de cobrança no Grande com outros mecanismos	403
10.	ENCAMINHAMENTOS DO ESTUDO	412
10.1.	Estratégia de implementação da cobrança e mecanismos de monitoramento	412
10.1.1.	Definição dos objetivos da cobrança na bacia	414
10.1.2.	Aprovação dos mecanismos e valores de cobrança.....	416
10.1.3.	Construção do PAP com a seleção das ações e programas a serem implementados	417
10.1.4.	Proposição dos indicadores.....	418
10.1.5.	Estabelecimento das curvas de avanço previsto.....	420
10.1.6.	Construção do relatório de análise e painel de controle	421
10.1.7.	Estabelecimento dos prazos e responsabilidades de monitoramento.....	422
10.1.8.	Verificação dos resultados e das necessidades de revisão ou ajustes no processo	423
10.2.	Considerações finais	425
10.3.	Minuta simplificada de deliberação sobre a cobrança.....	431
11.	REFERÊNCIAS	435
	APÊNDICES	444
	PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO GRANDE	444
	Apresentação do modelo	445
	Dados de entrada	447
	Resultados do cenário atual	451

Cenários de comparação	457
Considerações finais	467
VIABILIZAÇÃO E FOMENTO À AGENDA SETORIAL: MUNICÍPIOS SELECIONADOS EM CADA CENÁRIO DE COBRANÇA	468
RESULTADOS DETALHADOS DA VALORAÇÃO DOS BENEFÍCIOS	482

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fases e etapas para o desenvolvimento do Estudo.....	29
Figura 2: Unidades de Gestão Hídrica (UGHs) da Bacia do Rio Grande.	33
Figura 3: Procedimentos para definição do universo de partida	36
Figura 4: Agrupamento das finalidades das outorgas de captação.....	37
Figura 5: Espacialização das outorgas de captação em rios de domínio da União.....	40
Figura 6: Espacialização das outorgas de lançamento de efluentes em rios de domínio da União.	41
Figura 7: Espacialização dos pontos de captação por agrupamento de usuário.....	45
Figura 8: Espacialização dos pontos de lançamento por agrupamento de usuário.	47
Figura 9: Regionalização dos pontos outorgados de captação por arquétipo quantitativo.....	50
Figura 10: Regionalização dos pontos outorgados de lançamento por arquétipo qualitativo.....	51
Figura 11: Regionalização dos pontos outorgados de lançamento em relação as concentrações de DBO.	52
Figura 12: Espacialização das outorgas de captação sobre os arquétipos críticos.	54
Figura 13: Espacialização das outorgas de lançamento sobre arquétipos críticos.....	55
Figura 14: Quantidade de usuários por faixa de volume outorgado de captação.....	59
Figura 15: Quantidade de usuários por faixa de volume outorgado de lançamento.....	60
Figura 16: Espacialização dos volumes outorgados de captação em rios de domínio da União.	61
Figura 17: Espacialização dos volumes outorgados de lançamento de efluentes em rios de domínio da União.....	62
Figura 18: Regionalização dos volumes de captação por arquétipo quantitativo.....	69
Figura 19: Regionalização dos volumes de lançamento por arquétipo qualitativo.	70
Figura 20: Regionalização dos volumes outorgados de lançamento em relação as concentrações de DBO.....	72
Figura 21: Síntese das Captações em rios da União na Bacia do Rio Grande.	75
Figura 22: Síntese dos Lançamentos em rios da União na Bacia do Rio Grande.	76
Figura 23: Arquétipos quantitativos do PIRH-Grande.....	78
Figura 24: Espacialização dos arquétipos quantitativos na Bacia do Rio Grande.....	79
Figura 25: Arquétipos quantitativos do PIRH-Grande.....	80

Figura 26: Espacialização dos arquétipos qualitativos na Bacia do Rio Grande.	81
Figura 27: Respostas da pergunta "em qual região da Bacia seu estabelecimento outorgado se encontra?"	85
Figura 28: Respostas da pergunta "Qual a principal finalidade de uso da água que consta na sua outorga?"	85
Figura 29: Respostas da pergunta "Como julga o grau de dependência de água no processo produtivo?"	86
Figura 30: Respostas da pergunta "É realizada a medição periódica ou estimativa confiável dos volumes captados e/ou lançados?"	86
Figura 31: Influência da cobrança na redução da dependência hídrica por finalidade de uso.	88
Figura 32: Respostas para a pergunta "Como classifica o papel da cobrança pelo uso do recurso hídrico na avaliação / implantação das formas de redução da dependência hídrica?"	89
Figura 33: Orçamento Geral do PIRH-Grande.	99
Figura 34: Distribuição da abrangência geográfica das atividades do Plano de Ação do PIRH-Grande (2017).	100
Figura 35: Comparação entre orçamento geral do Plano de Ação do PIRH-Grande com as ações prioritárias definidas no MOP.	101
Figura 36: Relação entre a demanda total de recursos do PIRH-Grande e a participação potencial dos recursos da cobrança.....	132
Figura 37: Organograma da Entidade Delegatária de Referência do Cenário 1	151
Figura 38: Organograma da Entidade Delegatária de Referência do Cenário 2	152
Figura 39: Organograma da Entidade Delegatária de Referência do Cenário 3	153
Figura 40: Organograma da Entidade Delegatária de Referência do Cenário 4	154
Figura 41: Organograma da Entidade Delegatária de Referência do Cenário 5	155
Figura 42: Organograma da Entidade Delegatária de Referência do Cenário 6	156
Figura 43: Cenários graduais em ambição e correspondente nível de cobrança e arrecadação.	158
Figura 44: Espacialização da dimensão dos benefícios por abate de cargas poluidoras nos diferentes cenários.	162
Figura 45: Espacialização da valoração dos benefícios por economia de água com a redução das perdas nos diferentes cenários.	165
Figura 46: Espacialização da valoração dos benefícios do reúso de efluentes para irrigação nos diferentes cenários.	168

Figura 47: Espacialização da valoração dos benefícios pela prestação de serviços ecossistêmicos nos diferentes cenários.	180
Figura 48: Espacialização da valoração dos benefícios econômicos potenciais nos diferentes cenários.	184
Figura 49: Etapas para implementação da modelagem econômica.	249
Figura 50: Interferências em cada uma das categorias para cobrança propostas pelo mecanismo.	378
Figura 51: Distribuição espacial dos resultados das simulações realizadas.	396
Figura 52: Exemplo hipotético de curva de avanço previsto para uma ação a ser implementada do PAP.	420
Figura 53: Exemplo hipotético de curva de avanço previsto x curva de avanço executado para uma ação a em implementação do PAP.	421
Figura 54: Processos hidrológicos em áreas com e sem vegetação arbórea.	444
Figura 55: Representação conceitual do SDR.	446
Figura 56: Espacialização dos dados de entrada espaciais do modelo.	449
Figura 57: Cobertura da terra atual na BHG.	453
Figura 58: Cobertura da terra atual nas APPs de corpos hídricos da BHG.	454
Figura 59: Produção de sedimentos no cenário atual.	456
Figura 60: Cobertura da terra esperada para o cenário ambicioso.	458
Figura 61: Cobertura da terra esperada para o cenário plausível.	459
Figura 62: Produção de sedimento e eficiência florestal na produção de sedimentos exportados para os rios no cenário plausível.	466

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Outorgas de captação por agrupamento de usuário.....	38
Tabela 2: Outorgas de lançamento por agrupamento de usuário.	38
Tabela 3: Dez usuários com o maior número de pontos outorgados de captação.....	39
Tabela 4: Dez usuários com o maior número de pontos outorgados de lançamento.	39
Tabela 5: Outorgas de captação por localização.....	42
Tabela 6: Outorgas de lançamento por localização.	43
Tabela 7: Percentual de usuários de captação por agrupamento nas regiões.	44
Tabela 8: Percentual de usuários de lançamento por agrupamento por região.....	46
Tabela 9: Pontos outorgados por arquétipos quantitativos.	49
Tabela 10: Pontos outorgados por arquétipos qualitativos.....	49
Tabela 11: Pontos outorgados por arquétipos qualitativos.....	52
Tabela 12: Pontos outorgados por arquétipos quantitativos considerados críticos.	53
Tabela 13: Pontos outorgados por arquétipos qualitativos considerados críticos.....	53
Tabela 14: Percentuais de pontos de captação em relação ao total a partir do cruzamento de arquétipos quantitativos e qualitativos.....	56
Tabela 15: Percentuais de pontos de lançamento em relação ao total a partir do cruzamento de arquétipos quantitativos e qualitativos.	56
Tabela 16: Volumes captados por agrupamento de usuário.....	57
Tabela 17: Volumes lançados por agrupamento de usuário.	57
Tabela 18: Dez usuários com o maior volume outorgados de captação.....	58
Tabela 19: Dez usuários com o maior volume outorgados de lançamento.....	58
Tabela 20: Volumes anuais de captação por localização.	63
Tabela 21: Volumes anuais de lançamento por localização.....	64
Tabela 22: Percentual dos volumes de captação por agrupamento nas regiões.....	65
Tabela 23: Percentual dos volumes de lançamento por agrupamento por região.....	66
Tabela 24: Volumes outorgados por arquétipos quantitativos.....	67
Tabela 25: Volumes por arquétipos qualitativos.	68
Tabela 26: Volumes outorgados por arquétipos qualitativos.....	71
Tabela 27: Volumes outorgados por arquétipos quantitativos considerados críticos.....	73

Tabela 28: Volumes outorgados por arquétipos qualitativos considerados críticos.....	73
Tabela 29: Percentuais do volume de captação total para os cruzamentos de arquétipos quantitativos e qualitativos.....	74
Tabela 30: Percentuais do volume de lançamento total para os cruzamentos de arquétipos quantitativos e qualitativos.....	74
Tabela 31: Principais demandas e principais poluentes por UGH.....	82
Tabela 32: Respostas da pergunta "Nos últimos 5 anos foram ou estão sendo avaliadas formas de redução da dependência hídrica? Se sim, por quais motivos?".....	87
Tabela 33: Respostas da pergunta "Quais foram ou deverão ser os principais fatores que dificultam a implantação destas formas de redução da dependência hídrica?".....	87
Tabela 34: Descritivo das entrevistas realizadas com usuários, entidades representativas e órgãos ambientais.....	90
Tabela 35: Orçamentos globais dos programas do PIRH-Grande (2017).....	102
Tabela 36: Orçamentos previstos para o PAP 2021-2025 do CBH no São Francisco.....	103
Tabela 37: Orçamentos previstos para o PAP 2020-2023 dos Comitês PCJ.....	103
Tabela 38: Orçamentos previstos para o Plano de Aplicação Plurianual (PAP) 2017-2020 da AGEVAP/CEIVAP.....	104
Tabela 39: Estudos do componente estratégico de conservação dos recursos hídricos recomendados pelo PIRH-Grande que poderão gerar ações derivadas.....	107
Tabela 40: Programas e atividades do componente estratégico de conservação dos recursos hídricos do PIRH-Grande que podem ser financiados pela cobrança, mas que não trazem orçamentos associados.....	109
Tabela 41: Canais de impacto dos serviços ecossistêmicos hídricos correlatos à infraestrutura natural.....	117
Tabela 42: Déficit de APP e RL nas propriedades rurais dos municípios da bacia.....	118
Tabela 43: Fontes de financiamento apontadas pelo PIRH-Grande.....	123
Tabela 44: Estimativa de investimentos na agenda setorial que podem ser financiados com recursos da cobrança.....	129
Tabela 45: Composição dos objetivos do Cenário 1 - Foco nos rios Federais.....	135
Tabela 46: Composição do orçamento do Cenário 2 - Foco nas priorizações específicas de cada atividade.....	137
Tabela 47: Composição do orçamento do Cenário 3 - Foco nas áreas críticas em qualidade e quantidade.....	139

Tabela 48: Composição do orçamento do Cenário 4 - Foco nas áreas críticas em quantidade.	141
Tabela 49: Composição do orçamento do Cenário 5 - Foco nas áreas críticas em qualidade.	142
Tabela 50: Composição do orçamento do Cenário 6 - Sem recursos disponíveis para orçamentos associados.	144
Tabela 51: Cenários e objetivos a serem financiados com recursos da cobrança.	145
Tabela 52: Preços unitários básicos para cada cenário.	146
Tabela 53: Estimativa de projetos para dimensionamento da Entidade Delegatária.	149
Tabela 54: Estimativa de custeio da Entidade Delegatária Grande (R\$).	150
Tabela 55: Cenários e objetivos a serem financiados com recursos da cobrança.	157
Tabela 56: Estimativa da carga de DBO abatida por cenário e da população beneficiada.	160
Tabela 57: Benefício anual da coleta e tratamento de esgoto em cada cenário.	163
Tabela 58: Benefício anual do controle de perdas na distribuição em cada cenário.	164
Tabela 59: Benefício anual do reúso de efluentes para irrigação em cada cenário.	167
Tabela 60: Resultados do modelo InVEST SDR para os cenários de cobrança.	170
Tabela 61: Benefício anual pela melhor qualidade da água em cada cenário.	173
Tabela 62: Benefício anual pelo menor assoreamento em cada cenário.	175
Tabela 63: Dados para a valoração do benefício de menor perda de nutrientes do solo agrícola.	177
Tabela 64: Benefício anual pela menor perda de nutrientes em solo agrícola em cada cenário.	178
Tabela 65: Benefício anual pela prestação de serviços ecossistêmicos da infraestrutura natural.	179
Tabela 66: Benefício anual físico potencialmente gerado em cada cenário.	181
Tabela 67: Benefício anual econômico potencialmente gerado em cada cenário.	183
Tabela 68: Categorias de usuários e usos.	187
Tabela 69: Vinte principais classes de atividade econômica usuária para captação.	192
Tabela 70: Vinte principais classes de atividade econômica usuária para lançamento.	193
Tabela 71: Fração das outorgas e volumes outorgados de captação com sazonalidade.	196
Tabela 72: Indicadores híbridos das Contas Econômicas Ambientais da Água para a Região Sudeste (ANA e IBGE, 2020).	197

Tabela 73: Valor agregado bruto estimado para a captação de água em rios da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande.....	199
Tabela 74: Graus de elasticidade-preço da demanda por água.....	202
Tabela 75: Volume de perdas na atividade de captação, tratamento e distribuição de águas.	203
Tabela 76: Estimação do faturamento e despesas totais (incluindo esgotos) na atividade de captação, tratamento e distribuição de águas.	205
Tabela 77: Principais classes de atividade econômica da agricultura irrigada para captação.	207
Tabela 78: Métodos/sistemas de irrigação e culturas com outorgas em rios da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande.....	209
Tabela 79: Estabelecimentos e área dos estabelecimentos com irrigação (Censo Agropecuário) e comparação com as outorgas e as áreas indicadas nas outorgas de irrigação.....	211
Tabela 80: Estimação do valor econômico do cultivo de cana-de-açúcar.....	216
Tabela 81: Estimação do valor econômico do cultivo de cereais (milho).	219
Tabela 82: Plantas de lavoura temporária não especificadas anteriormente	220
Tabela 83: Estimação do valor econômico do cultivo de plantas da lavoura permanente.	221
Tabela 84: Estimação do valor econômico do cultivo de café.	223
Tabela 85: Estimação do valor econômico do cultivo de laranja.	225
Tabela 86: Tipologia industrial e o custo operacional/m ³ da água captada.....	229
Tabela 87: Elasticidade-preço da demanda em setores industriais na bacia do rio Paraíba do Sul.....	231
Tabela 88: Aumento médio percentual no custo operacional total pós-cobrança na bacia do rio Paraíba do Sul	232
Tabela 89: Estimação da produção e do faturamento na atividade de fabricação de açúcar em bruto.....	234
Tabela 90: Estimação da produção e do faturamento na atividade de fabricação de papel.	235
Tabela 91: Relações econômicas do uso da água por atividade econômica usuária.....	240
Tabela 92: Relações econômicas do uso da água aproximadas para os setores usuários.....	241
Tabela 93: Ordens de grandeza de reduções de volume captado dada a cobrança.	244
Tabela 94: Índices, setores usuários e conjunto para implementação da modelagem econômica.	250
Tabela 95: Índices e conjunto das unidades de gestão hídrica.....	251

Tabela 96: Configurações de análise propostos.....	262
Tabela 97: Valores monetários agregados resultantes da CA-1.....	264
Tabela 98: Preços unitários ótimos de captação para a CA-1, em R\$/m ³ – variável de decisão Xlu	265
Tabela 99: Preços unitários ótimos de lançamento para a CA-1, em R\$/Kg de DBO – variável de decisão Ylu	266
Tabela 100: Valores ótimos para o subsídio para a CA-1, em R\$/m ³ – variável de decisão Zlu	267
Tabela 101: Preços médios por setor (atividade econômica usuária) para a CA-1, em R\$/m ³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos.....	268
Tabela 102: Preços médios por unidade de gestão hídrica para a CA-1, em R\$/m ³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos.....	269
Tabela 103: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-1 por setores usuários, em R\$/ano.....	270
Tabela 104: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-1 por unidades de gestão hídrica, em R\$/ano.....	271
Tabela 105: Captura do excedente do pagador para a CA-1 por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano.....	272
Tabela 106: Valores monetários agregados resultantes da CA-2.....	273
Tabela 107: Preços ótimos de captação para a CA-2, em R\$/m ³ – variável de decisão Xlu ..	274
Tabela 108: Preços ótimos de lançamento para a CA-2, em R\$/Kg de DBO – variável de decisão Ylu	275
Tabela 109: Valores ótimos para o subsídio para a CA-2, em R\$/m ³ – variável de decisão Zlu	276
Tabela 110: Preços médios por setor (atividade econômica usuária) para a CA-2, em R\$/m ³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos.....	277
Tabela 111: Preços médios por unidade de gestão hídrica para a CA-2, em R\$/m ³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos.....	278
Tabela 112: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-2 por setores usuários, em R\$/ano.....	279
Tabela 113: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-2 por unidades de gestão hídrica, em R\$/ano.....	280
Tabela 114: Captura do excedente do pagador para a CA-2 por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano.....	281

Tabela 115: Valores monetários agregados resultantes da CA-3.	282
Tabela 116: Preços ótimos de captação para a CA-3, em R\$/m ³ – variável de decisão Xlu ..	283
Tabela 117: Preços ótimos de lançamento para a CA-3, em R\$/Kg de DBO – variável de decisão Ylu	284
Tabela 118: Valores ótimos para o subsídio para a CA-3, em R\$/m ³ – variável de decisão Zlu	285
Tabela 119: Preços médios por setor (atividade econômica usuária) para a CA-3, em R\$/m ³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos	286
Tabela 120: Preços médios por unidade de gestão hídrica para a CA-3, em R\$/m ³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos.....	287
Tabela 121: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-3 por setores usuários, em R\$/ano	288
Tabela 122: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-3 por unidades de gestão hídrica, em R\$/ano	289
Tabela 123: Captura do excedente do pagador para a CA-3 por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano.....	290
Tabela 124: Valores monetários agregados resultantes da CA-4.	291
Tabela 125: Preços ótimos de captação para a CA-4, em R\$/m ³ – variável de decisão Xlu ..	292
Tabela 126: Preços ótimos de lançamento para a CA-4, em R\$/Kg de DBO – variável de decisão Ylu	293
Tabela 127: Valores ótimos para o subsídio para a CA-4, em R\$/m ³ – variável de decisão Zlu	294
Tabela 128: Preços unitários médios por setor (atividade econômica usuária) para a CA-4, em R\$/m ³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos	295
Tabela 129: Preços unitários médios por unidade de gestão hídrica para a CA-4, em R\$/m ³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos	296
Tabela 130: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-4 por setores usuários, em R\$/ano	297
Tabela 131: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-4 por unidades de gestão hídrica, em R\$/ano	298
Tabela 132: Captura do excedente do pagador para a CA-4 por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano.....	299
Tabela 133: Valores monetários agregados resultantes da CA-5.	300
Tabela 134: Preços ótimos de captação para a CA-5, em R\$/m ³ – variável de decisão Xlu ..	301

Tabela 135: Preços ótimos de lançamento para a CA-5, em R\$/Kg de DBO – variável de decisão <i>Ylu</i>	302
Tabela 136: Valores ótimos para o subsídio para a CA-5, em R\$/m ³ – variável de decisão <i>Zlu</i>	303
Tabela 137: Preços unitários médios por setor (atividade econômica usuária) para a CA-5, em R\$/m ³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos	304
Tabela 138: Preços unitários médios por unidade de gestão hídrica para a CA-5, em R\$/m ³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos	305
Tabela 139: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-5 por setores usuários, em R\$/ano	306
Tabela 140: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-5 por unidades de gestão hídrica, em R\$/ano	307
Tabela 141: Captura do excedente do pagador para a CA-5 por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano.....	308
Tabela 142: Valores monetários resultantes da CA-6.....	309
Tabela 143: Preços ótimos de captação para a CA-6, em R\$/m ³ – variável de decisão <i>Xlu</i> ..	310
Tabela 144: Preços ótimos de lançamento para a CA-6, em R\$/Kg de DBO – variável de decisão <i>Ylu</i>	311
Tabela 145: Valores ótimos para o subsídio para a CA-6, em R\$/m ³ – variável de decisão <i>Zlu</i>	312
Tabela 146: Preços unitários médios por setor (atividade econômica usuária) para a CA-6, em R\$/m ³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos	313
Tabela 147: Preços unitários médios por unidade de gestão hídrica para a CA-6, em R\$/m ³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos	314
Tabela 148: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-6 por setores usuários, em R\$/ano	315
Tabela 149: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-6 por unidades de gestão hídrica, em R\$/ano	316
Tabela 150: Captura do excedente do pagador para a CA-6 por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano.....	317
Tabela 151: Valores monetários agregados resultantes da CA-7	318
Tabela 152: Preços ótimos de captação para a CA-7, em R\$/m ³ – variável de decisão <i>Xlu</i> ..	319
Tabela 153: Preços ótimos de lançamento para a CA-7, em R\$/Kg de DBO – variável de decisão <i>Ylu</i>	320

Tabela 154: Preços unitários médios por setor (atividade econômica usuária) para a CA-7, em R\$/m ³ (captação) e R\$/Kg de DBO para lançamentos	321
Tabela 155: Preços unitários médios por unidade de gestão hídrica para a CA-7, em R\$/m ³ (captação) e R\$/Kg de DBO para lançamentos.....	322
Tabela 156: Montante arrecadado (captação e lançamento) para a CA-7 por setores usuários, em R\$/ano.....	323
Tabela 157: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-7 por unidades de gestão hídrica, em R\$/ano	324
Tabela 158: Captura do excedente do pagador para a CA-7 por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano.....	325
Tabela 159: Preços unitários médios para cada configuração de análise.....	326
Tabela 160: Preço unitário líquido de captação (preço unitário menos subsídio) por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano nas diferentes configurações de análise.....	328
Tabela 161: Captura do excedente do pagador (com base no preço unitário líquido de captação), por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano, nas diferentes configurações de análise.....	328
Tabela 162: Preços unitários médios para cada configuração de análise e cada setor agregado.	330
Tabela 163: Valores arrecadados para cada configuração de análise e tipo de outorga.	332
Tabela 164: Avaliação qualitativa das fórmulas de cobrança pelo uso de recursos hídricos em outras bacias hidrográficas.....	335
Tabela 165: Relação da fração dos valores unitários médios por unidade de gestão em cada uma das configurações de análise da modelagem econômica.....	339
Tabela 166: Perfil das outorgas de domínio da União para o arquétipo quantitativo e qualitativo igual ou superior a 5 (críticos), ocorrendo de forma independente.....	341
Tabela 167: Preços unitários de lançamento do modelo econômico.....	343
Tabela 168: Preços de lançamento em R\$/kgDBO por setor usuário agregado em cada uma das configurações de análise da modelagem econômica.....	345
Tabela 169: Preço unitário líquido de captação (preço unitário menos subsídio) em cada uma das configurações de análise da modelagem econômica.....	347
Tabela 170: Captura do excedente do pagador (com base no preço unitário líquido de captação) em cada uma das configurações de análise da modelagem econômica.....	348
Tabela 171: Preço unitário líquido de captação (preço unitário menos subsídio) sobre o preço unitário básico de cada uma das configurações de análise da modelagem econômica.....	350

Tabela 172: Comparação da participação relativa dos setores usuários na arrecadação total de cada uma das configurações de análise (CA) do modelo econômico.	351
Tabela 173: Proposição de categorização das atividades econômicas para a cobrança.	353
Tabela 174: Setores usuários agregados e categorias de cobrança.	354
Tabela 175: Fração do preço unitário básico por setor usuário e categoria de cobrança para composição do mecanismo de cobrança.....	355
Tabela 176: Resumo da classificação em pequeno porte e eventual arrecadação com taxas fixas.	362
Tabela 177: Perfil das outorgas de domínio da União classificadas como de pequeno porte no Cenário 1.....	363
Tabela 178: Perfil das outorgas de domínio da União classificadas como de pequeno porte no Cenário 2.....	363
Tabela 179: Perfil das outorgas de domínio da União classificadas como de pequeno porte no Cenário 3.....	364
Tabela 180: Perfil das outorgas de domínio da União classificadas como de pequeno porte no Cenário 4.....	364
Tabela 181: Perfil das outorgas de domínio da União classificadas como de pequeno porte no Cenário 5.....	365
Tabela 182: Perfil das outorgas de domínio da União classificadas como de pequeno porte no Cenário 6.....	365
Tabela 183: Comparação entre o volume captado declarado na DAURH e o volume outorgado.	368
Tabela 184: Perfil das outorgas de domínio da União que se enquadrariam nos parâmetros da Resolução ANA nº 91/2021.	369
Tabela 185: Síntese do mecanismo de cobrança proposto, cujos valores unitários variam em decorrência do cenário e seu valor-objetivo.	373
Tabela 186: Preços unitários de lançamento entre os cenários (locais não-crítico e críticos).	374
Tabela 187: Preços unitários de captação entre os cenários (locais não-críticos).....	375
Tabela 188: Preços unitários de captação entre os cenários (locais críticos).....	375
Tabela 189: Mecanismo de cobrança do Cenário 1.	380
Tabela 190: Resultados da simulação da cobrança do Cenário 1.....	381
Tabela 191: Mecanismo de cobrança do Cenário 2.	382

Tabela 192: Resultados da simulação da cobrança do Cenário 2.....	383
Tabela 193: Mecanismo de cobrança do Cenário 3.....	384
Tabela 194: Resultados da simulação da cobrança do Cenário 3.....	385
Tabela 195: Mecanismo de cobrança do Cenário 4.....	386
Tabela 196: Resultados da simulação da cobrança do Cenário 4.....	387
Tabela 197: Mecanismo de cobrança do Cenário 5.....	388
Tabela 198: Resultados da simulação da cobrança do Cenário 5.....	389
Tabela 199: Mecanismo de cobrança do Cenário 6.....	390
Tabela 200: Resultados da simulação da cobrança do Cenário 6.....	391
Tabela 201: Comparação dos preços unitários de captação entre os cenários.....	392
Tabela 202: Comparação dos preços unitários de lançamento entre os cenários.....	393
Tabela 203: Comparação entre a arrecadação obtida em cada cenário.....	393
Tabela 204: Contribuição dos setores para a arrecadação (R\$, milhões) e captura da disposição a pagar (%).	394
Tabela 205 - Valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro.	398
Tabela 206 - Valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais.	398
Tabela 207 - Valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais conforme Deliberação Normativa nº 68/2021.....	399
Tabela 208 - Valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos no Estado do Ceará.....	400
Tabela 209 - Valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos no Estado de São Paulo....	401
Tabela 210 - Valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos em recursos hídricos da União.	401
Tabela 211: Resultados da simulação da cobrança com base nos valores da Deliberação Normativa nº 68/2021 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais.	404
Tabela 212: Resultados da simulação da cobrança com base nos valores das bacias paulistas afluentes Turvo/Grande e Mogi-Guaçu.....	405
Tabela 213: Resultados da simulação da cobrança com base nos valores das bacias estaduais cariocas (Resolução INEA nº 243/2021).....	405
Tabela 214: Resultados da simulação da cobrança com base nos valores cearenses (Decreto Estadual do Ceará nº 33.290/2021).	406

Tabela 215: Resultados da simulação da cobrança com base nos valores do Distrito Federal (Deliberação Conjunta nº 02/2019).....	407
Tabela 216: Resultados da simulação da cobrança com base nos valores do CBH Doce (Deliberação Normativa nº 93/2021).....	407
Tabela 217: Resultados da simulação da cobrança com base nos valores do CBH PCJ (Resolução ANA nº 57/2020).....	408
Tabela 218: Comparação dos resultados totais de arrecadação nas simulações com outros mecanismos de cobrança.....	409
Tabela 219: Comparação da participação relativa dos setores usuários na arrecadação total das simulações com outros mecanismos de cobrança.....	410
Tabela 220: Comparação da participação relativa dos setores usuários na arrecadação total das simulações entre os cenários de cobrança.....	410
Tabela 221: Componentes estratégicos e programas do PIRH-Grande.....	415
Tabela 222: Comparação entre os valores-objetivos de cada cenário e os benefícios por eles potencialmente promovidos pela viabilização e fomento da Agenda Setorial.....	429
Tabela 223: Fator K adotado para cada classe de solo.....	450
Tabela 224: Índices obtidos na literatura para cada classe de cobertura da terra.....	450
Tabela 225: Área de cada cobertura na bacia e nas APPs da bacia.....	452
Tabela 226: Quantidade de sedimentos exportados para rios e depositados na paisagem no cenário atual.....	455
Tabela 227: Quantidade de sedimentos exportados para rios e depositados na paisagem para o cenário ambicioso.....	460
Tabela 228: Demanda por restauração florestal e comparativo da produção de sedimentos no cenário ambicioso em relação ao cenário atual.....	461
Tabela 229: Quantidade de sedimentos exportados para rios e depositados na paisagem para o cenário plausível.....	462
Tabela 230: Demanda por restauração florestal e comparativo da produção de sedimentos no cenário plausível em relação ao cenário atual.....	463
Tabela 231: Comparação percentual da produção de sedimentos nos cenários futuros em relação ao cenário atual.....	464
Tabela 232: Comparativo da eficiência florestal nos cenários futuros.....	465
Tabela 233: Municípios selecionados para viabilização e fomento da Agenda Setorial de universalização da coleta e tratamento de esgoto.....	468

Tabela 234: Municípios selecionados para viabilização e fomento da Agenda Setorial de controle de perdas de água na distribuição.....	474
Tabela 235: Municípios selecionados para viabilização e fomento da Agenda Setorial de promoção do reúso da água na agricultura irrigada.....	478
Tabela 236: Compatibilização dos resultados do modelo SDR com o Cenário 1 de cobrança.....	482
Tabela 237: Compatibilização dos resultados do modelo SDR com os Cenário 2 e 3 de cobrança.....	483
Tabela 238: Compatibilização dos resultados do modelo SDR com o Cenário 4 de cobrança.....	484
Tabela 239: Compatibilização dos resultados do modelo SDR com o Cenário 5 de cobrança.....	484
Tabela 240: Benefício anual pela melhor qualidade da água no Cenário 1.....	485
Tabela 241: Benefício anual pela melhor qualidade da água nos Cenários 2 e 3.....	486
Tabela 242: Benefício anual pela melhor qualidade da água no Cenário 4.....	486
Tabela 243: Benefício anual pela melhor qualidade da água no Cenário 5.....	487
Tabela 244: Benefício anual pelo menor assoreamento no Cenário 1.....	488
Tabela 245: Benefício anual pelo menor assoreamento nos Cenários 2 e 3.....	488
Tabela 246: Benefício anual pelo menor assoreamento no Cenário 4.....	489
Tabela 247: Benefício anual pelo menor assoreamento no Cenário 5.....	490
Tabela 248: Dados para a valoração do benefício de menor perda de nutrientes do solo agrícola por sub-bacia.....	490
Tabela 249: Benefício anual pela menor perda de solo na paisagem no Cenário 1.....	491
Tabela 250: Benefício anual pela menor perda de solo na paisagem nos Cenários 2 e 3.....	492
Tabela 251: Benefício anual pela menor perda de solo na paisagem no Cenário 4.....	493
Tabela 252: Benefício anual pela menor perda de solo na paisagem no Cenário 5.....	493
Tabela 253: Benefício anual total pelo aporte de infraestrutura natural em todos os cenários, por sub-bacia (R\$, mil).....	494

LISTA DE SIGLAS

SIGLA	DESCRIÇÃO
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APP	Áreas de Preservação Permanente
BH	Bacia Hidrográfica
BHG	Bacia Hidrográfica do Rio Grande
CA	Configuração de Análise
CBH	Comitês de Bacia Hidrográfica
CEAA	Contas Econômicas Ambientais da Água
CERH	Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNARH	Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CRA	Cotas de Reserva Ambiental
CRH	Conselhos de Recursos Hídricos
DAP	Disposição a Pagar
DN	Deliberação Normativa
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FBDS	Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável
GOM	Gráfico de Objetivos e Meios
InVEST	<i>Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs</i>
IPCA	Índice de preços no consumidor
LPVN	Lei de Proteção à Vegetação Nativa
MDE	Modelo Digital de Elevação
MOP	Manual Operativo
PAP	Plano de Aplicação Plurianual
PARH	Plano de Ações de Recursos Hídricos
PIB	Produto Interno Bruto
PIRH-Grande	Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Grande
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos

PPU	Preço Público Unitário
PRA	Programa de Regularização Ambiental
PRH	Planos de Recursos Hídricos
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
PUB	Preço Unitário Básico
PU	Preço Unitário
RL	Reserva legal
RUSLE	Equação Universal de Perdas de Solo Revisada
SbN	Soluções baseadas na Natureza
SDR	<i>Sediment Delivery Ratio</i>
SEEA	<i>System of Environmental-Economic Accounting</i>
SICRO	Sistema de Custos Referenciais de Obras
SINGRE	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
TDR	Termo de Referência
UGH	Unidades de Gestão Hídrica
UGRHI	Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UPGRHs	Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta a consolidação dos relatórios parciais RP-1 (*Conhecimento dos setores usuários e levantamento dos problemas*), RP-2 (*Definição dos cenários de objetivos a serem perseguidos com a cobrança e realização dos estudos econômicos*) e RP-3 (*Proposição de mecanismos e valores para cada cenário*) do Estudo de Subsídio à Implementação da Cobrança de Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, bem como apresenta os encaminhamentos do estudo, mediante o delineamento de estratégias de implementação da cobrança e mecanismos de monitoramento de seus objetivos, e uma minuta simplificada de resolução para a instituição da cobrança.

O estudo foi contratado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e elaborado pelo Consórcio EnvEx-Ferma entre março de 2021 e março de 2022¹, e é previsto no Programa 07 do Componente Estratégico de Instrumentos de Gestão dos Recursos Hídricos do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Grande (PIRH-Grande), elaborado em 2017 e aprovado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Grande (CBH-Grande, <https://www.cbhgrande.org.br>).

O objetivo do estudo é a proposição de mecanismo de cobrança pelo uso de recursos hídricos nos rios de domínio da União, mediante a definição de objetivos a serem perseguidos e vinculação com a solução de problemas identificados pelo PIRH-Grande. Os mecanismos de cobrança propostos estabelecem o nexo entre os objetivos do PIRH-Grande e os objetivos da cobrança, explicitando o propósito deste importante

¹ Contrato ANA nº 008/2021, em conformidade com o Projeto Básico do Edital de Concorrência nº 02/ANA/2019, Processo nº 02501.002454/2019-18.

instrumento de gestão dos recursos hídricos e permitindo o acompanhamento tanto dos montantes arrecadados quando da aplicação de seus proventos.

O Estudo foi subdividido em cinco fases, conforme apresenta a Figura 1. Cada fase foi composta por uma ou mais etapas e finalizada com a apresentação de um produto parcial. Ao fim da Fase 4, os produtos parciais foram unificados, dando origem ao presente Relatório Final Consolidado.



Figura 1: Fases e etapas para o desenvolvimento do Estudo.

Elaborado pelo Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

Como ponto de partida para o estudo, realizou-se diagnóstico dos usos e dos problemas na bacia, com base nos resultados do PIRH-Grande - Plano Integrado de Recursos Hídricos da bacia (Capítulo 1). Como forma de subsidiar o estudo com a percepção quanto ao instrumento da cobrança, aplicou-se questionário online junto a usuários dos recursos hídricos (com 53 participações), bem como realizaram-se entrevistas com 29 representantes de 15 usuários, entidades representativas e órgãos ambientais da bacia (Capítulo 2). Sequencialmente, foram delineadas as demandas financeiras para a consecução plena dos objetivos do PIRH-Grande, o que demandou

estimativas de custeio para sua Agenda Setorial, bem como estimativas de manutenção da Agência de Bacia ou Entidade Delegatária (Capítulo 3).

Importante destacar que a cobrança pelo uso de recursos hídricos é de responsabilidade dos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs), sendo que o estudo subsidia o CBH-Grande em sua deliberação qualificada sobre a temática. Para tal, são propostos e simulados seis cenários alternativos de implementação da cobrança. A partir das estimativas de demandas financeiras para o PIRH-Grande, foi realizada a cenarização dos possíveis papéis da cobrança para fazer frente a essa realidade. Foram delineados seis cenários de cobrança, graduais em sua ambição e correspondente nível de arrecadação necessária, considerando um ciclo de 10 anos que endereça as áreas quali-quantitativamente críticas da bacia e a situação diagnosticada e prognosticada no PIRH-Grande (Capítulo 4).

Com base nos cenários de cobrança e seu alcance em relação à consecução, fomento e viabilização do PIRH-Grande, foram realizadas estimativas dos benefícios socioeconômicos potencialmente gerados pela Agenda Setorial, contemplando a coleta e do tratamento de esgoto, reúso de água para agricultura irrigada, controle de perdas na distribuição de água e prestação de serviços ecossistêmicos hídricos de retenção de sedimentos (Capítulo 5).

Uma etapa fundamental da análise foi o estabelecimento das relações econômicas de uso da água, investigadas individualmente para as 16 principais atividades econômicas usuárias das águas sob domínio da União da bacia (responsáveis por 90% do volume outorgado de captação). Foram desvendados, assim, os limites da disposição a pagar e os valores de indução econômica (capítulo 6).

O desenvolvimento e a aplicação de um modelo econômico específico para a alocação e otimização de preços unitários buscou determinar o custo de oportunidade do uso do recurso hídrico para embasar a forma ideal, sob a teoria econômica, da

realização da cobrança nos rios de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande (Capítulo 7). Com base no modelo e no conhecimento acumulado sobre a bacia, desvendada pelos capítulos anteriores, delineou-se a proposição de mecanismo de cobrança eficiente no cumprimento de suas funções de incitar o uso racional e promover a arrecadação necessária para que o Comitê de Bacia desempenhe suas funções e implemente o PIRH-Grande (Capítulo 8).

Com base no mecanismo proposto, foi possível realizar simulações quanto à sua hipotética aplicação, gerando resultados detalhados para cada um dos seis cenários de cobrança. Foram, também, simulados resultados com outras estruturas de cobrança, permitindo comparar os resultados objetivos e confirmar a adequação do mecanismo ora proposto (Capítulo 9).

O Capítulo 10, conclusivamente, apresenta os encaminhamentos do estudo, que perpassam a estratégia de implementação da cobrança e o desenho dos mecanismos de monitoramento, bem como uma minuta simplificada de deliberação para o CBH-Grande dispor sobre o mecanismo e valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos nos rios de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO GRANDE E DOS USOS DAS ÁGUAS SOB DOMÍNIO DA UNIÃO

1.1. Bacia Hidrográfica do Rio Grande

A bacia do Rio Grande é parte integrante da bacia do rio Paraná, uma das mais importantes do País, tanto do ponto de vista econômico (apresentando um PIB de R\$ 349 bilhões em 2018) como do aproveitamento dos recursos hídricos (demanda hídrica média de 83 m³/s, sendo que 69% são captados em rios de domínio da União). Com um território de 143.255 km², a bacia ocupa áreas dos estados de São Paulo (40% do total, abrangendo 179 municípios) e de Minas Gerais (60% do total, abrangendo 214).

Vale destacar que 36,2% dos corpos hídricos superficiais da bacia estão sob domínio do estado de São Paulo, 51,4% sob domínio do estado de Minas Gerais e 12,4% são de domínio da União (ANA, 2017). Dos 393 municípios com alguma fração de suas áreas inseridas na bacia, 325 contam com a integralidade de suas áreas na bacia, que abrange um total de 378 sedes municipais. Da totalidade de municípios, 189 deles mantém captações em rios de domínio da União (48%), sendo que 98 destes são em Minas Gerais e os demais 91 em São Paulo.

O Rio Grande tem sua nascente na Serra da Mantiqueira e tem extensão total de 1.286 km; após percorrer cerca de 216 km, conflui com o rio Aiuruoca e passa a ser de domínio da União. A jusante desse ponto, percorre mais 466 km até receber o rio das Canoas, formando, a partir daí, um limite natural entre os estados de Minas Gerais e de São Paulo, até a sua foz, quando forma o rio Paraná, ao confluir com o rio Paranaíba. Os principais afluentes do Rio Grande são os rios Sapucaí, Pardo, Turvo, Verde, Capivari, Sapucaí-Mirim e Mogi Guaçu, pela margem esquerda; e os rios Jacaré, Santana, Pouso Alegre, Uberaba, Verde (ou Feio) e o rio das Mortes, pela margem direita.

A bacia do Rio Grande está subdividida em 14 Unidades de Gestão Hídrica (UGHs), correspondentes às bacias hidrográficas afluentes ao Rio Grande, sob a atuação dos comitês estaduais. As UGHs são denominadas diferentemente em cada estado: em São Paulo, as seis UGHs afluentes ao Rio Grande são conhecidas por Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs); e em Minas Gerais, as oito UGHs afluentes são chamadas de Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs), codificadas como “GDs”, por serem contribuintes do Rio Grande (ANA, 2017). A Figura 2 aponta as UGHs da bacia do Rio Grande.



Figura 2: Unidades de Gestão Hídrica (UGHs) da Bacia do Rio Grande.

Replicado de PIRH-Grande (ANA, 2017).

Além disso, a bacia do Rio Grande se destaca por abrigar importantes centros urbanos paulistas e mineiros, como, no primeiro caso, os municípios de Ribeirão Preto, São José do Rio Preto, Campos de Jordão, Franca e Mogi-Guaçu, e, no segundo, Uberaba, Capitólio, Alfenas, Lavras, Itajubá e São João Del Rei. A bacia é bem servida por uma densa malha rodoviária e também por ferrovias e aeroportos, o que facilita o acesso a seus inúmeros municípios (ANA, 2017). Esta é também uma das regiões do País com os melhores índices de saneamento básico.

Considerando-se apenas os municípios cuja sede se localiza na bacia do Rio Grande, tem-se uma população total de 8,57 milhões de pessoas, 90% destas em área urbana (segundo estimativas do IBGE para 2020. As cidades mineiras da bacia concentram 3,12 milhões de habitantes, enquanto as paulistas, 4,56 milhões.

1.2. Conhecimento dos setores usuários de recursos hídricos

O conhecimento dos setores usuários de recursos hídricos parte da análise do banco de dados de outorga disponibilizado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA), do cruzamento de informações espaciais existentes no Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Grande (PIRH-Grande) e da pesquisa complementar em banco de dados oficiais.

O primeiro procedimento compreendeu a análise dos dados de outorga, principalmente em relação a consistência das colunas e das informações prioritárias, como coordenadas geográficas, domínio, tipo e status da outorga. Em seguida, os dados foram ajustados e classificados em filtros de interesse para o objetivo de trabalho. Na sequência, realizou-se a complementação dos dados, a espacialização das outorgas e o cruzamento das mesmas com os planos de informação do PIRH-Grande.

No caso da análise dos dados de outorga, o banco de dados fornecido pela ANA apresenta 18.855 outorgas de diferentes tipos, domínios e situações. Como o estudo objetiva subsidiar a cobrança pelo uso de recursos hídricos nos rios de domínio da União, optou-se por realizar uma sequência de filtros pertinentes ao objetivo do trabalho, de modo a estabelecer o universo inicial de partida. A Figura 3 ilustra os filtros aplicados e os quantitativos resultantes nas etapas. Ao final, obteve-se o quantitativo de 2.867 outorgas, que corresponde a 19% do total do banco de dados e a 81% do total das outorgas de domínio da União. Os 19% de outorgas não contempladas compreendem outorgas do tipo "outra" e/ou com status "em construção", "em projeto", "desativada", ou mesmo sem definição.

A complementação dos dados de outorga ocorreu por meio do cruzamento de planos de informação do PIRH-Grande com os dados espacializados de outorga: arquétipos, traçado dos rios de domínio da União, delimitação das unidades de gestão hídrica e balanço hídrico qualitativo dos trechos.

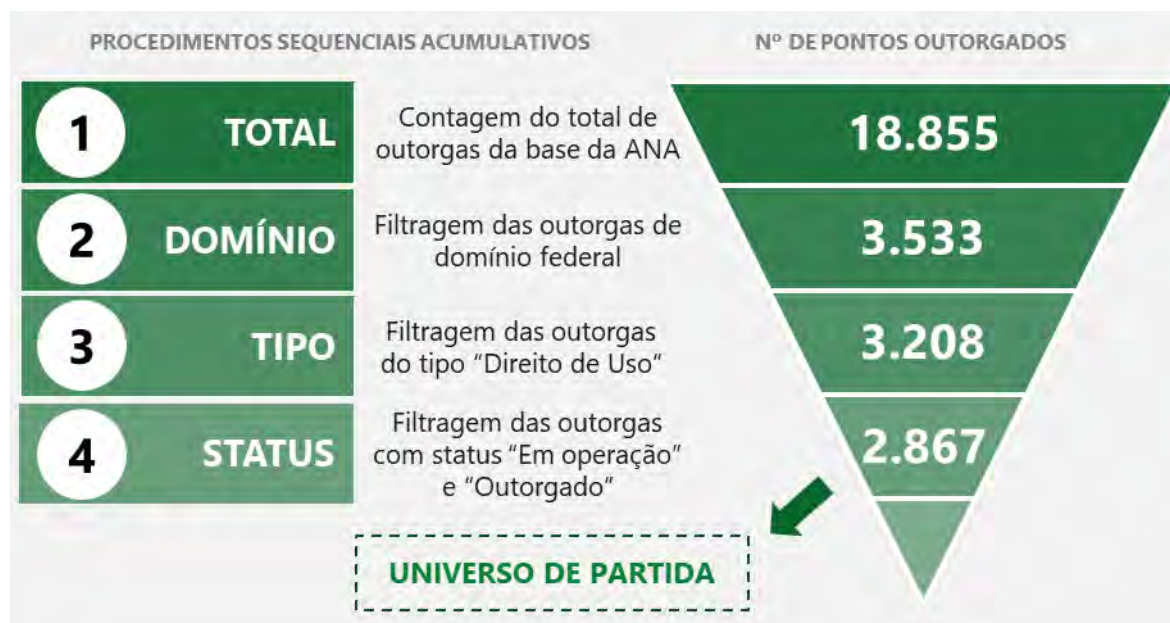


Figura 3: Procedimentos para definição do universo de partida

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Com o universo de partida definido, realizou-se novas análises iniciais de consistência geral visando melhor uniformização das informações. Uma das questões observadas foi a existência de muitas finalidades com poucos pontos outorgados e com características semelhantes. Tal questão motivou o agrupamento de algumas finalidades conforme mostra o esquema da Figura 4.

Outra questão que merece ser previamente esclarecida é que as regionalizações das outorgas mostradas neste estudo, isto é, em que região dos rios de domínio da União as outorgas se encontram, será realizada pela variável "Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH)", contida na própria base de outorgas da ANA. Tal procedimento é justificado por haver incongruências entre a classificação por Comitê e a classificação obtida pelo cruzamento das outorgas com as Unidades de Gerenciamento Hídrico (UGH). Nesse sentido, eventuais menções sobre CBH no presente relatório farão correspondência apenas a localização dos pontos na bacia e não a instância responsável por sua gestão, afinal estão sendo aqui analisados, somente os pontos classificados como outorga de domínio da União.

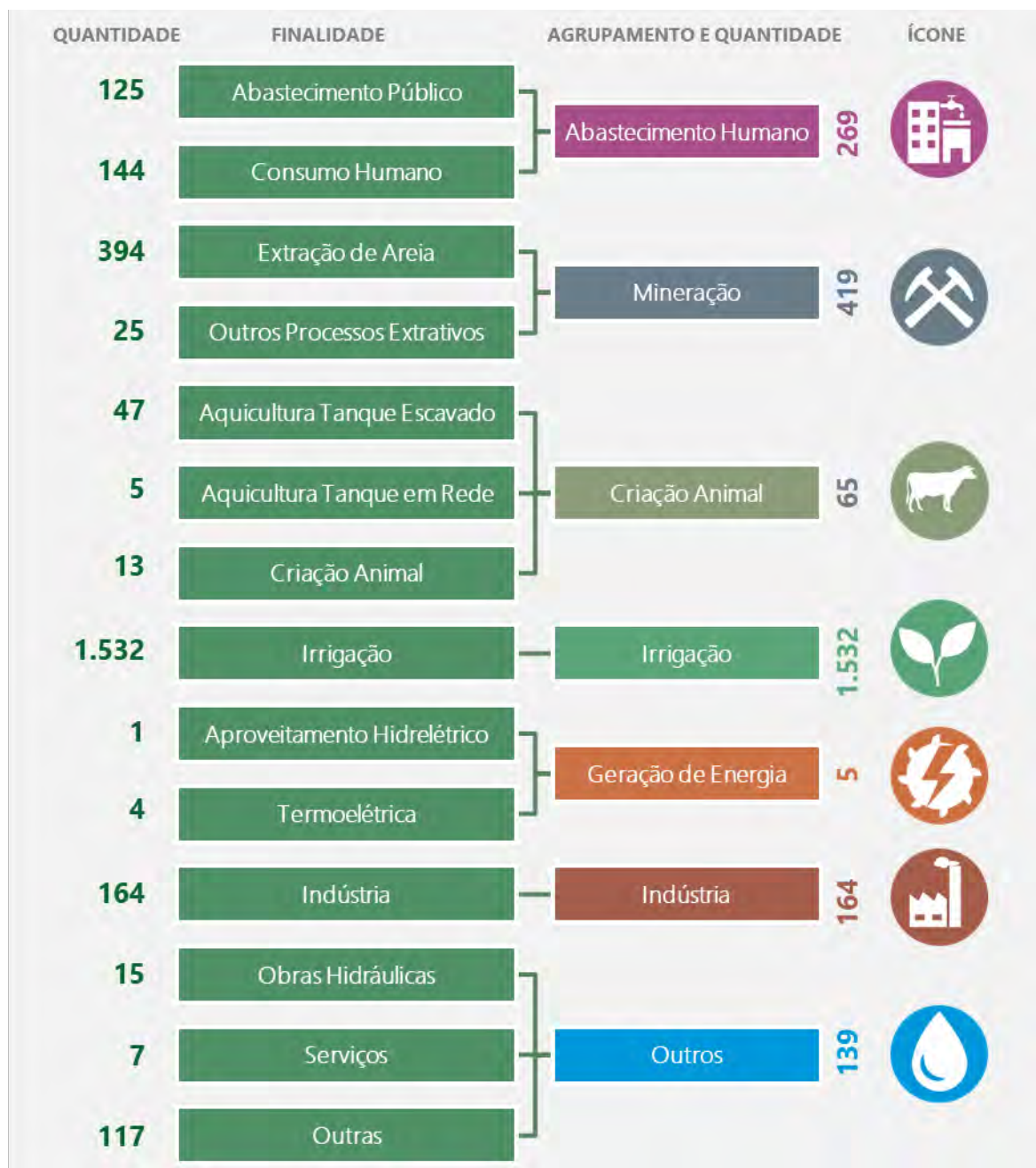


Figura 4: Agrupamento das finalidades das outorgas de captação.

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

1.2.1. Caracterização dos pontos de outorga (usuários)

A categorização dos usuários será realizada por tipo, finalidade e localização.

Usuários por tipo e agrupamento

Das 2.867 outorgas, 2.593 (90,4%) são de captação e 274 (9,6%) de lançamento de efluentes. A Tabela 1 apresenta o agrupamento das outorgas de captação por grupo de usuário, na qual, nota-se que 60% dos usuários são de irrigação.

Tabela 1: Outorgas de captação por agrupamento de usuário.

Agrupamento	Usuários	% do Total
Irrigação	1.532	59,08%
Mineração	419	16,16%
Abastecimento Humano	269	10,37%
Indústria	164	6,32%
Outros	139	5,36%
Criação Animal	65	2,51%
Geração de Energia	5	0,19%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

A Tabela 2 apresenta o agrupamento das outorgas de lançamento por grupo de usuário, na qual, nota-se percentuais próximos (de 26 a 29%) entre abastecimento humano, indústria e outros.

Tabela 2: Outorgas de lançamento por agrupamento de usuário.

Agrupamento	Usuários	% do Total
Abastecimento Humano	79	28,83%
Indústria	73	26,64%
Outros	71	25,91%
Criação Animal	33	12,04%
Mineração	11	4,01%
Geração de Energia	7	2,55%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Em termos de maiores usuários, a Tabela 3 apresenta os dez usuários com o maior número de pontos outorgados de captação. Na sequência, a Tabela 4 apresenta os dez usuários com maior número de pontos outorgados de lançamento.

Tabela 3: Dez usuários com o maior número de pontos outorgados de captação.

Nome do Usuário	nº de Pontos	% dos Usuários
Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA/MG	47	1,68%
Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo	43	1,73%
Usina Alta Mogiana SA-Açúcar e Alcool	24	0,91%
Condomínio Estância Beira Rio	24	0,99%
Alexander Edmond Paulus Van Parys Piergili Mezarroma	16	0,74%
Pedra Agroindustrial SA	15	0,64%
Raizen Energia SA	13	0,50%
Jjkw Empreendimentos Agrícolas LTDA	12	0,50%
Irmãos Mota Mineração LTDA - ME	12	0,42%
Carlos Alberto De Oliveira	12	0,44%
Total dos dez maiores	218	8,56%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Tabela 4: Dez usuários com o maior número de pontos outorgados de lançamento.

Nome do Usuário	nº de Pontos	% dos Usuários
Indústria de Material Bélico do Brasil IMBEL	9	3,28%
Não Informado	6	2,19%
Fazenda Sete Lagoas Agrícola SA	6	2,19%
Marcio Moreira de Magalhães	4	1,46%
Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo	4	1,46%
Marcos Roberto Amista - EPP	4	1,46%
Constroeste Construtora E Participacoes LTDA	4	1,46%
Raizen Energia SA - Filial Junqueira	4	1,46%
SABESP	3	1,09%
Usina da Pedra	3	1,09%
Total dos dez maiores	47	17,15%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

O mapa da Figura 5 espacializa os pontos outorgados de captação e o mapa da Figura 6 espacializa os pontos outorgados de lançamento de efluentes.

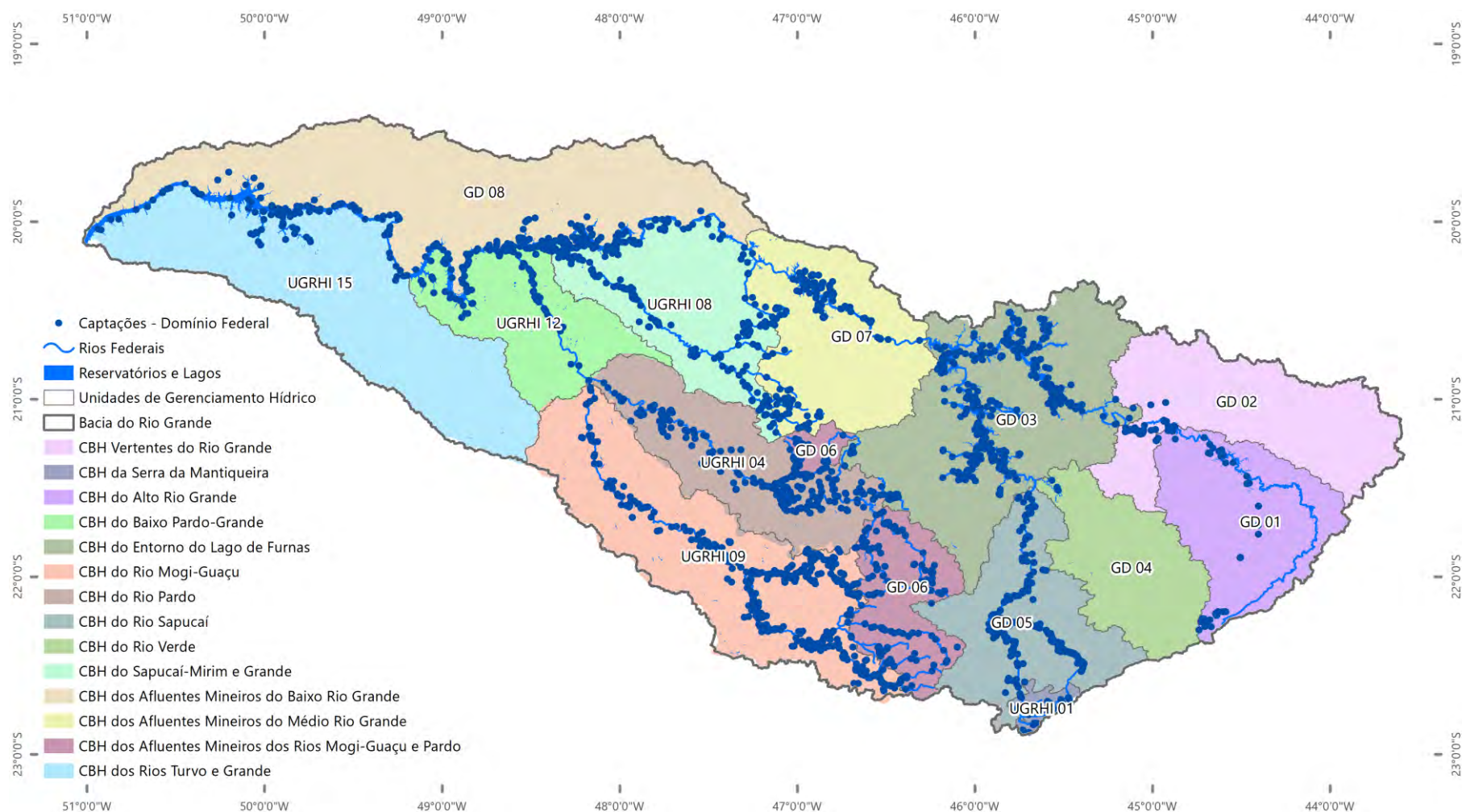


Figura 5: Espacialização das outorgas de captação em rios de domínio da União.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

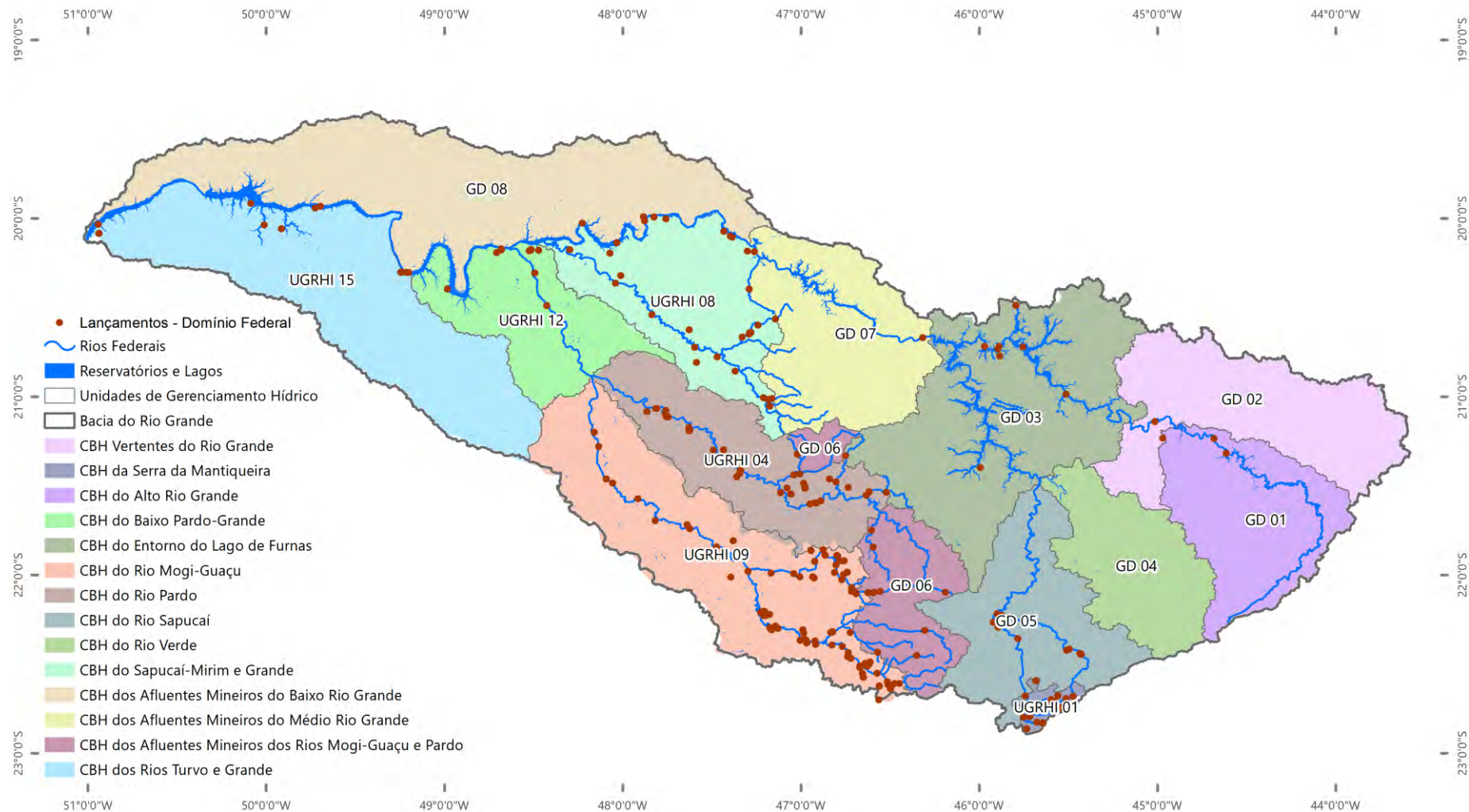


Figura 6: Espacialização das outorgas de lançamento de efluentes em rios de domínio da União.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

Usuários por tipo e regionalização

Com relação a localização dos pontos nos rios da União, a Tabela 5 apresenta o quantitativo de outorgas de captação localização, onde verifica-se que quase 21% das captações estão situadas em trechos de rios federais da região da UGH Mogi - Guaçu (UGRHI-9). Nos rios federais das regiões da UGH Rio Pardo/SP (UGRHI-4), da UGH Entorno do Lago de Furnas (GD-3) e da UGH Sapucaí - Mirim e Grande (UGRHI-8), concentram-se aproximadamente 40% dos pontos outorgados.

Tabela 5: Outorgas de captação por localização.

UGH	Denominação da UGH	Total	% do Total
UGRHI-9	Mogi - Guaçu	536	20,67%
UGRHI-4	Rio Pardo (SP)	369	14,23%
GD-3	Entorno do Lago de Furnas	361	13,92%
UGRHI-8	Sapucaí - Mirim e Grande	309	11,92%
GD-5	Rio Sapucaí	217	8,37%
GD-6	Afluentes Mineiros dos Rios Mogi - Guaçu e Pardo	205	7,91%
GD-8	Afluentes Mineiros do Baixo Rio Grande	162	6,25%
GD-7	Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande	141	5,44%
UGRHI-12	Baixo Pardo - Grande	93	3,59%
UGRHI-15	Rios Turvo e Grande	69	2,66%
GD-1	Alto Rio Grande	43	1,66%
UGRHI-1	Serra da Mantiqueira	42	1,62%
GD-2	Vertentes do Rio Grande	42	1,62%
GD-4	Rio Verde	4	0,15%
Total Geral		2.593	100,00%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

A Tabela 6 apresenta o quantitativo de outorgas de lançamento por região, onde verifica-se que mais de 35% dos lançamentos estão situados em porções da UGH Mogi-Guaçu. Nos trechos de rios da União situados na UGH Rio Pardo/SP (UGRHI-4), Sapucaí - Mirim e Grande (UGRHI-8) e Serra da Mantiqueira (UGRHI-1), concentram-se 35% dos pontos outorgados.

Tabela 6: Outorgas de lançamento por localização.

UGH	Denominação da UGH	Total	% do Total
UGRHI-9	Mogi – Guaçu	99	36,13%
UGRHI-4	Rio Pardo (SP)	36	13,14%
UGRHI-8	Sapucaí - Mirim e Grande	35	12,77%
UGRHI-1	Serra da Mantiqueira	25	9,12%
GD-5	Rio Sapucaí	21	7,66%
UGRHI-15	Rios Turvo e Grande	14	5,11%
GD-6	Afluentes Mineiros dos Rios Mogi - Guaçu e Pardo	13	4,74%
UGRHI-12	Baixo Pardo - Grande	10	3,65%
GD-3	Entorno do Lago de Furnas	8	2,92%
GD-8	Afluentes Mineiros do Baixo Rio Grande	6	2,19%
GD-1	Alto Rio Grande	3	1,09%
GD-7	Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande	2	0,73%
GD-2	Vertentes do Rio Grande	2	0,73%
Total Geral		274	100,00%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Regionalização por grupo de usuários

A regionalização por grupo de usuários apresenta o perfil de usos em cada região da Bacia Hidrográfica do Rio Grande. A Tabela 7 apresenta o perfil das outorgas de captação por região, onde nota-se que em quase todas elas, predominam altos percentuais para irrigação. Exceções ocorrem na UGH Alto Rio Grande (GD-1) e Vertentes do Rio Grande (GD-2), onde os percentuais de usuários de captação estão mais distribuídos. Na UGH Rio Sapucaí (GD-5), prevalece captações para mineração.

Já Tabela 8 apresenta o perfil das outorgas de lançamento por região, onde nota-se o predomínio de usuários para esgotamento doméstico. Na UGH Rio Pardo/SP (UGRHI-4), 100% dos usuários de lançamento fazem parte do agrupamento irrigação. Na UGH Vertentes do Rio Grande (GD-2), 100% dos usuários de lançamento fazem parte do agrupamento abastecimento humano.

Tabela 7: Percentual de usuários de captação por agrupamento nas regiões.

UGH	Abast. Humano	Criação Animal	Energia	Indústria	Irrigação	Mineração	Outros
UGRHI-1	21%	10%	0%	12%	45%	0%	12%
GD-1	7%	28%	0%	2%	23%	21%	19%
UGRHI-12	5%	1%	1%	3%	86%	3%	0%
GD-3	2%	2%	0%	1%	90%	2%	2%
UGRHI-9	8%	2%	0%	6%	57%	20%	6%
UGRHI-4	27%	1%	0%	15%	40%	11%	5%
GD-5	10%	1%	0%	6%	13%	65%	6%
GD-4	0%	25%	0%	0%	75%	0%	0%
UGRHI-8	15%	1%	1%	9%	68%	2%	5%
GD-8	3%	2%	0%	3%	76%	13%	3%
GD-7	6%	1%	0%	3%	82%	3%	6%
GD-6	9%	7%	0%	5%	42%	25%	12%
UGRHI-15	0%	0%	0%	0%	93%	7%	0%
GD-2	10%	0%	0%	2%	26%	57%	5%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021)

O mapa da Figura 7 espacializa os usuários de captação por unidade de gestão dos recursos hídricos.

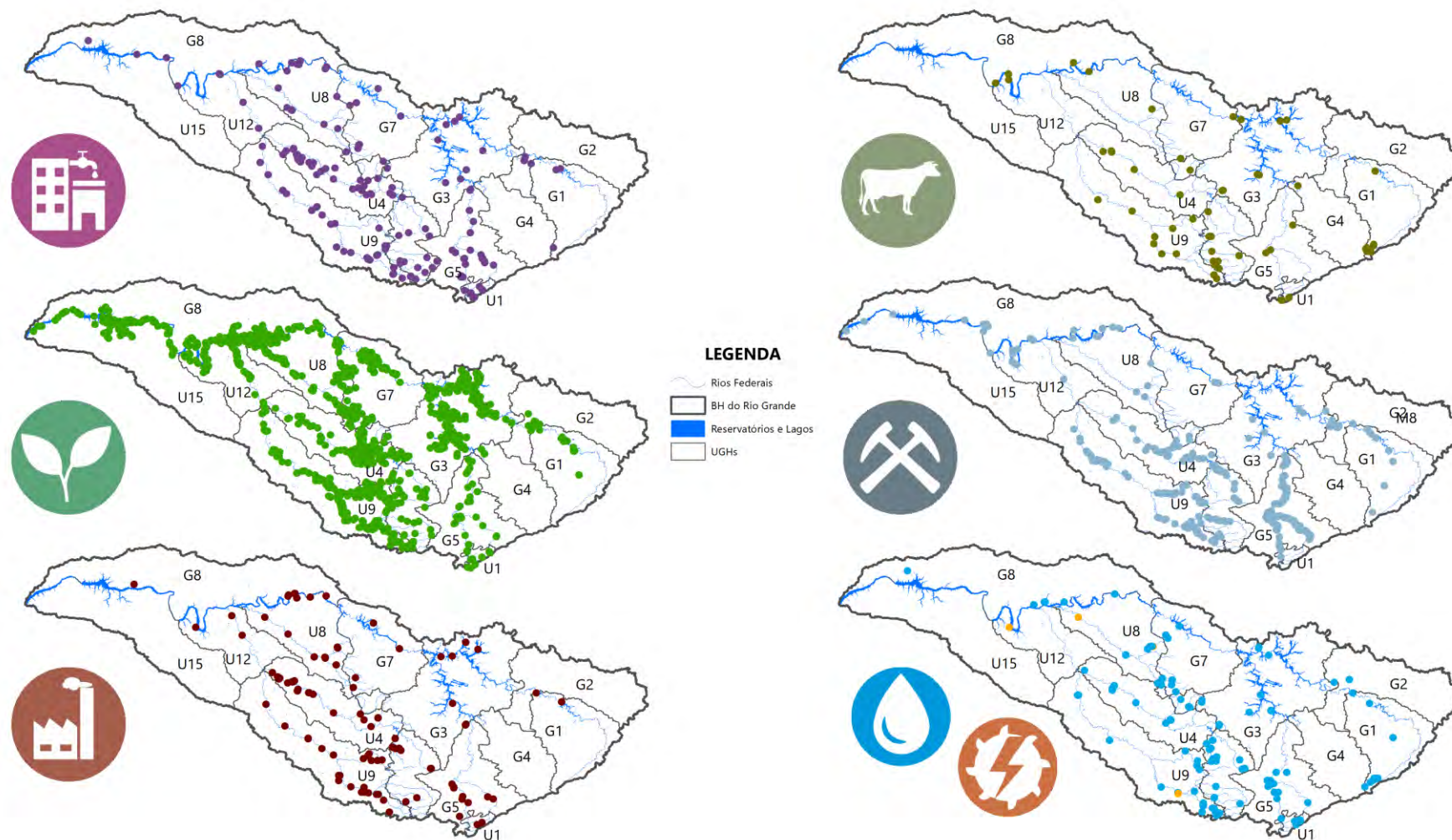


Figura 7: Espacialização dos pontos de captação por agrupamento de usuário.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

Tabela 8: Percentual de usuários de lançamento por agrupamento por região.

SIGLA	Abast. Humano	Criação Animal	Indústria	Irrigação	Mineração	Outros
UGRHI-1	28%	28%	0%	12%	0%	32%
GD-1	0%	67%	0%	33%	0%	0%
UGRHI-12	50%	10%	0%	20%	0%	20%
GD-3	50%	0%	0%	38%	0%	13%
UGRHI-9	19%	12%	3%	16%	7%	42%
	0%	0%	0%	100%	0%	0%
UGRHI-4	33%	6%	0%	36%	0%	25%
GD-5	29%	0%	0%	71%	0%	0%
UGRHI-8	26%	14%	11%	26%	0%	23%
GD-8	50%	17%	0%	33%	0%	0%
GD-7	0%	50%	0%	50%	0%	0%
GD-6	54%	15%	0%	31%	0%	0%
UGRHI-15	43%	0%	0%	14%	29%	14%
GD-2	100%	0%	0%	0%	0%	0%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

O mapa da Figura 8 espacializa os usuários de lançamento de efluentes por unidade de gestão dos recursos hídricos.

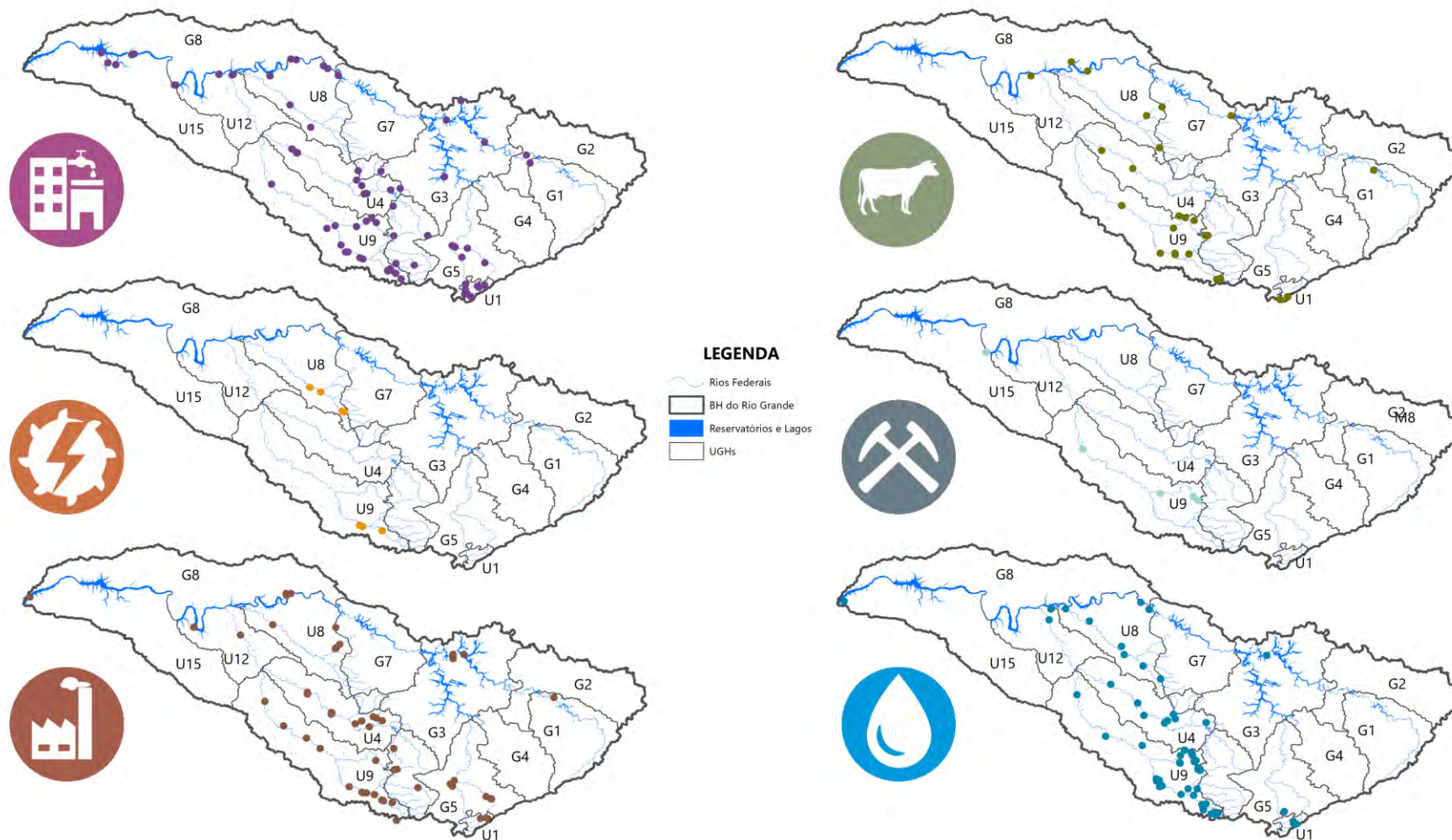


Figura 8: Espacialização dos pontos de lançamento por agrupamento de usuário.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

Cruzamento de usuários e problemas

O Plano de Bacia realizou uma abordagem dos problemas por meio da identificação de casos-tipo - denominados de arquétipos. Trata-se de uma composição entre a cena atual da bacia e os cenários prospectivos elaborados, visando identificar e categorizar situações que se mantêm consistentes ao longo do tempo e/ou ao longo dos cenários. A metodologia para identificação desses arquétipos partiu dos resultados dos balanços hídricos e definiu uma série de critérios tanto para os aspectos qualitativos quanto para os quantitativos, que culminam em uma leitura clara, direta e temporal sobre a localização dos conflitos e consequente necessidade de gestão.

Dessa forma, o PIRH-Grande listou 6 classes de arquétipos para cada aspecto (qualitativo e quantitativo) por meio de cruzamentos entre a intensidade e a direção dos resultados dos balanços hídricos respectivos, considerando também os resultados dos cenários para o ano de 2030 (Tendencial, Moderado, Acelerado e Contingência).

Em termos de quantidade, o caso-tipo 1 apresenta baixa demanda e estabilidade ou decréscimo na pressão. O caso-tipo 2 apresenta baixa demanda e estabilidade de pressão, sendo que o caso-tipo 3 traz demanda atendida e pressão estável. Já o caso-tipo 4 apresenta demanda atendida, porém com pressão. Os casos-tipo mais críticos são os correspondentes as classes 5 e 6, que são definidos, respectivamente, como tendo a demanda no limite ou acima, com estabilidade de pressão (5), e demanda no limite ou acima, com pressão (6).

Em termos de qualidade, o caso-tipo 1 traz concentração muito baixa e estabilidade ou decréscimo na pressão; enquanto o caso-tipo 2 traz concentração baixa e estabilidade de pressão. O caso-tipo 3 apresenta concentração média e pressão estável, enquanto o 4 traz concentração média, porém com pressão. Assim como para o componente quantitativo, os arquétipos 5 e 6 são os mais críticos. O 5 traz concentração excessiva ou elevada, com estabilidade de pressão; já o 6 traz

concentração excessiva, com pressão. Para cruzar os usuários com os problemas na bacia fazendo uso dos arquétipos qualitativos e quantitativos, utilizou-se técnicas de geoprocessamento para atribuir o caso-tipo de cada ponto outorgado sob domínio da União. A Tabela 9 apresenta o número de outorgas de captação e de lançamento em cada um dos arquétipos quantitativos. Em seguida, a Tabela 10 apresenta o mesmo número para os arquétipos qualitativos.

Tabela 9: Pontos outorgados por arquétipos quantitativos.

Arquétipos Quantitativos	Captações		Lançamentos	
	nº de Pontos	% Total	nº de Pontos	% Total
1 - Baixa demanda e estabilidade ou decréscimo na pressão	37	1,4%	5	2%
2 - Baixa demanda e estabilidade de pressão	1636	62,7%	170	62%
3 – Demanda atendida e pressão estável	523	20,6%	51	19%
4 – Demanda atendida, porém com pressão	225	8,6%	22	8%
5 – Demanda no limite ou acima, com estabilidade de pressão	139	5,5%	25	9%
6 – Demanda no limite ou acima, com pressão	33	1,4%	1	0%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Tabela 10: Pontos outorgados por arquétipos qualitativos.

Arquétipos Qualitativos	Captações		Lançamentos	
	nº de Pontos	% Total	nº de Pontos	% Total
1 – Concentração muito baixa e estabilidade ou decréscimo na pressão	527	20,24%	60	22%
2 – Concentração baixa e estabilidade de pressão	830	32,13%	75	27%
3 – Concentração média e pressão estável	1037	39,82%	108	39%
4 – Concentração média, porém com pressão	102	3,86%	14	5%
5 – Concentração excessiva ou alta, com estabilidade de pressão	92	3,76%	12	4%
6 – Concentração excessiva, com pressão	5	0,19%	5	2%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

A leitura das tabelas permite constatar que quase 7% das captações estão situadas em áreas com demandas no limite ou acima. No componente qualitativo, 4% dos pontos outorgados estão em áreas com concentração excessiva. Em termos regionais, a Figura 9 apresenta o percentual de pontos outorgados de captação em cada região nos arquétipos quantitativos. Nota-se que as UGHs Mogi - Guaçu (UGRHI-9), Baixo Pardo – Grande. Rio Pardo (SP) e Baixo Pardo - Grande (UGRHI-12) são as porções que concentram o maior percentual de suas captações nos arquétipos 4, 5 e 6, correspondentes às classes com maior pressão de demanda.

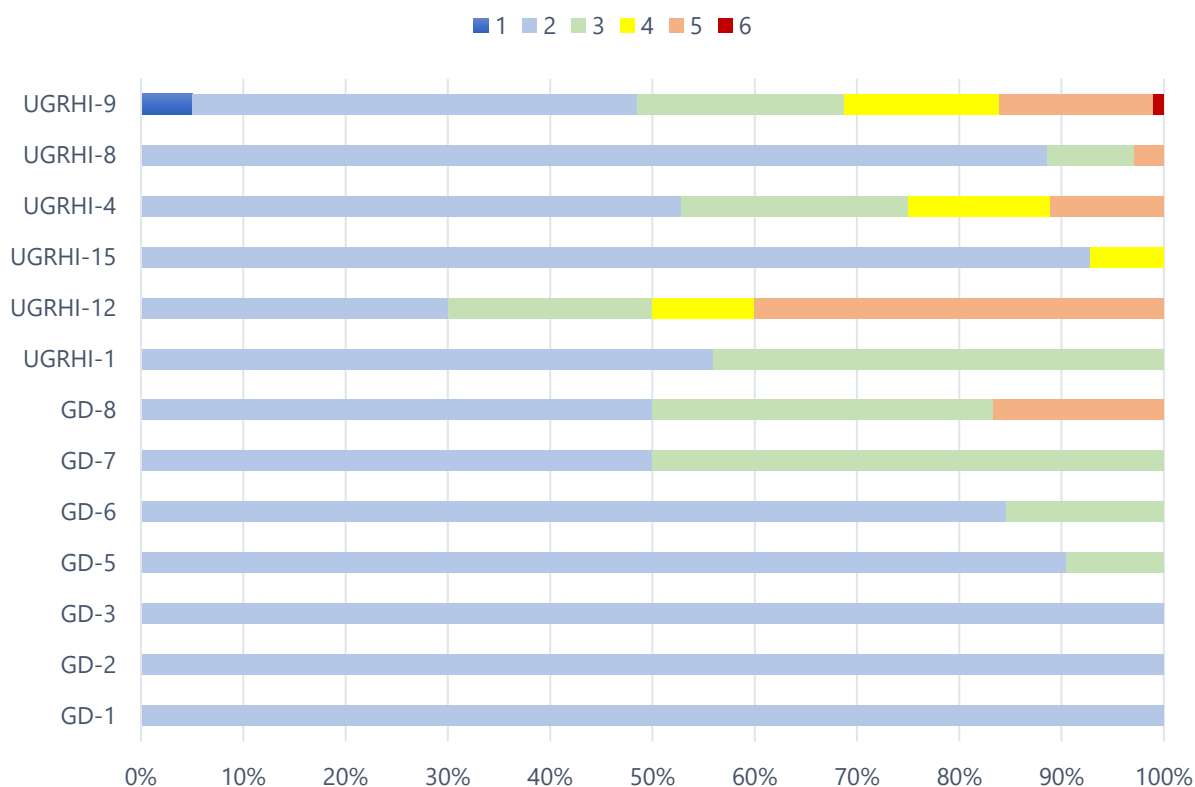


Figura 9: Regionalização dos pontos outorgados de captação por arquétipo quantitativo.

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Na sequência, a Figura 10 apresenta o percentual de pontos outorgados de lançamento em cada UGH nos arquétipos qualitativos. Constata-se que as UGHs GD-

7, GD-5, GD-3 e UGRHI-12 são os que possuem o maior percentual de pontos nos arquétipos 4, 5 e 6, correspondentes às classes de concentração média a excessiva.

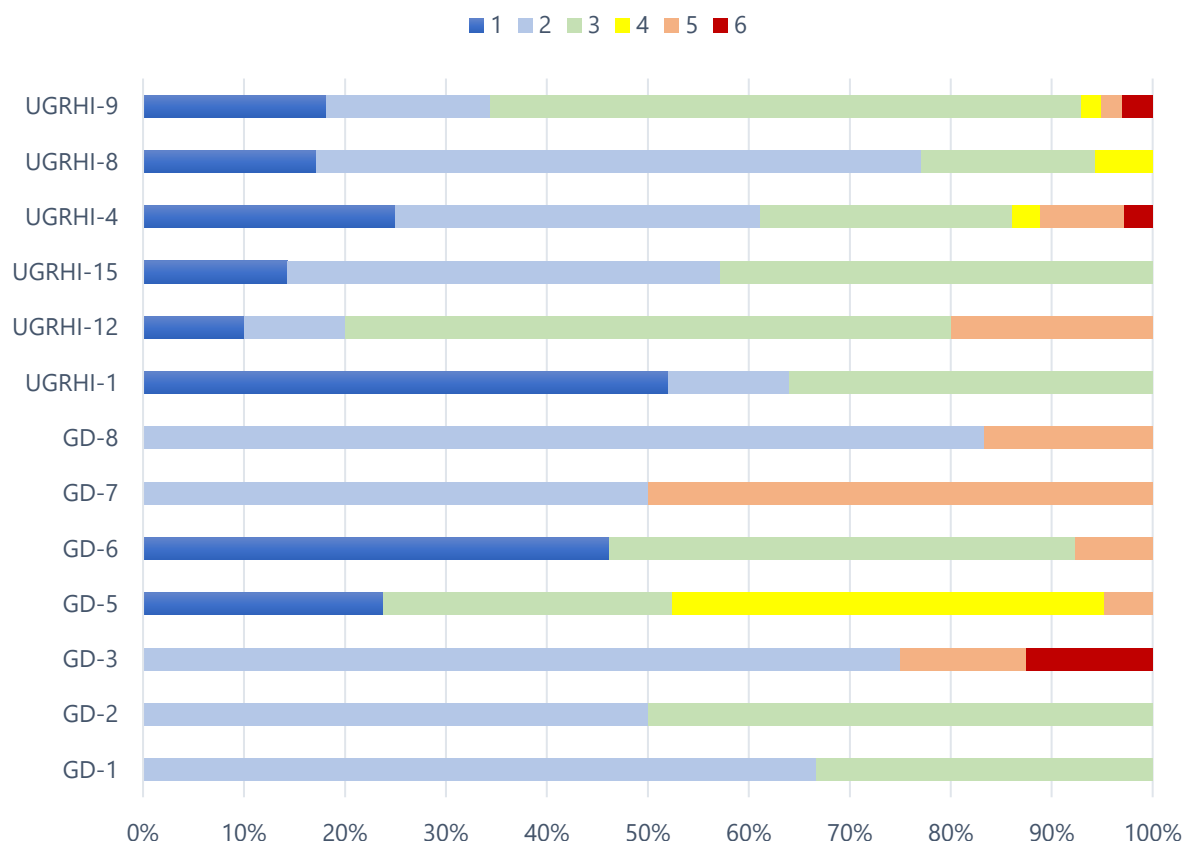


Figura 10: Regionalização dos pontos outorgados de lançamento por arquétipo qualitativo.

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Especificamente em relação as outorgas de lançamento de efluentes, um segundo cruzamento foi realizado visando identificar possíveis correlações entre a localização desses pontos e o diagnóstico da concentração de DBO (Balanço Qualitativo considerando a vazão Q95%) ao longo dos rios da União na bacia do Rio Grande. Conforme mostra a Tabela 11, 32,8% dos lançamentos estão em trechos (ou próximos aos trechos) com concentração inferior a 3 mg/L. Por outro lado, 4% estão em trechos com concentração superior a 10 mg/L.

Tabela 11: Pontos outorgados por arquétipos qualitativos.

Concentrações	nº de Pontos	% dos Usuários
Até 3 mg/ L de DBO (Classe Especial e Classe 1)	90	32,8%
Entre 3 e 5 mg/L de DBO (Classe 2)	101	36,9%
Entre 5 e 10 mg/L de DBO (Classe 3)	72	26,3%
Maior que 10 mg/L de DBO (Classe 4)	11	4,0%
Total Geral	274	100,0%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Em termos regionais, o gráfico da Figura 11 apresenta o percentual de lançamentos por regiões em relação as concentrações de DBO. As UGHs GD-7, GD-6 e UGRHI-9 figuram como as que possuem maior número de pontos outorgados em áreas com maior concentração de DBO.

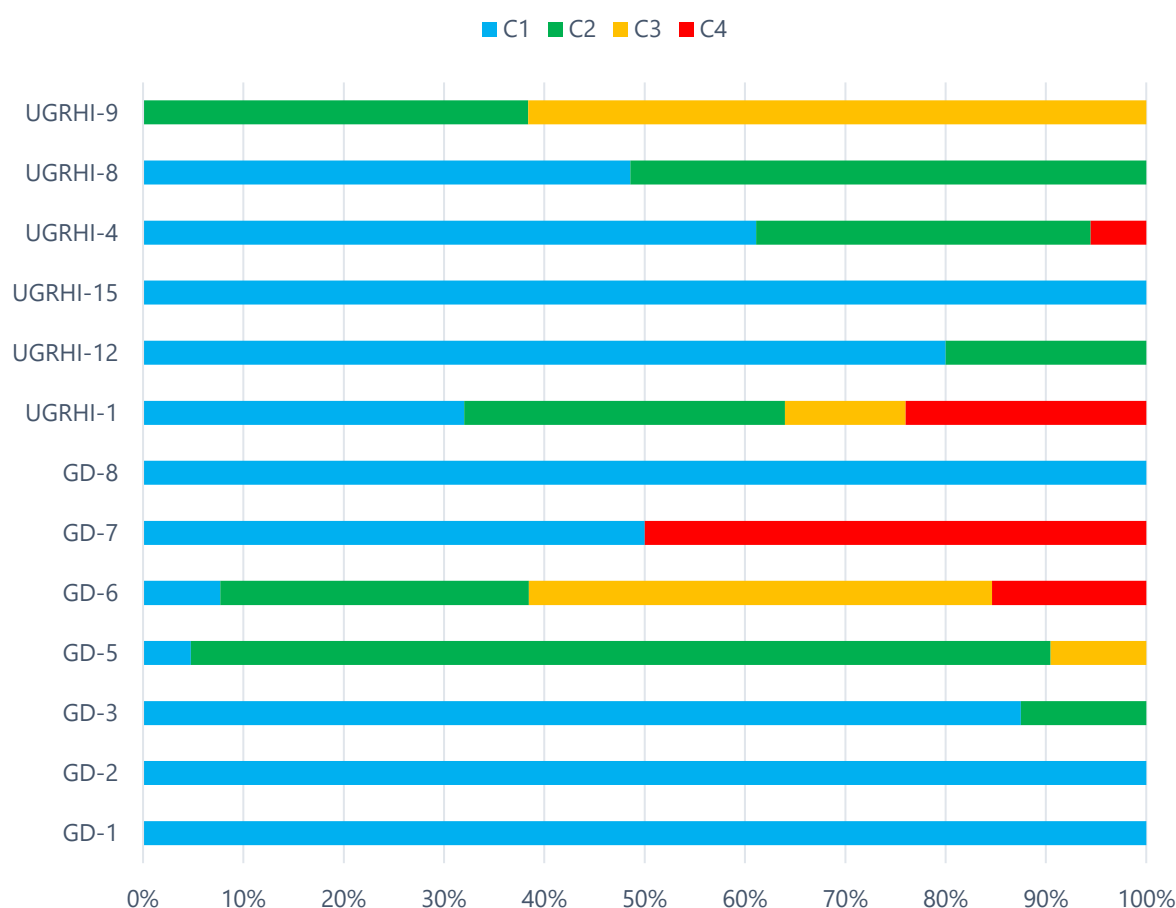


Figura 11: Regionalização dos pontos outorgados de lançamento em relação as concentrações de DBO.

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Áreas críticas

Conforme item anterior, compreende-se que os arquétipos do PIRH-Grande de classe 5 e 6 podem ser tidos como críticos. Assim, as tabelas da sequência apresentam a quantificação dos pontos outorgados nos rios de domínio da União da bacia hidrográfica do Rio Grande localizados em ottobacias classificadas pelos casos-tipo de classe 5 e 6, que são os mais críticos. A Tabela 12 apresenta o componente quantitativo e a Tabela 13 o qualitativo.

Tabela 12: Pontos outorgados por arquétipos quantitativos considerados críticos.

Arquétipos Quantitativos com os Pontos Outorgados	Captações		Lançamentos	
	nº de Pontos	% Total	nº de Pontos	% Total
5 – Demanda no limite ou acima, com estabilidade de pressão	139	5,5%	25	9%
6 – Demanda no limite ou acima, com pressão	33	1,4%	1	0%
TOTAL	172	6,9%	26	9,0%

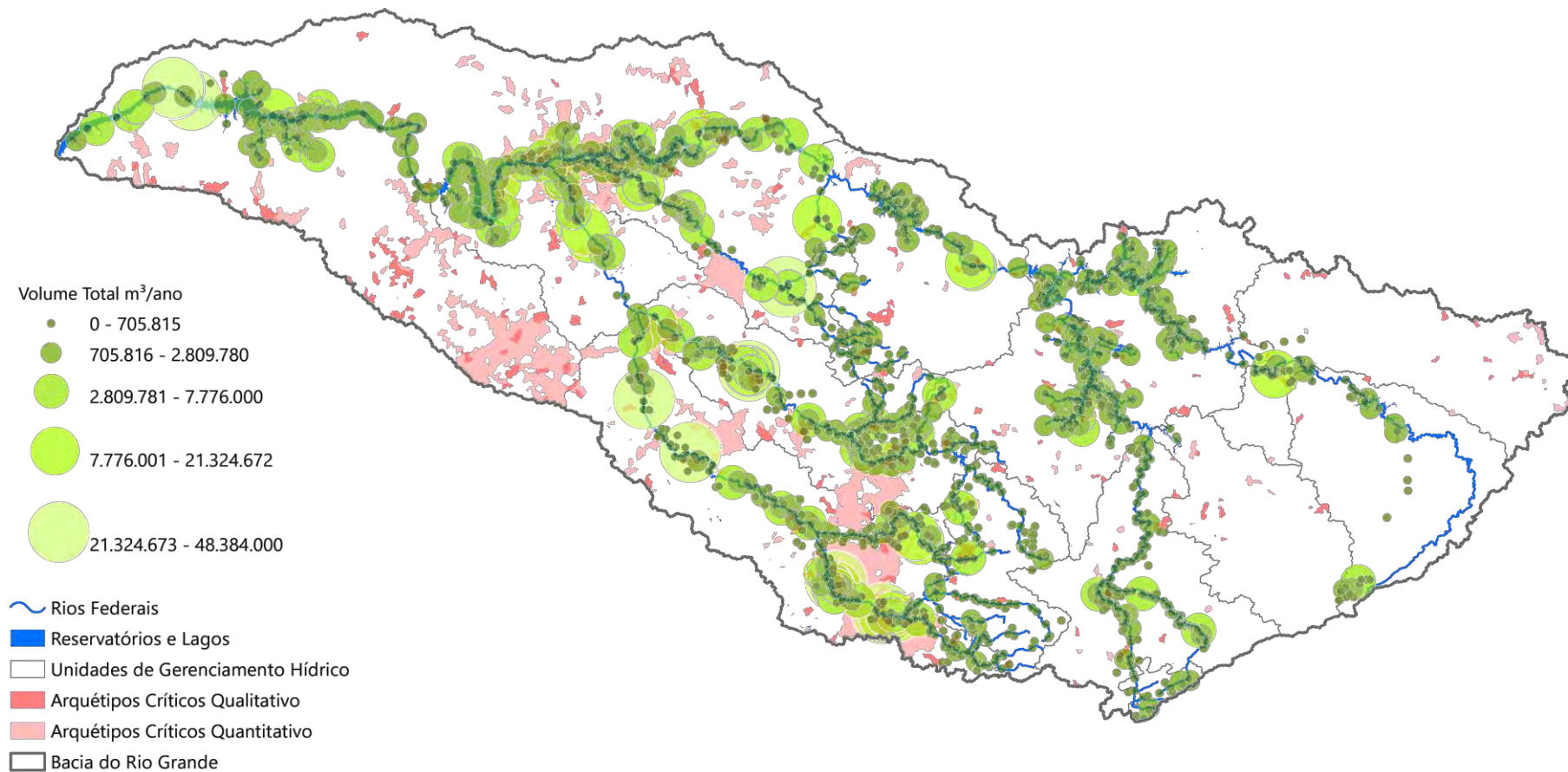
Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Tabela 13: Pontos outorgados por arquétipos qualitativos considerados críticos.

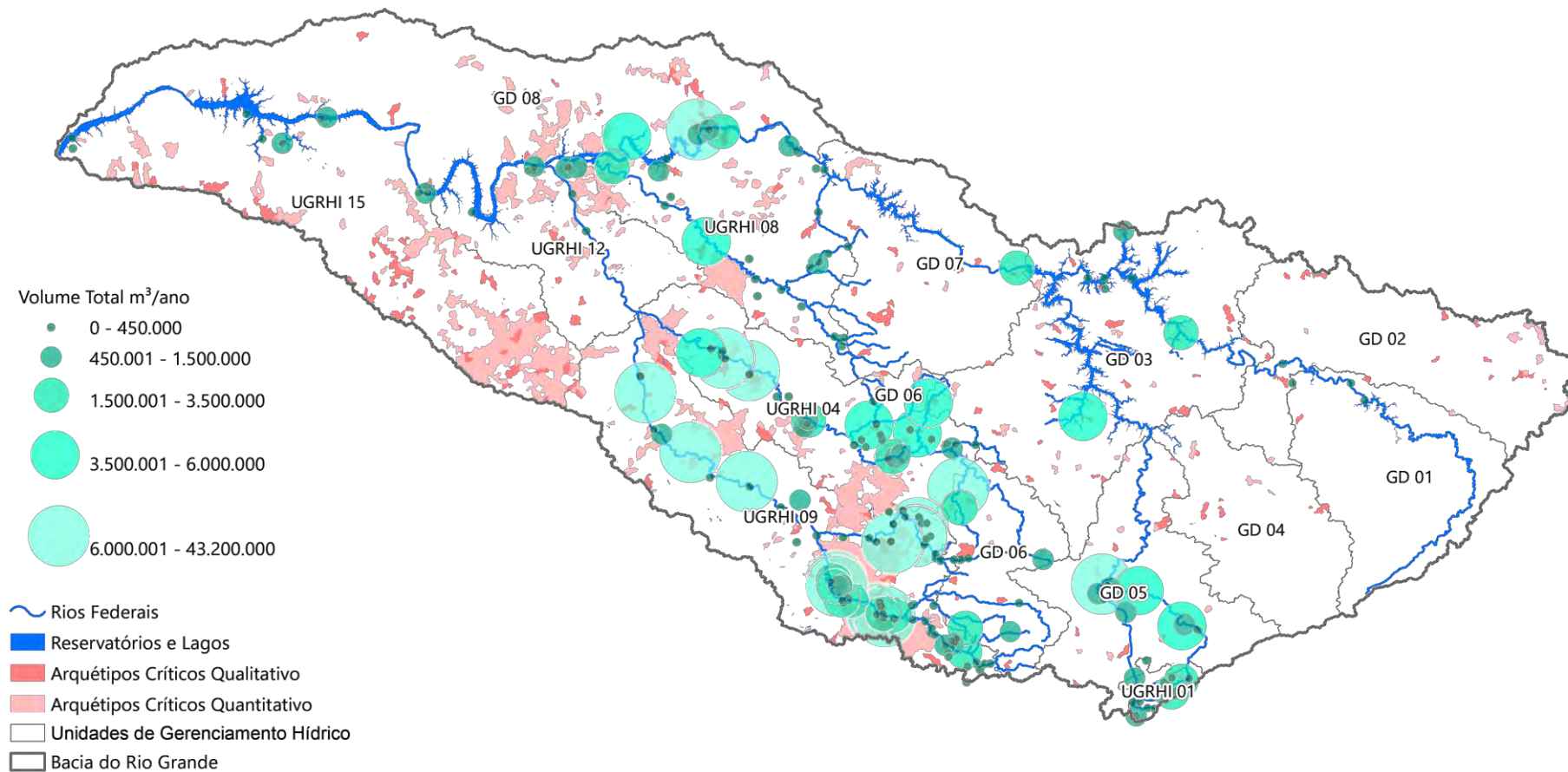
Arquétipos Qualitativos com os Pontos Outorgados	Captações		Lançamentos	
	nº de Pontos	% Total	nº de Pontos	% Total
5 – Concentração excessiva ou alta, com estabilidade de pressão	92	3,76%	12	4%
6 – Concentração excessiva, com pressão	5	0,19%	5	2%
TOTAL	97	3,95%	17	6,0%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

O mapa da Figura 12 espacializa o cruzamento das outorgas de captação com arquétipos críticos e o mapa da Figura 13 espacializa o cruzamento das outorgas de lançamento com arquétipos críticos.

**Figura 12: Espacialização das outorgas de captação sobre os arquétipos críticos.**

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

**Figura 13: Espacialização das outorgas de lançamento sobre arquétipos críticos.**

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021)

Por fim, ainda pode-se considerar a possibilidade de cruzamento de arquétipos. Nessa hipótese, cruzando qualquer nível de arquétipos críticos quantitativos com qualquer nível de arquétipos críticos qualitativos, obtém-se que 10,35% dos pontos outorgados de captação estariam em área crítica e 14,95% dos pontos de lançamento estariam em área crítica. A Tabela 14 apresenta o cruzamento para captação e a Tabela 15 apresenta o cruzamento para lançamentos.

Tabela 14: Percentuais de pontos de captação em relação ao total a partir do cruzamento de arquétipos quantitativos e qualitativos.

Pontos de Captação (2.593)		Quantitativo					
		1	2	3	4	5	6
Qualitativo	1	0,73%	14,42%	3,32%	1,47%	0,39%	0,00%
	2	0,00%	28,69%	2,89%	0,42%	0,00%	0,00%
	3	0,54%	15,19%	11,61%	6,44%	4,94%	1,27%
	4	0,15%	2,70%	0,73%	0,35%	0,00%	0,00%
	5	0,00%	2,01%	1,50%	0,00%	0,04%	0,00%
	6	0,00%	0,08%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Tabela 15: Percentuais de pontos de lançamento em relação ao total a partir do cruzamento de arquétipos quantitativos e qualitativos.

Pontos de Lançamento (274)		Quantitativo					
		1	2	3	4	5	6
Qualitativo	1	0,36%	14,96%	5,84%	0,73%	0,00%	0,00%
	2	0,00%	24,82%	1,09%	1,46%	0,00%	0,00%
	3	1,46%	13,87%	9,85%	5,47%	8,39%	0,36%
	4	0,00%	4,74%	0,00%	0,36%	0,00%	0,00%
	5	0,00%	2,19%	1,46%	0,00%	0,73%	0,00%
	6	0,00%	1,46%	0,36%	0,00%	0,00%	0,00%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

1.2.1. Caracterização dos volumes outorgados

A categorização dos volumes será realizada por tipo, finalidade e localização.

Volumes por tipo e agrupamento

As outorgas em rios de domínio da União na Bacia do Rio Grande somam um volume de 2.195.428.437 m³ por ano. Deste total, 1.802.583.771 (82%) são de captação e 392.844.667 (18%) de lançamento de efluentes. A Tabela 16 apresenta os volumes de captação por grupo de usuário, na qual, nota-se que 60% são para irrigação.

Tabela 16: Volumes captados por agrupamento de usuário.

Agrupamento	Volume m ³ /a	% do Total
Irrigação	1.072.186.661	59,48%
Indústria	361.845.652	20,07%
Abastecimento Humano	274.148.441	15,21%
Mineração	35.243.776	1,96%
Criação Animal	27.338.587	1,52%
Geração de Energia	19.612.855	1,09%
Outros	12.207.798	0,68%
Total Geral	1.802.583.771	100,00%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

A Tabela 17 apresenta os volumes de lançamento por grupo de usuário, na qual, nota-se que quase 50% do volume diz respeito aos efluentes industriais.

Tabela 17: Volumes lançados por agrupamento de usuário.

Agrupamento	Volume m ³ /a	% do Total
Indústria	185.523.278	47,23%
Abastecimento Humano	126.667.275	32,24%
Outros	64.735.545	16,48%
Criação Animal	14.487.533	3,69%
Geração de Energia	931.490	0,24%
Mineração	499.547	0,13%
Total Geral	392.844.667	100,00%

Em termos de maiores usuários, a Tabela 18 apresenta os dez usuários com o maior volume outorgado para captação. Na sequência, a Tabela 19 apresenta os dez usuários com maior volume outorgado de lançamento.

Tabela 18: Dez usuários com o maior volume outorgados de captação.

Nome do Usuário	Volume m ³ /a	% do Volume
Não Informado	140.612.131	7,80%
Usina da Pedra	64.115.448	3,56%
Abastecimento de Água e Esgoto de Franca - SP	46.553.472	2,58%
Fazenda Sete Lagoas Agrícola SA	44.189.600	2,45%
Usina São Martinho	42.900.000	2,38%
Fazenda Recreio	34.330.800	1,90%
International Paper do Brasil LTDA	27.588.525	1,53%
Raizen Energia SA - Filial Junqueira	27.008.024	1,50%
International Paper	26.280.000	1,46%
Fazenda Ribeirão	25.956.000	1,44%
Total dos dez maiores	479.534.000	27%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Tabela 19: Dez usuários com o maior volume outorgados de lançamento.

Nome do Usuário	Volume m ³ /a	% do Volume
Fazenda Sete Lagoas Agrícola SA	44.311.000	11,28%
Usina da Pedra	43.247.320	11,01%
Usina São Martinho	40.382.100	10,28%
International Paper	27.883.080	7,10%
International Paper do Brasil LTDA	27.462.600	6,99%
COPASA Pouso Alegre	12.721.973	3,24%
Sistema de Esgotamento Sanitário	11.463.511	2,92%
Município de Mogi Guaçu - SP	11.059.938	2,82%
Mosaic Fertilizantes PK LTDA	10.512.000	2,68%
Departamento Municipal de Água e Esgoto - DMAE	9.855.000	2,51%
Total dos dez maiores	238.898.522	60,81%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

O Gráfico da Figura 14 apresenta a quantidade de usuários por faixa de volume anual outorgado para captação. 50% dos usuários captam até 175.000 m³/ano.

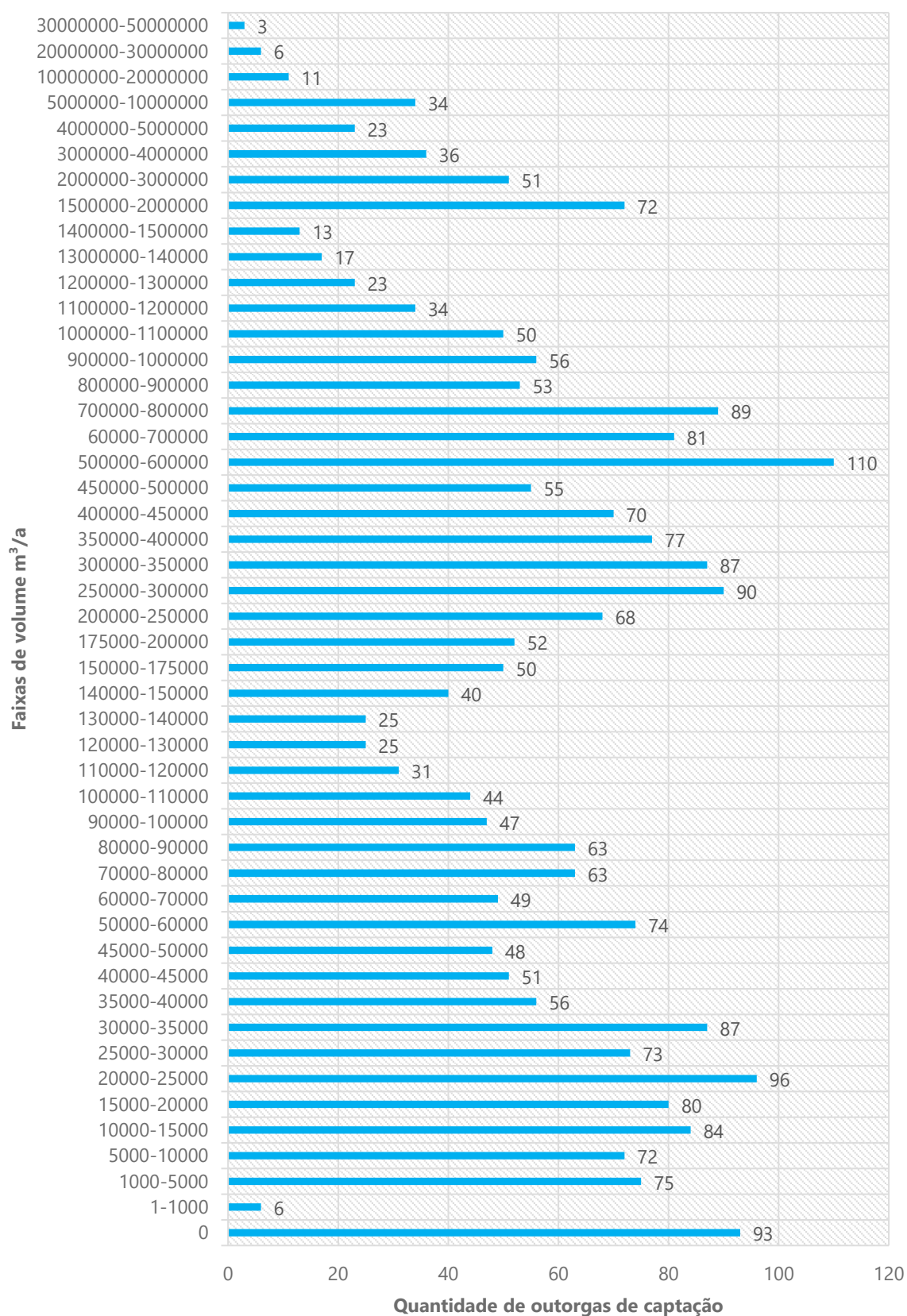


Figura 14: Quantidade de usuários por faixa de volume outorgado de captação.
Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

O Gráfico da Figura 15 apresenta a quantidade de usuários por faixa de volume anual outorgado para lançamento. 50% dos usuários captam até 70.000 m³/ano.

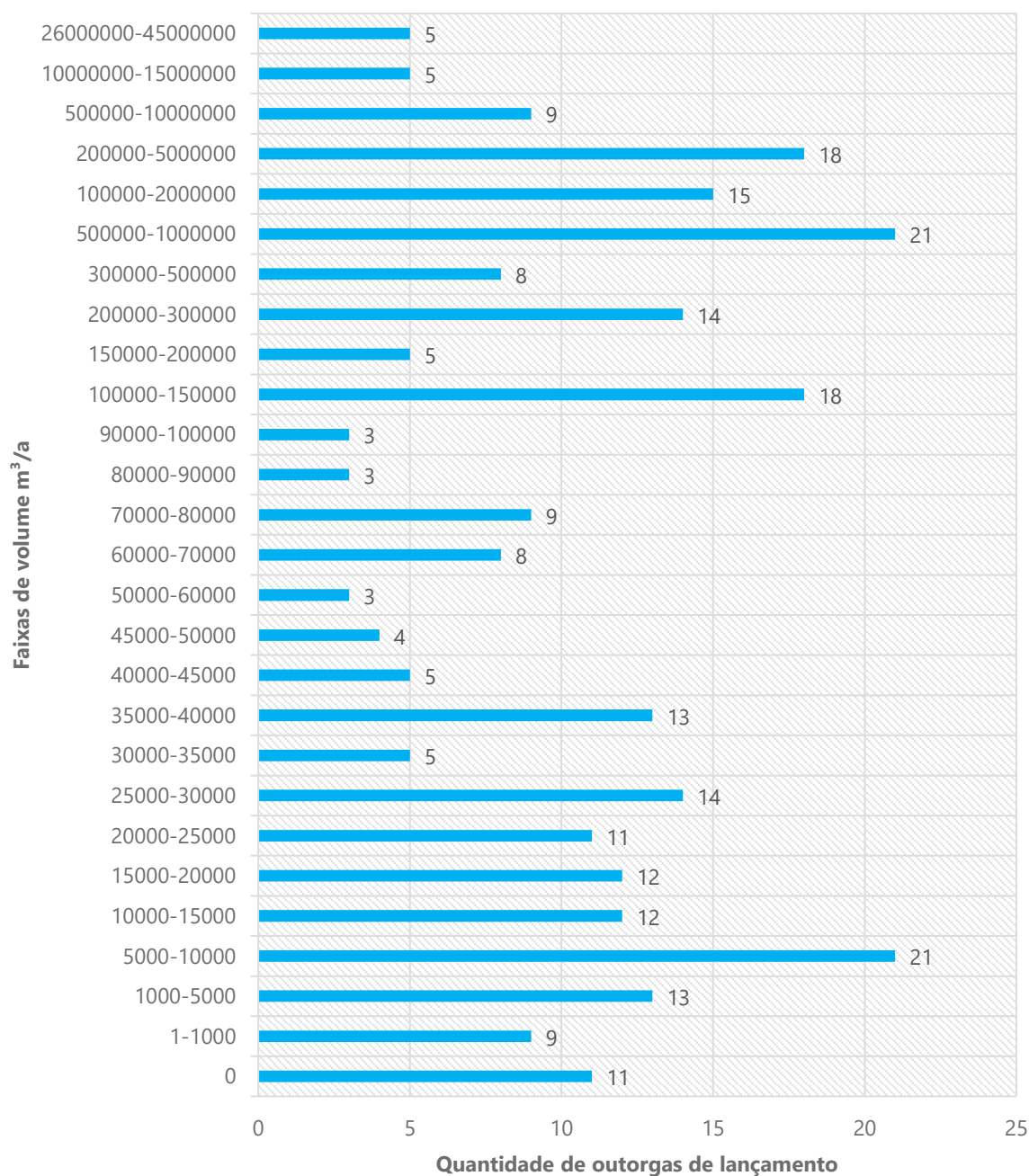


Figura 15: Quantidade de usuários por faixa de volume outorgado de lançamento.
Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

O mapa da Figura 16 espacializa os volumes de captação e o mapa da Figura 17 espacializa os volumes outorgados de lançamento de efluentes.

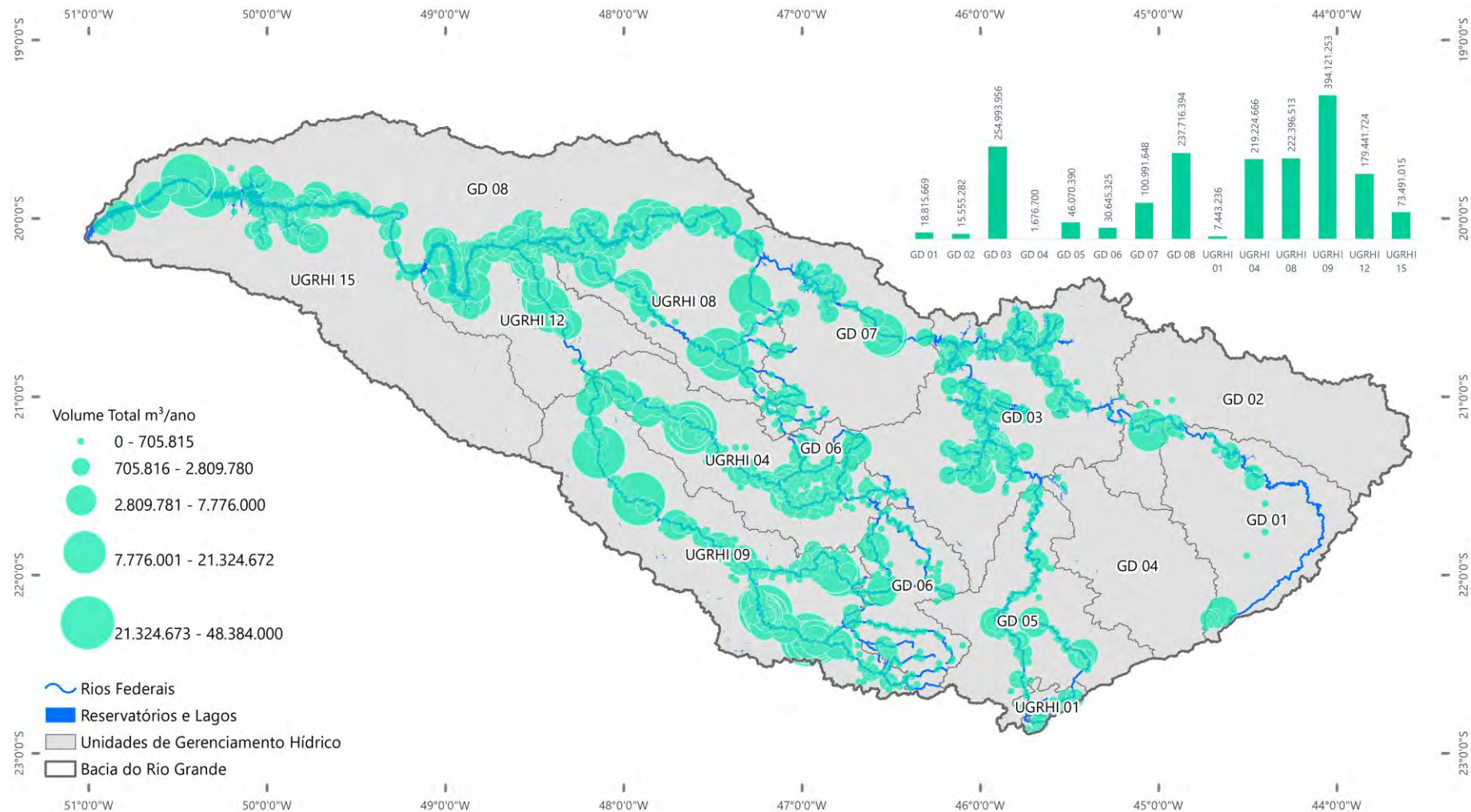


Figura 16: Espacialização dos volumes outorgados de captação em rios de domínio da União.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

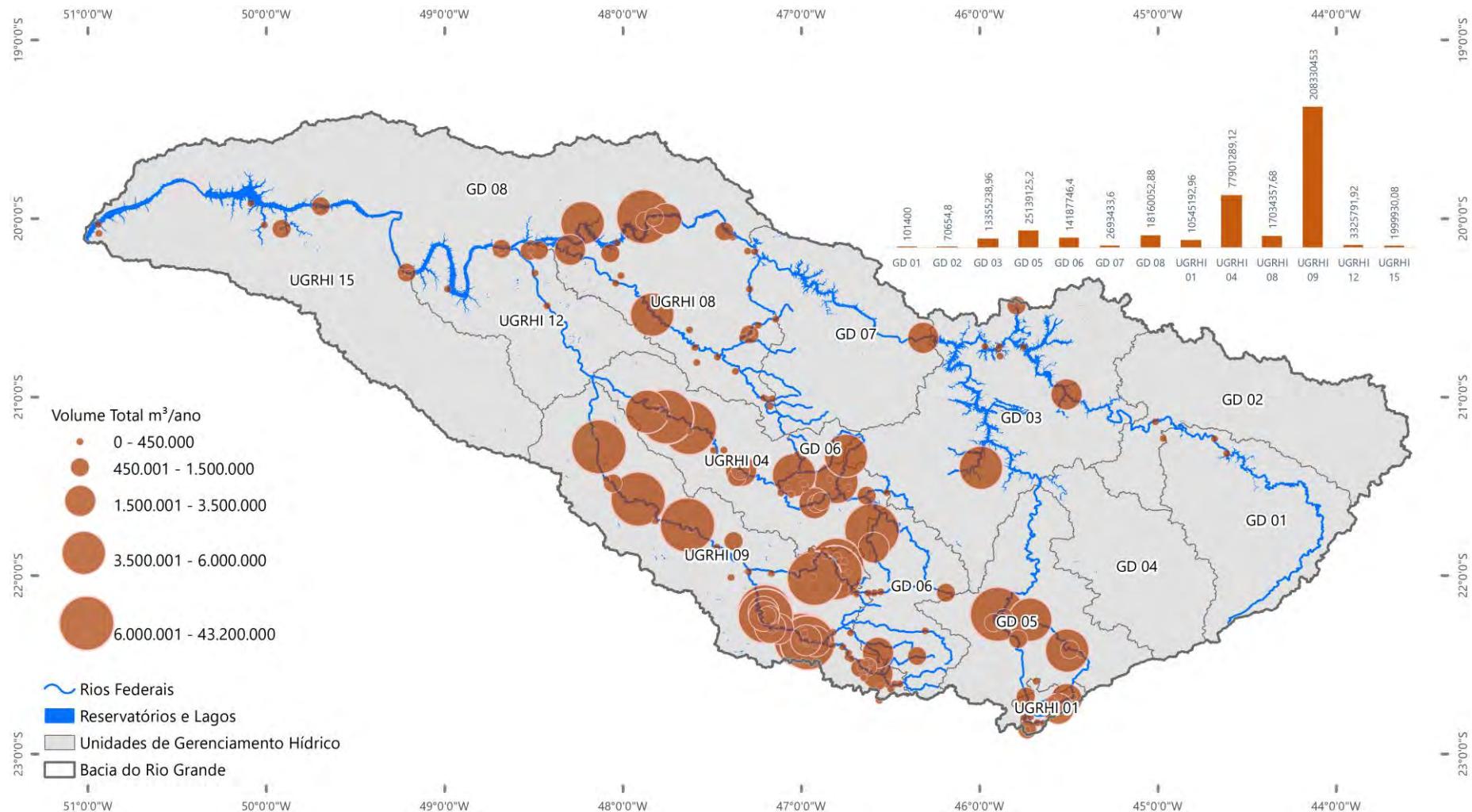


Figura 17: Espacialização dos volumes outorgados de lançamento de efluentes em rios de domínio da União.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

Usuários por tipo e regionalização

Com relação a localização dos volumes nos rios da União, a Tabela 20 apresenta os volumes de captação por localização, onde verifica-se que quase 21% estão situadas em trechos de rios da região do Mogi - Guaçu (UGRHI-9). As UGHs Entorno do Lago de Furnas (GD-3), Afluentes Mineiros do Baixo Rio Grande (GD-8), Sapucaí - Mirim e Grande (UGRHI-8) e Rio Pardo/SP (UGRHI-4), concentram aproximadamente 52% do volume outorgado.

Tabela 20: Volumes anuais de captação por localização.

UGH	Denominação da UGH	Total	% do Total
UGRHI-9	Mogi - Guaçu	394.117.173	21,86%
GD-3	Entorno do Lago de Furnas	248.831.995	13,80%
GD-8	Afluentes Mineiros do Baixo Rio Grande	245.543.099	13,62%
UGRHI-8	Sapucaí - Mirim e Grande	240.970.170	13,37%
UGRHI-4	Rio Pardo (SP)	219.696.466	12,19%
UGRHI-12	Baixo Pardo - Grande	174.336.024	9,67%
GD-7	Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande	77.144.096	4,28%
UGRHI-15	Rios Turvo e Grande	73.521.024	4,08%
GD-5	Rio Sapucaí	46.070.390	2,56%
GD-6	Afluentes Mineiros dos Rios Mogi - Guaçu e Pardo	38.862.446	2,16%
GD-1	Alto Rio Grande	17.866.084	0,99%
GD-2	Vertentes do Rio Grande	16.504.867	0,92%
UGRHI-1	Serra da Mantiqueira	7.443.236	0,41%
GD-4	Rio Verde	1.676.700	0,09%
Total Geral		1.802.583.771	100,00%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

A Tabela 21 apresenta os volumes outorgados de lançamento por região, onde verifica-se que mais de 50% dos lançamentos estão situados em porções da Mogi - Guaçu (UGRHI-9). Os lançamentos na UGH Rio Pardo/SP (UGRHI-4) concentram quase 19% do volume outorgado. As demais UGHs possuem participação inferior a 6,5% cada, e somam juntas um percentual de 27% dos volumes de lançamento nos rios de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

Tabela 21: Volumes anuais de lançamento por localização.

UGH	Denominação da UGH	Total	% do Total
UGRHI-9	Mogi - Guaçu	208.330.453,00	53,03%
UGRHI-4	Rio Pardo (SP)	78.026.732,32	19,86%
GD-5	Rio Sapucaí	25.139.125,20	6,40%
GD-6	Afluentes Mineiros dos Rios Mogi - Guaçu e Pardo	18.428.112,00	4,69%
GD-8	Afluentes Mineiros do Baixo Rio Grande	17.310.332,88	4,41%
UGRHI-8	Sapucaí - Mirim e Grande	17.034.357,68	4,34%
UGRHI-1	Serra da Mantiqueira	10.545.192,96	2,68%
GD-3	Entorno do Lago de Furnas	8.989.430,16	2,29%
UGRHI-12	Baixo Pardo - Grande	3.325.791,92	0,85%
UGRHI-15	Rios Turvo e Grande	2.849.650,08	0,73%
GD-7	Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande	2.693.433,60	0,69%
GD-1	Alto Rio Grande	101.400,00	0,03%
GD-2	Vertentes do Rio Grande	70.654,80	0,02%
Total Geral		392.844.666,60	100,00%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Regionalização por grupo de usuários

A regionalização por grupo de usuários apresenta o perfil dos volumes em cada região da Bacia Hidrográfica do Rio Grande. A Tabela 22 apresenta o perfil dos volumes de captação por região, onde nota-se que em quase todas elas, predominam altos percentuais para irrigação. Exceções ocorrem na UGH Vertentes do Rio Grande (GD-2) e na UGH do Rio Sapucaí (GD-5), onde predomina o abastecimento humano. Os volumes da UGH do Rio Pardo (UGRHI-4) se distribuem entre abastecimento, indústria e irrigação.

Na sequência, a Tabela 23 apresenta o perfil dos volumes de lançamento por região, onde nota-se o predomínio de volumes para esgotamento doméstico. Na UGH Vertentes do Rio Grande (GD-2), 100% do volume é para esgotamento doméstico. As UGHs Rio Pardo (UGRHI-4), Afluentes Mineiros do Baixo Rio Grande (GD-8) e Mogi –

Guaçu (UGRHI-9) possuem mais da metade dos volumes de lançamento oriundos da irrigação.

Tabela 22: Percentual dos volumes de captação por agrupamento nas regiões.

UGH	Abast. Humano	Criação Animal	Energia	Indústria	Irrigação	Mineração	Outros
GD-1	4%	25%	0%	0%	36%	20%	14%
GD-2	69%	0%	0%	5%	13%	13%	0%
GD-3	5%	3%	0%	0%	91%	0%	0%
GD-4	0%	42%	0%	0%	58%	0%	0%
GD-5	67%	1%	0%	7%	6%	14%	5%
GD-6	41%	5%	0%	10%	37%	5%	2%
GD-7	24%	0%	0%	16%	60%	0%	1%
GD-8	2%	2%	0%	12%	82%	2%	0%
UGRHI-1	23%	19%	0%	2%	34%	0%	22%
UGRHI-12	10%	0%	1%	11%	77%	0%	0%
UGRHI-15	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
UGRHI-4	20%	2%	0%	46%	30%	1%	0%
UGRHI-8	23%	0%	1%	18%	57%	1%	1%
UGRHI-9	16%	0%	4%	37%	40%	3%	0%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Tabela 23: Percentual dos volumes de lançamento por agrupamento por região.

SIGLA	Abast. Humano	Criação Animal	Indústria	Irrigação	Mineração	Outros
GD-1	0%	57%	0%	43%	0%	0%
GD-2	100%	0%	0%	0%	0%	0%
GD-3	99%	0%	0%	0%	0%	0%
GD-5	93%	0%	0%	7%	0%	0%
GD-6	91%	0%	0%	9%	0%	0%
GD-7	0%	94%	0%	6%	0%	0%
GD-8	8%	26%	0%	65%	0%	0%
UGRHI-1	38%	13%	0%	1%	0%	47%
UGRHI-4	26%	6%	0%	66%	0%	2%
UGRHI-8	60%	0%	3%	16%	0%	20%
UGRHI-9	18%	0%	0%	56%	0%	26%
UGRHI-12	69%	1%	0%	2%	0%	27%
UGRHI-15	80%	0%	0%	4%	9%	7%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Cruzamento de usuários e problemas

Assim como feito na caracterização dos usuários, para se cruzar os volumes outorgados com os problemas na bacia, optou-se pelo uso dos arquétipos qualitativos e quantitativos do PIRH-Grande. A Tabela 24 apresenta o volume de captação e de lançamento em cada um dos arquétipos quantitativos. Nota-se que 76% dos volumes estão sendo captados de locais com baixa ou atendida demanda e com pressão em decréscimo ou estável (Arquétipos 1, 2 e 3). Por outro lado, quase 70% dos volumes lançados, também estão situados nesses arquétipos de maior conforto hídrico em termos de quantidade.

Tabela 24: Volumes outorgados por arquétipos quantitativos.

Arquétipos Quantitativos	Captações		Lançamentos	
	m ³ /a	% Total	m ³ /a	% Total
1 - Baixa demanda e estabilidade ou decréscimo na pressão	37.042.692	2,05%	27.917.849	7,1%
2 - Baixa demanda e estabilidade de pressão	872.935.739	48,43%	134.158.687	34,2%
3 – Demanda atendida e pressão estável	471.341.879	26,15%	107.868.919	27,5%
4 – Demanda atendida, porém com pressão	265.034.976	14,70%	54.077.419	13,8%
5 – Demanda no limite ou acima, com estabilidade de pressão	150.976.765	8,38%	68.804.272	17,5%
6 – Demanda no limite ou acima, com pressão	5.251.720	0,29%	17.520	0,0%
Total Geral	1.802.583.771	100%	392.844.667	100%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Na sequência, a Tabela 25 apresenta o mesmo número para os arquétipos qualitativos. Constatou-se que 5% do volume captado está situado em locais com concentração média a excessiva e com pressão (Arquétipos 4, 5 e 6). No caso dos

lançamentos, 21,50% dos volumes estão sendo lançados nesses mesmos arquétipos de situação qualitativa considerada mais crítica.

Tabela 25: Volumes por arquétipos qualitativos.

Arquétipos Qualitativos	Captações		Lançamentos	
	m³/a	% Total	m³/a	% Total
1 – Concentração muito baixa e estabilidade ou decréscimo na pressão	324.324.043	17,99%	67.735.650	17,24%
2 – Concentração baixa e estabilidade de pressão	592.001.452	32,84%	28.956.319	7,37%
3 – Concentração média e pressão estável	796.022.530	44,16%	211.672.049	53,88%
4 – Concentração média, porém com pressão	46.802.762	2,60%	1.808.657	0,46%
5 – Concentração excessiva ou alta, com estabilidade de pressão	36.640.887	2,03%	76.641.317	19,51%
6 – Concentração excessiva, com pressão	6.792.097	0,38%	6.030.675	1,54%
Total Geral	1.802.583.771	100%	392.844.667	100%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Em termos regionais, a Figura 18, apresenta o percentual dos volumes outorgados de captação em cada região nos arquétipos quantitativos. Nota-se que as UGHs Baixo Pardo - Grande (UGRHI-12), Afluentes Mineiros do Baixo Rio Grande (GD-8) e Mogi - Guaçu (UGRHI-9) são as que possuem os maiores percentuais de seus volumes de captação em arquétipos de situação mais crítica. Na sequência, a Figura 19 apresenta o percentual de volumes outorgados de lançamento em cada região nos arquétipos qualitativos. As UGHs Entorno do Lago de Furnas (GD-3) e Afluentes Mineiros do Baixo Rio Grande (GD-8) são as que possuem o maior percentual de seus volumes de lançamento em arquétipos mais críticos.

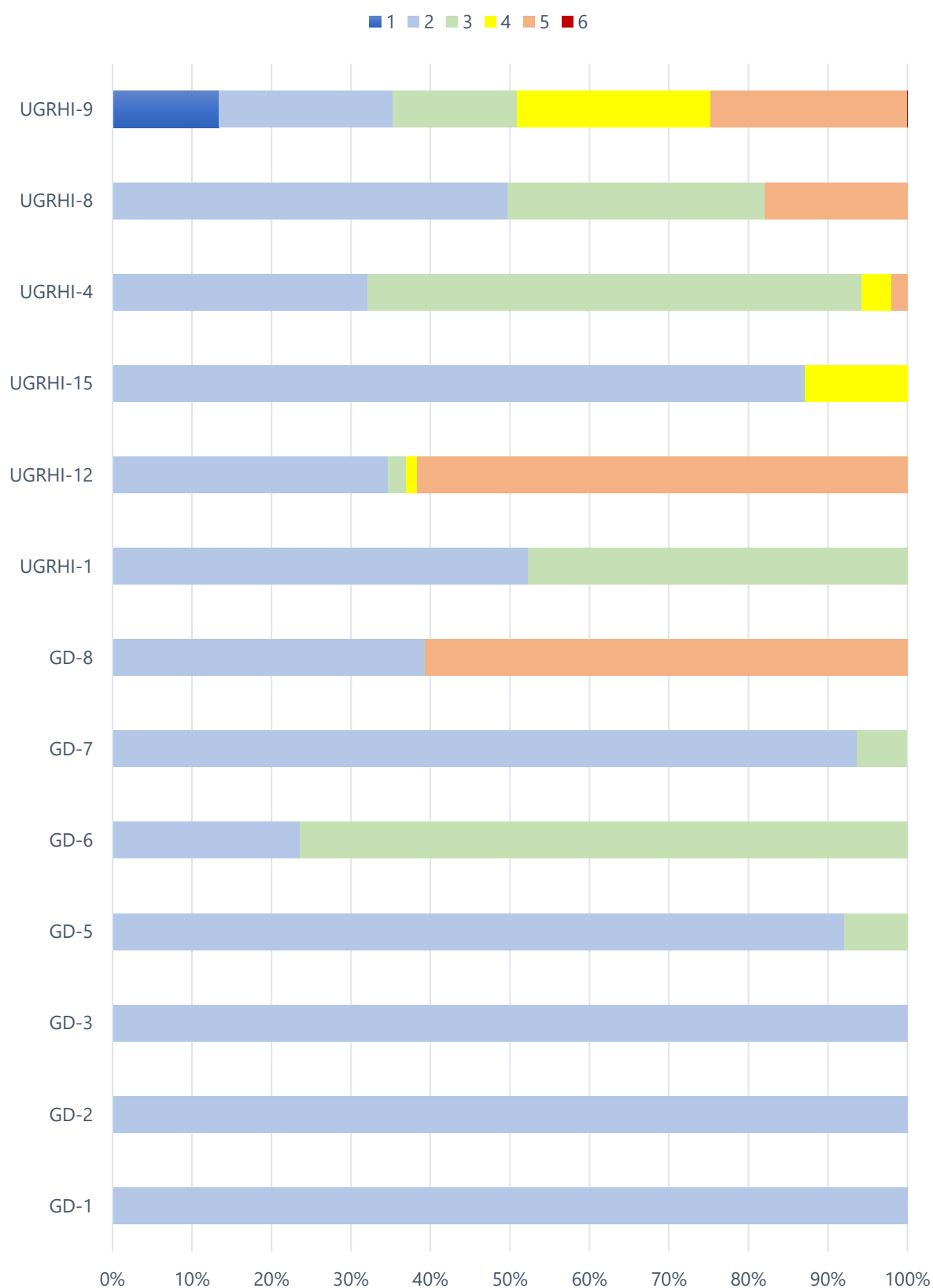


Figura 18: Regionalização dos volumes de captação por arquétipo quantitativo.

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

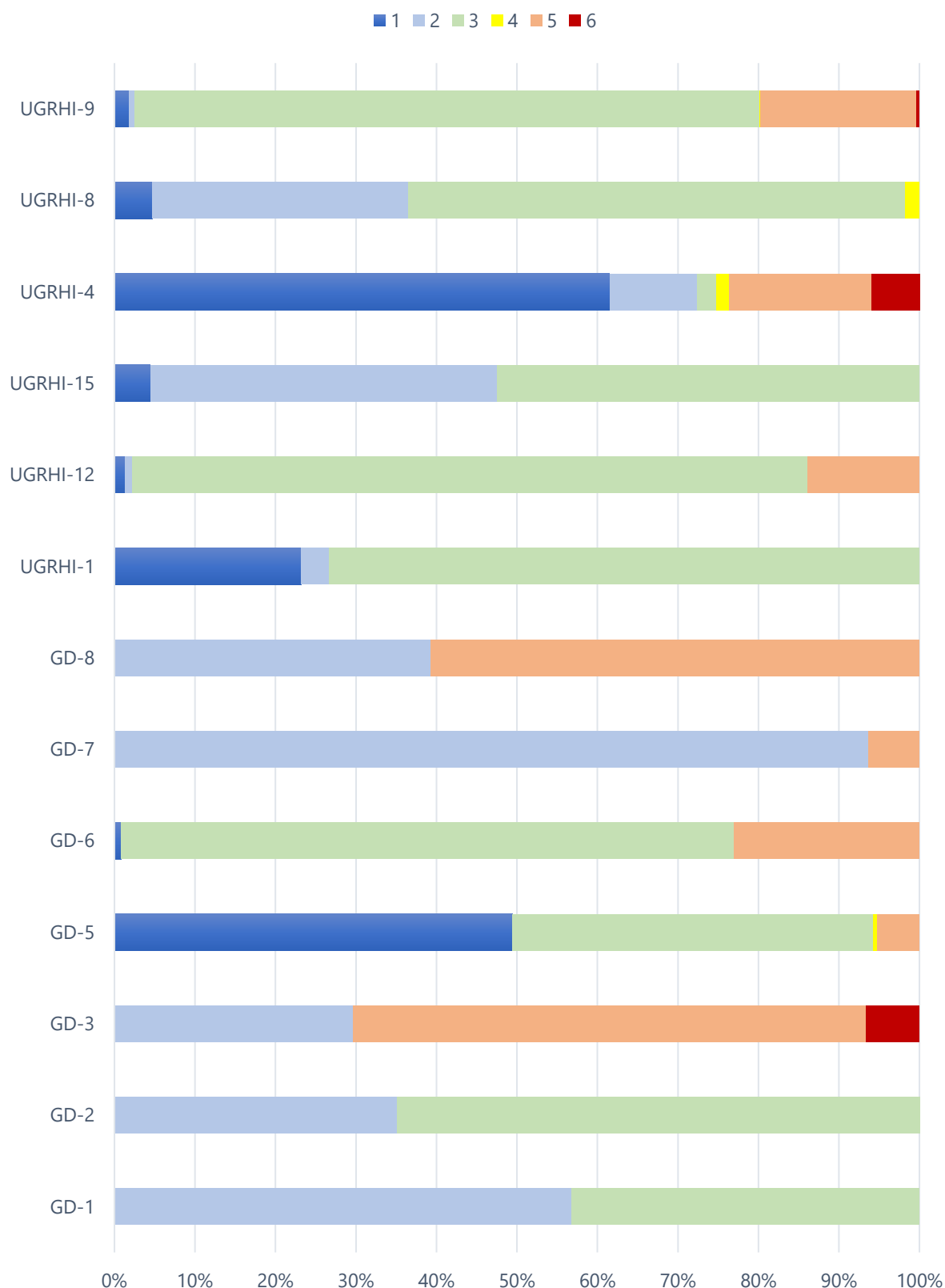


Figura 19: Regionalização dos volumes de lançamento por arquétipo qualitativo.

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Especificamente em relação as outorgas de lançamento de efluentes, um segundo cruzamento foi realizado visando identificar possíveis correlações entre a localização dos volumes e o diagnóstico da concentração de DBO (Balanço Qualitativo considerando a vazão Q95%) ao longo dos rios de domínio da União. Conforme mostra a Tabela 26, 23% do volume de lançamento ocorre em trechos (ou próximos aos trechos) com concentração inferior a 3 mg/L. Por outro lado, pouco mais de 4% do volume de lançamento ocorre em trechos com concentração superior a 10 mg/L.

Tabela 26: Volumes outorgados por arquétipos qualitativos.

Concentrações	m ³ /ano	% do total
Até 3 mg/ L de DBO (Classe Especial e Classe 1)	90.615.778	23,1%
Entre 3 e 5 mg/L de DBO (Classe 2)	103.983.832	26,5%
Entre 5 e 10 mg/L de DBO (Classe 3)	180.982.995	46,1%
Maior que 10 mg/L de DBO (Classe 4)	17.262.061	4,4%
Total Geral	392.844.667	100,0%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Em termos regionais, o gráfico da Figura 20 apresenta o percentual de lançamentos de cada região em relação as concentrações de DBO. As UGHs Serra da Mantiqueira (UGRHI-1), Afluentes Mineiros dos Rios Mogi - Guaçu e Pardo (GD-6) e Mogi - Guaçu (UGRHI-9), figuram como as que concentram o maior percentual de seus lançamentos em trechos de Classe 3 e Classe 4.

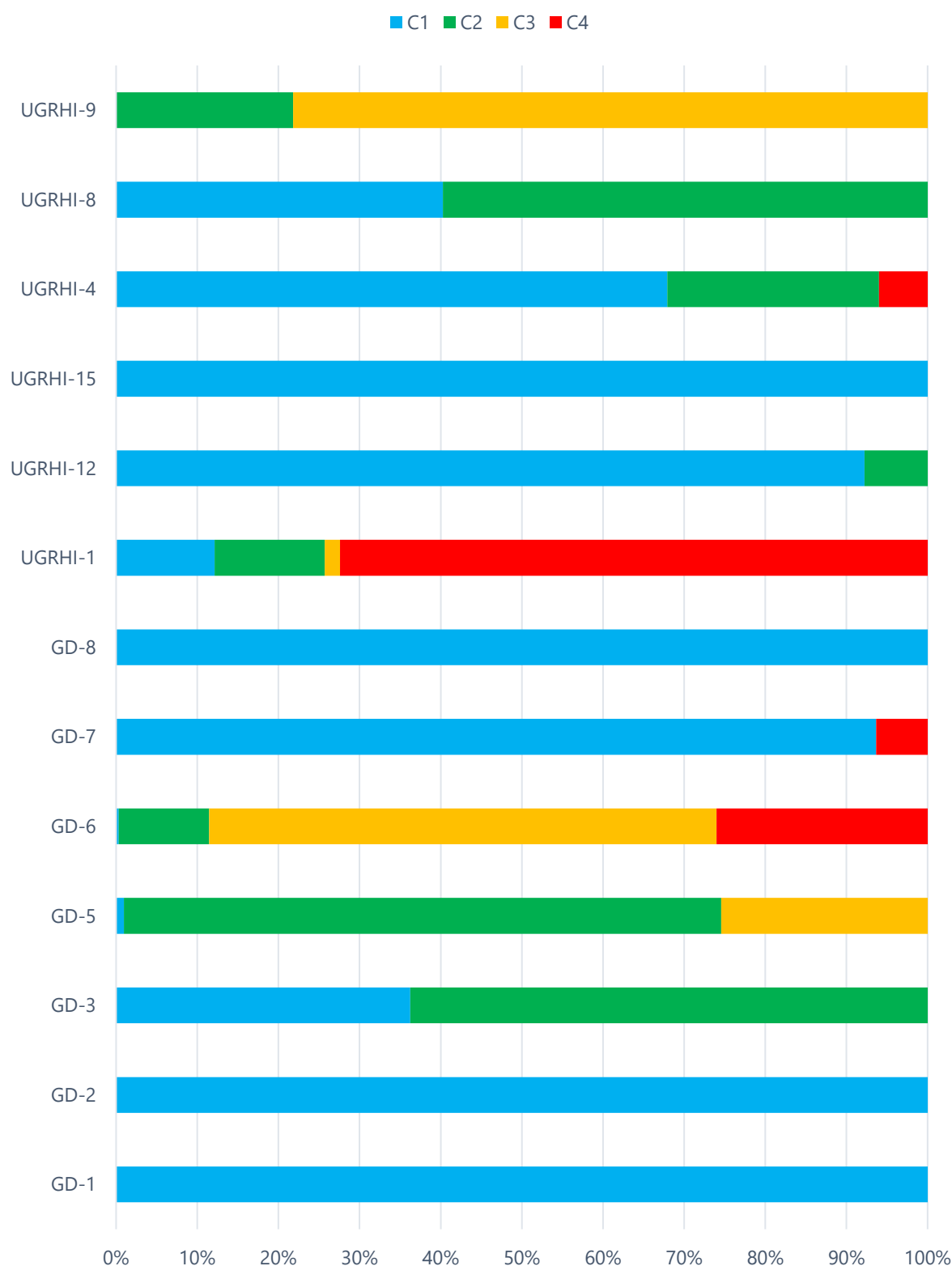


Figura 20: Regionalização dos volumes outorgados de lançamento em relação às concentrações de DBO.

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Áreas críticas

Assim como realizado com os pontos outorgados, realiza-se o cruzamento dos problemas para o estabelecimento de áreas críticas, compostas pelas otobacias classificadas nos arquétipos 5 e 6 (componente qualitativo e componente quantitativo). A Tabela 27 apresenta o percentual de volumes outorgados localizados nas áreas críticas considerando os arquétipos quantitativos e a Tabela 28 apresenta o percentual de volumes outorgados nas áreas críticas considerando arquétipos qualitativos. Nota-se que 8,6% do volume captado encontra-se em área crítica quantitativa e 22% do volume lançado encontra-se em área crítica qualitativa.

Tabela 27: Volumes outorgados por arquétipos quantitativos considerados críticos.

Arquétipos Quantitativos com os Volumes Outorgados	Captações		Lançamentos	
	m³/ano	% Total	m³/ano	% Total
5 – Demanda no limite ou acima, com estabilidade de pressão	150.976.765	8,38%	68.804.272	18%
6 – Demanda no limite ou acima, com pressão	5.251.720	0,29%	17.520	0%
TOTAL	156.228.485	8,67%	68.821.792	18,00%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Tabela 28: Volumes outorgados por arquétipos qualitativos considerados críticos.

Arquétipos Qualitativos com os Volumes Outorgados	Captações		Lançamentos	
	m³/ano	% Total	m³/ano	% Total
5 – Concentração excessiva ou alta, com estabilidade de pressão	36.640.887	2,03%	76.641.317	20%
6 – Concentração excessiva, com pressão	6.792.097	0,38%	6.030.675	2%
TOTAL	43.432.984	2,41%	82.671.992	22,00%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Por fim, ainda pode-se considerar a possibilidade de cruzamento de arquétipos. Nessa hipótese, cruzando qualquer nível de arquétipos críticos quantitativos com qualquer nível de arquétipos críticos qualitativos, obtém-se percentuais de volume de captação e de lançamento sob diferentes níveis de criticidade. A Tabela 29 apresenta o cruzamento para captação e a Tabela 30 apresenta o cruzamento para lançamentos.

Tabela 29: Percentuais do volume de captação total para os cruzamentos de arquétipos quantitativos e qualitativos.

Volume de Captação (1.802.583.771)		Quantitativo					
		1	2	3	4	5	6
Qualitativo	1	0,73%	14,42%	3,32%	1,47%	0,39%	0,00%
	2	0,00%	28,69%	2,89%	0,42%	0,00%	0,00%
	3	0,54%	15,19%	11,61%	6,44%	4,94%	1,27%
	4	0,15%	2,70%	0,73%	0,35%	0,00%	0,00%
	5	0,00%	2,01%	1,50%	0,00%	0,04%	0,00%
	6	0,00%	0,08%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Tabela 30: Percentuais do volume de lançamento total para os cruzamentos de arquétipos quantitativos e qualitativos.

Volume de Lançamento (392.844.667)		Quantitativo					
		1	2	3	4	5	6
Qualitativo	1	0,36%	14,96%	5,84%	0,73%	0,00%	0,00%
	2	0,00%	24,82%	1,09%	1,46%	0,00%	0,00%
	3	1,46%	13,87%	9,85%	5,47%	8,39%	0,36%
	4	0,00%	4,74%	0,00%	0,36%	0,00%	0,00%
	5	0,00%	2,19%	1,46%	0,00%	0,73%	0,00%
	6	0,00%	1,46%	0,36%	0,00%	0,00%	0,00%

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

1.2.2. Panorama geral dos usuários de domínio da União

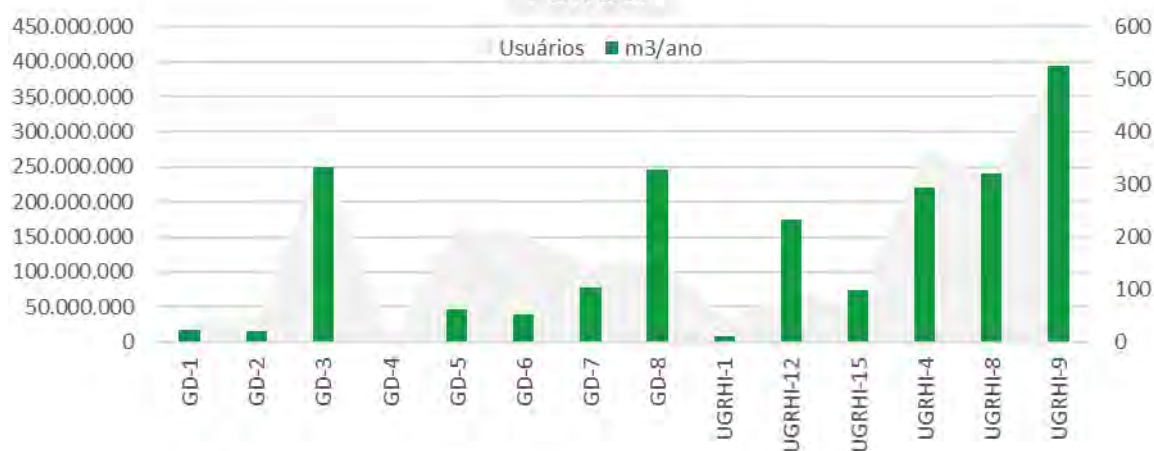
Como forma de sistematizar as principais informações sobre usuários e volumes outorgados, a Figura 21 apresenta o infográfico síntese das captações e a Figura 22 o infográfico síntese dos lançamentos.

CAPTAÇÕES FEDERAIS NA BACIA DO RIO GRANDE

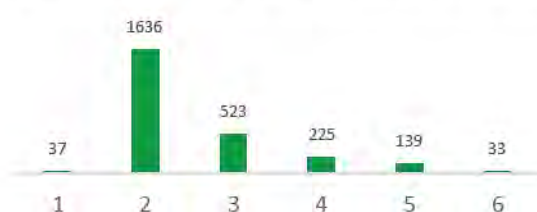
TOTAL GERAL 1.802.583.771 2.593

POR FINALIDADES		VOLUME M ³ /A		PONTOS OUTORGADOS	
	Irrigação	1.072.186.661	59%	1.532	59%
	Indústria	361.845.652	20%	164	6%
	Abast. Humano	274.148.441	15%	269	10%
	Mineração	35.243.776	2%	419	16%
	Criação Animal	27.338.587	2%	65	3%
	Geração de Energia	19.612.855	1%	5	0%
	Outros	12.207.798	1%	139	5%

POR UGH



USUÁRIOS POR ARQ. QUANTITATIVO



VOLUMES POR ARQ. QUANTITATIVO

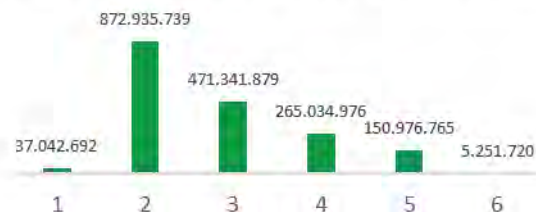


Figura 21: Síntese das Captações em rios da União na Bacia do Rio Grande.

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

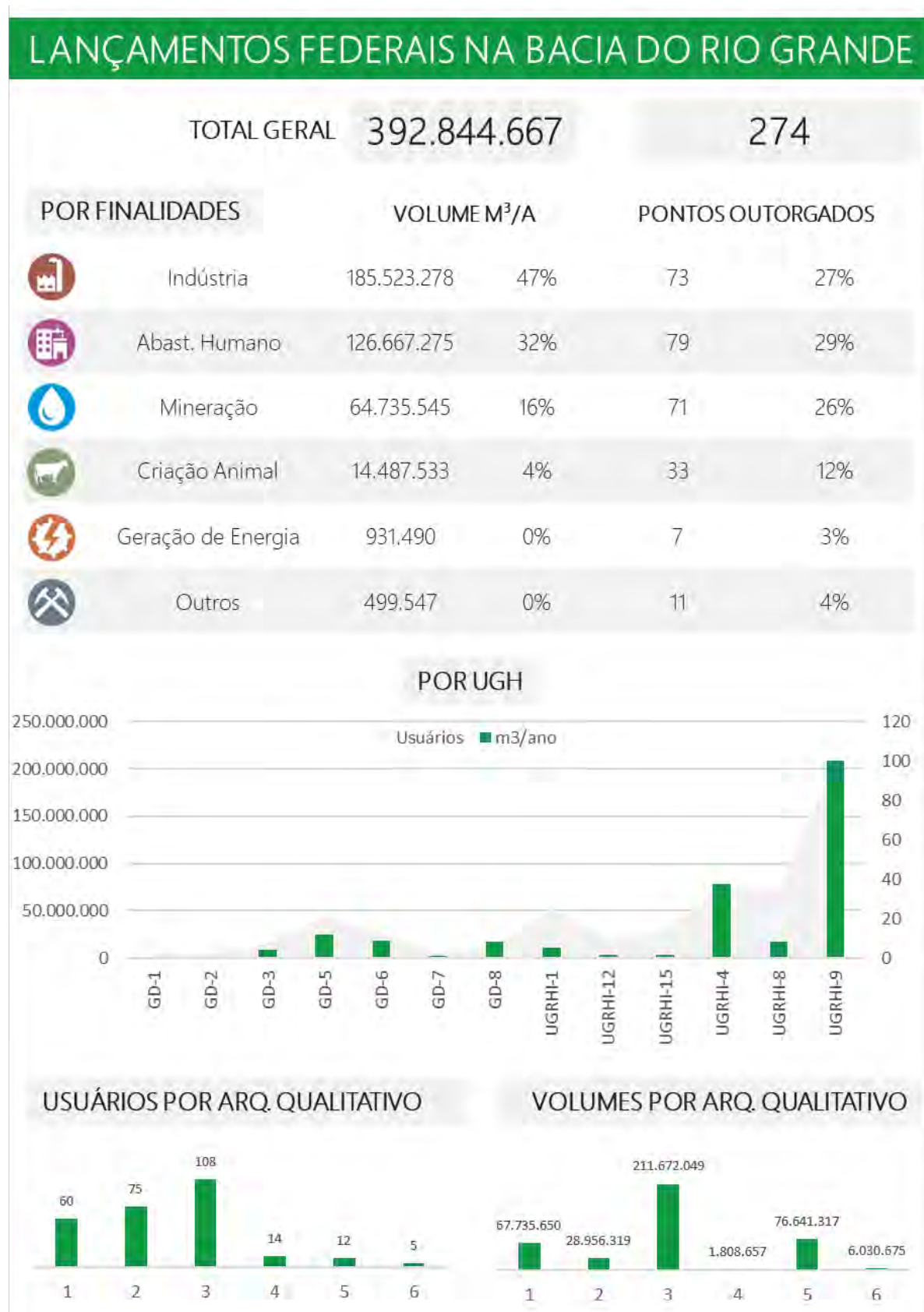


Figura 22: Síntese dos Lançamentos em rios da União na Bacia do Rio Grande.

Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

1.3. Principais desafios identificados pelo PIRH-Grande

Segundo o Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia (PIRH-Grande), a gestão das águas do Rio Grande enfrenta diversos desafios, dentre eles a ocorrência de extensas áreas críticas, identificadas como tendo demandas hídricas de retirada no limite ou acima do limite da disponibilidade e/ou trechos de corpos d'água que apresentam concentração alta ou excessivamente alta de poluentes.

O PIRH-Grande realizou uma abordagem síntese dos problemas quantitativos e qualitativos traduzidos em arquétipos qualitativos e quantitativos, que permitem a leitura clara direta e temporal, sobre a localização dos conflitos e necessidades de gestão. A Figura 23 apresenta os critérios utilizados no PIRH-Grande para ordenar o cruzamento entre a intensidade e a direção dos resultados dos balanços hídricos quantitativos.

Como resultado, a Figura 24 apresenta a espacialização dos mesmos. Considerando-se como áreas críticas aquelas com arquétipos quali e/ou quantitativos de classe 5 e 6, identifica-se que sob estas se dá 13% do volume captado e 33% do volume lançado.

Classe	Classificação	Necessidade de Ação (timing)	Ação
1	Baixa demanda e estabilidade ou decréscimo na pressão	Longo prazo	PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO Muito baixa prioridade para gestão, com alto potencial para desenvolvimento de atividades de alta demanda e implantação de instrumentos de gestão voltados ao longo prazo.
2	Baixa demanda e estabilidade de pressão	Médio prazo	PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO Baixa prioridade para gestão, com potencial para desenvolvimento de atividades com alta demanda e implantação de instrumentos de gestão voltados ao médio prazo.
3	Demanda atendida e pressão estável	Curto – ações com foco na precaução	OPORTUNIDADE COM PRECAUÇÃO Devido à preponderância de demandas atendidas, porém com pressão estável, trata-se de oportunidade para ação com foco na precaução – tanto na implantação de instrumentos de gestão a curto prazo, quanto na análise sobre novas captações.
4	Demanda atendida, porém, com pressão	Curtíssimo – necessidade de antecipar-se à pressão, foco na eficiência	OPORTUNIDADE COM RESTRIÇÃO Devido a preponderância de demandas atendidas, porém com pressão crescente, trata-se de oportunidade para ação com foco na eficiência – tanto na implantação de instrumentos de gestão a curto prazo, quanto na análise sobre novas captações. Sem a devida restrição, a situação pode rapidamente se tornar crítica
5	Demanda no limite ou acima, com estabilidade de pressão	Curtíssimo – situação próxima à crítica	PRIORIDADE DE CONTROLE E SANEAMENTO Prioridade de ações de controle com oportunidade de fomentar redução da demanda via exemplo de restrições impostas à classe 6; restrição para novas captações; potencial para mercado de água.
6	Demanda no limite ou acima, com pressão	Urgente – situação já crítica e piora à vista	URGÊNCIA Urgência na restrição de uso e redirecionamento da pressão de crescimento; potencial para mercado de água; definição de situações emergenciais de restrição de captação e contingência; busca de alternativas de gestão da demanda e da oferta.

Figura 23: Arquétipos quantitativos do PIRH-Grande.

Fonte: PIRH-Grande (ANA, 2017). Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

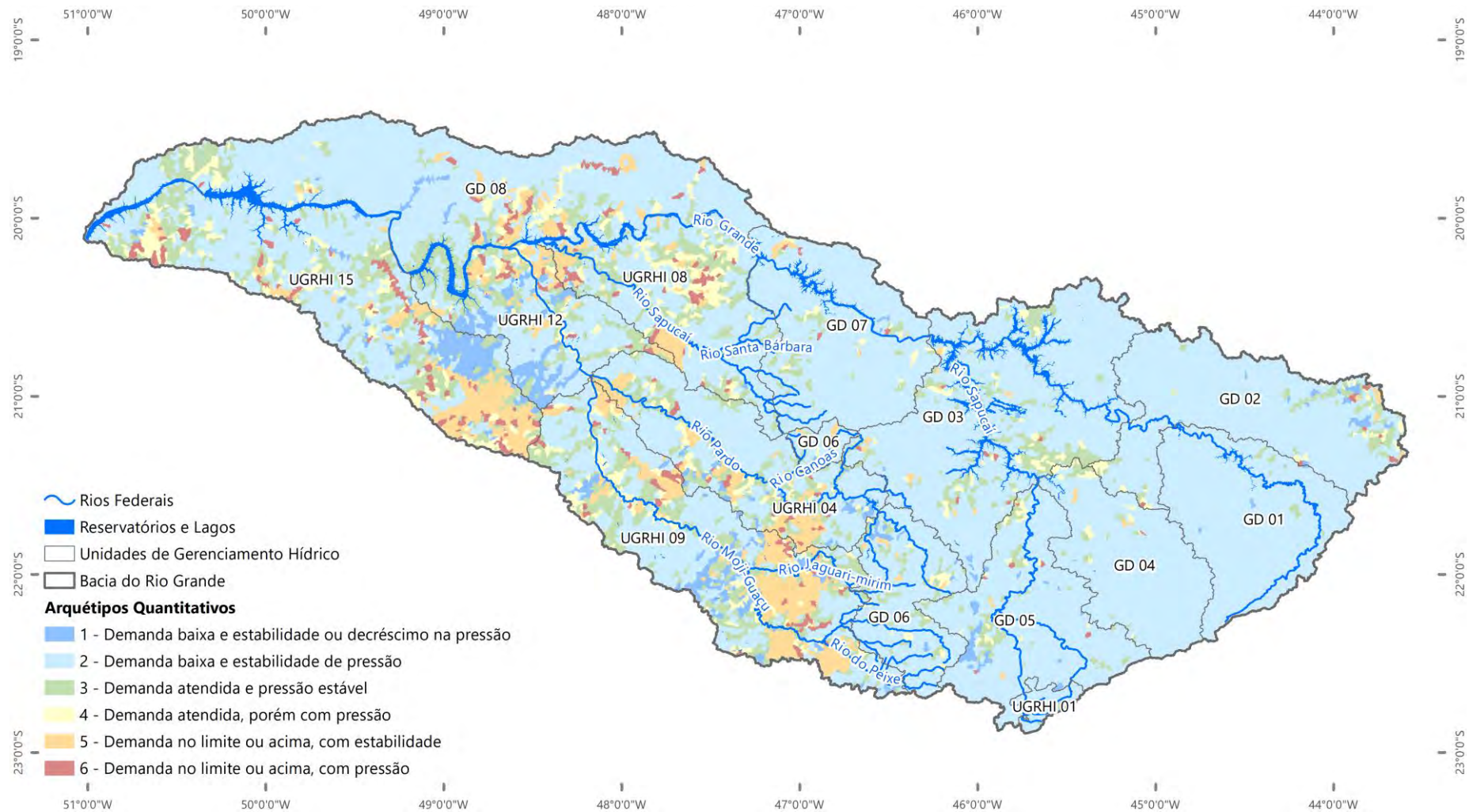


Figura 24: Espacialização dos arquétipos quantitativos na Bacia do Rio Grande.

Fonte: PIRH-Grande (2017). Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

Já a Figura 25 apresenta os critérios utilizados no PIRH-Grande para ordenar o cruzamento entre a intensidade e a direção dos resultados dos balanços hídricos qualitativos, a partir das concentrações de $\text{DBO}_{5,20}$. Na sequência, a Figura 26 espacializa os arquétipos qualitativos na Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

Classe	Classificação	Necessidade de Ação (timing)	Ação
1	Concentração muito baixa e estabilidade ou decréscimo na pressão	Longo prazo	PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO Muito baixa prioridade para gestão, com alto potencial para desenvolvimento de atividades de alta demanda e implantação de instrumentos de gestão voltados ao longo prazo.
2	Concentração baixa e estabilidade de pressão	Médio prazo	PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO Baixa prioridade para gestão, com potencial para desenvolvimento de atividades com alta demanda e implantação de instrumentos de gestão voltados ao médio prazo.
3	Concentração média e pressão estável	Curto – ações com foco na precaução	OPORTUNIDADE COM PRECAUÇÃO Devido a preponderância de concentrações médias, porém com pressão estável, trata-se de oportunidade para ação com foco na precaução – tanto na implantação de instrumentos de gestão a curto prazo, quanto na análise sobre novos lançamentos.
4	Concentração média, porém com pressão	Curtíssimo – necessidade de antecipar-se à pressão, foco na eficiência	OPORTUNIDADE COM RESTRIÇÃO Devido à preponderância de concentrações médias, porém com pressão crescente, trata-se de oportunidade para ação com foco na eficiência – tanto na implantação de instrumentos de gestão a curto prazo, quanto na análise sobre novos lançamentos. Sem a devida restrição, a situação pode rapidamente se tornar crítica.
5	Concentração excessiva ou elevada, com estabilidade de pressão	Curtíssimo – situação próxima à crítica	PRIORIDADE DE CONTROLE E SANEAMENTO Prioridade de ações de controle e de tratamento de efluentes para, em conjunto com restrição para novos lançamentos, controlar e reduzir as concentrações; promover acordos de condições de entrega de água junto às áreas de montante.
6	Concentração excessiva, com pressão	Urgente – situação já crítica e piora à vista	URGÊNCIA Urgência de ações de controle; prioridade máxima no tratamento de efluentes; restrição máxima para novos lançamentos; necessidade de acordos de condições de entrega de água junto às áreas de montante.

Figura 25: Arquétipos quantitativos do PIRH-Grande.

Fonte: PIRH-Grande (ANA, 2017). Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Destaca-se que os arquétipos foram definidos no PIRH-Grande para cada ottobacia e serão posteriormente utilizados no presente estudo para cruzar a localização dos usuários com os problemas existentes, de modo a verificar prováveis (ou não) possibilidades para indicação de mecanismos e valores de cobrança diferenciados conforme aspectos estudados e apresentados no âmbito da elaboração e implementação do PIRH-Grande.

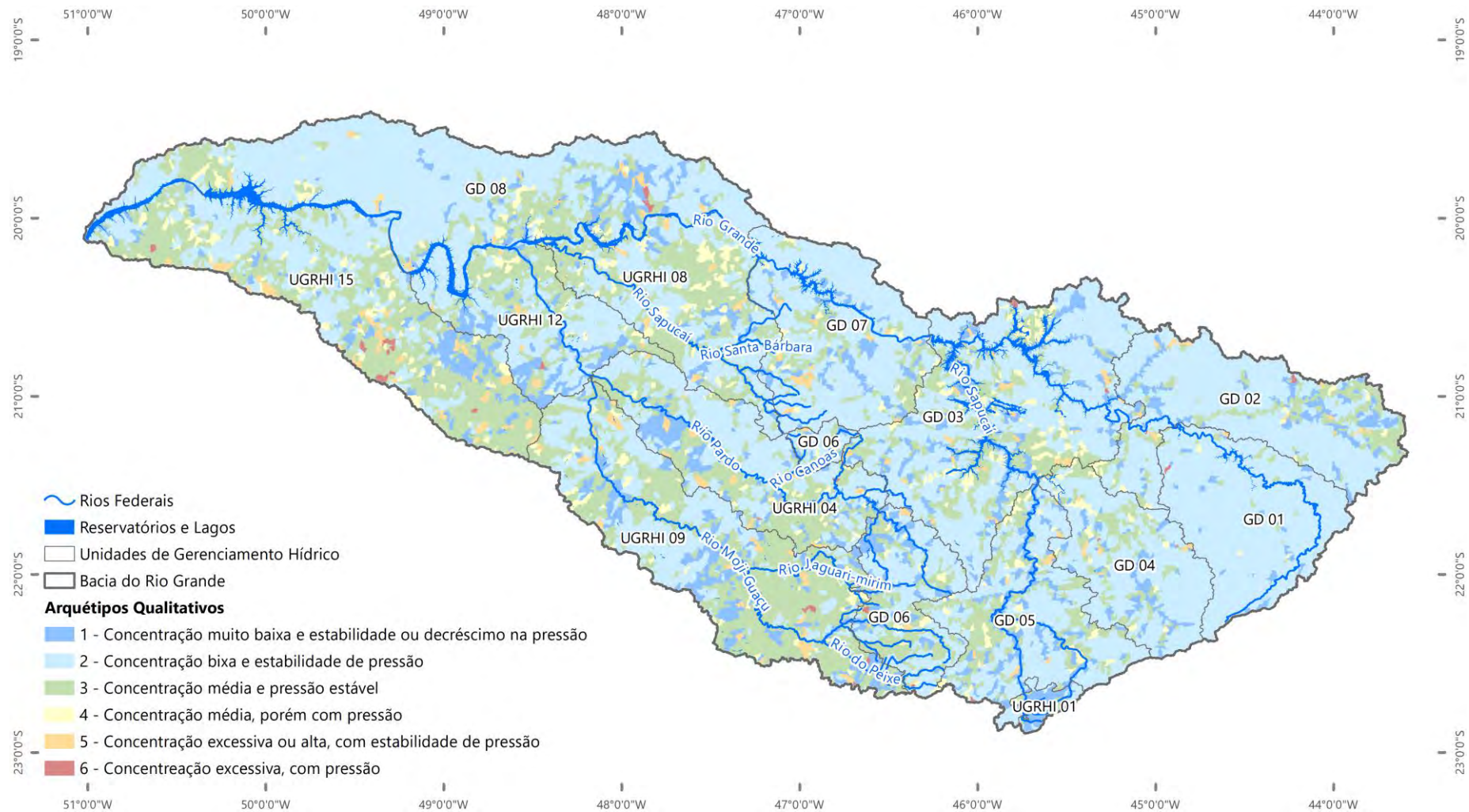


Figura 26: Espacialização dos arquétipos qualitativos na Bacia do Rio Grande.

Fonte: PIRH-Grande (2017). Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

Somando-se às caracterizações supracitadas, tem-se as análises realizadas a partir das tabelas de identificação das áreas críticas dos componentes quantitativo e qualitativo para os 4 cenários futuros (Tendencial 2030, Moderado 2030, Acelerado 2030 e Contingência 2030) presentes no PIRH-Grande (ANA, 2017). Nelas, é possível identificar quais e onde estão os principais usos demandantes e poluentes ao longo da Bacia numa visão por UGH. A Tabela 31 exibe o resumo.

Tabela 31: Principais demandas e principais poluentes por UGH.

	UGH	QUANTITATIVO Principais demandas	QUALITATIVO Principais poluentes
Minas gerais	GD 01	Irrigação/Indústria	Esgotamento sanitário da área urbana
	GD 02	Irrigação	Esgotamento sanitário da área urbana
	GD 03	Irrigação/Indústria	Esgotamento sanitário da área urbana
	GD 04	Irrigação/Indústria	Esgotamento sanitário da área urbana
	GD 05	Irrigação/Indústria	Esgotamento sanitário da área urbana
	GD 06	Irrigação/Indústria	Esgotamento sanitário da área urbana
	GD 07	Irrigação	Esgotamento sanitário da área urbana
	GD 08	Irrigação	Esgotamento sanitário da área urbana
São Paulo	UGRHI 01	-	Esgotamento sanitário da área urbana
	UGRHI 04	Irrigação	Esgotamento sanitário da área urbana e Lançamento da indústria alimentícia
	UGRHI 08	Irrigação	Esgotamento sanitário da área urbana
	UGRHI 09	Irrigação	Esgotamento sanitário da área urbana, Lançamento de efluentes industriais, Lançamento da Usina sucroalcooleira
	UGRHI 12	Irrigação	Esgotamento sanitário da área urbana, Lançamento de efluentes industriais,
	UGRHI 15	Irrigação	Esgotamento sanitário da área urbana

Fonte: Adaptado do PIRH-Grande (ANA, 2017).

Dessa forma, frente a todo o cenário exposto é possível indicar também as **UGHs consideradas críticas**, tanto em relação ao componente quantitativo quanto qualitativo, seja para o momento presente ou para os cenários futuros:

- Componente quantitativo
 - o GD: 03 e 08

- o UGRHI: 04, 08, 09, 12 e 15
- Componente qualitativo:
 - o GD: 02, 03 e 08
 - o UGRHI: 04, 09 e 15

Por fim, é importante destacar dois pontos principais, quais sejam:

- A demanda exigida para uso em irrigação em toda a BH-Rio Grande corresponde a 74% dos consumos médios e a 88% dos máximos.
- A melhoria nos índices de coleta e tratamento pode reduzir até mais da metade da extensão total de trechos compatíveis com a Classe 4, porém, as baixas vazões influenciam na capacidade de diluição e autodepuração. Sendo assim, os investimentos em esgotamento sanitário são de suma importância, mas não necessariamente resolvem por completo a situação, dada as questões intrínsecas da ambiência.

Destaca-se que um dos papéis da cobrança é incitar a mudança de comportamento dos usuários, passando a ter mais eficiência no consumo de água e/ou reduzir a carga de poluentes lançada no curso hídrico. Com isso, é possível propiciar a regressão do estado crítico da UGH e, por consequência, a conformação dos cenários de criticidade acaba mudando ao longo do tempo. Em complemento, tem-se ainda que a cobrança deve ser modulada conforme aspecto qualiquantitativo, ou seja, a arrecadação deve ser compatível com o grau de criticidade da UGH.

2. DISCUSSÕES COM ATORES-CHAVE

2.1. Pesquisa com usuários

Com o intuito de escutar e entender as práticas utilizadas pelos usuários, seus modelos de atuação e dificuldades em relação à eficiência hídrica e, principalmente, as respectivas percepções em relação a cobrança pelo uso de recursos hídricos, foi realizada uma pesquisa *online* com todos os usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

A pesquisa foi iniciada em 23 de julho de 2021 e teve seu encerramento no dia 05 de agosto de 2021, computando o envio de 3.265 e-mails a cada remessa (duas) e um total de 53 respostas recebidas. O formulário possuía 19 perguntas, cada qual com resposta opcional, sendo algumas com possibilidade de escolher mais de uma resposta, passando por blocos de identificação do usuário e sobre o uso e a cobrança pelos recursos hídricos na bacia Hidrográfica do Rio Grande. É importante mencionar que estatisticamente a pesquisa não é representativa, portanto, não será utilizada para fins de caracterização. Porém, ela propicia reflexões e traz percepções valiosas para este Estudo a serem consideradas posteriormente.

Na caracterização inicial foi coletado a região da Bacia Hidrográfica onde àquele usuário respondente estaria inserido. A Figura 27 exhibe o resumo das respostas.

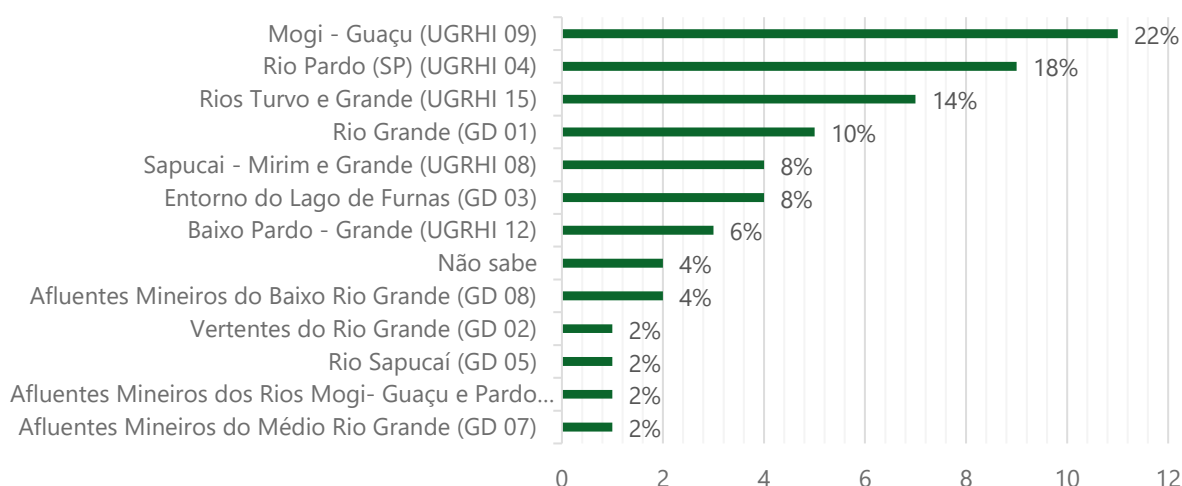


Figura 27: Respostas da pergunta "em qual região da Bacia seu estabelecimento outorgado se encontra?"

Elaborado pelo Consórcio Ferma – EnvEx (2021).

É possível notar que a maior parte das respostas vieram da vertente paulista. Tem-se ainda que do total de participantes:

- 24 possuem outorgas sob domínio da União;
- 22 no âmbito paulista, e
- 7 no âmbito mineiro.

Na sequência, também foi perguntada a finalidade de uso da água captada, a qual é apresentada na Figura 28.

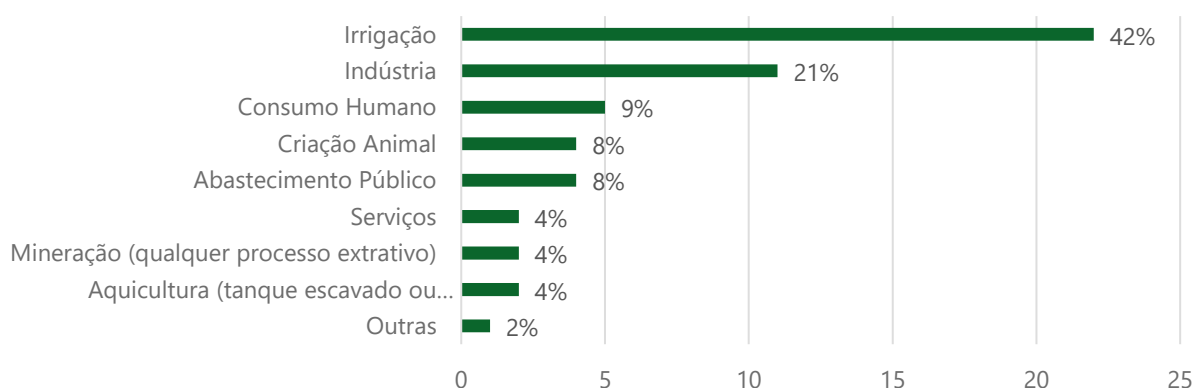


Figura 28: Respostas da pergunta "Qual a principal finalidade de uso da água que consta na sua outorga?"

Elaborado pelo Consórcio Ferma – EnvEx (2021).

As respostas acima refletem um pouco do que apareceu na caracterização dos usuários de domínio da União, destacando a participação da irrigação tanto em número de outorgas como nos volumes captados.

A seguir, foram relacionadas algumas perguntas para entender as possibilidades ou margens de mudança de comportamento pelos usuários. Foram relacionadas perguntas sobre o grau da dependência de água para os usuários (Figura 29), se os usuários realizam aferição dos volumes captados e/ou lançados (Figura 30), se já existe ou está em fase de implantação de medidas de redução de dependência hídrica (Tabela 32) e quais as principais dificuldades respectivas a essa implantação (Tabela 33).

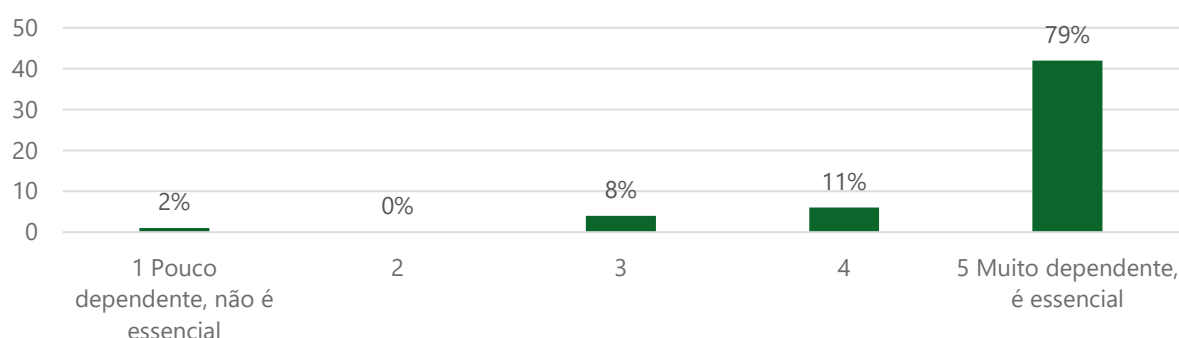


Figura 29: Respostas da pergunta "Como julga o grau de dependência de água no processo produtivo?"

Elaborado pelo Consórcio Ferma – EnvEx (2021).



Figura 30: Respostas da pergunta "É realizada a medição periódica ou estimativa confiável dos volumes captados e/ou lançados?"

Elaborado pelo Consórcio Ferma – EnvEx (2021).

Tabela 32: Respostas da pergunta "Nos últimos 5 anos foram ou estão sendo avaliadas formas de redução da dependência hídrica? Se sim, por quais motivos?".

Categoria	Respostas	% dos 53 Participantes
Sim, por decisões empresariais diversas, mas não vinculadas às opções acima (sustentabilidade, posicionamento comercial, demanda de stakeholders, ESG, ...)	18	34%
Sim, pelo custo com energia elétrica e/ou outros custos de operação e manutenção de equipamentos e instalações correlatas	17	32%
Sim, por segurança hídrica (risco de desabastecimento, risco de água em qualidade não adequada, dentre outros)	15	28%
Não	9	17%
Sim, por conflito pelo recurso hídrico (restrição efetiva ou expectativa de restrição)	8	15%
Sim, pelo custo da cobrança pelo uso de recursos hídricos	5	9%

Elaborado pelo Consórcio Ferma – EnvEx (2021).

Tabela 33: Respostas da pergunta "Quais foram ou deverão ser os principais fatores que dificultam a implantação destas formas de redução da dependência hídrica?".

Categoria	Respostas	% dos 53 Participantes
Custo de investimento (CapEx) e/ou manutenção e operação (OpEx)	26	49%
Dificuldade técnica ou indisponibilidade de solução pré-concebida	14	26%
Não se aplica	12	23%
Dificuldade de financiamento (obtenção do recurso e/ou custo financeiro)	11	21%
Falta de espaço no empreendimento ou outras restrições operacionais não contempladas pelas opções acima	5	9%
Pouca confiabilidade na eficiência / efetividade	3	6%

Elaborado pelo Consórcio Ferma – EnvEx (2021).

Nota-se que existe uma grande dependência da água para o processo produtivo para a maioria dos respondentes e que os custos para implantar e manter formas de

redução da dependência hídrica é o principal fator que dificulta esses avanços, seguido ainda pela dificuldade técnica em relação à solução almejada. Em consonância, tem-se que as principais motivações para implantar melhorias de eficiência hídrica são por decisões empresariais diversas ou pelos custos de energia e manutenção.

Destaca-se ainda, que a grande maioria dos respondentes também fazem medição periódica ou estimativa confiável dos volumes captados e/ou lançados, o que revela um cenário de influência nos ajustes dos valores outorgados, reduzindo as outorgas consideradas “reservas de mercado”.

Ainda, especifica-se por finalidade de uso qual foram as considerações dos usuários frente a influência da cobrança na redução da dependência hídrica (Figura 31).

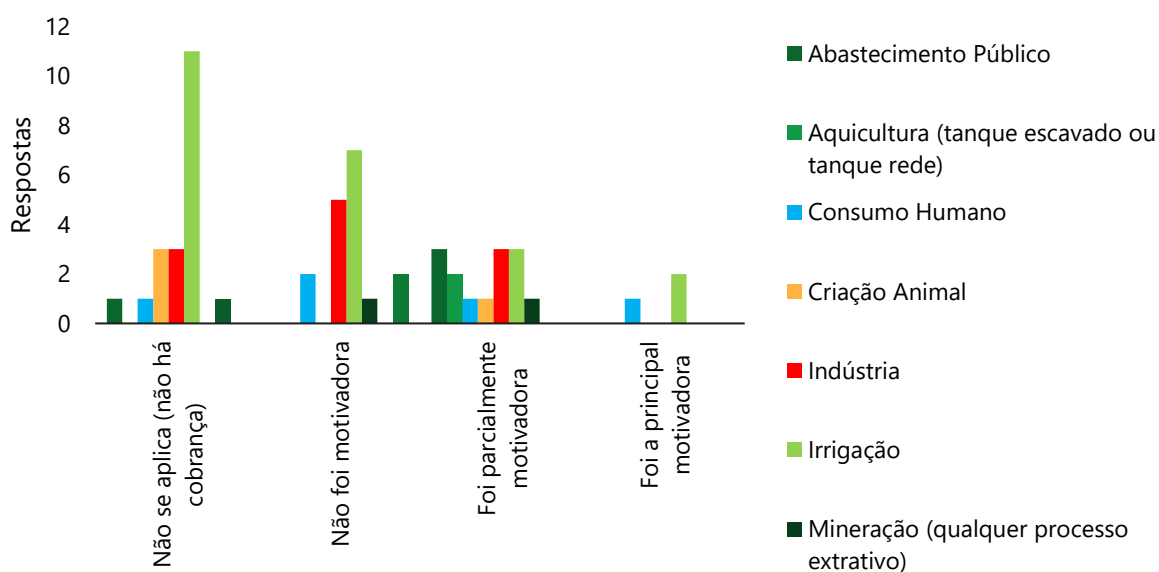


Figura 31: Influência da cobrança na redução da dependência hídrica por finalidade de uso.

Elaborado pelo Consórcio Ferma – EnvEx (2021).

Por fim, uma das últimas perguntas buscou aferir a influência da cobrança em relação à redução da dependência hídrica, cujas respostas estão na Figura 32.

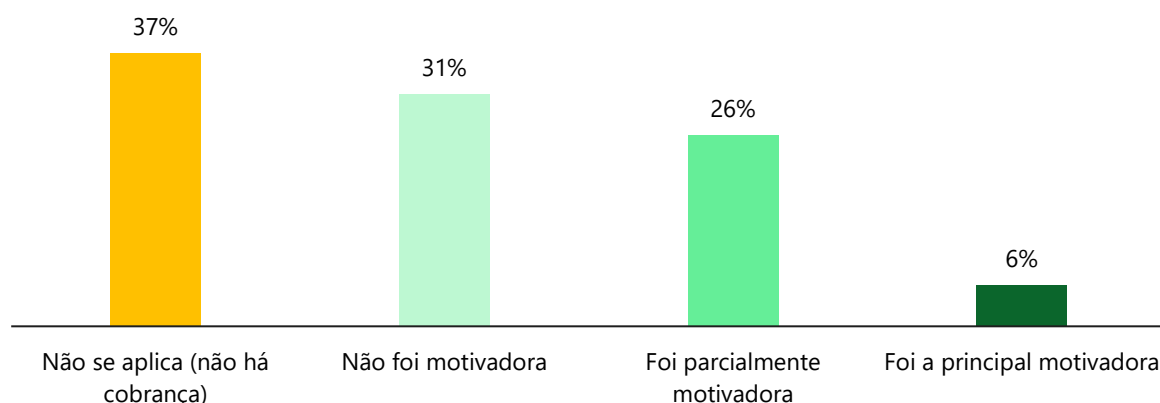


Figura 32: Respostas para a pergunta "Como classifica o papel da cobrança pelo uso do recurso hídrico na avaliação / implantação das formas de redução da dependência hídrica?".

Elaborado pelo Consórcio Ferma – EnvEx (2021).

Assim como observado inicialmente os resultados das pesquisas não são considerados representativos, contudo, é possível afirmar que dentro da parcela dos respondentes a cobrança não surtiu um dos efeitos inicialmente esperados.

Embora a quantidade de respondentes não tenha validade estatística para representar toda a Bacia Hidrográfica, a atividade foi de grande valia, corroborada pelo fato de que 21 respondentes indicaram querer contribuir com o estudo. Desta maneira, entende-se que os aspectos necessários para gerar aderência entre o método de cobrança e os usuários estão sendo perseguidos de forma satisfatória.

2.2. Entrevistas com atores-chave

O desenvolvimento de assuntos públicos exige, obrigatoriamente, a consulta e participação daqueles diretamente afetados, a fim de garantir que as medidas tomadas sejam as mais adequadas e aderentes às respectivas realidades. Dessa forma, de modo a compreender com maior profundidade a relação dos usuários dos recursos hídricos com a cobrança pelo seu uso, foi conduzida uma série de entrevistas dirigidas.

Estas entrevistas complementam a pesquisa *online* realizada com os usuários, e aconteceram entre novembro/2021 e fevereiro/2022. Ao todo, foram realizadas entrevistas com 29 representantes de 15 usuários, entidades representativas e órgãos gestores de recursos hídricos. Utilizou-se de roteiro semiestruturado com foco na captura das realidades, lições aprendidas, demandas, desafios, entraves e potencialidades em relação à cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Os relatos sintéticos das entrevistas são exibidos na Tabela 34.

Tabela 34: Descritivo das entrevistas realizadas com usuários, entidades representativas e órgãos ambientais.

Instituição	Participante	Relato
COFEHIDRO Conselho de Orientação do Fundo Estadual de Recursos Hídricos	Rui Brasil	- Indicou que o valor de cobrança de R\$ 0,01 iniciou na Bacia PCJ como valor teste para formação de caixa para conseguir apoiar ações em mananciais. O valor posteriormente foi adotado como base para cobrança em diversas bacias, mas não teve uma determinação técnica desde o seu início; - Existem desafios referentes a dominialidade dos recursos hídricos, onde um usuário pode ter cobrança federal e não estadual, por exemplo, dificultando o entendimento da cobrança; - A cobrança precisa ter embasamento técnico sólido; - É necessário contabilizar o financiamento da estrutura de gestão da bacia, a fim de garantir a gestão adequada dos recursos.
FAESP Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de São Paulo	Gilmar Ogawa	- Preocupação quanto aos conflitos de usos múltiplos com reservatórios de usinas e mineração, influenciando o volume disponível para captação do agronegócio; - Apontou que os produtores têm custos com preservação florestal, incêndios florestais, captação, medição de consumo, entre outros, que afetam no balanço econômico da água e devem ser considerados na hora da cobrança para o setor; - Poluição dos corpos hídricos afeta a captação na agricultura; - A implantação de PSA precisa ser bem estruturada para conseguir se fazer efetiva na prática, devendo ter relação adequada entre o valor pago ao agricultor e a capacidade produtiva da área; - A Academia (universidades) deve se aproximar mais da realidade da agricultura para apoiar no desenvolvimento de soluções práticas e viáveis;

		- Indicou a necessidade de um desconto para o setor da agricultura pela atividade de preservação florestal; - A Instituição tem colocado esforços para produção de conteúdo (cursos) na área ambiental para os agricultores.
CBH Pardo DAEE Ribeirão Preto	Renato Crivelari Édia Medeiros Leal	- Iniciaram a cobrança adotando como base o modelo do PCJ. Fizeram diversas reuniões durante 2 anos com os usuários (indústria, sindicatos etc.) para conseguir instituir a cobrança. Agora possuem arrecadação em torno de R\$ 6,5 milhões e com planos para criar uma Agência para 5 Comitês; - A liberação de recursos para investimentos em projetos depende de análise técnica de órgãos ambientais, do agente financeiro, a Caixa Econômica Federal, e depois análise da Desenvolve São Paulo; - Foi relatado que após a implantação da cobrança houve melhora no tratamento de esgoto, redução de perdas e regularização das outorgas para reduzir os valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos.
DAERP Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto	Edson Akira Simabukuro Paula Valle	- São cobrados pelo Estado pela captação subterrânea (122 captações – Aquífero Guarani) e também pelo lançamento de efluentes. Indicaram dificuldade em acessar recursos do FEHIDRO e que os valores são baixos frente aos custos das atividades, assim usam os valores para projetos menores; - Possuem outorga preventiva de 3m³/segundo em manancial superficial federal; - Limitação de valor para captação de recursos, mas com exigência de contrapartida. Indicaram a necessidade de conseguir captar mais recursos; - Estão direcionando os trabalhos para redução de perdas e com isso também reduzir os custos da cobrança pelo uso de recursos hídricos.
UNICA União da Indústria de Cana-de-Açúcar	André Elia Neto	- O setor da cana-de-açúcar possui experiência da redução do consumo de água, conseguindo reduzir de 20 para 0,5-0,3 m³/tonelada de cana na indústria; - Os produtores estão estudando a implantação de irrigação nas propriedades; - Quando se utiliza a vinhaça diretamente no sulco da cana, consegue reduzir o consumo de água de 300m³/hectare para 30m³/hectare; - Deve haver algum incentivo ao reúso de água; - Quem pratica irrigação deve ter valor diferenciado - Três pontos fundamentais em relação à cobrança na visão da UNICA: 1. Não impactar demasiadamente os custos de produção;

		2. Exigência que o recurso seja estritamente investido na Bacia Hidrográfica em relação a qualidade e quantidade de água; 3. Os recursos da cobrança devem ser investidos como financiamento e não a fundo perdido.
IGAM Instituto Mineiro de Gestão das Águas	Thiago Figueiredo Santana Albert Oliveira	• O diálogo com diversos setores possibilitou o direcionamento para o Decreto Estadual nº 48.160/2021 e a Deliberação CRH MG nº 68/2021, consolidando os avanços do Estado no contexto da cobrança pelo uso de recursos hídricos; - o O setor industrial solicitou a cobrança pelo volume outorgado; - o O setor da agricultura solicitou a cobrança ponderada pelo que é outorgado e o que é consumido; - o O setor de saneamento solicitou a cobrança pelo o que é consumido, uma vez que as outorgas envolvem o horizonte do contrato (20 anos). • Todo usuário outorgado deve ser cobrado pelo uso de recursos hídricos; • Indicam que fórmula complexa não resolve o problema e por isso é recomendada a utilização de fórmula simples; • Deve-se focar na precificação pelo recurso água e não por fatores que fogem do controle do órgão, como manejo do solo, por exemplo; • Os 8 Comitês estaduais da BH Rio Grande estão em fase final de implantação da cobrança; • Em relação à dominialidade, é indicada a necessidade de não haver tratamento diferenciado em relação a rios federais e estaduais • Deve-se deixar evidente que os recursos captados pela cobrança trazem retorno efetivo para a Bacia Hidrográfica. Assim, precisam dar respostas aos cidadãos, aos usuários quanto aos avanços já no curto prazo.
FIEMG Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais	Wagner Soares Costa Rone Frank Silva Deivid Lucas de Oliveira	• Em virtude de os eventos de escassez hídrica estarem com grande recorrência, o debate sobre eficiência hídrica tem sido frequente; • Os usuários entendem a importância da cobrança pelo uso de recursos hídricos e são favoráveis. Porém, entram em desacordo, normalmente, pela forma de cobrança, principalmente quanto a fatores de redução de valor para outros setores; • A Instituição não concorda com a prática de que o valor do PPU (preço público unitário) seja determinado pela divisão do valor que a agência de bacia precisa para ter

		sustentabilidade pelo total de usuários. O valor de PPU precisa ter embasamento técnico; - Os recursos da cobrança utilizados como investimento devem focar em projetos que envolvem diretamente a Bacia e que estão compreendidos no planejamento. Além disso, devem avaliar o impacto dos projetos, uma vez que investimentos em vários projetos pequenos podem não causar real impacto na Bacia Hidrográfica; - Sugestão de utilizar o recurso da cobrança como financiamento para melhorar a eficiência hídrica na indústria, com prazo para pagamento de 20 anos; - A Instituição defende que a cobrança da água deve ter embasamento técnico apresentando correlação direta com o seu valor econômico; - O Comitê de Bacia deve se aproximar mais e ter relação de parcerias com os grandes usuários.
COPASA	Nelson Cunha Guimarães	- A instituição é a favor da cobrança para o que é efetivamente consumido; - Aponta a importância do valor da cobrança também ser direcionado para ações em saneamento, com investimentos em projetos mais robustos do que projetos pequenos; - Possuem conflito com usos múltiplos, principalmente com reservatórios de usinas hidrelétricas; - É necessário estimular o reuso de água entre os usuários; - A Instituição possui Programa que apoia a recuperação nas Bacias Hidrográficas, contemplando 238 municípios.
FAEMG Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais	Guilherme Oliveira – FAEMG Roger Coelho – Gerente Regional FAEMG Jadir Oliveira – SIAMIG Wander Magalhães – Gerente Regional FAEMG Marco Túlio – Sindicato dos Produtores	- A Instituição não concorda com a utilização dos recursos da cobrança pelo uso de recursos hídricos em investimentos na área de saneamento, porque não envolve diretamente a área rural; - É importante discutir mais sobre como vai ser investido o valor da cobrança, se a fundo perdido ou como financiamento; - Deve existir algo efetivo para produção de água na área rural, com suporte adequado aos produtores rurais; - Entendem necessário realizar adequações/atualizações no Plano de Bacia antes da implantação da cobrança para contemplar ações referentes à agricultura; - O recurso advindo da cobrança pelo uso de recursos hídricos não pode ficar acumulado, sem aplicação; - É necessária a implantação de projetos que o produtor consiga entender onde está sendo investido e quais os benefícios diretos para o setor; - O Comitê deve apoiar a implantação do PRA (Programa de Regularização Ambiental), bem como promover a implantação contínua do PSA para o agricultor;

	Rurais de Uberaba – CBH Grande Caio Oliveira – Gerente Regional Uberaba FAEMG Domingos – FAEMG Reinaldo Sindicato Produtores Rurais de Sacramento Rodrigo e Ferreira – FAEMG Carlos Oliveira - FAEMG	- O setor agrícola possui grande importância para a produção de água. Junto com isso também possui custos de preservação de Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente (áreas de infiltração e recarga), além de custos de manutenção de curvas de nível, manejo de solo, conservação de solo, entre outros; - Indicam a influência da cidade na poluição dos rios e posterior captação pela área rural, assim sendo necessário um preço mais alto nas outorgas de outras categorias, como saneamento e indústrias, por exemplo; - Indicam que os editais de captação de recursos advindos da cobrança são controversos, quando o recurso é destinado para reflorestamento, é solicitada a comprovação da preservação da Reserva Legal e da Área de Preservação Permanente; - Existem conflitos de usos múltiplos com as hidrelétricas e as regulações de reservatórios; - Podem ser realizados investimentos em apoio técnico e manejo de irrigação, sendo possível reduzir de 10-50% o consumo de água por meio desse apoio; - Para conseguir o recurso via Cobrança deve ser necessário apresentar um planejamento e posteriormente comprovar a implantação; - Deve existir faixa de corte para isenção de pagamento para determinados usuários.
SIAMIG Associação das Indústrias Sucroenergéticas de Minas Gerais Sindicato da Indústria da Fabricação do Alcool no Estado de MG Sindicato da Indústria do Açúcar no Estado de MG	Jadir Oliveira	- Setor da cana-de-açúcar possui experiência de mais de 10 anos na redução do consumo de água no processamento da cana, bem como na reutilização de todos os efluentes gerados; - A Instituição já organizou o Dia do Rio durante a escassez hídrica no Rio São Francisco, onde os usuários eram convidados a ficar 1 dia na semana sem captação ou reduzir 20% ao dia o volume captado, colaborando assim com o balanço hídrico; - Existem desafios econômicos e tecnológicos para aprimorar a irrigação, seja por gotejamento, aspersão ou nebulização; - Foi relatado que há conflitos de usos múltiplos com usinas hidrelétricas e as respectivas regulações das represas; - Tanto usos consuntivos quanto não consuntivos devem ser atendidos pela cobrança; - Possuem programa de apoio para a recomposição de APPs
Usuário – Hospital São Francisco	Carlos Henrique de Oliveira	- Captação subterrânea, outorga DAEE - Indica que, conforme a quantia do valor da cobrança, o usuário é estimulado ou não a garantir maior eficiência

		ao processo, bem como se envolver mais em relação a gestão da Bacia.
GTACC	Josimar Ducatti	• Usuário Estadual, captação superficial no Estado de São Paulo para agricultura, não possuindo cobrança; • É contra a cobrança, uma vez que onera mais o produtor rural. E a própria atividade possui diversos riscos, trazendo mais incertezas para o agricultor e a cobrança se torna um desestímulo; • Indica que os benefícios da cobrança são menores do que os pontos positivos trazidos por ela.
MOSAIC Complexo Industrial de Uberaba 3	Francielle Silva Chiovato Andreza Borges Emilio Rosa	• Usuário em domínio da União com captação no Rio Grande; • Indicam a cobrança pelo volume consumido efetivamente como mais adequado; • A empresa já desenvolve práticas de eficiência hídrica, como reuso, recirculação, aproveitamento de água da chuva e monitoramento para redução do consumo; • Identificam o desafio do desenvolvimento de novas tecnologias capazes de aumentar a eficiência hídrica da Unidade.

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Pelo exposto, foi possível identificar que, de forma geral, usuários e entidades representativas concordam com a cobrança, mas também possuem preocupações em relação ao seu formato, haja vista que a cobrança impactará diretamente nos custos de operação dos empreendimentos. A outra preocupação recorrente é quanto à destinação e aplicação dos recursos arrecadados, de forma que esse retorno seja “garantido”. Foi indicado também a potencialidade de utilizar o recurso da cobrança para financiamento de projetos de aumento de eficiência hídrica dos usuários, o que corrobora os resultados da pesquisa online realizada.

Em complemento, foi possível constatar que diversos usuários de recursos hídricos já possuem práticas de eficiência hídrica, tanto em virtude das crises hídricas pretéritas, quanto pela própria necessidade de redução de custos e garantia da produção. Nesse ponto também foi trazida a necessidade de mais investimentos para apoio e desenvolvimento de tecnologias que consigam reduzir o consumo de água, sendo fundamental disseminar esses conhecimentos entre os usuários.

Por fim, os entrevistados relataram a grande importância de se ter um direcionamento técnico para a determinação dos valores dos Preços Unitários Básicos (PUBs) em relação a captação e lançamento de efluentes, de modo que represente com maior clareza o valor econômico da água para os setores usuários.

3. DEMANDAS FINANCEIRAS PARA A GESTÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

Apresenta-se neste capítulo a identificação e as estimativas de custos das intervenções necessárias na bacia hidrográfica, conforme o PIRH-Grande (ANA, 2017), de forma a se compreender as demandas pelos recursos financeiros de forma independente da fração destas que virá a ser financiada pela cobrança (objeto do próximo capítulo). Ou seja, os valores aqui apresentados se fazem necessários para a consecução plena do PIRH-Grande, e podem, em parte, serem fornecidos pelos proventos da cobrança pelo uso de recursos hídricos.

As demandas financeiras podem ser divididas em 4 grandes grupos, abaixo apresentados conforme a nomenclatura padronizada para os Plano de Aplicação Plurianuais (PAPs).

- **Gestão de recursos hídricos:** realização de ações com vistas à implementação dos instrumentos de gestão e ao fortalecimento institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH;
- **Apoio ao comitê de bacia hidrográfica:** prover ao comitê de bacia hidrográfica condições necessárias ao desenvolvimento de sua agenda de trabalho e cumprimento de suas atribuições legais;
- **Manutenção do comitê de bacia hidrográfica e da entidade delegatária:** manutenção do custeio administrativo do comitê de bacia hidrográfica e da entidade delegatária; e
- **Agenda setorial:** programas de execução finalística e que têm elevada dependência de articulação com um ou vários setores de usuários.

3.1. Gestão de recursos hídricos e apoio ao Comitê de Bacia Hidrográfica

3.1.1. Orçamento do Plano e seus instrumentos de gestão

Para a consecução de seus objetivos, o PIRH-Grande trabalha com uma previsão orçamentária de R\$ 274,62 milhões, valor que contempla plenamente a sua gestão e a elaboração de estudos e projetos, bem como a execução de alguns serviços e obras. O enfoque do orçamento é propositalmente dado às ações com vistas à implementação dos instrumentos de gestão e ao fortalecimento institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

De forma a promover a sustentabilidade hídrica da Bacia do Rio Grande e a sustentabilidade operacional de seu Plano, foram delineados três componentes estratégicos (Conservação dos Recursos Hídricos; Governança; e Instrumentos de Gestão) que aninham 17 programas alocados em horizontes de curto (2018-2020), médio (2021-2025) e longo prazos (2026-2030) (ANA, 2017). Parte do rol de programas que endereça as situações-problema identificadas na bacia inclui:

- A gestão da demanda e da oferta quantitativa de recursos hídricos;
- A implementação do enquadramento/reenquadramento dos corpos d'água;
- O fortalecimento da outorga e da fiscalização dos usos de recursos hídricos;
- A regularização dos usos dos recursos hídricos;
- A adequação da rede de monitoramento quanti-qualitativo;
- O controle das cargas poluidoras;
- A conservação hidroambiental;
- A educação para conservação e gestão dos recursos hídricos;
- A implantação da Agência de Bacia; e
- A gestão do Banco de Dados da Bacia do Rio Grande (SNIRH).

Os resultados positivos a partir da implantação de melhorias na bacia hidrográfica podem ser perceptíveis tanto em nível local, ou seja, próximo do empreendimento, quanto ao longo do curso hídrico, à jusante, afetando outros empreendimentos, como captação para abastecimento público, por exemplo, e os próprios serviços ecossistêmicos.

Frente ao exposto, é possível vislumbrar o que envolve as situações críticas atuais e futuras tanto para a captação de água quanto para o lançamento de efluentes e quais as principais localizações, em se tratando de UGHs. Apoiando-se nisso, têm-se as respostas a essas situações-problema que já foram traduzidas e discutidas no Plano de Ação do PIRH-Grande (ANA, 2017). Tal Plano tem um horizonte de planejamento de 2018-2030, trazendo as 87 atividades a serem implantadas em curto prazo (2018-2020), médio prazo (2021-2025) e longo prazo (2026-2030), conforme a distribuição nos citados 17 programas e em 3 componentes estratégicos.

A Figura 33 exibe a distribuição das previsões de orçamento ao longo das três divisões no horizonte de planejamento do PIRH-Grande, as quais somam um total de R\$ 274,62 milhões.

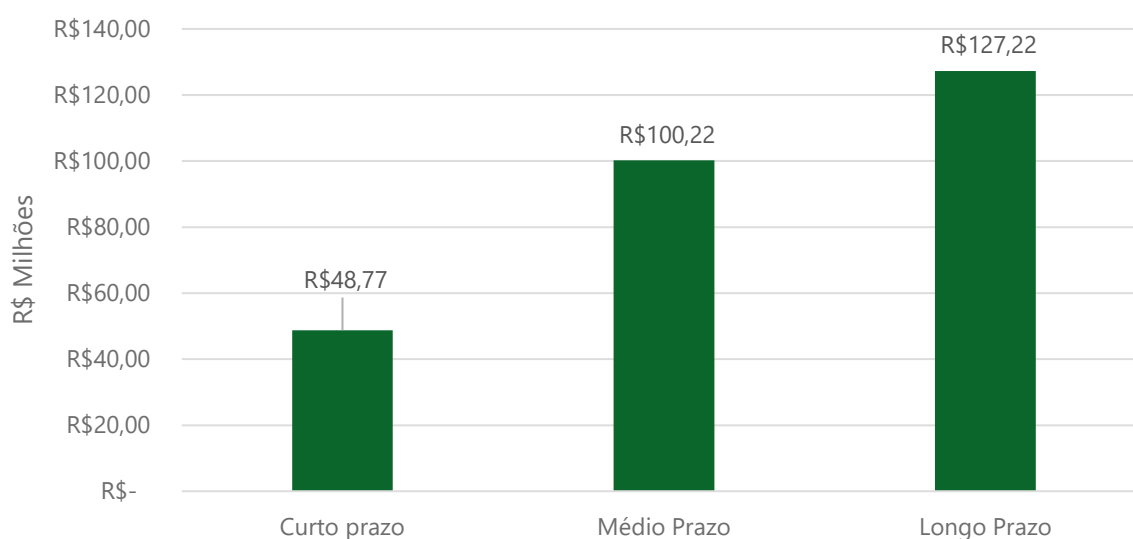


Figura 33: Orçamento Geral do PIRH-Grande.

Fonte: Adaptado do PIRH-Grande (ANA, 2017).

Os recursos que podem vir por meio da cobrança nos rios de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande poderão ser utilizados para financiar a implantação das atividades previstas no Plano de Ação, o que reforça o vínculo entre a cobrança e o uso do recurso. Geograficamente, essas atividades também foram classificadas no PIRH-Grande conforme a abrangência (vertente mineira e Bacia Hidrográfica do Rio Grande) ou onde devem ser implantadas (UGHs). Para os fins deste estudo da cobrança, foram criados 3 grupos básicos para indicar a abrangência das atividades, sendo eles:

- Bacia Hidrográfica do Rio Grande;
- Mais de um Estado,
- Vertente Mineira.

Sendo assim, a Figura 34 exibe a distribuição geográfica das atividades que foram estabelecidas no PIRH-Grande ao longo das divisões do horizonte de planejamento.

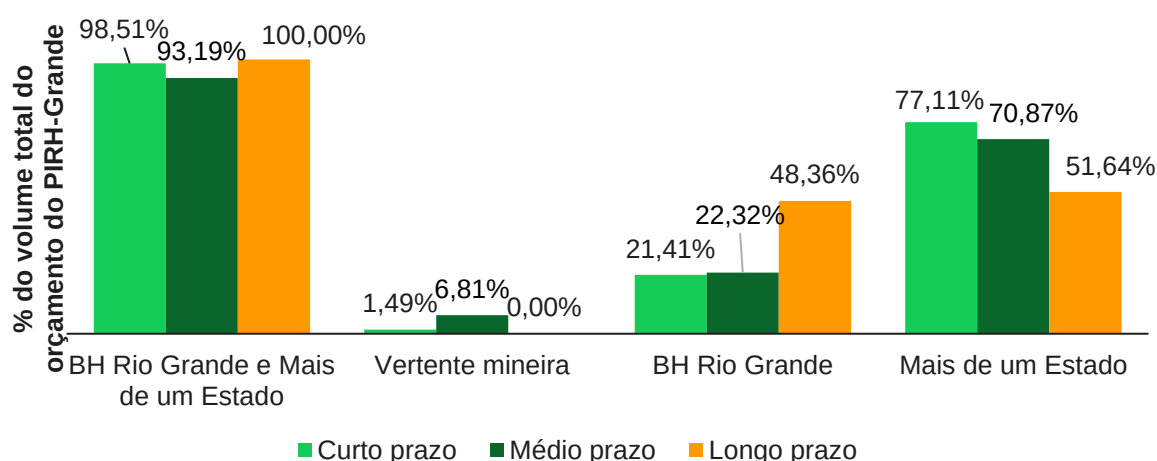


Figura 34: Distribuição da abrangência geográfica das atividades do Plano de Ação do PIRH-Grande (2017).

Fonte: Adaptado do PIRH-Grande (ANA, 2017).

Desta feita, é possível observar que quase a totalidade das atividades impacta diretamente toda a Bacia Hidrográfica ou UGHs em mais de um Estado, o que propicia entender que os impactos dos investimentos realizados a partir do recurso da cobrança

nos rios de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande poderão ser amplos no sentido de Bacia Hidrográfica ou mesmo em mais de um estado.

Na sequência, têm-se a visualização do impacto no orçamento geral do Plano das 21 ações definidas como prioritárias no Manual Operativo (MOP) para serem implantadas durante os 3 primeiros anos do horizonte de planejamento do PIRH-Grande (Figura 35).

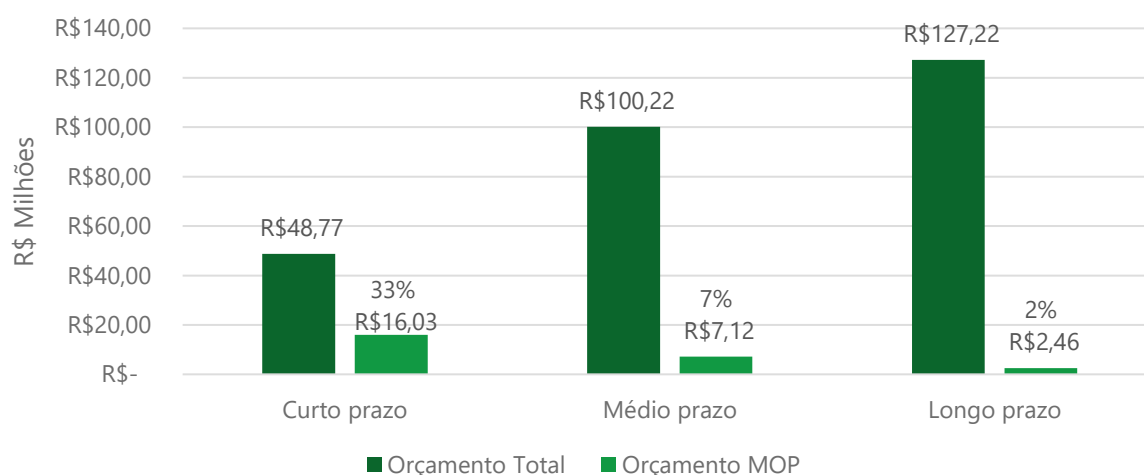


Figura 35: Comparação entre orçamento geral do Plano de Ação do PIRH-Grande com as ações prioritárias definidas no MOP.

Fonte: Adaptado de PIRH-Grande (ANA, 2017) e MOP (2017).

É possível perceber que o impacto orçamentário das prioridades definidas no MOP é baixo em comparação a toda a previsão de recursos financeiros. Mesmo embora a execução seja para os próximos 3 anos, algumas ações demandam de atividades contínuas até o longo prazo, por isso existentes valores até o final do horizonte de planejamento do PIRH-Grande.

Em detalhe, pode-se ainda apresentar os orçamentos para cada um dos 17 programas estabelecidos no Plano ao longo de todo o horizonte de planejamento, assim como exhibe a Tabela 35.

Tabela 35: Orçamentos globais dos programas do PIRH-Grande (2017).

Programa	R\$ Milhões	%
Gestão da demanda e da oferta quantitativa de recursos hídricos	119,3	43,20%
Implementação do enquadramento/reenquadramento dos corpos d'água da bacia	54,9	19,88%
Atualização dos Planos de Recursos Hídricos	35,5	12,83%
Fortalecimento da outorga - critérios técnicos	14,9	5,39%
Fortalecimento da fiscalização dos usos de recursos hídricos	13,4	4,86%
Implementação da cobrança pelo uso de recursos hídricos na Bacia do Rio Grande	7,3	2,63%
Regularização dos usos dos recursos hídricos na bacia do Rio Grande	6,3	2,30%
Adequação da rede de monitoramento quanti-qualitativo dos recursos hídricos	5,9	2,14%
Controle das Cargas Poluidoras	4,3	1,56%
Conservação Hidroambiental	3,5	1,25%
Acompanhamento da implementação do PIRH-Grande	2,3	0,82%
Educação para Conservação e Gestão dos Recursos Hídricos	2,2	0,81%
Fortalecimento da outorga - procedimentos administrativos	2,0	0,72%
Implantação da Agência de Bacia	1,6	0,58%
Gestão do Banco de Dados da Bacia do Rio Grande SNIRH	1,0	0,37%
Implementação de processos de alocação de água na bacia	0,9	0,33%
Fortalecimento dos Comitês de Bacia	0,9	0,33%

Fonte: Adaptado do PIRH-Grande (ANA, 2017).

Pondera-se que um pouco mais de 70% do valor para o Programa de Gestão da Demanda e da Oferta Quantitativa de Recursos Hídricos é destinado a Planos Municipais de Saneamento Básico.

3.1.2. Comparação do orçamento do PIRH-Grande

De maneira complementar, embora se reconheça que cada Bacia Hidrográfica possui seus desafios e suas prioridades de investimento, apresenta-se como forma de comparar e embasar futuras definições, as prioridades de investimentos por categoria em outros Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH), como o CBH São Francisco (Tabela 36), Comitês de Bacia PCJ (Tabela 37) e CEIVAP (Tabela 38).

Tabela 36: Orçamentos previstos para o PAP 2021-2025 do CBH no São Francisco.

Categoria	R\$ Milhões	%
Recuperação da qualidade da água	R\$ 67,89	24,4%
Proteção e conservação dos recursos hídricos	R\$ 58,22	21,0%
Gestão da demanda	R\$ 47,64	17,1%
Comunicação, mobilização social, educação e capacitação técnica	R\$ 23,21	8,4%
Fiscalização dos usos de recursos hídricos	R\$ 15,03	5,4%
Manutenção e custeio administrativo da entidade delegatária	R\$ 14,51	5,2%
Ações finalísticas do comitê de bacia hidrográfica	R\$ 12,31	4,4%
Segurança hídrica e eventos críticos	R\$ 12,22	4,4%
Enquadramento dos corpos d'água em classes	R\$ 9,85	3,5%
Outorgas dos direitos de uso de recursos hídricos	R\$ 6,90	2,5%
Normas e ações relacionados aos sistemas e políticas de gestão	R\$ 3,10	1,1%
Monitoramento Hidrometeorológico	R\$ 2,95	1,1%
Sistema de informações sobre recursos hídricos	R\$ 1,82	0,7%
Gestão dos recursos hídricos subterrâneos	R\$ 0,80	0,3%
Manutenção do comitê de bacia hidrográfica	R\$ 0,78	0,3%
Planos de Recursos Hídricos (PRH)	R\$ 0,54	0,2%

Fonte: Adaptado do PAP 2021-2025 CBH-São Francisco (2021).

Tabela 37: Orçamentos previstos para o PAP 2020-2023 dos Comitês PCJ.

Categoria	R\$ Milhões	%
Sistema de Esgotamento Sanitário	R\$ 794,71	82,77%
Apoio ao planejamento	R\$ 46,56	4,85%
Controle de perdas	R\$ 31,26	3,26%
Gestão integrada	R\$ 26,64	2,77%
Monitoramento	R\$ 16,92	1,76%
Proteção de mananciais	R\$ 14,88	1,55%
Cobertura vegetal	R\$ 8,30	0,86%
Bases e Sistemas de Informação	R\$ 5,61	0,58%
Comunicação	R\$ 5,15	0,54%
Cobrança	R\$ 3,75	0,39%
Cobertura vegetal	R\$ 2,16	0,22%
Capacitação técnica	R\$ 1,94	0,20%
Disponibilidade	R\$ 1,70	0,18%
Enquadramento	R\$ 0,32	0,03%
Legislação	R\$ 0,30	0,03%

Fonte: Adaptado de Comitês PCJ (2021).

Tabela 38: Orçamentos previstos para o Plano de Aplicação Plurianual (PAP) 2017-2020 da AGEVAP/CEIVAP.

Categoria	R\$ Milhões	%
Coleta e tratamento de esgotos domésticos (inclui a elaboração de PMSB)	R\$ 62,00	26,26%
Coleta e disposição de resíduos sólidos urbano	R\$ 33,48	14,18%
Recuperação e Proteção de Áreas de Preservação Permanente	R\$ 26,92	11,40%
Custeio	R\$ 14,18	6,00%
Estudos e/ou obras para segurança hídrica na bacia	R\$ 13,90	5,89%
Ações Prioritárias para Cumprimento do Contrato de Gestão - Projeto Agência - Planejamento Estratégico	R\$ 10,39	4,40%
Monitoramento Hidrológico e Sistemas de Previsão e Alerta de Cheias	R\$ 9,00	3,81%
Projeto para remoção, transporte e destinação final de Macrófitas	R\$ 8,00	3,39%
Finalização da Revisão do Plano de Bacia do Paraíba do Sul	R\$ 7,45	3,16%
Programas de Educação Ambiental	R\$ 7,16	3,03%
Curso de Capacitação Técnica	R\$ 6,00	2,54%
Suporte ao Gerenciamento de Contratos	R\$ 6,00	2,54%
Planos Diretores de Drenagem Urbana	R\$ 5,00	2,12%
Melhoria do sistema de abastecimento de água	R\$ 5,00	2,12%
Plano de Comunicação social e Tratamento da Informação Qualificada	R\$ 4,87	2,06%
Geração de Mapas Cartográficos e Temáticos	R\$ 4,29	1,82%
Elaboração de Termo de Referência para contratação do Plano de Gerenciamento de Riscos	R\$ 3,00	1,27%
Recurso para acompanhamento da CAIXA	R\$ 2,56	1,08%
Programa de Mobilização Participativa	R\$ 1,50	0,64%
Propor ao Comitê os valores a serem cobrados (CEIVAP)	R\$ 1,50	0,64%
Elaboração de projeto para remediação de lixões municípios fluminenses	R\$ 1,00	0,42%
Implantação da ISO 9.001 na Agência	R\$ 1,00	0,42%
Estudo de Avaliação Ambiental Integrada - AAI das bacias dos rios Muriaé, Pomba, Piabanha e Paraibuna, afluentes do rio Paraíba do Sul	R\$ 0,84	0,36%
Subsídio ao Disciplinamento da Atividade Mineral	R\$ 0,66	0,28%
Instalações da sede do CEIVAP/AGEVAP	R\$ 0,40	0,17%

Fonte: Adaptado do PAP 2017-2020 AGEVAP (2020).

A partir do exposto é possível inferir que a gestão da demanda é uma prioridade que também ocorre em outras bacias, focando, entre outros pontos, em planejamentos, como planos municipais de saneamento ou recursos hídricos.

3.2. Manutenção do Comitê de Bacia e da Entidade Delegatária

O PIRH-Grande deixa clara a necessidade de se estabelecer a cobrança pelo uso de recursos hídricos, bem como a criação da Agência de Bacia.

Os custos de criação e manutenção da Agência de Bacia são justificados pela necessidade de prover condições favoráveis ao desenvolvimento da agenda de trabalho e ao cumprimento de atribuições legais. De acordo com o estudo “Desenvolvimento de Metodologia para estimar o custeio administrativo de Entidades Delegatárias de funções de Agência de Água” elaborado por KPMG (2018), no âmbito do Programa de Desenvolvimento do Setor Água - INTERÁGUAS, da ANA, as despesas de custeio são classificadas nas seguintes categorias: Despesas com pessoal; Serviços de terceiros; Infraestrutura e Utilidade; Tecnologia de Informação; Publicidade e Propaganda; Despesas de viagens; Aluguel ou compra de veículos; e Despesas Gerais.

Tais categorias estão proporcionalmente condicionadas a dois principais fatores:

- **Quantidade e complexidade dos projetos:** quantidade e complexidade dos projetos lançados exigem diferentes níveis de esforço da equipe técnica, demandando maiores recursos físicos, materiais e humanos para atender as áreas administrativa, financeira, técnica e jurídica da Agência. Nos casos de projetos de alta complexidade, pode-se identificar a necessidade de contratação de empresas especializadas para avaliação e fiscalização dos projetos, cujos custos precisam ser avaliados em comparação com os custos e capacidade de mobilização e conhecimento técnico da equipe interna.
- **Comportamento dos CBHs:** a forma de condução interna dos CBHs, com maior ou menor número de reuniões e eventos internos e externos,

bem como, do nível de articulação junto aos demais entes, impactam diretamente nas despesas de logística e de recursos materiais e pessoais da Agência, principalmente os destinados a eventos externos.

Diante deste quadro, reforça-se que o custeio da Agência de Água precisa ser definido em observância ao foco e ao porte do cenário de arrecadação vislumbrado, o qual deverá demandar uma maior ou menor capacidade técnica e operacional da Agência a ser criada. A estimativa de valores para essa demanda será realizada a posteriori e apresentada no Capítulo 5.

3.3. Ações complementares ao PIRH-Grande - Agenda Setorial

Dos quatro grandes grupos de ação elencados por este capítulo, o da denominada Agenda Setorial (ações complementares) é o que aborda os investimentos em recuperação da qualidade da água, gestão da demanda e proteção e conservação dos recursos hídricos, para os quais a cobrança deve se apresentar como suficiente para fazer frente aos graus almejados de intervenção.

Muito embora o Comitê de Bacias não seja exclusivamente responsável pelo andamento dessa agenda, certamente é um de seus essenciais fomentadores, podendo vir a articular os atores envolvidos e a financiar as análises socioeconômicas de custo-benefício para priorizar investimentos e alternativas estratégicas, projetos básicos e executivos, estudos ambientais (exceto custos ambientais e licenciamentos) e outros serviços técnicos especializados de engenharia e de planejamento.

O plano de bacia apresenta um rol de estudos que são necessários para subsidiar a gestão dos recursos hídricos, cujo valor estimado está contemplado no orçamento de implantação do plano (abordado no item 4.1). Diversos destes estudos deverão desembocar em proposições de intervenções finalísticas, conforme se identifica na Tabela 39.

Tabela 39: Estudos do componente estratégico de conservação dos recursos hídricos recomendados pelo PIRH-Grande que poderão gerar ações derivadas.

Programa	Atividades
Programa para gestão da demanda e da oferta quantitativa de recursos hídricos	Realizar levantamento de estruturas de barramento para regularização de vazões para uso em irrigação e verificar os balanços hídricos
	Desenvolver estudo para definição de procedimentos que resultem na redução das demandas hídricas para irrigação
	Elaborar estudo para avaliação do potencial de otimização do uso da água nas indústrias
Programa para controle de cargas poluidoras	Elaborar estudos de alternativas de disposição final de esgotos tratados em municípios com altos índices de coleta, tratamento e nível de remoção de cargas orgânicas de 95% ou maior, localizados em áreas com corpos receptores com pequena capacidade de assimilação das cargas remanescentes
	Elaborar estudo para proposição de metas de redução de cargas poluidoras na zona rural
	Elaborar estudo para caracterização e redução das cargas poluidoras de origem industrial
	Elaborar estudos de regionalização para constituição de consórcios públicos regionais na bacia para a gestão dos resíduos sólidos
Programa de conservação hidroambiental	Identificar as áreas prioritárias para a implementação de projetos de PSA
	Contratar e elaborar projeto-piloto para a conservação das nascentes e áreas de recarga de aquíferos, associados a projetos de PSA
	Contratar e elaborar estudo do passivo ambiental da mineração na região de Poços de Caldas/MG
	Elaborar estudo de metodologia para o monitoramento dos resultados de implantação de ações de conservação dos recursos hídricos
Programa de educação para conservação e gestão dos recursos hídricos	Criar, implementar e divulgar um plano para premiação de boas práticas em gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Grande
	Elaborar o plano de educação ambiental específico voltado às ações definidas no PIRH-Grande

Fonte: Adaptado de PIRH-Grande (ANA, 2017)

Muito embora seja impossível estimar, no momento atual, quais serão essas demandas de recursos, o estabelecimento da cobrança deve prever alguma margem positiva para contemplar tais ações derivadas. Podem-se vislumbrar, dentre outros:

- Implantação de estruturas de barramento para regularização de vazões para uso em irrigação;
- Implantação de estruturas compartilhadas de tratamento de efluentes industriais, promovendo ganhos de escala para os envolvidos;
- Remediação do passivo ambiental da mineração na região de Poços de Caldas/MG;
- Implantação de banhados construídos (*wetlands*) para redução de cargas poluidoras em áreas com corpos receptores com pequena capacidade de assimilação das cargas remanescentes;
- Recuperação e conservação de nascentes em áreas de recarga de aquíferos mediante modelos específicos ao Grande.

As atividades acima listadas exemplificam os potenciais desdobramentos que podem derivar dos estudos previstos pelo PIRH-Grande (ANA, 2017) e para os quais a cobrança poderá se tornar um elemento definidor no quesito de viabilidade - especialmente após a Resolução ANA nº 53/2020 que regulamenta o acesso dos recursos a tomadores da iniciativa privada, sobretudo os usuários pagadores, abrindo a possibilidade de se realizar chamamentos públicos com os recursos da cobrança, podendo-se aplicar - a cargo do Plano de Aplicação - financiamentos reembolsáveis tanto quanto financiamentos a fundo perdido.

Como forma de se contemplar tal margem para a ação, replica-se o valor de investimento equivalente às atividades de elaboração e atualização dos PMSB da bacia, que monta em R\$ 105,80 milhões.

Conforme identificado no item 3.1, o Plano de Ações do PIRH-Grande traz diversas intervenções necessárias para a agenda setorial, porém não pormenorizadas em sua necessidade de investimentos - são denominados de orçamentos associados.

Dessa forma, faz-se necessário estimar, mesmo que de forma paramétrica, a necessidade de recursos que podem eventualmente ser apoiados com a cobrança.

Como ponto de partida, tem-se as atividades previstas pelo componente estratégico de Conservação dos recursos hídricos, conforme observa-se na Tabela 40. Algumas dessas atividades, que não trazem orçamento definido no Plano, podem ter seus investimentos necessários estimados por diferentes metodologias, gerando assim uma ordem de grandeza para o dimensionamento do instrumento de cobrança.

Tabela 40: Programas e atividades do componente estratégico de conservação dos recursos hídricos do PIRH-Grande que podem ser financiados pela cobrança, mas que não trazem orçamentos associados.

Programa	Atividades
Programa para gestão da demanda e da oferta quantitativa de recursos hídricos	Execução de serviços e obras de redução de perdas e de otimização das técnicas de uso da água na indústria e na agricultura irrigada
Programa para controle de cargas poluidoras	Executar serviços de obras para a redução de cargas poluidoras urbanas atendendo as metas progressivas do enquadramento
	Executar serviços e obras para a redução de cargas poluidoras rurais atendendo as metas progressivas do enquadramento
	Implantar as recomendações do estudo de regionalização da gestão de resíduos sólidos
	Execução de serviços e obras para a redução das cargas poluidoras de origem industrial atendendo as metas progressivas do enquadramento
Programa de conservação hidroambiental	Executar as intervenções recomendadas pelo projeto-piloto (para a conservação das nascentes e áreas de recarga de aquíferos, associados a projetos de PSA)
	Implantar as estruturas e equipamentos de monitoramento propostos (pelo estudo de metodologia para o monitoramento dos resultados de implantação de ações de conservação dos recursos hídricos)
Programa de educação para conservação e gestão dos recursos hídricos	Implementar as ações previstas no plano de educação para conservação e gestão dos recursos hídricos

Fonte: Adaptado de PIRH-Grande (ANA, 2017)

As atividades que são aqui dimensionadas e custeadas são: (i) universalização da coleta e tratamento de esgoto; (ii) controle de perdas de água na distribuição; (iii) promoção do reúso da água na agricultura irrigada; e (iv) investimentos em infraestrutura natural - serviços ecossistêmicos hidrológicos.

Existem outras atividades, além destas quatro, que não são aqui dimensionadas. Como exemplo, tem-se as estruturas e equipamentos de monitoramento propostos pelo programa de conservação hidroambiental, as recomendações de regionalização da gestão de resíduos sólidos e as obras de saneamento humano rural.

Não obstante, o conjunto de atividades aqui dimensionado reflete parte significativa do que é prescrito pela agenda setorial de conservação dos recursos hídricos, incluindo parte expressiva do programa para gestão da demanda e da oferta quantitativa, além de parte substancial do programa de conservação hidroambiental com os investimentos na infraestrutura natural para a prestação de serviços ecossistêmicos que não estavam prescritos. Cada um dos quatro dimensionamentos é pormenorizado na sequência.

3.3.1. *Universalização da coleta e tratamento de esgoto*

Os serviços de esgotamento sanitário são essenciais não apenas para a garantia da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, como também para garantir a saúde de sua população. Um total aproximado de 372 mil pessoas ainda não contam com rede coletora de esgotos, enquanto outros 1,32 milhões ainda não contam com tratamento para seus esgotos (com base em SNIS [2020], que traz informações referentes ao ano de 2019).

Dessa forma, o presente item prevê o custeio, paramétrico, que seria necessário para realizar as obras de universalização da coleta e do tratamento de esgotos em todos os municípios da bacia do Rio Grande, focado nas suas áreas urbanas. O primeiro

passo é a quantificação do déficit de atendimento de rede coletora, que foi realizado com base nas informações do SNIS (2020) para os 393 municípios componentes da bacia.

Com base nas informações de ligações atendidas com esgotamento sanitário (ativas mais inativas) e na extensão da rede de esgoto, pode-se calcular a densidade da rede de esgoto². Já com base na informação de economias totais (ativas mais inativas) de esgoto e da quantidade de ligações, pode-se calcular a razão de economias por ligações de esgoto. A informação de índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água permite, portanto, auferir a população com coleta que, subtraída da população estimada total em área urbana, resulta na quantidade de déficit em termos populacionais.

Com base nos indicadores de novas ligações e de extensão de rede necessária para atendimento, pode-se estimar o custo total com base em dois parâmetros. O primeiro deles é o custo linear de rede coletora (com base em SABESP e outros pressupostos, atualizado a preços de 2021) de R\$ 415.675/km. Já o segundo é o custo de ligação domiciliar de esgoto (com base em SABESP e outros pressupostos, atualizado a preços de 2021) de R\$ 767,00/ligação.

Os resultados apontam para uma população total de 371 mil habitantes sem coleta, o que significa um total de 172 mil novas ligações de esgotos em um total de 2,2 mil km de rede. O custo estimado total para esse investimento é de R\$ 1,06 bilhão.

Já para o custeio do tratamento de esgoto, compilou-se as informações do SNIS com as do Atlas Esgotos da ANA (2017 e atualização em 2020). Dessa forma, identificaram-se os municípios que contam com unidades de tratamento de esgotos

² Para os municípios sem rede coletora ou que não reportaram seus dados ao SNIS em nenhum dos anos pretéritos até 2017, foi alocados os valores paramétricos com base no conjunto de municípios da bacia e recorte de porte (pequeno porte sendo sistema de água de até 5 mil ligações, médio porte sendo de 5 mil até 25 mil ligações, e grande porte sendo sistemas com mais de 25 mil ligações).

e, também, a fração da população que é por estas unidades atendida. Somou-se à população não atendida com ETE aquela que não é (ainda) atendida com rede coletora, gerando-se a demanda total de tratamento em termos de habitantes.

Para os municípios que não contam com ETE, foi considerada a necessidade de sua instalação com capacidade de atendimento para toda a população da área urbana respectiva. Como parâmetro simplificador, assumiu-se que, caso um dado município tenha ETE mas que essa detenha capacidade de atender uma fração menor do que 50% da população, uma nova unidade deve ser implementada para essa fração não atendida. Para os demais casos, adotou-se a premissa que a ETE atual detenha capacidade ociosa de atendimento e não demande, portanto, de novos investimentos.

Com base no déficit de população sem tratamento de esgoto, aplicou-se o parâmetro de custos de implantação de ETE por habitante obtido em Von Sperling e Salazar (2013), devidamente atualizados para valores de 2021. Os referidos autores estabelecem a relação de custos para tratamento secundário convencional, segregando em cinco possíveis tecnologias, sendo que para cada uma há uma faixa ótima de população que pode ser atendida, bem como um parâmetro de custo associado, como se demonstra abaixo:

- Lagoas facultativas e anaeróbicas: população máxima atendida de 61 mil habitantes, custo de implantação de R\$ 337/hab.;
- Reator UASB + filtros anaeróbios: população máxima atendida de 199 mil habitantes, custo de implantação de R\$ 462/hab.;
- Reator UASB + filtros biológicos: população máxima atendida de 300 mil habitantes, custo de implantação de R\$ 532/hab.; e
- Lodo Ativado: população máxima atendida de 1,5 milhão de habitantes, custo de implantação de R\$ 639/hab.

Para cada município em que foi identificada a necessidade de se aportar uma estação de tratamento de esgotos, portanto, foi adotada a mais barata tecnologia possível em função da quantidade de habitantes. No total dos municípios da bacia,

identificou-se que 1,32 milhão não conta com ETE. Desse quantitativo, no entanto, parte significativa se localiza em municípios com ETE que, segundo o pressuposto conservador adotado, tem capacidade ociosa de atendimento, embora não estejam ainda a ela conectados. Com esse ajuste, estima-se um total de 694 mil pessoas que demandam ETE. Aplicando os custos descritos, tem-se uma demanda financeira de R\$ 666 milhões.

A somatória dos investimentos necessários para universalizar a coleta e o tratamento de esgotos na bacia, portanto, é de no mínimo R\$ 1,73 bilhão.

3.3.2. *Controle de perdas de água na distribuição*

Para se estimar o investimento necessário em programas de redução de perdas em rede de distribuição de água, o primeiro passo foi identificar, via SNIS, o nível de perdas atuais de cada um dos sistemas de abastecimento nos municípios da bacia do Rio Grande. O segundo passo foi identificar, para esse conjunto, qual a classificação frente à matriz internacional de avaliação de perdas. Essa matriz apresenta uma distinção entre cinco grupos de níveis de perdas, quais sejam:

- Sistemas A1: Desempenho na gestão de perdas de classe mundial; o potencial para reduções adicionais é pequeno, a menos que ainda haja potencial para redução de pressão ou melhoria da precisão de grandes medidores de clientes.
- Sistemas A2: Redução adicional de perda pode não ser econômica, a menos que haja insuficiência de abastecimento ou tarifas muito altas; são necessárias análises mais criteriosas para identificar melhorias economicamente viáveis.
- Sistemas B: Potencial para melhorias significativas; validar um balanço hídrico para quantificar os componentes de perdas; considerar gerenciamento de pressão, melhores práticas de controle ativo de vazamentos, e melhor manutenção da rede; melhorar o gerenciamento de medidores de clientes, revisar procedimentos de leituras de medidores, manuseio de dados e processamento de contas e identificar potenciais de melhoria.

- Sistemas C: Registro deficiente de vazamentos; tolerável somente se a água é abundante e barata; mesmo assim, analisar o nível e a natureza das perdas e intensificar os esforços para redução de perdas.
- Sistemas D: Muito ineficiente; um programa abrangente de redução de perdas é imperativo e altamente prioritário.

Para realizar a classificação dos municípios de acordo com a matriz internacional, utilizou-se dos seguintes balizamentos: categoria D com perdas maiores de 450 litros/ligação por dia; categoria C: perdas maiores que 250 l/l.d; categoria B: maiores que 125 l/l.d; e por fim, categoria A: perdas menores que o limite da categoria B.

Para se ter uma estimativa mínima de custo em programas de redução de perdas, desconsiderou-se os municípios classificados como categoria A, pois para estes a redução é muito difícil e custosa, pois os perfis mais simples de controle já foram superados. Um total de 385 municípios ainda detém espaço para melhora, sendo que 200 deles podem passar da categoria D para C; outros 125 podem passar da C para B, e 60 que já estão na B podem passar para a categoria mais alta.

A partir do orçamento de um programa de perdas em um município de categoria B, que é de R\$ 35/metro de rede de distribuição, assumiu-se que este custo possa ser dividido progressivamente pela metade para as categorias de maiores perdas, representando a maior facilidade de controle para as situações justamente mais críticas. Dessa forma, declaradamente simplista de se estimar esse custo, tem-se um orçamento de R\$ 844 milhões para controle de perdas na rede de distribuição na bacia.

3.3.3. *Promoção do reúso da água na agricultura irrigada*

A utilização dos efluentes das ETEs com técnicas de reúso para a agricultura irrigada apresenta grande potencial de benefício, pois ao mesmo tempo economiza volumes de água captados de outras formas e economiza no aporte de fertilizantes

agrícolas. Tem-se, portanto, a promoção da: eficiência de uso da água; redução do aporte de poluentes aos corpos d'água; redução do custo de tratamento de esgoto; e redução no uso de fertilizantes agrícolas, com potencial redução do custo de produção.

A utilização de águas de reúso em áreas de conflito quantitativo, onde a água se torna um recurso escasso e disputado, passa a ser vista como uma questão de garantia de segurança hídrica. Para a determinação dos investimentos com a promoção do reúso dos efluentes tratados das ETEs existentes na agricultura irrigada, foram utilizadas curvas de custos elaboradas a partir de projetos de obras semelhantes com capacidades diversas. Foi adotado como parâmetro a vazão média tanto para o emissário como para as estações elevatórias. O referencial de preços é de 2021 com base no SINAPI não desonerado para o estado de São Paulo. Essa referência aponta para um custo praticamente linear entre a vazão demandada pelo emissário e seu custo por metro. A elevatória apresenta uma relação menos direta entre custo e vazão.

Para dimensionar a demanda potencial para o reúso, foi realizado por geoprocessamento a identificação das outorgas de captação para irrigação e os pontos de lançamento das ETEs existentes, computando-se a distância entre eles, o desnível e também a vazão. Com base nessas informações, aplicou-se um filtro para as outorgas de irrigação que realizam suas captações em rios da União, para então se aplicar um novo filtro relativo à fração de atendimento potencial das outorgas de irrigação por parte de cada ETE. Na média, identificou-se um potencial de suprimento de 13% da vazão de irrigação requerida pelo conjunto de outorgas que se localiza em uma distância média de 8,5 km de ETEs existentes e com vazão suficiente de atendimento.

Compilou-se, dessa forma, dois dos principais componentes dos custos da estrutura de reúso, quais sejam: a instalação de tubulação, denominada de emissário, que deve realizar o transporte do efluente tratado até um ponto de captação de águas para irrigação; e a instalação de estações elevatórias para os casos em que o valor do desnível é negativo (significando que a cota da ETE se situa abaixo da captação de

irrigação). Nos pontos com desnível positivo, assumiu-se a possibilidade de o emissário funcionar à gravidade, ou seja, sem necessidade de estação elevatória.

Desta forma, obteve-se a ordem de grandeza dos valores de investimento considerando tanto as distâncias como o desnível. Importante ressaltar que foram consideradas as médias das captações de irrigação em relação ao ponto de localização de lançamento das ETEs, permitindo simular um investimento único que pode ser utilizado para atender a mais de uma captação, desde que a vazão seja suficiente para tanto. Buscou-se, assim, direcionar o máximo possível do efluente para reúso na irrigação.

O resultado dos investimentos previstos é de R\$ 3,14 bilhões, sendo que R\$ 3,10 bilhões são orçados em emissários e o restante em estações elevatórias.

3.3.4. *Infraestrutura natural - Serviços ecossistêmicos hidrológicos*

As Soluções baseadas na Natureza (SbN) são definidas como aquelas *“inspiradas e apoiadas pela natureza, que proporcionam benefícios ambientais, sociais e econômicos e ajudam a construir a resiliência”* (European Commission, 2015). As SbN podem influenciar positivamente a disponibilidade hídrica por meio de processos naturais que auxiliam na regulação da interceptação da precipitação, da infiltração, da umidade e do armazenamento de água no solo, e do transporte de água, tornando o ciclo hidrológico mais favorável para a reserva equilibrada de água em uma bacia; portanto, as SbN podem gerar melhorias na distribuição hídrica em termos de espaço, tempo, e quantidade da água disponível para as necessidades humanas (UN-Water, 2018).

SbN relacionadas à conservação ou recuperação de florestas são importantes medidas para o aumento da entrada de água da chuva nos solos de uma bacia, com

consequências positivas para a alimentação de lençóis freáticos e aquíferos. As SbN também estão ligadas ao conceito de economia verde, que traz o uso sustentável dos recursos naturais e dos processos ecológicos como um dos fundamentos para sistemas econômicos mais estáveis e robustos, gerando impactos positivos inclusive em ecossistemas altamente modificados como as lavouras e pastagens.

A Tabela 41 apresenta alguns dos canais de impacto dos serviços ecossistêmicos hídricos correlatos à infraestrutura natural.

Tabela 41: Canais de impacto dos serviços ecossistêmicos hídricos correlatos à infraestrutura natural.

Serviço Ecossistêmico	Efeito Físico	Consequência	Benefício*
Retenção de Sedimentos	Redução de sedimentos carregados aos corpos d'água	Menor turbidez da água	Menores custos de tratamento de água
		Menor aporte de sedimentos	Menores custos com dragagem
Regulação Hídrica	Maior infiltração e armazenamento de água no solo	Estabilidade de vazões durante secas	Melhor disponibilidade hídrica para captação
		Redução de picos de vazão nas cheias	Menores riscos de enxurradas e inundações
Retenção de Nutrientes	Redução de aporte de nutrientes como fósforo e nitrogênio	Maior atividade de biota do solo	Maior fertilidade, menor necessidade de fertilizantes
		Melhor qualidade de água	Menores custos de tratamento de água

* Há, ainda, a geração de benefícios por meio do sequestro e estocagem de carbono na biomassa em recuperação, além de redução de erosão que favorece a fertilidade do solo e evita custos com sua reposição.

O déficit de vegetação nativa com a mais intensa relação com os recursos hídricos são as Áreas de Preservação Permanente - APP (embora também contemplem áreas em topos de morro e fundos de vale e não apenas áreas ciliares). Adicionalmente, estas áreas não podem ser compensadas em demais localidades (possibilidade aberta para as reservas legais (RL) com base na aquisição de Cotas de Reserva Ambiental).

Na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, existe uma significativa demanda por restauração de APP: segundo o Atlas Agropecuário da Imaflora (2017), há cerca de 477 mil hectares de APP a serem restauradas, obrigatoriamente, pelo estabelecido na Lei de Proteção à Vegetação Nativa (LPVN, Lei nº 12.651/2012). O déficit se divide em frações idênticas de 36% entre médias (de 5 a 14 módulos fiscais) e grandes propriedades (acima de 15 módulos fiscais), enquanto 27% recaem sobre as pequenas propriedades rurais (até 4 módulos).

Tabela 42: Déficit de APP e RL nas propriedades rurais dos municípios da bacia.

Unidades de Gestão Hídrica	Déficit de APP (ha)	Déficit de RL (ha)	Déficit Total (ha)
GD 01	42.281	997	43.277
GD 02	57.976	5.634	63.610
GD 03	54.760	23.063	77.823
GD 04	27.895	4.022	31.917
GD 05	33.073	4.463	37.535
GD 06	26.206	5.180	31.386
GD 07	29.803	12.684	42.487
GD 08	53.366	148.117	201.483
UGRHI 01	2.846	7	2.852
UGRHI 04	31.468	37.724	69.192
UGRHI 08	24.655	55.585	80.241
UGRHI 09	37.381	70.165	107.546
UGRHI 12	17.142	56.215	73.357
UGRHI 15	38.201	63.833	102.034
TOTAL	477.052	487.688	964.740

Fonte: IMAFLORA. Elaborado pelo Consórcio Ferma-EnvEx (2021).

Um significativo esforço de restauração de vegetação nativa, incluindo áreas de APP, é o Programa Reflorestar no Espírito Santo, cujo objetivo é restaurar e proteger 80 mil hectares de florestas capixabas (Seama, 2020, apud Feltran-Barbieri et al., 2021). Os investimentos previstos por este programa podem, portanto, servir de balizadores

para a quantificação da demanda financeira para a restauração na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Tem-se os custos de R\$ 10.666 por hectare para situações de restauração que demandam maiores intervenções (plantio total), até R\$ 3.438 por hectare para aplicação da técnica de regeneração natural³.

Com base nestas referências de valor, e supondo-se uma combinação média entre a restauração via plantio total e regeneração natural, a totalidade dos 477 mil ha de APP degradados na bacia demandam um total de R\$ 3,36 bilhões.

Essa grande demanda financeira pode, na prática, vir a ser reduzida caso a restauração seja focada em áreas prioritárias, estratégicas para a promoção de serviços ecossistêmicos hidrológicos. Tal foco pode reduzir a quantidade total das intervenções e otimizar a promoção dos benefícios, uma vez que a eficiência da restauração depende de condições específicas que variam com os fatores biofísicos⁴, o que faz com que ocorram áreas mais propícias a gerar infiltração ou retenção de sedimentos, por exemplo.

De acordo com a modelagem de exportação de sedimentos apresentada por Ozmet *et al.*, 2018 para a bacia hidrográfica da Cantareira, em São Paulo, a restauração de 4.000 ha de pastagens distribuídas aleatoriamente poderia evitar 8% da exportação total de sedimentos; já a restauração deste mesmo quantitativo de área (cobrindo cerca de 1,8% da bacia) em locais de maior susceptibilidade à erosão, resultaria em 36% de redução no percentual da exportação de sedimentos. Estudos recentes apontam para a viabilidade econômica de se investir em conservação e proteção de áreas estratégicas para os recursos hídricos em bacias hidrográficas, demonstrando que a geração de

³ O Programa Reflorestar também contempla pagamentos por serviços ambientais, cujos valores médios são de cerca de R\$ 275 por hectare por ano (Seama, 2020 apud Feltran-Barbieri et al., 2021).

⁴ A taxa de exportação de sedimentos, por exemplo, é influenciada pelo tipo de solo, declividade, vertente, e proximidade com a superfície dos cursos d'água.

benefícios pode superar os custos requeridos⁵. Tal constatação abre espaço para financiamento, com recursos da cobrança, para as intervenções necessárias, especialmente à luz da Resolução nº 53/2020 da ANA. As áreas estratégicas são aquelas onde ocorre o maior aporte de sedimentos, onde há a maior capacidade de recarga, a maior velocidade de escoamento etc.

⁵ Dentre eles, estão: Infraestrutura Natural para Água na Grande Vitória (Feltran-Barbieri et al., 2021); Infraestrutura Natural para Água no Sistema Guandu, Rio de Janeiro (Feltran-Barbieri et al., 2018); Infraestrutura Natural para Água no Sistema Cantareira, São Paulo (Ozmet et al., 2018); e Quantificação e Valoração dos Benefícios da Infraestrutura Natural no Município de São Bento do Sul-SC (Guimarães e Thá, 2018).

4. CENÁRIOS DO PAPEL DA COBRANÇA NO ATENDIMENTO ÀS DEMANDAS FINANCEIRAS

O estabelecimento de cenários de cobrança parte da necessidade de atender claros objetivos vinculados à solução dos problemas identificados na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Sendo assim, o capítulo atual estabelece a ligação entre as demandas orçamentárias do PIRH-Grande, que por sua vez são vinculadas aos desafios da gestão da bacia hidrográfica, e o viés financeiro da cobrança, visando o financiamento e o fomento de ações capazes de prevenir, mitigar ou solucionar questões e problemas que afetam os usos de recursos hídricos.

A presente investigação é fundamental para a instituição da cobrança pelos usos consuntivos da água, instrumento que deve vir acompanhado do estabelecimento de causalidade direta entre a motivação e a própria cobrança, para que haja efetiva percepção de valor pelo usuário frente aos valores pagos. Isso é naturalmente necessário, mas deve ser reforçado no contexto de bacia hidrográfica, uma vez que as grandes extensões territoriais e o tempo para se obter os efetivos impactos positivos das ações financiadas pela cobrança acabam por influenciar os usuários na visualização dos benefícios das medidas implantadas.

A exemplo da situação supracitada, tem-se que os impactos do aprimoramento dos sistemas de tratamento de efluentes e a atualização da rede de monitoramento podem demorar a serem notados pelos usuários. Em conjunto, a distância entre o usuário e o local da implantação pode influenciar na falta de visão de responsabilidade, onde o poluidor-pagador pode possuir dificuldades em considerar a aplicação dos recursos em locais distintos daqueles que tragam impactos positivos direto para si. Nesse sentido, é válido retomar que a unidade de planejamento é a Bacia Hidrográfica do Rio Grande e que é de responsabilidade de todos os usuários nela inseridos buscar

pela redução global das externalidades negativas geradas e a manutenção e ou recuperação da qualidade de todos os recursos hídricos.

Em virtude disso, observa-se que a cobrança está também atrelada à finalidade e, assim como exposto no PIRH-Grande (ANA, 2017), as principais finalidades de uso dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Grande são: Abastecimento humano; Indústria; Mineração; Dessedentação animal; e Irrigação. Dessa forma, pontua-se que cada uma das atividades presentes nas UGHs acaba evidentemente gerando impactos diretos e indiretos tanto na localidade próxima quanto ao longo da Bacia, sejam tanto em questões quantitativas, afetando o volume de água disponível para os usuários ou a redução do poder de autodepuração dos cursos hídricos, quanto em termos qualitativos de poluição dos recursos hídricos, como o aumento dos custos do tratamento da água, por exemplo.

A partir das demandas financeiras elencadas no capítulo precedente (3), tem-se um extenso rol de ações a serem potencialmente custeadas com os recursos da cobrança, e que devem ser tais que gerem benefícios perceptíveis aos usuários e à sociedade em geral, ou seja, devem estar alinhados aos problemas identificados no plano de bacia e devem atender aos objetivos da gestão das águas na bacia hidrográfica do Rio Grande.

Conforme ANA (2021): *Visualiza-se uma aplicação dos recursos cada vez mais ágil e transparente, orientada segundo prioridades de investimentos claramente estabelecidas pelo plano de recursos hídricos, e potencializada pelo acesso dos recursos a tomadores da iniciativa privada, sobretudo os usuários pagadores, via financiamentos reembolsáveis, regulamentado na Resolução ANA nº 53/2020.*

4.1. Papel da cobrança no financiamento das demandas financeiras

4.1.1. Financiamento da gestão de recursos hídricos e apoio ao Comitê de Bacia Hidrográfica

O orçamento do PIRH-Grande (ANA, 2017) traz enfoque nas ações de gestão de recursos hídricos, ou seja, na realização de ações com vistas à implementação dos instrumentos de gestão e ao fortalecimento institucional do SINGREH. Todos os cenários de cobrança, portanto, devem contemplar o financiamento pleno à gestão de recursos hídrico e ao apoio ao CBH.

Está identificado, no próprio PIRH-Grande, a fração financeira do montante necessário que se vislumbra advir da cobrança pelo uso de recursos hídricos. Essa fração, no entanto, não está vinculada explicitamente ao programa de intervenções. A Tabela 43 apresenta as fontes de financiamento elencadas pelo PIRH-Grande, quais sejam: o Orçamento Geral da União, a cobrança pelo uso de recursos hídricos, e os recursos dos estados de Minas Gerais e de São Paulo. Uma parcela dos recursos dessas fontes está assegurada para a bacia, porém, observa-se que boa parte deles deve ser negociada.

Tabela 43: Fontes de financiamento apontadas pelo PIRH-Grande.

Fontes de financiamento	Valor estimado pelo Plano (R\$)	Fração do total	Média anual* (R\$)
Governo Federal	153.069.933	53,4%	11.774.610
Cobrança	96.537.000	33,7%	7.425.923
Governo SP	16.507.300	5,8%	1.269.792
Governo MG	13.270.967	4,6%	1.020.844
Municípios	4.716.000	1,6%	362.769
FEHIDRO SP	640.000	0,2%	49.231
FHIDRO MG	1.640.000	0,6%	126.154
Total	286.381.200	100,0%	22.029.323

* Considerando o horizonte de 13 anos para a execução do PIRH-Grande (ANA, 2017).

A título de exemplo, estão contempladas as atividades de revisão e atualização da rede de monitoramento para o atendimento dos usos dos recursos hídricos, vazões de entrega e qualidade da água e a elaboração de relatórios anuais de verificação de vazões outorgadas e qualidade das águas com base na rede de monitoramento revisada, componentes do programa para adequação da rede de monitoramento quanti-qualitativo dos recursos hídricos (no valor de R\$ 9,91 milhões).

Outro exemplo notável são as atividades de elaboração dos PMSB faltantes e atualização permanente dos PMSB de todos os municípios da bacia, aninhados no componente estratégico de conservação dos recursos hídricos, programa para gestão da demanda e da oferta quantitativa. Somando-se ambas as atividades para os períodos de curto, médio e longo prazos, tem-se um orçamento estimado de R\$ 105,80 milhões, o maior componente individual do plano de ação do PIRH-Grande.

Com base nas fontes de financiamento elencadas pelo PIRH-Grande, pode-se supor que parte significativa da demanda financeira alocada ao Governo Federal possa ser apoiada pelos recursos da cobrança. Caso essa fração seja de 72%, espelhando, grosso modo, 18 de 25 projetos ou ações, tem-se um valor anual de R\$ 8,48 milhões (72% de R\$ 11,77 milhões). Ao se somar a este valor (R\$ 8,48 milhões) os recursos indicados pelo PIRH-Grande para serem financiados exclusivamente pela cobrança (R\$ 7,43 milhões anuais), compõe-se o total de R\$ 15,92 milhões anuais que podem ser cobertos pela cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Em termos da representatividade desse montante no total das necessidades financeiras apontadas pelo Plano de Bacia para sua consecução, tem-se 72% (R\$ 15,92 milhões de R\$ 22,03 milhões, ambos na média anual). Considera-se, adicionalmente, que nesse montante financeiro estejam contemplados recursos suficientes para apoiar ao Comitê de Bacia no desenvolvimento de sua agenda de trabalho e cumprimento de suas atribuições legais.

4.1.2. Financiamento da manutenção do Comitê de Bacia e da Entidade Delegatária

Além dos custos com a gestão e implementação dos instrumentos da PNRH previstos pela legislação, os futuros cenários de arrecadação de recursos por meio da cobrança devem levar em consideração o custeio de criação e manutenção dos entes que compõem o SINGREH, especialmente os Comitês de Bacia Hidrográfica e a Agência de Bacia ou Entidade Delegatária.

A criação da Agência da Bacia ou Entidade Delegatária é de fundamental importância para que o Comitê de Bacias tenha capacidade de execução de suas funções de gestão e de fomento à agenda setorial. Especificamente, no caso da Agência de Bacia ou Agência de Água, o processo de criação, iniciado pela solicitação dos CBHs e posterior aprovação pelos conselhos de recursos hídricos (CNRH ou CERHs), está condicionado a comprovação da viabilidade financeira assegurada pela cobrança, até o limite de 7,5% do valor arrecadado.

Assim como para o orçamento de gestão de recursos hídricos e apoio ao Comitê de Bacia Hidrográfica, todos os cenários de cobrança devem contemplar o financiamento pleno à manutenção do Comitê de Bacia Hidrográfica e da Entidade Delegatária.

4.1.3. Financiamento das ações complementares ao PIRH-Grande - Agenda Setorial

O capítulo 3, item 3.3, apresentou o dimensionamento da necessidade financeira para a consecução plena do PIRH-Grande (ANA, 2017), incluindo quatro atividades da agenda setorial, quais sejam: universalização da coleta e tratamento de esgotos em áreas urbanas, controle de perdas na distribuição, promoção do reúso da água na agricultura irrigada e infraestrutura natural para a prestação de serviços ecossistêmicos hidrológicos.

Adicionalmente, contemplou orçamento para a realização de ações derivadas de estudos recomendados pelo PIRH-Grande em equivalência ao orçamento de elaboração e atualização dos PMSB. Estas cinco atividades totalizam uma demanda financeira de R\$ 9,18 bilhões, abrangendo todos os quase 400 municípios componentes da bacia hidrográfica e representando uma fração significativa do PIB nela gerado (~3% em valores de 2018).

Não se espera que a gestão das águas da bacia, mesmo que respaldada por diplomas legais e instrumentada pela Entidade Delegatária, consiga financiar a totalidade das ações por meio dos recursos da cobrança. Essa agenda, como a própria definição traz, aborda ações finalísticas que têm elevada dependência de articulação com um ou vários setores de usuários⁶. Com base nas intervenções e investimentos, a identificação do rol de possibilidades de implementação com os recursos da cobrança demanda assumir alguns pressupostos, como se realiza abaixo para cada uma das atividades associadas.

A **universalização da coleta e tratamento de esgotos em áreas urbanas** da bacia demanda investimentos estimados em R\$ 1,73 bilhão que não devem ser plenamente financiados pela cobrança. Afinal, são serviços públicos remunerados pela população via tarifa e com disponibilidade de recursos creditícios específicos⁷. Não obstante, os recursos da cobrança pelo uso de recursos hídricos podem ser utilizados para estruturar e viabilizar a tomada de crédito dos prestadores de serviço, ainda mais com a possibilidade trazida pela Resolução ANA nº 53, de 04 de dezembro de 2020,

⁶ Conforme ANA (2021), é importante lembrar que, segundo o que estabelece o art. 19 da Lei nº 9.433, de 1997, a cobrança é apenas um dos instrumentos que visa assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões adequados aos respectivos usos, cujo o atingimento depende do pleno funcionamento de todos os instrumentos em todo o território da bacia (Planos de Recursos Hídricos; Enquadramento dos Corpos de Água em Classes, segundo os usos preponderantes da água; Outorga dos Direitos de Uso de Recursos Hídricos; Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos; e Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos), assim como da atuação coordenada dos entes do SINGREH, num ambiente de múltiplo domínio das águas.

⁷ A exemplo dos recursos do FGTS, do FAT e do FINEM, disponibilizados respectivamente via Caixa Econômica Federal, Banco do Brasil e Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.

que regulamenta o acesso dos recursos a tomadores da iniciativa privada, sobretudo os usuários pagadores, via financiamentos reembolsáveis.

Dessa forma, pressupõe-se que a cobrança possa vir a financiar as análises socioeconômicas de custo-benefício para priorizar investimentos e alternativas estratégicas, os projetos básicos e executivos, estudos ambientais (exceto custos ambientais e licenciamentos) e outros serviços técnicos especializados de engenharia e de planejamento. Estes custos tipicamente representam de 8% a 12% do valor do CapEx, sendo que quanto maior a obra, menor a participação relativa de serviços desse tipo deve ser.

Uma vez que não há excessiva sofisticação nos projetos de engenharia de saneamento básico, tal como na sua modelagem econômica e jurídica, adota-se 8% do investimento que pode ser financiado pela cobrança - valor mínimo do intervalo tipicamente associado aos custos que se vislumbram financiar com os proventos da cobrança.

Raciocínio equivalente pode ser adotado para os investimentos em **controle de perdas na distribuição de água** por parte dos prestadores de serviços de saneamento, podendo-se supor que 8% do investimento estimado para essa atividade (de R\$ 844 milhões para a bacia) possa ser financiado pela cobrança.

A **promoção do reúso da água na agricultura irrigada**, cujo orçamento estimado para a bacia é de R\$ 3,14 bilhões, perfaz atividade que alinha interesses entre os prestadores de serviços de saneamento e os irrigantes, pois ao direcionar os efluentes da primeira para aproveitamento econômico da segunda, tem-se ganhos para ambos sob os aspectos ambientais e de segurança hídrica.

Por mais que esse interesse mútuo possa vir a ser, em um momento futuro, suficiente para a adoção autóctone dessa relevante atividade, atualmente ainda há necessidade de se preencherem lacunas técnicas, econômicas e jurídicas para que se

atinja tal patamar. Pode-se pressupor, então, que a cobrança pelo recurso hídrico precise financiar tais estudos, assumindo-se a fração superior do intervalo típico (12%) para tal.

Já quanto ao investimento em **infraestrutura natural para a promoção de serviços ecossistêmicos hidrológicos**, tem-se uma atividade tipicamente financiada pela cobrança, pois se trata da promoção de externalidades positivas e difusas que não encontram paralelo ao serviço tarifado de esgotamento sanitário, por exemplo⁸.

A restauração total das áreas de preservação permanente degradadas na bacia demanda recursos da ordem de R\$ 3,36 bilhões, e claramente não pode recair exclusivamente sobre a cobrança de recursos hídricos. Por um lado, existem recursos de doação disponíveis para financiar a recuperação da vegetação nativa⁹ e, por outro, pode-se priorizar a restauração em áreas de maior contribuição para a prestação dos serviços ecossistêmicos hídricos, reduzindo de forma mais do que proporcional a quantidade absoluta de áreas em relação aos benefícios hidrológicos que se podem esperar.

Pode-se estabelecer, para dimensionamento do papel da cobrança no financiamento de tais ações, a fração arbitrária de 25% do total financeiro requerido: essa fração é significativa o suficiente para estruturar os esquemas de pagamento por serviços ambientais, focar a restauração em áreas prioritárias, e também para estruturar a eventual contribuição financeira de doadores e demais parceiros institucionais.

⁸ Os Comitês da bacia PCJ (federais, estado de São Paulo e estado de Minas Gerais) investem cerca de 2% dos seus recursos na restauração da floresta como infraestrutura natural. Fonte: Padovezi et al. 2012.

⁹ Como demonstra o Programa Reflorestar no Espírito Santo que investiu, desde sua fundação, R\$ 52 milhões com recursos do Fundo Global para o Meio Ambiente (Global Environment Facility – GEF), por meio do projeto Florestas para a Vida (Espírito Santo Biodiversity and Watershed Conservation and Restoration Project). Fonte: WRI, 2021.

Projetos como o Movimento Água para São Paulo mobilizam recursos e viabilizam tanto o custeio da restauração florestal como o pagamento por serviços ambientais aos proprietários de terras envolvidos nas melhorias ambientais. Fonte: TNC, 2013.

O percentual escolhido se alinha, grosso modo, como o descrito em WRI (2021) como sendo possível de uso para o programa de infraestrutura natural no manancial da Região Metropolitana da Grande Vitória (18%). Implica, não obstante, que embora a cobrança passe a fornecer uma base sólida para a restauração, é necessária uma combinação de financiamentos para fazer frente aos grandes desafios apostos de restauração e pagamento pelos serviços ambientais.

Por fim, para a execução das **ações derivadas da elaboração de estudos recomendados pelo plano de bacia**, que se espelha no dimensionamento financeiro de elaboração e atualização dos Planos Municipais de Saneamento Básico, pressupõe-se que a totalidade (100%) destas estimativas possam ser financiadas com os recursos da cobrança, permitindo ao CBH alocar recursos de forma a otimizar o prescrito no PIRH-Grande.

Com base nos pressupostos acima detalhados, tem-se os investimentos na agenda setorial que podem ser financiados com os recursos da cobrança, conforme apostado na Tabela 44.

Tabela 44: Estimativa de investimentos na agenda setorial que podem ser financiados com recursos da cobrança.

Agenda setorial (orçamentos associados)	Investimento total (R\$, mil)	Fração que cabe à cobrança	Investimento com recursos da cobrança (R\$, mil)
Ações derivadas de estudos do PIRH-Grande	105.800	100%	105.800
Universalização da coleta e tratamento de esgotos	1.726.419	8,0%	138.113
Controle de perdas na distribuição	843.985	8,0%	67.519
Reúso da água na agricultura irrigada	3.142.546	12,0%	377.106
Infraestrutura natural – serviços ecossistêmicos	3.364.173	25,0%	841.043
TOTAL	9.182.923	16,7%	1.529.581

Elaborado pelo Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

O total dos investimentos passíveis de serem financiados com recursos da cobrança representam, na média, 16,7% do total estimado como necessário para a totalidade da implantação dos cinco orçamentos associados em todo o território da Bacia Hidrográfica do Rio Grande (cerca de 0,5% do PIB gerado na bacia).

Como se trata de um conjunto amplo e bastante intenso de investimentos, não se pode conceber sua execução em um único momento, mas sim em um período de tempo no qual tais investimentos possam ser postos em prática. As inversões, afinal, deverão se desdobrar em metas de execução de atividades do programa correlato do plano de bacia, o que faz com que, em termos ideais, o tempo deva estar contido no ciclo pré-definido pelo comitê de bacia para a atualização ou revisão do plano.

Dado o horizonte de 15 anos do PIRH-Grande e o tempo transcorrido desde seu estabelecimento formal (2017), adota-se o prazo de 10 anos como ideal para a execução das atividades (ao menos de forma hipotética para fins desse estudo), que é coerente tanto com a amplitude de recursos estimada como em relação à expectativa de se rever o PIRH-Grande. Ao final do horizonte de dez anos, inclusive, a cobrança deve ser revista para possibilitar o atingimento das metas atualizadas ou revisadas, refletindo a realidade dinâmica da bacia hidrográfica.

Consequentemente, tem-se que a cobrança pelo uso de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Grande pode vir a financiar um orçamento associado de R\$ 152,96 milhões por ano, na média, ao longo de dez anos. Esse montante pode ser visto como o limite superior para a arrecadação na bacia, incluindo todos os domínios (federal e estaduais).

Para fins de ponderação em relação ao valor dos orçamentos associados aqui derivados como ideais para o financiamento da cobrança na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, tem-se breve comparação com as principais categorias de ação e seus orçamentos previstas em outras bacias de relevância.

- Na bacia do rio São Francisco, o PAP para 2021-2025 concentra 63% de seu orçamento nas atividades de recuperação da qualidade da água, proteção e conservação dos recursos hídricos e gestão da demanda. O orçamento anual total é de R\$ 69 milhões.
- Na bacia dos rios PCJ, o PAP para 2020-2023 concentra 83% de seu orçamento nas atividades de coleta e tratamento de esgotos domésticos. O orçamento anual total é de R\$ 240 milhões.
- Na bacia do rio Paraíba do Sul, o PAP 2017-2020 concentra 52% de seu orçamento nas atividades de coleta e tratamento de esgotos domésticos, coleta e disposição de resíduos sólidos urbanos e em recuperação e proteção de Áreas de Preservação Permanente. O orçamento anual total é de R\$ 59 milhões.

A Figura 36 sintetiza a demanda total de recursos para a implantação do PIRH-Grande e seus orçamentos associados, assim como identifica a participação potencial dos recursos da cobrança nas demandas financeiras totais. Além disso, essa figura adiciona, aos orçamentos associados:

- (i) a participação da cobrança na cobertura de 72% do orçamento identificado pelo PIRH-Grande (apresentado no início do corrente item, equivalente a R\$ 15,92 milhões por ano ou 159,2 milhões em dez anos);
- (ii) a cobertura total da demanda de recursos financeiros da Entidade Delegatária (detalhada no capítulo 5, que é de aproximadamente R\$ 1,5 milhão por ano ou 15,0 milhões em dez anos).

Dessa forma, a Figura 36 também antecipa a demanda máxima de recursos financeiros que podem vir a ser financiados pela cobrança pelo uso de recursos hídricos, chegando a R\$ 170,54 milhões por ano, na média, ao longo de dez anos. Destaca-se que não cabe à cobrança, necessariamente, arrecadar todo esse montante - tópico que é discutido a seguir, com a composição dos cenários gradativos de cobrança.

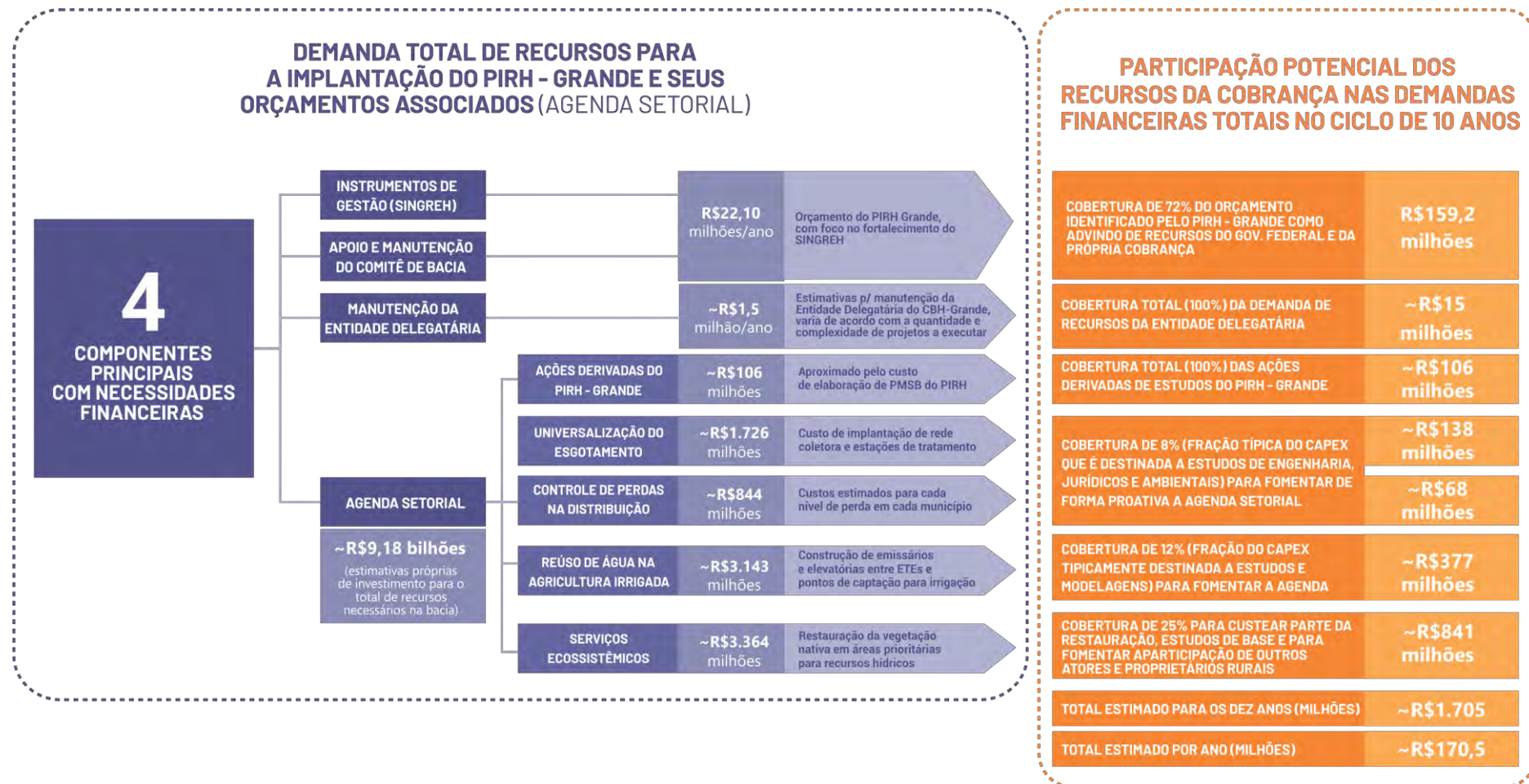


Figura 36: Relação entre a demanda total de recursos do PIRH-Grande e a participação potencial dos recursos da cobrança.

Fonte: Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

4.2. Definição dos cenários e objetivos

O item anterior apresentou os valores que se fazem necessários para colocar à cabo a execução do PIRH-Grande, além dos orçamentos associados (agenda setorial), representados por cinco grandes atividades. Partindo de tais bases de valores, pode-se definir os cenários - passo fundamental na metodologia proposta para este estudo por ser a base de entrada para o teste dos mecanismos de cobrança.

Os cenários devem representar objetivos claros a serem perseguidos com a cobrança pelo uso de recursos hídricos para a solução dos problemas identificados, considerando:

- A complementariedade entre a cobrança de nível federal e as estaduais;
- A necessidade de se financiar, minimamente, os instrumentos de gestão dos recursos hídricos, que se espelham no orçamento do PIRH-Grande e de sua fração estimada para a cobrança;
- A adição, a posteriori, dos custos de criação e manutenção da Agência de Água, pois seu dimensionamento depende do resultado do próprio cenário;
- A compatibilidade da capacidade de pagamento dos usuários contemplando os objetivos e focos das intervenções (foco dos estudos econômicos que sequenciam o presente capítulo);
- O horizonte temporal de 10 (dez) anos para as intervenções prioritárias, que devem posteriormente estar estabelecidas nos Planos de Aplicação Plurianual (PAP).

Os cenários se estruturam a partir da precificação da cobrança com base nos efeitos de remediação, ou seja, tendo como meta o repasse de recursos dos setores usuários para o CBH para que esse possa realizar os investimentos necessários nas internalizações das externalidades geradas por aqueles. Claramente, além desse efeito compensatório também se espera que quanto maior a cobrança, mais intenso será o efeito incitativo (abordado no item 6.4). Este deve fazer com que os usuários busquem

redução de desperdícios e formas de reduzir a dependência hídrica até o ponto em que o valor destinado à cobrança se iguale ao custo marginal de abatimento.

Na busca por cenários que vinculem com clareza os valores arrecadados com os objetivos explícitos e claros de gestão, tem-se o estabelecimento de cenários graduais em termos de intensidade: partindo do valor que se pode considerar como ideal para a execução dos orçamentos associados no âmbito dos rios da União até o valor mínimo que pressupõe o financiamento do componente de gestão de recursos hídricos do plano de bacia e os estudos prescritos no plano.

4.2.1. *Cenário 1 - Foco nos rios federais*

O Cenário 1 - Foco nos rios Federais traz a regionalização dos orçamentos descritos anteriormente com enfoque nos rios da União, supondo ser esse o primeiro e mais amplo objetivo da cobrança. Uma vez que vários dos orçamentos associados são calculados com base nas sedes municipais, como a universalização da coleta e tratamento de esgotos, foram consideradas aquelas que se localizam em municípios onde ocorrem rios da União.

Do total das demandas financeiras para levar a cabo, em toda a bacia, os orçamentos associados (ações derivadas de estudos do PIRH-Grande, a universalização da coleta e tratamento de esgotos, o controle de perdas na distribuição, a promoção do reúso da água na agricultura irrigada e o aporte de infraestrutura natural), 51% recaem sob os pressupostos do Cenário 1. Ou seja, do orçamento total de R\$ 9,18 bilhões, R\$ 4,71 bilhões se concentram em rios da União.

Conforme descrito no item 4.1, a cobrança deve fornecer recursos para uma fração dessa demanda financeira, que varia de acordo com os pressupostos adotados para cada um dos componentes dos orçamentos associados. Aplicando-se para cada

uma das atividades os pressupostos correspondentes, tem-se que a cobrança pode arcar com R\$ 896,54 milhões, ou seja, R\$ 89,65 milhões por ano na média de dez anos.

Somando-se a esse orçamento associado a necessidade de se cobrir, em quaisquer cenários, o valor de financiamento do PIRH-Grande (estimado em R\$ 15,92 milhões por ano, conforme item 4.1), tem-se uma demanda financeira total de R\$ 105,57 milhões por ano no Cenário 1, como se observa na Tabela 45.

Tabela 45: Composição dos objetivos do Cenário 1 - Foco nos rios Federais.

Atividades a serem viabilizadas e fomentadas pela cobrança	Critério para os objetivos do Cenário 1	Investimento total	Investimento total com enfoque do Cenário 1	Investimento com recursos da cobrança no Cenário 1
		R\$, mil/ano	R\$, mil/ano	R\$, mil/ano
Instrumentos de gestão de RH (PIRH-Grande)	Financiamento de 72% do orç.	22.096	15.917	15.917
Ações derivadas de estudos do PIRH-Grande	Financiamento integral	10.580	10.580	10.580
Universalização da coleta e tratamento de esgotos	Municípios com rios da União	172.642	30.507	2.441
Controle de perdas na distribuição	Municípios com da União	84.399	32.185	2.575
Reúso da água na agricultura irrigada	Municípios com da União	314.255	195.789	23.495
Infraestrutura natural - serviços ecossistêmicos	Municípios com rios da União	336.417	202.255	50.564
TOTAL	-	940.388	487.233	105.571

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Pressupõe-se que as ações derivadas de estudos do PIRH-Grande sejam integralmente cobertas por este cenário que traz as maiores demandas financeiras dentre os seis estabelecidos. Em relação ao total de recursos necessários para a bacia, de R\$ 940,39 milhões por ano, na média, o Cenário 1 cobre uma fração correspondente de 9,8% - além do financiamento dos instrumentos de gestão do PIRH-Grande.

4.2.2. *Cenário 2 - Foco nas prioridades específicas de cada atividade*

O Cenário 2 - Foco nas prioridades específicas de cada investimento apresenta um enfoque distinto do Cenário 1, pois não é mais regionalizado nas porções cobertas pelos rios da União, mas sim nas áreas de maior prioridade de ação conforme as especificidades de cada um dos orçamentos associados.

Para o orçamento associado em coleta e tratamento de esgotos, adotou-se como prioridade a promoção da universalização em municípios que não contam com ETE, pois são os locais geradores de cargas que não contam com tratamento. Para o controle de perdas na distribuição, considerou-se apenas os sistemas de abastecimento classificados como C e D pela matriz internacional de avaliação de perdas, nos quais os menores investimentos retornam os maiores volumes poupados (ver item 3.3.2). Já para o reúso da água na agricultura irrigada, considerou-se apenas as situações nas quais o volume gerado representa ao menos 50% da demanda de irrigação no entorno das ETEs. Por fim, neste cenário de prioridades, o aporte de infraestrutura natural (promoção dos serviços ecossistêmicos) se dá apenas nos municípios onde ocorrem áreas identificadas pelo PIRH-Grande como prioritárias para pagamento por serviços ambientais (PSA), segundo os critérios elencados no plano.

Do total das demandas financeiras para levar a cabo, em toda a bacia, os orçamentos associados, 36,7% recaem sob os pressupostos do Cenário 2. Ou seja, do orçamento total de R\$ 9,18 bilhões, R\$ 3,37 bilhões se concentram em áreas priorizadas para cada uma das atividades elencadas.

Conforme descrito no item 4.1, a cobrança deve fornecer recursos para uma fração dessa demanda financeira, que varia de acordo com os pressupostos adotados para cada um dos componentes dos orçamentos associados. Aplicando-se para cada uma das atividades os pressupostos correspondentes, tem-se que a cobrança pode arcar com R\$ 558,04 milhões, ou seja, R\$ 55,80 milhões por ano na média de dez anos.

Somando-se a esse orçamento associado a necessidade de se cobrir, em quaisquer cenários, o valor de financiamento do PIRH-Grande (estimado em R\$ 15,92 milhões por ano, conforme item 4.1), tem-se uma demanda financeira total de R\$ 71,72 milhões por ano no Cenário 2, como se observa na Tabela 46.

Tabela 46: Composição do orçamento do Cenário 2 - Foco nas priorizações específicas de cada atividade.

Atividades a serem viabilizadas e fomentados pela cobrança	Critério para os objetivos do Cenário 2	Investimento total	Investimento total com enfoque do Cenário 2	Investimento com recursos da cobrança no Cenário 2
		R\$, mil/ano	R\$, mil/ano	R\$, mil/ano
Instrumentos de gestão de RH (PIRH-Grande)	Financiamento de 72% do orç.	22.096	15.917	15.917
Ações derivadas de estudos do PIRH-Grande	Financiamento de 80%	10.580	8.464	8.464
Universalização da coleta e tratamento de esgotos	Municípios sem ETE	172.642	93.970	7.518
Controle de perdas na distribuição	Sistemas de categoria C e D	84.399	22.616	1.809
Reúso da água na agricultura irrigada	Demandas de irrig. $\geq 50\%$	314.255	115.724	13.887
Infraestrutura natural - serviços ecossistêmicos	Locais prioritários para PSA	336.417	96.505	24.126
TOTAL	-	940.388	353.196	71.721

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Pressupõe-se que 80% das ações derivadas de estudos do PIRH-Grande possam ser cobertas por este cenário, que traz demandas financeiras intensas, mas não tanto quanto no Cenário 1. Em relação ao total de recursos necessários para a bacia, de R\$ 940,39 milhões por ano, na média, o Cenário 2 cobre uma fração correspondente de 6,1% - além do financiamento dos instrumentos de gestão do PIRH-Grande.

4.2.3. *Cenário 3 - Foco nas áreas críticas em qualidade e quantidade*

O Cenário 3 - Foco nas áreas críticas em qualidade e quantidade, apresenta um enfoque distinto dos cenários 1 e 2, pois não é mais regionalizado nas porções cobertas pelos rios da União, bem como não segue as prioridades de ação conforme as especificidades de cada uma das atividades (orçamentos associados): seu enfoque é nas áreas da bacia mais críticas em quantidade e qualidade de água. Essa criticidade é obtida pela leitura dos arquétipos desenvolvidos no PIRH-Grande, que representam a síntese atual e prospectiva de locais com comprometimento existente ou eminente em termos de balanço hídrico.

Para o orçamento associado em coleta e tratamento de esgotos, adotou-se como prioridade a promoção da universalização em municípios que se localizam em áreas críticas sob o aspecto qualitativo. Para o controle de perdas na distribuição, considerou-se os sistemas de abastecimento localizados em áreas críticas sob o aspecto quantitativo. Para o reúso da água na agricultura irrigada, também se considerou os investimentos em áreas críticas sob o aspecto quantitativo. Por fim, neste cenário, o aporte de infraestrutura natural se dá nos locais críticos tanto sob aspectos qualitativos como quantitativos, espelhando os benefícios multifacetados da promoção dos serviços ecossistêmicos hidrológicos.

Do total das demandas financeiras para levar a cabo, em toda a bacia, os orçamentos associados, 24,9% recaem sob os pressupostos do cenário 3. Ou seja, do orçamento total de R\$ 9,18 bilhões, R\$ 2,28 bilhões se concentram em áreas críticas sob aspectos qualitativos e quantitativos, a depender de cada uma das atividades elencadas.

Conforme descrito no item 4.1, a cobrança deve fornecer recursos para uma fração dessa demanda financeira, que varia de acordo com os pressupostos adotados para cada um dos componentes dos orçamentos associados. Aplicando-se para cada

uma das atividades os pressupostos correspondentes, tem-se que a cobrança pode arcar com R\$ 440,64 milhões, ou seja, R\$ 44,06 milhões por ano na média de dez anos.

Somando-se a esse orçamento associado a necessidade de se cobrir, em quaisquer cenários, o valor de financiamento do PIRH-Grande (estimado em R\$ 15,92 milhões por ano, conforme item 4.1), tem-se uma demanda financeira total de R\$ 59,98 milhões por ano no cenário 3, como se observa na Tabela 47.

Tabela 47: Composição do orçamento do Cenário 3 - Foco nas áreas críticas em qualidade e quantidade.

Atividades a serem viabilizadas e fomentados pela cobrança	Critério para os objetivos do Cenário 3	Investimento total	Investimento total com enfoque do Cenário 3	Investimento com recursos da cobrança no Cenário 3
		R\$, mil/ano	R\$, mil/ano	R\$, mil/ano
Instrumentos de gestão de RH (PIRH-Grande)	Financiamento de 72% do orç.	22.096	15.917	15.917
Ações derivadas de estudos do PIRH-Grande	Financiamento de 60%	10.580	6.348	6.348
Universalização da coleta e tratamento de esgotos	Áreas críticas: qualitativo	172.642	30.599	2.448
Controle de perdas na distribuição	Áreas críticas: quantitativo	84.399	6.470	518
Reúso da água na agricultura irrigada	Áreas críticas: quantitativo	314.255	88.533	10.624
Infraestrutura natural - serviços ecossistêmicos	Áreas críticas: quali-quantitativo	336.417	96.505	24.126
TOTAL	-	940.388	244.373	59.981

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Pressupõe-se que 60% das ações derivadas de estudos do PIRH-Grande possam ser cobertas por este cenário, que traz demandas financeiras menos intensas que os cenários 1 e 2. Em relação ao total de recursos necessários para a bacia, de R\$ 940,39 milhões por ano, na média, o Cenário 3 cobre uma fração correspondente de 4,8% - além do financiamento dos instrumentos de gestão do PIRH-Grande.

4.2.4. *Cenário 4 - Foco nas áreas críticas em quantidade*

O Cenário 4 - Foco nas áreas críticas em quantidade, apresenta um objetivo mais restrito do que o do Cenário 3, pois não aborda o aspecto qualitativo. Essa diferenciação se alinha ao objetivo demonstrativo dos cenários em representar possibilidades de ação a partir de demandas arrecadatórias distintas: estas não apenas reduzem a necessidade financeira e, conseqüentemente, os valores pagos por cada usuário, mas na mesma medida reduzem as possibilidades de intervenção do CBH nas ações necessárias.

Nesse contexto, não são contemplados os orçamentos associados de coleta e tratamento de esgotos, pois estes atendem, primordialmente, aos aspectos qualitativos. Já para o controle de perdas na distribuição e para o reúso da água na agricultura irrigada, considerou-se no Cenário 4 a mesma priorização que o Cenário 3: investimentos em áreas críticas sob o aspecto quantitativo. Por fim, o aporte de infraestrutura natural se dá nos locais críticos apenas sob o aspecto quantitativo.

Do total das demandas financeiras para levar a cabo, em toda a bacia, os orçamentos associados, 15,1% recaem sob os pressupostos do Cenário 4. Ou seja, do orçamento total de R\$ 9,18 bilhões, R\$ 1,39 bilhão se concentram em áreas críticas sob o aspecto quantitativo.

Conforme descrito no item 4.1, a cobrança deve fornecer recursos para uma fração dessa demanda financeira, que varia de acordo com os pressupostos adotados para cada um dos componentes dos orçamentos associados. Aplicando-se para cada uma das atividades os pressupostos correspondentes, tem-se que a cobrança pode arcar com R\$ 252,96 milhões, ou seja, R\$ 25,29 milhões por ano na média de dez anos.

Somando-se a esse orçamento associado a necessidade de se cobrir, em quaisquer cenários, o valor de financiamento do PIRH-Grande (estimado em R\$ 15,92

milhões por ano, conforme item 4.1), tem-se uma demanda financeira total de R\$ 41,21 milhões por ano no Cenário 4, como se observa na Tabela 48.

Tabela 48: Composição do orçamento do Cenário 4 - Foco nas áreas críticas em quantidade.

Atividades a serem viabilizadas e fomentados pela cobrança	Critério para os objetivos do Cenário 4	Investimento total	Investimento total com enfoque do Cenário 4	Investimento com recursos da cobrança no Cenário 4
		R\$, mil/ano	R\$, mil/ano	R\$, mil/ano
Instrumentos de gestão de RH (PIRH-Grande)	Financiamento de 72% do orç.	22.096	15.917	15.917
Ações derivadas de estudos do PIRH-Grande	Financiamento de 40%	10.580	4.232	4.232
Universalização da coleta e tratamento de esgotos	Não contemplado no cenário	172.642	0	0
Controle de perdas na distribuição	Áreas críticas: quantitativo	84.399	6.470	518
Reúso da água na agricultura irrigada	Áreas críticas: quantitativo	314.255	88.533	10.624
Infraestrutura natural - serviços ecossistêmicos	Áreas críticas: quantitativo	336.417	39.690	9.922
TOTAL	-	940.388	154.843	41.213

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Pressupõe-se que 40% das ações derivadas de estudos do PIRH-Grande possam ser cobertas por este cenário, que traz demandas financeiras menos intensas que os outros cenários. Em relação ao total de recursos necessários para a bacia, de R\$ 940,39 milhões por ano, na média, o Cenário 4 cobre uma fração correspondente de 2,8% - além do financiamento dos instrumentos de gestão do PIRH-Grande.

4.2.5. Cenário 5 - Foco nas áreas críticas em qualidade

O Cenário 5 - Foco nas áreas críticas em qualidade se assemelha ao Cenário 4, mas dessa vez a ênfase das ações se dá no aspecto qualitativo, deixando de abordar, então, o aspecto quantitativo. Nesse contexto, não são contemplados os orçamentos

associados de controle de perdas na distribuição e de reúso da água na agricultura irrigada, pois estes atendem, primordialmente, aos aspectos quantitativos. Já para a promoção da universalização da coleta e tratamento de esgotos, considerou-se no Cenário 5 a mesma priorização que o Cenário 3: investimentos em áreas críticas sob o aspecto qualitativo. Por fim, o aporte de infraestrutura natural se dá nos locais críticos apenas sob o aspecto qualitativo.

Do total das demandas financeiras para levar a cabo, em toda a bacia, os orçamentos associados, 7,0% recaem sob os pressupostos do Cenário 5. Ou seja, do orçamento total de R\$ 9,18 bilhões, R\$ 0,64 bilhão se concentram em áreas críticas sob o aspecto qualitativo. Conforme descrito no item 4.1, a fração dessa demanda financeira que cabe a cobrança varia de acordo com os pressupostos adotados para cada um dos componentes dos orçamentos associados. Aplicando-se para cada uma das atividades os pressupostos correspondentes, tem-se que a cobrança pode arcar com R\$ 139,40 milhões, ou seja, R\$ 13,94 milhões por ano na média de dez anos. Somando-se a esse orçamento a necessidade de se cobrir o valor de financiamento do PIRH-Grande (estimado em R\$ 15,92 milhões ano), tem-se uma demanda financeira total de R\$ 29,86 milhões por ano no Cenário 5, como se observa na Tabela 49.

Tabela 49: Composição do orçamento do Cenário 5 - Foco nas áreas críticas em qualidade.

Atividades a serem viabilizadas e fomentadas pela cobrança	Critério para os objetivos do Cenário 5	Investimento total	Investimento total com enfoque do Cenário 5	Investimento com recursos da cobrança no Cenário 5
		R\$, mil/ano	R\$, mil/ano	R\$, mil/ano
Instrumentos de gestão de RH (PIRH-Grande)	Financiamento de 72% do orç.	22.096	15.917	15.917
Ações derivadas de estudos do PIRH-Grande	Financiamento de 40%	10.580	4.232	4.232
Universalização da coleta e tratamento de esgotos	Áreas críticas: qualitativo	172.642	30.599	2.448
Controle de perdas na distribuição	Não contemplado no cenário	84.399	0	0

Reúso da água na agricultura irrigada	Não contemplado no cenário	314.255	0	0
Infraestrutura natural - serviços ecossistêmicos	Áreas críticas: qualitativo	336.417	29.042	7.261
TOTAL	-	940.388	79.791	29.858

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Pressupõe-se que 40% das ações derivadas de estudos do PIRH-Grande possam ser cobertas por este cenário, pois assim como no Cenário 4, este traz demandas financeiras menos intensas que nos cenários 1, 2 e 3. Em relação ao total de recursos necessários para a bacia, de R\$ 940,39 milhões por ano, na média, o Cenário 5 cobre uma fração correspondente de 1,5% - além do financiamento dos instrumentos de gestão do PIRH-Grande.

4.2.6. Cenário 6 - Sem recursos disponíveis para orçamentos associados

O Cenário 6 - Sem recursos disponíveis para orçamentos associados é autoexplicativo, pois apresenta a cobertura exclusiva da demanda financeira mínima para suportar o financiamento do PIRH-Grande (estimado em R\$ 15,92 milhões por ano, conforme item 4.1).

Nesse contexto, não há recursos disponíveis para orçamentos associados, tais como para as ações derivadas de estudos do PIRH-Grande, coleta e tratamento de esgotos, controle de perdas na distribuição, promoção do reúso da água na agricultura irrigada ou mesmo para a promoção do aporte de infraestrutura natural. Tem-se uma demanda financeira total de R\$ 15,92 milhões por ano no Cenário 6, como se observa na Tabela 50.

Tabela 50: Composição do orçamento do Cenário 6 - Sem recursos disponíveis para orçamentos associados.

Atividades a serem viabilizadas e fomentados pela cobrança	Critério para os objetivos do Cenário 6	Investimento total	Investimento total com enfoque do Cenário 6	Investimento com recursos da cobrança no Cenário 6
		R\$, mil/ano	R\$, mil/ano	R\$, mil/ano
Instrumentos de gestão de RH (PIRH-Grande)	Financiamento de 72% do orç.	22.096	15.917	15.917
Ações derivadas de estudos do PIRH-Grande	Não contemplado no cenário	10.580	0	0
Universalização da coleta e tratamento de esgotos	Não contemplado no cenário	172.642	0	0
Controle de perdas na distribuição	Não contemplado no cenário	84.399	0	0
Reúso da água na agricultura irrigada	Não contemplado no cenário	314.255	0	0
Infraestrutura natural - serviços ecossistêmicos	Não contemplado no cenário	336.417	0	0
TOTAL	-	940.388	15.917	15.917

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

4.3. Síntese dos cenários e preços unitários básicos

Os objetivos representados por cada um dos cenários relevam, por meio da priorização dos investimentos na agenda setorial, diferentes graus de ambição para a implementação do plano de bacia. Detalha-se na Tabela 51 a diferença entre cada um deles em relação aos objetivos e valores demandados por ano.

Tabela 51: Cenários e objetivos a serem financiados com recursos da cobrança.

Atividades e demandas financeiras (R\$, mil/ano)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Manutenção do Comitê e Entidade Delegatária	*	*	*	*	*	*
Instrumentos de gestão de RH (PIRH-Grande)	15.917	15.917	15.917	15.917	15.917	15.917
Ações derivadas de estudos do PIRH-Grande	10.580	8.464	6.348	4.232	4.232	0
Universalização da coleta e tratamento de esgotos	2.441	7.518	2.448	0	2.448	0
Controle de perdas na distribuição	2.575	1.809	518	518	0	0
Reúso da água na agricultura irrigada	23.495	13.887	10.624	10.624	0	0
Infraestrutura natural - serviços ecossistêmicos	50.564	24.126	24.126	9.922	7.261	0
TOTAL	105.571	71.721	59.981	41.213	29.858	15.917

* A ser definida a posteriori - Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

O Cenário 1 demanda uma arrecadação 6,6 vezes maior do que o Cenário 6, mas consegue endereçar ~51% do orçamento necessário para o deslanchar da agenda setorial em toda a bacia; já no Cenário 6, não há previsão de recursos para essa agenda setorial, com as ações estritamente restritas ao previsto pelo PIRH-Grande para a implementação dos instrumentos de gestão e ao fortalecimento institucional SINGREH. A medida entre estes dois cenários extremos é o grau de protagonismo que o Comitê de Bacia do Rio Grande almeja na condução de sua realidade para assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões adequados aos respectivos usos.

Os seis cenários pressupõem que haja capacidade de pagamento suficiente por parte dos usuários dos recursos hídricos para suportar os valores prescritos em cada situação. Essa capacidade de pagamento varia de usuário para usuário (como já abordado no item 6.4), mas tem como ponto de partida o Preço Unitário Básico (PUB)

- divisão entre o valor anual médio de recursos financeiros demandados em cada cenário e o volume outorgado em captações da União. Esse volume é de 1,81 bilhão de m³ por ano, e caso cada mil litros captados sejam cobrados de forma linear, os preços unitários básicos iriam de R\$ 0,0583 (Cenário 1) até R\$ 0,0088 (Cenário 6).

Tabela 52: Preços unitários básicos para cada cenário.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Necessidade de arrecadação (R\$, mil/ano)	105.571	71.721	59.981	41.213	29.858	15.917
Preço unitário básico* (R\$/m ³ captado)	0,0583	0,0396	0,0331	0,0227	0,0165	0,0088

* Resultado da divisão entre o valor anual médio e o volume outorgado em captações de domínio da União.

Como forma de investigar a capacidade de pagamento dos usuários na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, os capítulos 6 e 7 abordam estudos econômicos.

5. CENÁRIOS FINAIS, VALORES-OBJETIVO E BENEFÍCIOS POTENCIAIS

Conforme abordado no Capítulo 4, os objetivos representados por cada um dos seis cenários elaborados para a cobrança nos rios de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande relevam, por meio da priorização dos investimentos na agenda setorial, diferentes graus de ambição para a implementação do plano de bacia. Importante destacar que a cobrança pelo uso de recursos hídricos é de responsabilidade dos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs), sendo que o presente estudo busca subsidiar o CBH-Grande para sua deliberação qualificada sobre a temática.

As demandas financeiras que permitem atingir os objetivos foram divididas em: demandas de recursos referentes à gestão de recursos hídricos, apoio ao comitê de bacia hidrográfica e execução da agenda setorial. Esse último grupo é que permite diferenciação entre os objetivos dos cenários, representando a aplicação de recursos nos programas de execução finalística e que têm elevada dependência de articulação com um ou vários setores de usuários.

A demanda financeira para manutenção do comitê de bacia hidrográfica e da entidade delegatária, por sua vez, tem seu custeio condicionado ao número de projetos desenvolvidos, por grau de complexidade e por existência ou não de apoio de empresas gerenciadoras de projetos, este custeio é apresentado no item 5.1, compondo o orçamento finalístico que cada cenário almeja obter. O item 5.2 traz os valores-objetivos de cada cenário, consolidados a partir da estimativa de custeio da Entidade Delegatária.

Por fim, o item 5.3 apresenta a quantificação e valoração econômica dos benefícios que são potencialmente gerados pela implementação da cobrança e da

obtenção dos recursos necessários para a viabilização e o fomento da Agenda Setorial. Afinal, essa agenda, que objetiva endereçar problemas identificados na bacia, resulta na promoção de benefícios para todos os seus usuários, haja vista que a hidrogeografia conecta a todos desse vasto território. Pequenos efeitos difusos, quando somados, podem resultar em alterações significativas para o conjunto. Os benefícios potencialmente gerados para a sociedade são expressivos e abrangentes.

5.1. Estimativa de custeio da Entidade Delegatária

No exercício 2018, dentro do Programa de Desenvolvimento do Setor Águas - Interáguas, foi concluído um estudo especializado contratado pela ANA para desenvolvimento de uma metodologia para estimar o custeio administrativo de entidades delegatárias de funções de agência de água. Esta contratação culminou na elaboração de uma ferramenta que apoia a ANA na estimativa do custeio necessário ao funcionamento de uma entidade delegatária¹⁰.

Em apertada síntese, a ferramenta estima a necessidade estrutural da entidade delegatária e seu respectivo custeio considerando variáveis consideradas mais significativas para sua determinação: (i) número de comitês de bacia hidrográfica atendidos pela entidade delegatária; (ii) número de projetos desenvolvidos, por grau de complexidade e por existência ou não de apoio de empresas gerenciadoras de projetos; e (iii) número de escritórios descentralizados, além da localização da entidade delegatária.

Para subsidiar a aplicação da ferramenta no contexto da cobrança nos rios de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande quanto ao item (ii), compilou-se o número de projetos médios, por ano, estimados para cada um dos cenários.

¹⁰ Relatórios disponíveis em: <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/agencias-de-agua/agencias-de-agua>, no portal 'Estimativa de custeio'

Considerou-se que um projeto ocorre quando o orçamento associado indica a necessidade da ação correspondente no município. Para os instrumentos de gestão de recursos hídricos do PIRH-Grande, considerou-se o resultado da média em 10 anos dos 10 estudos listados no Programa “Instrumentos de gestão dos recursos hídricos” do PIRH-Grande. Já para o segundo item, que são as ações derivadas de estudos do PIRH-Grande, considerou-se o resultado da média em 10 anos dos 15 estudos do componente estratégico de conservação dos recursos hídricos recomendados pelo PIRH-Grande que poderão gerar ações derivadas.

Tabela 53: Estimativa de projetos para dimensionamento da Entidade Delegatária.

Quantidade de projetos estimados por ano*	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Instrumentos de gestão de RH (PIRH-Grande)	1	1	1	1	1	1
Ações derivadas de estudos do PIRH-Grande	2	2	1	1	1	0
Universalização da coleta e tratamento de esgotos	6	16	4	0	4	0
Controle de perdas na distribuição	5	10	1	1	0	0
Reúso da água na agricultura irrigada	18	8	5	5	0	0
Infraestrutura natural - serviços ecossistêmicos	10	7	7	5	5	0
TOTAL	42	44	19	13	11	1

* Média anual do período de 10 anos, com valores arredondados à unidade.

A Tabela 54 resume a estimativa de custeio para uma ED Grande a partir do quantitativo de projetos acima listados e as considerações nele descritas. Os valores apostos são referentes ao atendimento exclusivo ao CBH Grande, sem escritórios descentralizados na bacia. Os valores de saída do modelo foram acrescidos de 24% para correção da inflação medida pelo IPCA no período dentre 2018 e 2021. A Tabela 54 também apresenta os valores para uma ED instalada no Estado de Minas Gerais (local do escritório de apoio atual) quanto para eventual deslocamento da ED para o Estado de São Paulo, que acresceria cerca de 30% ao custeio.

Na simulação com gerenciamento interno, onde a ED não contrata gerenciadora de projeto, observa-se uma equivalência de custos caso a quantidade de projetos anuais não seja grande; já a partir do momento que a quantidade de projetos aumenta, torna-se menos custosa a contratação de gerenciamento: a diferença no Cenário 2 (que apresenta a maior quantidade de projetos) da opção de gerenciamento interno para aquela por terceiros chega a ser de 12%.

Tabela 54: Estimativa de custeio da Entidade Delegatária Grande (R\$).

Cenário	Qtde. de projetos	Gerenciamento Interno MG	Gerenciamento Interno SP	Gerenciamento por Terceiros MG
1	42	1.655.111	2.283.228	1.482.792
2	44	1.662.035	2.290.152	1.482.792
3	19	1.489.716	2.117.834	1.468.943
4	13	1.482.792	2.110.909	1.462.019
5	11	1.482.792	2.110.909	1.462.019
6	1	1.455.095	2.083.212	1.455.095

Fonte: ANA, com base na quantidade de projetos estimada pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Nota-se que há um ganho de escala significativo em relação ao custeio por projeto, uma vez que as variações de valor a maior, a partir do gerenciamento de uma quantidade maior de projetos, não são tão significativas. Considerando-se os valores de gerenciamento interno em Minas Gerais como referência, tem-se que o custeio médio por projeto no Cenário 5 é de R\$ 135 mil por ano, enquanto no Cenário 2 esse valor unitário cai para apenas R\$ 37,8 mil. Isso representa, sob outra ótica, a rigidez da estrutura mínima necessária para que se tenha a Entidade Delegatária em pleno funcionamento, independente da quantidade de projetos que sejam administrados por ano.

As figuras abaixo apresentam os organogramas da entidade delegatária para cada um dos cenários, podendo-se observar a estrutura mínima que é demandada e a quantidade de pessoal que varia com base nas maiores demandas dos cenários iniciais

em relação aos demais. No Cenário 1, que prevê a execução de 42 projetos por ano, na média, são 13 analistas técnicos; já no Cenário 5, que ilustra a expectativa de se terem 11 projetos anuais, são necessários 5 analistas.

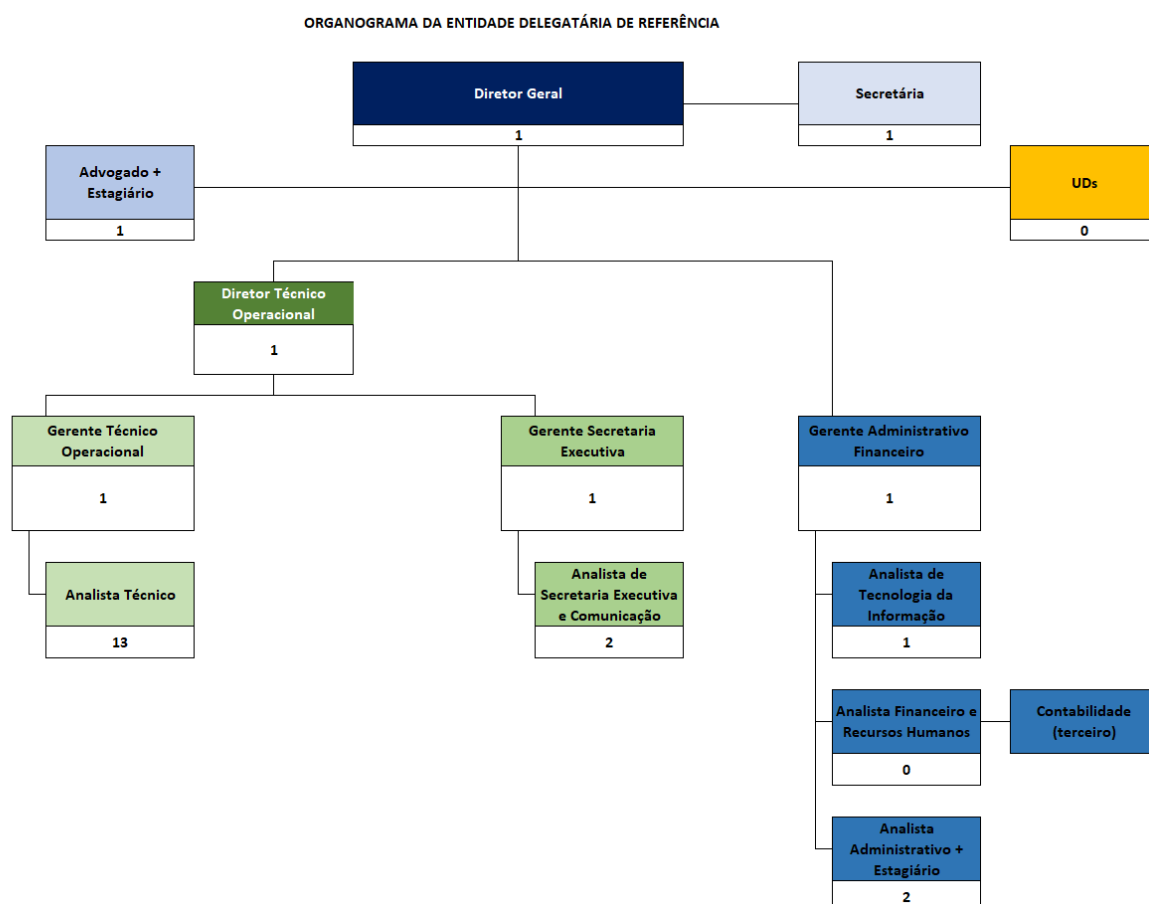


Figura 37: Organograma da Entidade Delegatária de Referência do Cenário 1
Elaborado por ANA (2021).

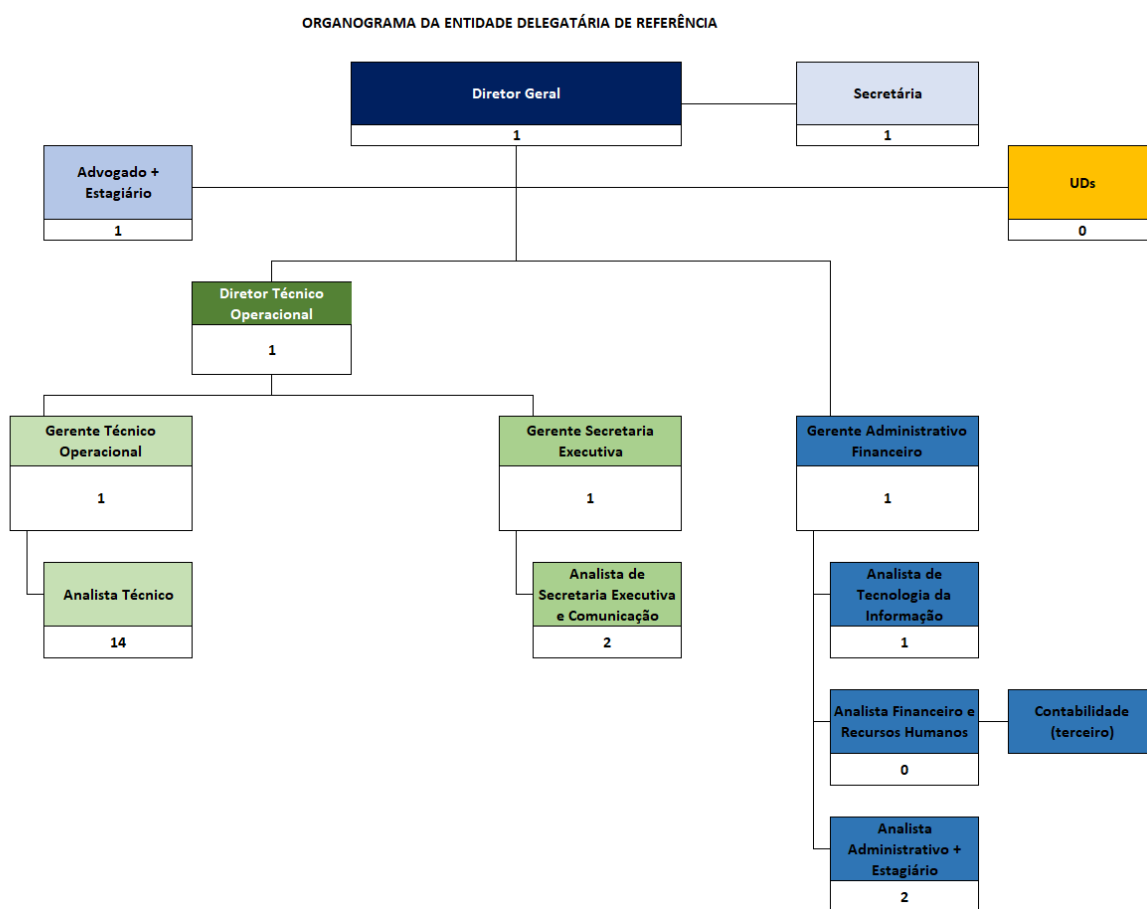


Figura 38: Organograma da Entidade Delegatária de Referência do Cenário 2
Elaborado por ANA (2021).

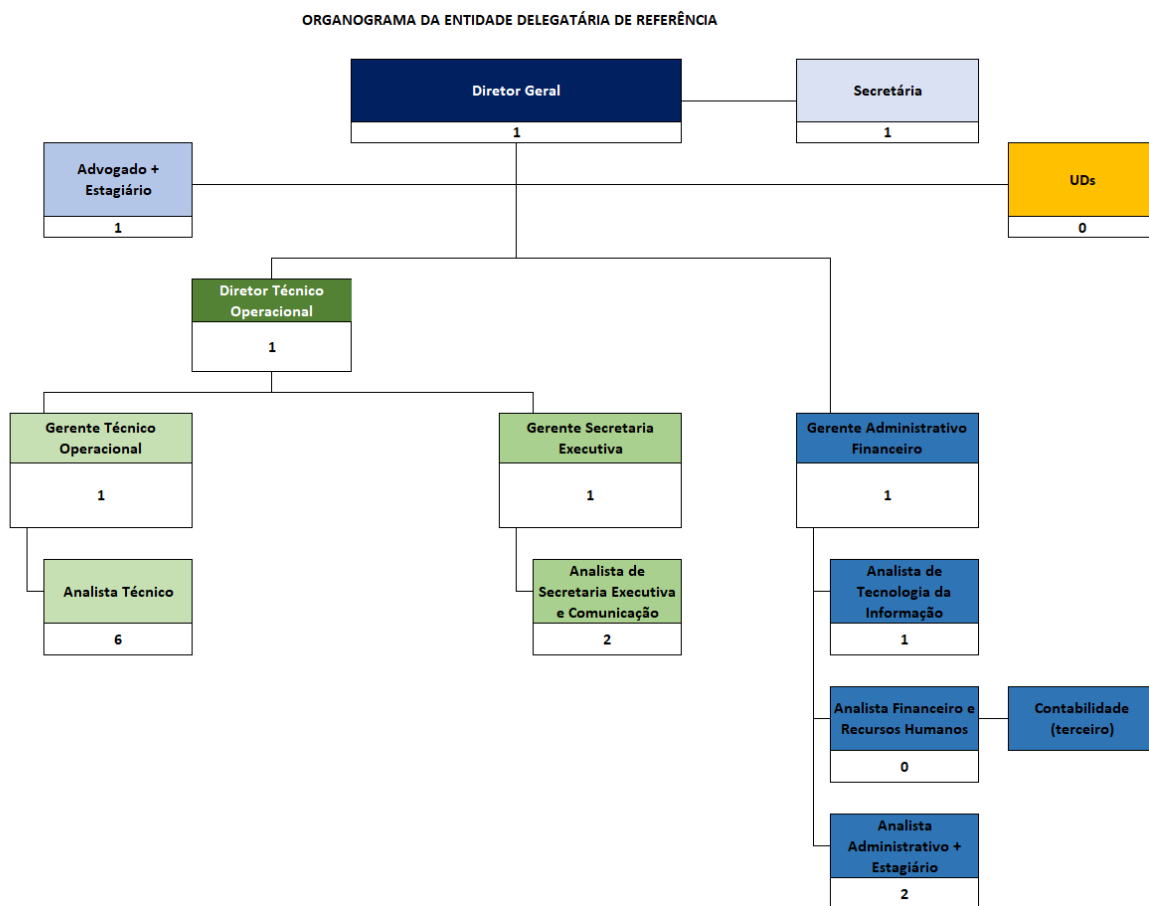


Figura 39: Organograma da Entidade Delegatária de Referência do Cenário 3
Elaborado por ANA (2021).

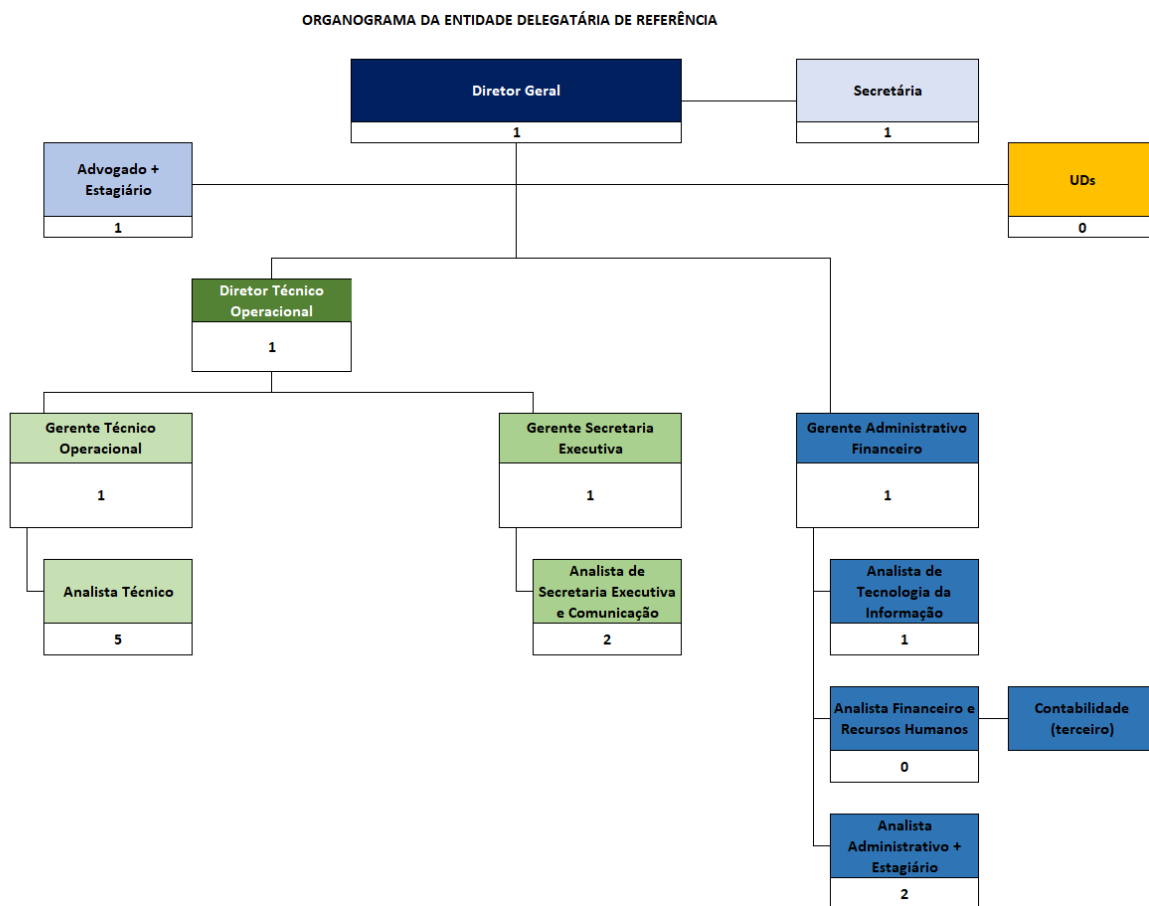


Figura 40: Organograma da Entidade Delegatária de Referência do Cenário 4
Elaborado por ANA (2021).

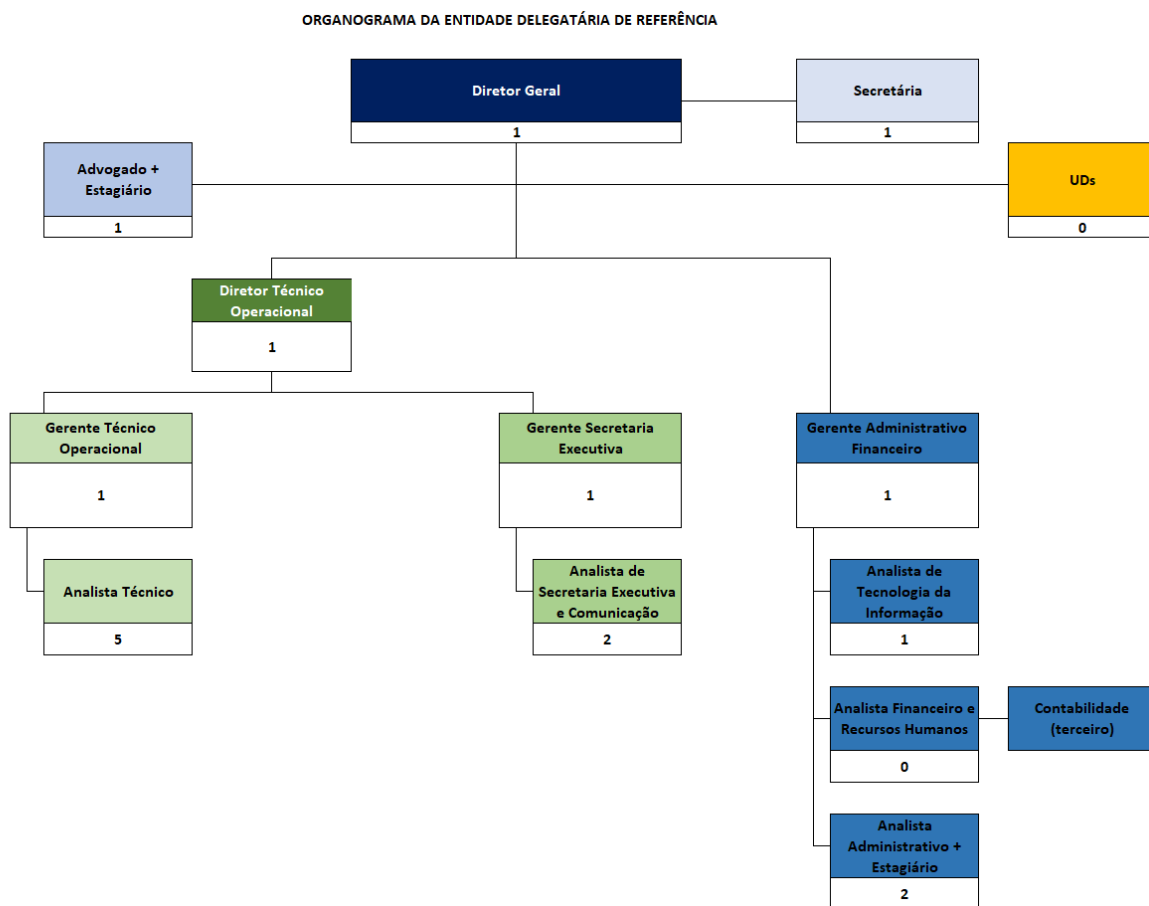


Figura 41: Organograma da Entidade Delegatária de Referência do Cenário 5
Elaborado por ANA (2021).

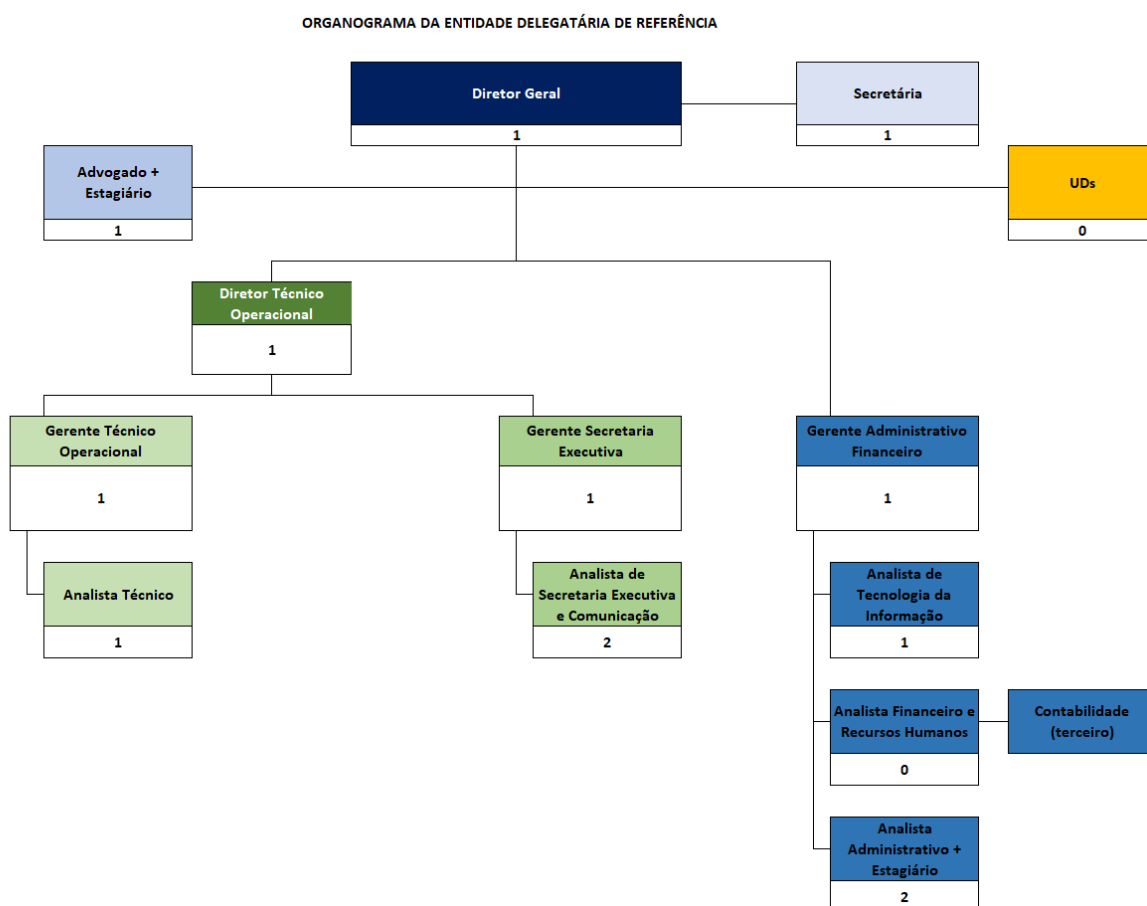


Figura 42: Organograma da Entidade Delegatária de Referência do Cenário 6
Elaborado por ANA (2021).

5.2. Valores-Objetivos por cenário

Para fins de simulação da cobrança nos rios de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, adotou-se como base de custeio para a Entidade Delegatária a manutenção da sede do comitê em Minas Gerais e a condução dos trabalhos com gerenciamento interno. Ao se adicionar estas estimativas de custeio às demais atividades e demandas financeiras, os cenários passam a ter seus orçamentos finalísticos determinados, como se coloca na Tabela 55.

Tabela 55: Cenários e objetivos a serem financiados com recursos da cobrança.

Atividades e demandas financeiras (R\$, mil/ano)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Manutenção do Comitê e Entidade Delegatária	1.655	1.662	1.490	1.483	1.483	1.455
Instrumentos de gestão de RH (PIRH-Grande)	15.917	15.917	15.917	15.917	15.917	15.917
Ações derivadas de estudos do PIRH-Grande	10.580	8.464	6.348	4.232	4.232	0
Universalização da coleta e tratamento de esgotos	2.441	7.518	2.448	0	2.448	0
Controle de perdas na distribuição	2.575	1.809	518	518	0	0
Reúso da água na agricultura irrigada	23.495	13.887	10.624	10.624	0	0
Infraestrutura natural - serviços ecossistêmicos	50.564	24.126	24.126	9.922	7.261	0
TOTAL	107.226	73.383	61.471	42.696	31.341	17.372
Preço unitário básico* (R\$/m ³ captado)	0,0592	0,0405	0,0339	0,0236	0,0173	0,0096

* Resultado da divisão entre o valor anual médio e o volume outorgado em captações de domínio da União.

Os seis cenários são compatíveis com a capacidade de pagamento por parte dos usuários dos recursos hídricos, conforme identificado pelos estudos econômicos do capítulo 7. Essa capacidade de pagamento varia de usuário para usuário, mas tem como ponto de partida o **preço unitário básico** - divisão entre o valor anual médio de recursos financeiros demandados em cada cenário e o volume outorgado em captações em rios da União. Esse volume é de 1,81 bilhão de m³ por ano, e caso cada mil litros captados sejam cobrados de forma linear, os preços unitários básicos iriam de R\$ 0,0592 (Cenário 1) até R\$ 0,0096 (Cenário 6).

Para investigar a forma de se chegar nos montantes de arrecadação demandados por cada cenário, os capítulos 6, 7 e 8 abordam a aplicação de diferentes mecanismos de cobrança. A Figura 43 sintetiza os cenários graduais em ambição e correspondente nível de cobrança e arrecadação, considerando o ciclo de 10 anos.

CENÁRIOS GRADUAIS EM AMBIÇÃO E CORRESPONDENTE NÍVEL DE COBRANÇA E ARRECADAÇÃO, CONSIDERANDO CICLO DE 10 ANOS

	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2		CENÁRIO 3		CENÁRIO 4		CENÁRIO 5		CENÁRIO 6	
	FOCO NOS RIOS FEDERAIS		PRIORIZAÇÕES ESPECÍFICAS DE CADA AGENDA		FOCO EM ÁREAS CRÍTICAS EM QUALIDADE E QUANTIDADE		FOCO EM ÁREAS CRÍTICAS EM QUANTIDADE		FOCO EM ÁREAS CRÍTICAS EM QUALIDADE		APENAS GESTÃO	
GESTÃO (SINGREH)	Cobertura de 100% do orçamento alocado à cobrança	R\$15,92 milhões/ano	Cobertura de 100% do orçamento alocado à cobrança	R\$15,92 milhões/ano	Cobertura de 100% do orçamento alocado à cobrança	R\$15,92 milhões/ano	Cobertura de 100% do orçamento alocado à cobrança	R\$15,92 milhões/ano	Cobertura de 100% do orçamento alocado à cobrança	R\$15,92 milhões/ano	Cobertura de 100% do orçamento alocado à cobrança	~
APOIO E MANUTENÇÃO DO COMITÊ DE BACIA												
MANUTENÇÃO DA ENTIDADE DELEGATÁRIA												
AÇÕES DERIVADAS DO PIRH -GRANDE												
UNIVERSALIZAÇÃO DO ESGOTAMENTO	Cobertura da participação potencial dos recursos da cobrança em municípios com rios federais	~R\$2,44 milhões/ano	Municípios sem ETE	~R\$7,52 milhões/ano	Áreas críticas sob aspecto qualitativo	~R\$2,45 milhões/ano	Não contemplado no cenário	R\$0	Áreas críticas sob aspecto qualitativo	~R\$2,45 milhões/ano	Não contemplado no cenário	~
CONTROLE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO		~R\$2,58 milhões/ano	Municípios com maiores perdas	~R\$1,81 milhões/ano	Áreas críticas sob aspecto quantitativo	~R\$0,52 milhões/ano	Áreas críticas sob aspecto quantitativo	~R\$0,52 milhões/ano	Não contemplado no cenário	R\$0		~
REÚSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA IRRIGADA		~R\$23,50 milhões/ano	Capacidade de cobrir ≥50% das demandas de irrigação	~R\$13,89 milhões/ano		~R\$10,62 milhões/ano		~R\$10,62 milhões/ano		R\$0		~
SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS		~R\$50,56 milhões/ano	Áreas críticas sob aspecto quali-quantitativo	~R\$24,13 milhões/ano	Áreas críticas sob aspecto quali-quantitativo	~R\$24,13 milhões/ano		~R\$9,92 milhões/ano	Áreas críticas sob aspecto qualitativo	~R\$7,26 milhões/ano		~
TOTAL	TOTAL: R\$107,23 MILHÕES/ANO		TOTAL: R\$73,38 MILHÕES/ANO		TOTAL: R\$81,47 MILHÕES/ANO		TOTAL: R\$42,70 MILHÕES/ANO		TOTAL: R\$31,34 MILHÕES/ANO		TOTAL: R\$17,37 MILHÕES/ANO	

Figura 43: Cenários graduais em ambição e correspondente nível de cobrança e arrecadação.

Fonte: Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

5.3. Benefícios potenciais gerados pela Agenda Setorial nos cenários de cobrança

A partir do levantamento dos valores-objetivo de cada cenário de cobrança e do estabelecimento do nexo destes com as ações que o Comitê de Bacias pode promover no fomento e viabilização da Agenda Setorial, é possível traçar considerações acerca dos benefícios que deverão ser obtidos pela sociedade, contrastando os resultados por cenários e qualificando a demonstração dos efeitos esperados na bacia provenientes de sua implementação.

Os benefícios são demonstrados pelo atingimento potencial dos objetivos da Agenda Setorial do PIRH-Grande, e variam de acordo com os cenários, que embutem os diferentes graus de ambição que podem ser perseguidos pelo Comitê de Bacia. O intuito de valorar os benefícios potencialmente viabilizados e fomentados pela instituição da cobrança é revelar a ordem de grandeza dos ganhos societários (circunscritos à bacia do Rio Grande) que se espera obter pela execução dos orçamentos associados ao Plano de Bacia.

Os benefícios são apresentados de forma detalhada, pois cada um enseja uma metodologia própria para sua quantificação: (i) universalização da coleta e tratamento de esgotos; (ii) controle de perdas na distribuição; (iii) reúso da água na agricultura irrigada; e (iv) infraestrutura natural - serviços ecossistêmicos.

5.3.1. *Universalização da coleta e tratamento de esgoto*

A promoção da universalização da coleta e tratamento de esgoto por meio da cobrança de recursos hídricos tem o potencial de abater cargas poluidoras significativas na bacia. Considerando-se, de forma simplista, o abatimento de 80% das cargas geradas que passam, com os cenários de cobrança, a ter coleta e tratamento, o abatimento chega a 22,68 mil toneladas por ano (Cenário 2).

Tabela 56: Estimativa da carga de DBO abatida por cenário e da população beneficiada.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Carga de DBO abatida (ton/ano)	7.719	22.678	8.149	0	8.149	0
População beneficiada (mil habitantes)	489,54	1.438,25	516,82	0	516,82	0
Ligações de esgoto com tratamento (mil)	198,27	597,00	191,41	0	191,41	0

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A promoção da universalização da coleta e tratamento de esgoto por meio da cobrança de recursos hídricos é geradora potencial de benefícios socioeconômicos. De acordo com o Manual Setorial de Avaliação Socioeconômica de Custo-Benefício para Infraestrutura Hídrica e Saneamento (Brasil, 2021), o aporte de rede coletora (independentemente de haver ou não tratamento) gera benefícios pela maior cobertura do serviço de coleta, que pode ser valorado pela disposição a pagar da população beneficiada. Parte-se da premissa que a implementação das redes irá afetar positivamente a população que não mais conviverá com o esgoto a céu aberto devido ao seu afastamento por meio de redes coletoras.

O Manual Setorial (op. cit.) também aponta para a geração de benefícios decorrentes do aprimoramento da situação de saúde, cuja valoração deve ser realizada pela abordagem do custo da doença, que combina custos diretos e indiretos no sistema de saúde evitados, produzindo uma proxy da estimativa geral do benefício sob a ótica societária.

Já quanto ao tratamento dos efluentes, o Manual Setorial (op. cit.) inclui a liberação de recursos hídricos de melhor qualidade para outros usos, a geração de valores de não-uso e novamente os impactos na saúde, mas dessa vez focalizados na população que passa a fazer uso de um curso d'água menos poluído.

Como forma de demonstrar a ordem de grandeza dos benefícios que se podem esperar com a universalização da coleta e tratamento no âmbito de cada cenário de cobrança de recursos hídricos, utiliza-se do método de disposição a pagar (DAP) da população por tais serviços. Eis que não há, no âmbito da bacia do Rio Grande, estudo que revele essa DAP. Dessa feita, utiliza-se uma proxy estimada no estado de São Paulo no âmbito dos estudos preparatórios para o financiamento do Projeto de Descontaminação do Rio Tietê IV (beneficiando com rede coletora e tratamento de esgotos diversos bairros dos municípios de Cotia, Itapevi, Jandira, Barueri, Santana de Parnaíba e São Paulo). Nesse caso, o Banco Interamericano de Desenvolvimento conduziu pesquisa primária para determinação da DAP identificando que cada domicílio beneficiado com a coleta e o tratamento de seu efluente estaria disposto a pagar, por mês, R\$ 32,22 (BID, 2018)¹¹. Corrigindo-se o valor obtido em 2018 para preços de 2022 com base na variação do IPCA/IBGE, tem-se uma DAP de R\$ 38,66.

Para a aplicação da DAP, calculou-se em cada município beneficiado a quantidade de domicílios correspondentes. Essa estimativa é realizada com base na razão entre a população atendida e a quantidade de ligações de água, conforme indicadores do SNIS de população total atendida com abastecimento de água (AG001) e quantidade de ligações ativas de água (AG002). Na média, a razão é de 2,5 pessoas por ligação, o que permite inferir a quantidade de ligações beneficiadas e multiplicar, consequentemente, pela DAP.

O mapa da Figura 44 espacializa a dimensão da valoração dos benefícios nos seis cenários definidos.

¹¹ As pesquisas conduzidas por BID (op. cit.) abrangeram áreas integrantes dos empreendimentos analisados no âmbito do Programa de Descontaminação do Rio Tietê, na Região Metropolitana de São Paulo, que somaram 605 entrevistas (superando o montante mínimo de 300 questionários necessários para se ter validade estatística).

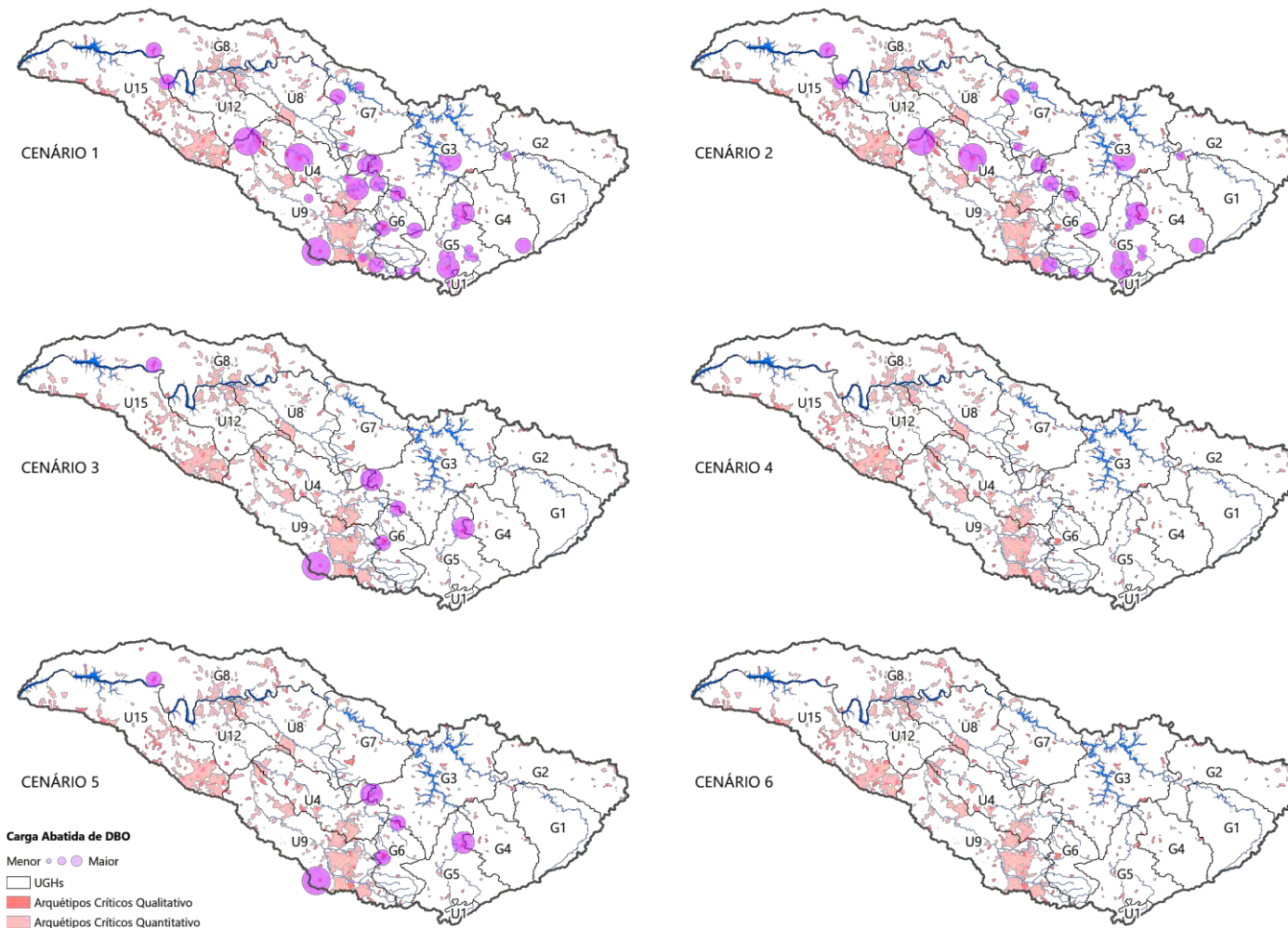


Figura 44: Espacialização da dimensão dos benefícios por abate de cargas poluidoras nos diferentes cenários.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

Tabela 57: Benefício anual da coleta e tratamento de esgoto em cada cenário.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Benefício pela Disposição a Pagar (R\$, mil)	91.983	276.961	88.801	0	88.801	0

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 57 apresenta o valor estimado do benefício, que chega a R\$ 276,96 milhões no Cenário 2. Nos cenários 3 e 4, que trazem os mesmos empenhos em relação ao aporte de rede e estação de tratamento, o benefício é de R\$ 88,80 milhões. Os benefícios são auferidos por todos os anos após o aporte da rede coletora e das estações de tratamento e se mostram bastante significativos. Reforça-se que a valoração do benefício pela DAP é apenas um dos diversos benefícios gerados pela universalização da coleta e tratamento de esgotos.

5.3.2. Controle de perdas de água na distribuição

A partir dos investimentos no controle de perdas de água na distribuição, ocorrem reduções na necessidade de captação, diminuindo, conseqüentemente, os volumes que precisam ser captados. De acordo com a metodologia aposta no Capítulo 4, cada cenário deve promover a redução de perdas com intensidades distintas na bacia, embora sempre seguindo os dados da matriz internacional de avaliação de perdas. Essa matriz permite identificar não apenas os investimentos necessários, como os patamares possíveis de redução das perdas.

Considerou-se, para fins de simplificação, que os municípios investidos na redução de perdas atingiriam uma categoria superior de desempenho. Ou seja, caso a categoria do município seja D (450 L/lig.dia de perdas), passa a ser, com o investimento, categoria C (250 L/lig.dia de perdas), economizando no processo 200 litros por dia por ligação. A partir do conhecimento da quantidade de ligações, é possível calcular o volume teórico de economia.

Uma vez que o volume economizado passa a ser liberado para os demais usos dos recursos hídricos, uma das formas de realizar sua valoração é justamente pelo valor que a água tem, como insumo de produção, para os seus usuários. Para o setor de saneamento, como já fora abordado nos capítulos anteriores, estima-se uma eficiência hídrica de R\$ 2,18/m³. Isso significa a razão entre o valor adicionado bruto da atividade econômica e o volume de água por ela utilizado, especificamente na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. O resultado representa, portanto, quantos reais de valor de produção econômica são gerados por metro cúbico usado de água, demonstrando assim a indução econômica da água.

Utilizando-se da proxy do valor de indução do setor de saneamento, pode-se dimensionar, em reais, o benefício gerado pela economia de recursos hídricos oriundo do controle de perdas, conforme é apresentado na Tabela 58 e especializado na Figura 45. No Cenário 2, que perfaz o maior volume de perdas combatido (equivalente a 25% do total outorgado para o abastecimento humano nos rios de domínio interestadual), o benefício é de R\$ 137,93 milhões.

Tabela 58: Benefício anual do controle de perdas na distribuição em cada cenário.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Volume economizado (m ³ /ano, mil)	25.309	63.406	6.821	6.821	0	0
Fração do total outorgado para abastecimento humano (%)	10,14%	25,40%	2,73%	2,73%	0	0
Benefício pela proxy do valor gerado pelo saneamento (R\$, mil)	55.053	137.927	14.838	14.838	0	0

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

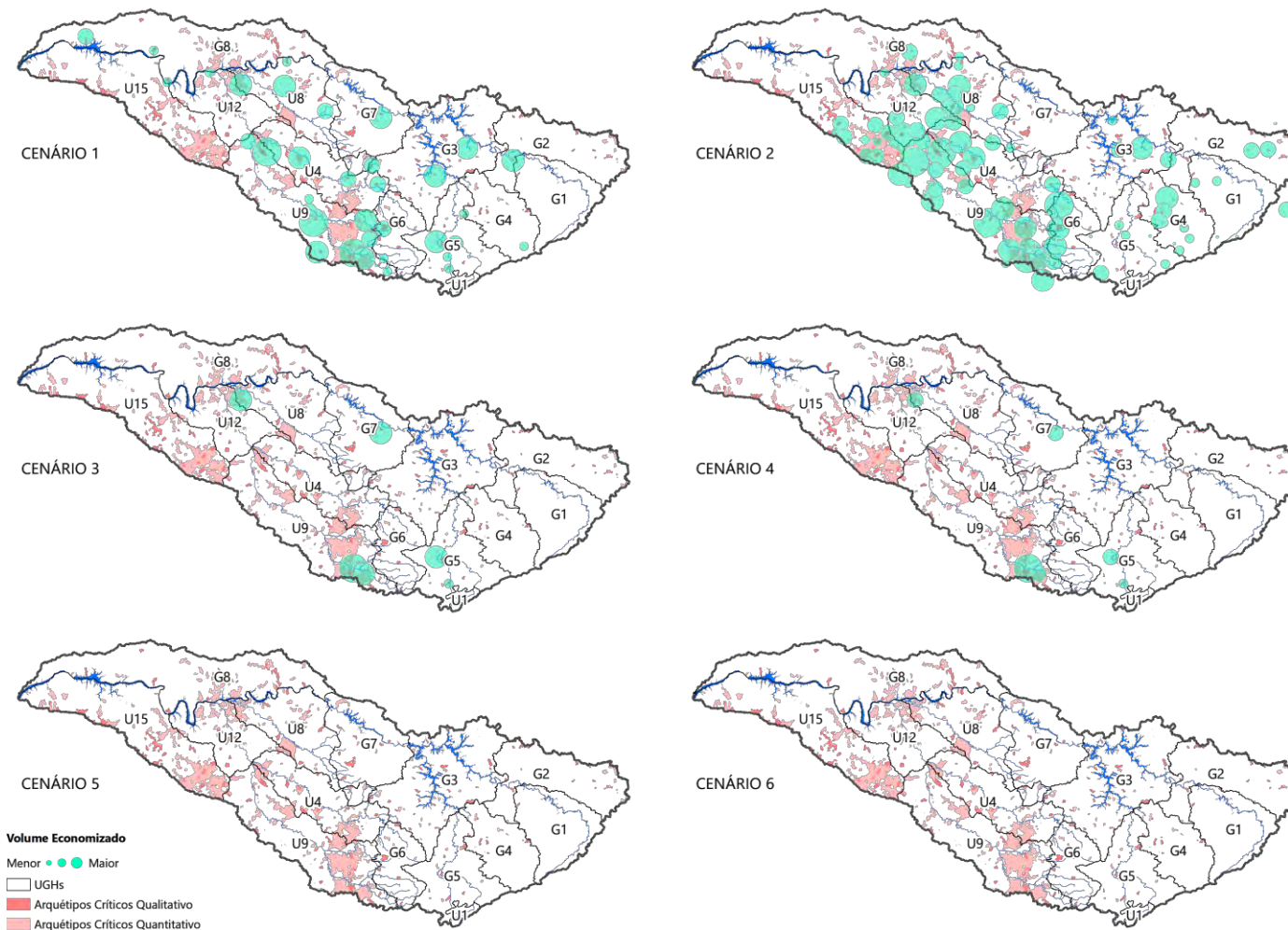


Figura 45: Espacialização da valoração dos benefícios por economia de água com a redução das perdas nos diferentes cenários.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

5.3.3. *Promoção do reúso da água na agricultura irrigada*

A terceira categoria de benefícios advém da promoção do reúso da água na agricultura irrigada. Ocorrem benefícios duplos sob o ponto de vista socioeconômico, uma vez que há, concomitantemente, uma redução de efluentes lançados e economia de recursos hídricos, que podem ser liberados para outros fins.

Como forma simplificada de se estimar os benefícios dessas atividades que podem ser fomentadas pelo Comitê de Bacia, utiliza-se da mesma proxy de valoração que para a liberação de recursos hídricos oriundos do controle de perdas: o valor de indução econômica da água, expressa pela sua relação de insumo na geração de valor adicionado bruto. Para este benefício, no entanto, utiliza-se do valor de indução da própria atividade de agricultura irrigada, calculada na Bacia Hidrográfica do Rio Grande com sendo, em seu resultado médio, de R\$ 2,41/m³.

Resta calcular, então, o volume de efluentes que passa a ser utilizado como insumo para irrigação. Esse dimensionamento se faz possível com base nos próprios pressupostos que deram origem ao dimensionamento do custeio da promoção do reúso, que compara as vazões das estações de tratamento de esgotos com as interferências de irrigação localizadas nas proximidades (distância média de 8,5 km).

A Tabela 59 apresenta os resultados obtidos, que são bastante significativos: o Cenário 1, que mais tem recursos para investir na promoção do reúso, guarda um potencial de utilizar um volume equivalente a 12,3% do total outorgado para a irrigação, perfazendo inclusive estratégia de segurança para essa importante produção econômica. O valor estimado do benefício, com base na indução da água como geradora de valor adicionado na atividade da agricultura irrigada, é de R\$ 319,76 milhões por ano.

Tabela 59: Benefício anual do reúso de efluentes para irrigação em cada cenário.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Volume de reúso (m³/ano, mil)	132.742	56.558	44.611	44.611	0	0
Fração do total outorgado para abastecimento humano (%)	53,2%	22,7%	17,9%	17,9%	0	0
Fração do total outorgado para irrigação (%)	12,3%	5,2%	4,1%	4,1%	0	0
Benefício pela proxy do valor gerado pela agric. irrigada (R\$, mil)	319.762	136.242	107.464	107.464	0	0

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

O mapa da Figura 46 espacializa a dimensão dos valores relativos aos benefícios nos seis cenários definidos.

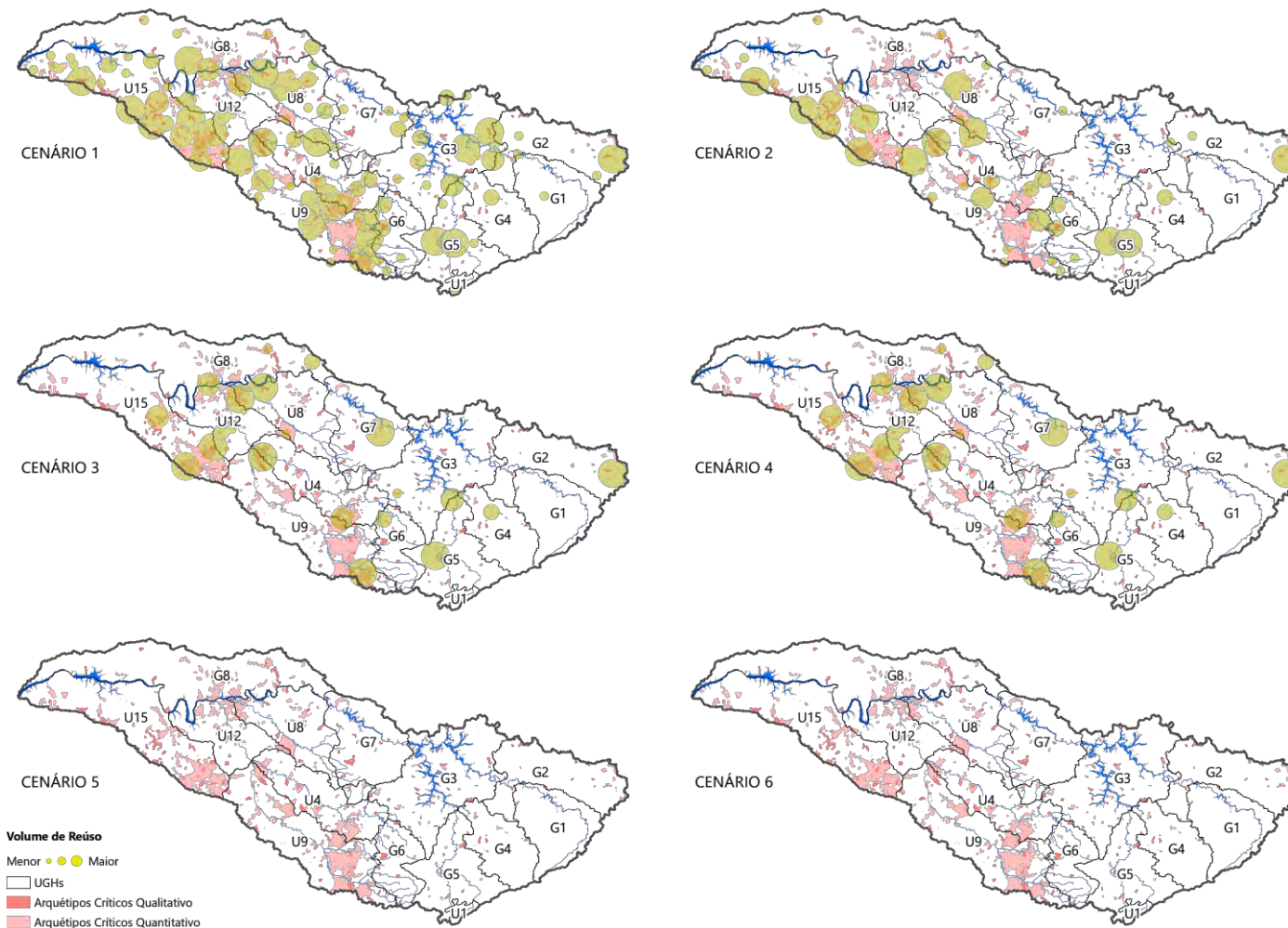


Figura 46: Espacialização da valoração dos benefícios do reúso de efluentes para irrigação nos diferentes cenários.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

5.3.4. *Infraestrutura natural - Serviços ecossistêmicos hidrológicos*

Conforme apresentado no item 3.3.4, a atuação do Comitê de Bacias é essencial para que se promova o incremento de infraestrutura natural, tendo como benefício a geração de serviços ecossistêmicos hidrológicos e hidrossedimentológicos. Para fins de estimação do esforço financeiro necessário à promoção da infraestrutura natural, foi considerado, em cada cenário de cobrança para os rios da União, uma quantidade referencial de hectares de Áreas de Preservação Permanente (APP) a serem restauradas. A base de dados utilizada como ponto de partida foi o Atlas Agropecuário da Imaflora (2017), que identifica cerca de 477 mil hectares de APP a serem restauradas, obrigatoriamente, pelo estabelecido na Lei de Proteção à Vegetação Nativa (LPVN, Lei nº 12.651/2012).

O aporte de infraestrutura natural é um dos investimentos mais propícios para serem realizados pelo Comitê de Bacias, pois seu retorno é sistêmico e difuso, beneficiando todos os usuários dos recursos hídricos de uma bacia. Ademais, é gerador de externalidades positivas que vão além do uso direto das águas (captação e lançamento). Não obstante, a quantificação da alteração promovida pelas intervenções nos serviços ecossistêmicos demanda, no mais das vezes, modelagem dos efeitos físicos que tais ações teriam no regime hidrológico, na escala de bacia hidrográfica.

Desta feita, no intuito de trazer ordens de grandeza para os benefícios desse importante componente dos orçamentos associados ao PIRH-Grande, realizou-se modelagem do comportamento hidrossedimentológico da bacia com base no modelo *Sediment Delivery Ratio* (SDR) da plataforma *Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs* (InVEST). Dada a complexidade da aplicação de tal modelo, seu roteiro metodológico de aplicação está detalhado no Apêndice.

Conforme se detalha no Apêndice, foram realizadas três diferentes rodadas do modelo SDR: a primeira delas tem como dados de entrada o uso do solo atual (que contempla um déficit de APP equivalente a 57% destas áreas, conforme Tabela 225); a segunda aborda um cenário ambicioso, onde há recuperação total das APPs; enquanto o terceiro contempla a recuperação das APPs em áreas prioritárias (cenário plausível). Enquanto o Apêndice detalha os critérios de seleção destas áreas prioritárias, cabe aqui citar que foram identificados (e consequentemente modelados), ao todo, 303.764 hectares de APP recuperadas no cenário plausível, que passa a ser a base para a valoração dos benefícios consequentes em serviços ecossistêmicos.

Nem todos os cenários de cobrança permitem ao Comitê de Bacias promover, com a mesma intensidade, a restauração das APPs: o Cenário 1 é o que pressupõe o maior destes empenhos, enquanto o Cenário 6 não permite investimento algum. Para compatibilizar os resultados do modelo SDR com os cenários de cobrança, foi realizada a conversão das áreas a serem restauradas (conforme modelo) e o total de hectares que fora considerado como finalístico sob cada um dos cenários. Essa conversão foi realizada de forma a manter a proporção das áreas do modelo em cada uma das bacias hidrográficas. A Tabela 60, abaixo, apresenta os resultados do modelo SDR, no cenário plausível, para cada um dos cenários. O último item do Apêndice traz as mesmas informações abertas por sub-bacia.

Tabela 60: Resultados do modelo InVEST SDR para os cenários de cobrança.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Áreas de APP prioritárias restauradas (ha)	286.806	136.848	136.848	56.281	41.183	0
Variação promovida na exportação de sedimentos aos corpos d'água (t/a)	-30.281	-14.448	-14.448	-5.942	-4.348	0
Variação promovida na exportação de sedimentos na paisagem (t/a)	-5.134.326	-2.449.811	-2.449.811	-1.007.535	-737.248	0

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Dada a redução na exportação de sedimentos promovida pelo aporte de infraestrutura natural e consequente geração de serviços ecossistêmicos, são identificados três benefícios, cada qual é detalhado na sequência: benefício pela melhor qualidade da água, benefícios por menor assoreamento, e benefícios pela menor perda de solo na paisagem.

Benefício pela melhor qualidade da água

O menor aporte de sedimentos que chega aos corpos d'água da bacia do Rio Grande promove uma melhora na qualidade da água. Isso ocorre porque há retenção de cargas poluentes, bem como se tem menores níveis de sólidos em suspensão. Uma das formas mais estudadas de se valorar o benefício para a sociedade dessa melhora na qualidade da água é por meio da redução que se espera ter nos custos com o tratamento dessa água, que é incorrido pelos prestadores de serviços de saneamento. Afinal, o tratamento da água implica na redução da turbidez para os níveis exigidos para a garantia da potabilidade da água, o que por sua vez exige o uso de químicos (agentes coagulantes) e consome energia elétrica.

Uma estimativa precisa sobre os efeitos da redução dos sólidos em suspensão e consequentes níveis de turbidez é altamente dependente das condições locais (físicas e econômicas), e exige modelagem específica para tal com base em dados de monitoramento que permitem relacionar os níveis de turbidez com o aporte de insumos químicos, por exemplo, além de demandar informações de vazão (que varia intraanualmente) específicas do local analisado¹². A realização de tal esforço para os rios da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, com suas 125 outorgas de captação para fins de abastecimento humano, foge ao escopo do presente estudo.

¹² Para estudos com essa especificidade, ver: Feltran-Barbieri et al., 2021; Feltran-Barbieri et al., 2018; Guimarães, Thá e Assad, 2018; Ozmet et al., 2018; Guimarães e Thá, 2017.

É possível, no entanto, utilizar de referências de outros estudos para se aplicar um parâmetro representativo. Nesse contexto, é de grande valia a publicação de Price e Heberling (2018), que conduziram extensa e sistemática revisão de literatura sobre os efeitos da qualidade da água bruta nos custos de tratamento de água (a maior parte da literatura sendo norte-americana). Os autores compilaram 46 graus de elasticidades entre diversos parâmetros de qualidade da água e 29 elasticidades de mudanças de uso do solo, relativos aos custos de tratamento. Dentre as medidas de qualidade de água, os autores reportam a variação de 0,23% no custo de tratamento de água a cada 1,00% de variação no “sediment load”, ou seja, na carga de sedimentos. Esse parâmetro é resultado da média dos estudos sistematizados, e é estatisticamente significativo (Price e Heberling, 2018).

A comparação entre os resultados do modelo InVEST SDR com o uso do solo atual e com o cenário plausível de restauração de áreas prioritárias para retenção de sedimentos, permite identificar a redução percentual no aporte de sedimentos aos corpos d’água. Dessa forma, aplica-se sobre essas reduções a elasticidade obtida para se ter as variações nos custos de tratamento de água. Por fim, estimou-se os custos de tratamento na bacia por meio do produto entre dois indicadores do SNIS: despesa total com os serviços por m³ faturado (IN003) e volume de água consumido (AG010).

Pela metodologia aposta, desvendou-se que os custos totais de tratamento de água nos municípios componentes da bacia do Rio Grande monta em R\$ 1,64 bilhão por ano. Caso os investimentos em infraestrutura natural prescritos pelo Cenário 1 de cobrança sejam efetivados, pode-se esperar que tais custos sejam reduzidos em 5,25%, o que se traduz em um benefício de R\$ 59,56 milhões (ver Apêndice para os valores por sub-bacia).

Tabela 61: Benefício anual pela melhor qualidade da água em cada cenário.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Variação na exportação de sedimentos aos corpos d'água (%)	-22,81%	-10,88%	-10,88%	-4,48%	-3,28%	0
Variação nos custos de tratamento de água com base na elasticidade* (%)	-5,25%	-2,50%	-2,50%	-1,03%	-0,75%	0
Benefício da redução dos custos de tratamento de água (R\$, mil)	59.559	28.418	28.418	11.688	8.552	0

Nota: *Price e Heberling, 2018. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Sabe-se que a redução do aporte de sedimentos aos corpos d'água na bacia não é linear - afetará alguns trechos de rio de forma mais intensa que outros; também não há, necessariamente, a captação para fins de abastecimento nos locais mais beneficiados. Da mesma forma, a estrutura dos custos de tratamento de cada estação de tratamento de água é distinta, pois depende da tecnologia empregada e de outros parâmetros de qualidade da água que não necessariamente variam em função do aporte de sedimentos.

Não obstante estas conhecidas imprecisões, o modelo InVEST SDR produziu resultados consistentes na escala da bacia, sendo que os valores apostos na Tabela 61 são representativos das ordens de grandeza associadas. O intuito da valoração aqui realizada é a de demonstrar, afinal, os benefícios à sociedade que se espera obter pela melhora na qualidade da água, sendo que a forma de valoração via redução de custos de tratamento de água é apenas uma proxy para tal.

Benefício por menor assoreamento

Além da melhoria da qualidade da água, um benefício societário adicional oriundo do menor aporte de sedimentos aos corpos d'água é a menor decantação

desses sedimentos no leito dos rios e reservatórios. Afinal, a partir do aporte de sedimentos, parte é mantida na coluna d'água como sólidos em suspensão (que geram turbidez e deterioram a qualidade da água), e outra parte decanta. A erosão laminar do solo, aos poucos, aporta sedimentos ao leito de reservatórios de água e nos leitos dos rios, contribuindo para a redução da vida útil dos primeiros e impactando na velocidade de escoamento dos segundos (o que promove um aumento na probabilidade de enxurradas ao tornar o escoamento superficial mais veloz).

Uma vez que o assoreamento é indesejado, utiliza-se como técnica de valoração o custo de retirada desse material, por meio de dragagem do sedimento (custo evitado pela infraestrutura natural). Ou seja, o assoreamento que deixa de ocorrer devido ao aporte de infraestrutura natural pode ter seu valor à sociedade estimado pela proxy postulada pela hipótese de que esse excesso teria de ser dragado.

O Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)¹³, na categoria de equipamentos, apresenta o custo horário de operação para uma draga tipo backhoe¹⁴ (capacidade de 7 m³ e 1.000 kW) no estado de São Paulo e de Minas Gerais. A compilação desse custo requer ponderar em 40% para MG e 60% para SP (refletindo a fração de área da BHG) os valores de operação e mão de obra de cada estado. Dada a capacidade produtiva do equipamento, tem-se o custo total de R\$ 710,52 por metro cúbico dragado, que pode ser tido como mínimo por não envolver projetos de engenharia e demais custos de acesso e de disposição adequada do material dragado.

¹³ Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit>

¹⁴ Considerou-se esse tipo de draga como referencial dada sua maleabilidade de operação e utilização em casos de dragagem de leitos de rios e reservatórios. Essa draga funciona como uma escavadeira, puxando o solo para uma caçamba que, depois, é içada até o nível da água. Em seguida, o solo retirado é depositado em um batelão ou em caçambas estacionárias, a depender do porte do equipamento e do local de operação.

O próximo passo é estimar a taxa de decantação de sedimentos em suspensão, ou seja, a porcentagem de sedimentos aportados aos rios que se acumulariam nos leitos dos corpos d'água. Ao realizar estudo sobre valoração dos serviços ambientais das APPs para a qualidade das águas de um conjunto de bacias hidrográficas no Estado de São Paulo, Sousa Junior (2011) indicou uma taxa de assoreamento média de 50%. Sabe-se que essa taxa deve ser muito superior em reservatórios, presentes no Rio Grande, mas sua estimativa demandaria observar a relação entre o volume máximo operacional de cada reservatório e o volume médio anual das vazões afluentes ao mesmo. De forma simplificada, portanto, assume-se a taxa de 50% de assoreamento médio para a presente aplicação.

Faz-se também necessário converter os valores de descarga sólida anual estimada pelo modelo InVEST SDR (em toneladas) para valores de volumetria (m^3), visto que atividades de dragagem e desassoreamento são normalmente calculadas em metros cúbicos. Novamente de acordo com Sousa Junior (2011), assume-se que cada 1,5 toneladas de sedimentos retidos correspondem a um m^3 .

A Tabela 62 apresenta o resultado agregado para a bacia do Rio Grande de valoração do benefício de menor assoreamento via a proxy do custo de dragagem evitado. O Apêndice apresenta os dados por sub-bacia.

Tabela 62: Benefício anual pelo menor assoreamento em cada cenário.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Variação promovida na exportação de sedimentos aos corpos d'água (t/a)	-30.281	-14.448	-14.448	-5.942	-4.348	0
Variação promovida no assoreamento dos cursos d'água (m^3/a)	-10.094	-4.816	-4.816	-1.981	-1.449	0
Benefício do custo evitado de dragagem por menor assoreamento (R\$, mil)	7.172	3.422	3.422	1.407	1.030	0

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

No Cenário 1, que promove a mais extensa recuperação florestal em áreas prioritárias para retenção de sedimentos, o benefício anual da dragagem evitada chega a R\$ 7,17 milhões. Nota-se que não necessariamente essa dragagem ocorreria de fato, mas o que ela representa é o serviço ambiental que traz valor para a sociedade

Benefício pela menor perda de solo agrícola

Os dois benefícios tratados anteriormente abordam as consequências da redução do aporte de sedimentos aos cursos d'água na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. A retenção de sedimentos decorrente do aporte de infraestrutura natural, no entanto, também beneficia a paisagem como um todo. Conforme os resultados do modelo InVEST SDR, uma porção bastante significativa de sedimentos passa a ser retida e deixa de ser perdida, ou seja, exportada para outros locais da paisagem. Como forma de estimar a ordem de grandeza econômica à sociedade desse serviço ambiental, adota-se a valoração pela proxy do custo evitado de reposição de nutrientes em solo agrícola.

Os autores Pereira, Tôsto e Romeiro (2019) realizaram, no município paulista de Araras (localizado na bacia hidrográfica Mogi-Guaçu, UGRHI 09), a estimativa de perda dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, em função da erosão laminar. Estes valores foram aferidos para quatro grupos de cultura, quais sejam: cana-de-açúcar (colheita mecanizada e queimada), citros, culturas anuais (soja e milho) e para o café. Os autores estimaram a quantidade de fertilizantes (sulfato de amônia, superfosfato simples, cloreto de potássio e calcário dolomítico) que se fazem necessários para repor os nutrientes perdidos a cada ano para a erosão laminar.

Supondo-se que a taxa de redução de perda de sedimentos na paisagem como um todo se replique nas áreas agrícolas, pode-se utilizar das saídas do modelo InVEST SDR para calcular a redução percentual de perda de solo agrícola. Com base nos dados

de Pereira, Tôsto e Romeiro (2019), pode-se calcular o custo teórico de reposição de todo o solo perdido (situação *default*), sobre o qual pode-se aplicar a redução a partir dos serviços ecossistêmicos que reduzem tal perda. Essa redução de custos é a proxy, enfim, para os benefícios societários de menor perda de sedimentos na paisagem.

A Tabela 63 apresenta os dados agregados utilizados para a valoração do benefício de menor perda de nutrientes do solo agrícola, sendo que o Apêndice apresenta os dados de área agrícola por grupo de cultura e o custo anual de reposição de nutrientes por sub-bacia.

Tabela 63: Dados para a valoração do benefício de menor perda de nutrientes do solo agrícola.

	Cana-de-açúcar***	Cítricos (laranja)	Culturas anuais (incl. horticultura)	Café e outras permanentes
Taxa de erosão laminar específica* (ton/ha.ano)	3,9	2,9	14,5	2,9
Reposição de sulfato de amônia (kg/ha.ano)*	19,12	14,22	69,68	14,00
Reposição de superfosfato simples (kg/ha.ano)*	0,58	0,43	2,13	0,43
Reposição de cloreto de potássio (kg/ha.ano)*	0,68	0,51	2,49	0,61
Reposição de calcário dolomítico (kg/ha.ano)*	9,86	7,34	35,91	7,30
Custo de reposição dos nutrientes (R\$/ton.ano) ¹⁵	124,71	92,81	454,59	92,89
Área agrícola por grupo de cultura (hectare)**	2.412.921	169.136	1.661.725	616.014
Custo anual de reposição de nutrientes (R\$, mil)	300.923	15.698	755.410	57.224

Nota: *Pereira, Tôsto e Romeiro (2019). **PAM/IBGE. ***Considerou-se apenas os dados para cana-de-açúcar colhida mecanicamente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

¹⁵ A estimativa de custos de reposição dos nutrientes demandou consulta aos valores de mercado dos fertilizantes sulfato de amônia (R\$ 1.500/ton), superfosfato simples (R\$ 700/ton), cloreto de potássio (R\$ 979/ton) e calcário dolomítico (R\$ 70/ton), realizada com base em cotações nos estados de Minas Gerais e São Paulo no portal www.mfrural.com.br no mês de janeiro de 2022.

Com base nos dados apresentados, é possível estimar a redução nos custos hipotéticos de plena reposição dos nutrientes perdidos pela erosão laminar dos solos agrícolas na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. A Tabela 64 apresenta os valores desse importante e ainda pouco estudado serviço ambiental, sabendo-se tratar de ordens de grandeza relevantes, mesmo que estimadas com notável imprecisão. No Cenário 1, que perfaz o maior esforço de restauração florestal dentre os cenários, o benefício societário da menor perda de nutrientes em solo agrícola é de R\$ 63,31 milhões por ano. O Apêndice traz estes resultados desagregados por sub-bacia.

Tabela 64: Benefício anual pela menor perda de nutrientes em solo agrícola em cada cenário.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Variação promovida na exportação de sedimentos na paisagem (t/a)	-5.134	-2.450	-2.450	-1.008	-737	0
Variação promovida na exportação de sedimentos na paisagem (%)	-9,6%	-4,6%	-4,6%	-1,9%	-1,4%	0
Benefício do custo evitado de reposição de nutrientes em solo agrícola (R\$, mil)	63.308	30.207	30.207	12.423	9.091	0

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Síntese dos benefícios da infraestrutura natural

Os três itens precedentes apresentaram os benefícios que se desdobram a partir da maior capacidade de retenção de sedimentos que se estima após a restauração de áreas estratégicas para tal na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Aqui, todos são apresentados de forma conjunta para facilitar a compreensão dos benefícios desse

importante aspecto dos orçamentos associados, componentes das ações do PIRH-Grande que podem ser fomentadas com os recursos da cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Tabela 65: Benefício anual pela prestação de serviços ecossistêmicos da infraestrutura natural.

(R\$, mil)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Benefício da redução dos custos de tratamento de água	59.559	28.418	28.418	11.688	8.552	0
Benefício do custo evitado de dragagem por menor assoreamento	7.172	3.422	3.422	1.407	1.030	0
Benefício do custo evitado de reposição de nutrientes em solo agrícola	63.308	30.207	30.207	12.423	9.091	0
Benefício total do aporte de infraestrutura natural	130.039	62.047	62.047	25.518	18.673	0

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

O mapa da Figura 47 espacializa a dimensão dos valores relativos aos benefícios nos seis cenários definidos.

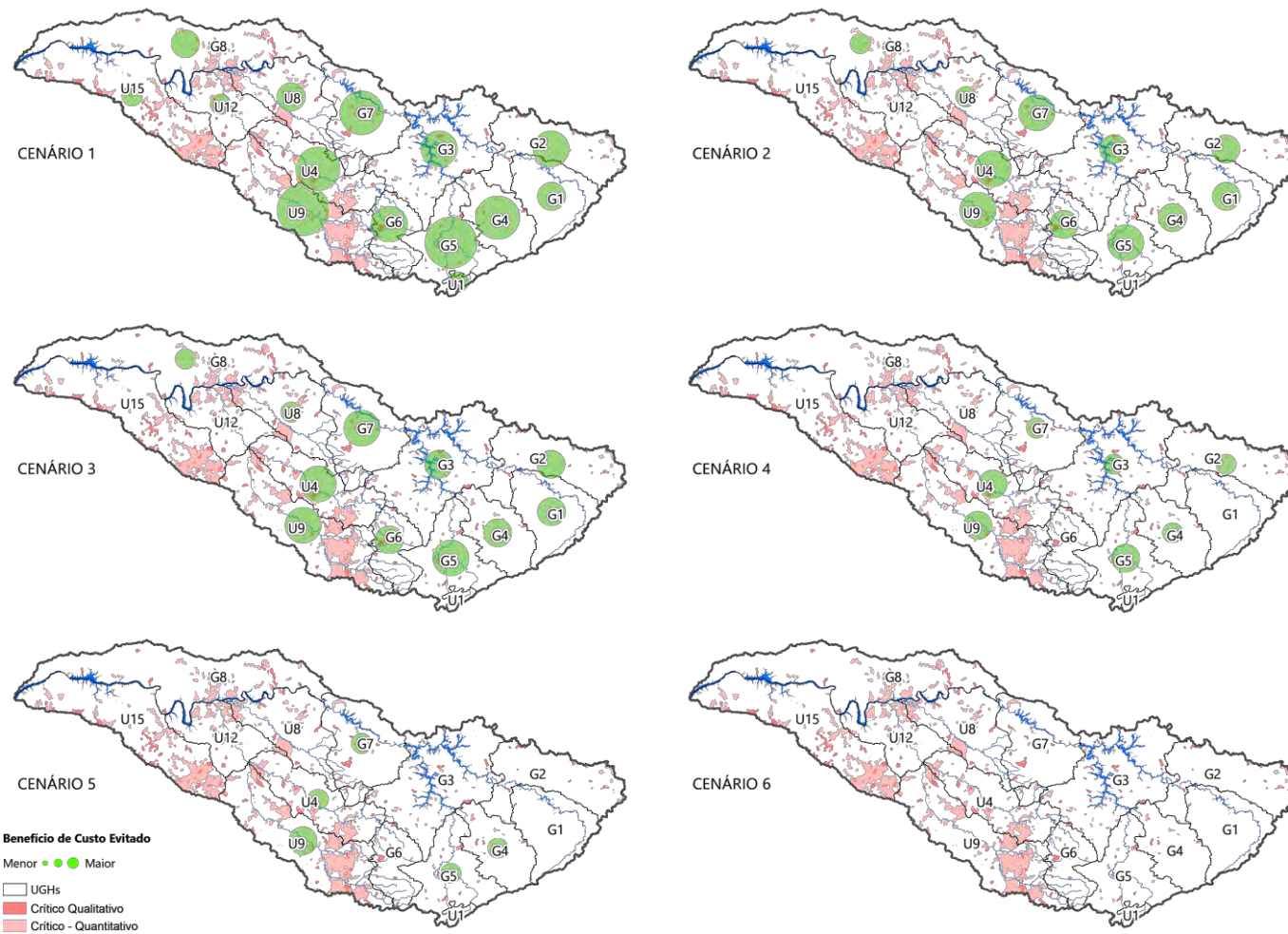


Figura 47: Espacialização da valoração dos benefícios pela prestação de serviços ecossistêmicos nos diferentes cenários.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

5.4. Síntese dos benefícios potenciais gerados pela Agenda Setorial nos cenários de cobrança

Conforme a apresentação deste item, o intuito de valorar os benefícios viabilizados e/ou fomentados pela instituição da cobrança é revelar a ordem de grandeza dos ganhos que os usuários das águas e demais atores presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Grande esperam obter pela execução dos orçamentos associados ao Plano de Bacia.

Primeiramente, destacam-se os benefícios físicos que podem ser promovidos pela cobrança de recursos hídricos: tem-se desde a melhoria da qualidade da água até a economia de volumes captados que passam, portanto, a estarem liberados para outros usos concorrentes (Tabela 66).

Tabela 66: Benefício anual físico potencialmente gerado em cada cenário.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Carga de DBO abatida (ton/ano)	7.719	22.678	8.149	0	8.149	0
Volume economizado (m³/ano, mil)	25.309	63.406	6.821	6.821	0	0
Volume de reúso (m³/ano, mil)	132.742	56.558	44.611	44.611	0	0
Variação promovida na exportação de sedimentos aos corpos d'água (mil t/a)	-30,28	-14,45	-14,45	-5,94	-4,35	0
Variação promovida na exportação de sedimentos na paisagem (mil t/a)	-5.134	-2.450	-2.450	-1.008	-737	0

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

O abatimento de carga de DBO promovido pela universalização da coleta e tratamento de efluentes chega a representar, no Cenário 2, pouco mais que o dobro de toda carga lançada com outorga (que é de 11,04 mil ton/ano). Para outra

importante referência, tem-se pelo PIRH-Grande uma estimativa de geração total de 141,41 mil ton/ano de DBO, sobre a qual a promoção dos benefícios do Cenário 2 representaria uma significativa fração de 16%.

Os orçamentos associados de controle de perdas na distribuição de água e de reúso de efluentes na agricultura irrigada, além de promoverem a segurança hídrica para o importante setor de irrigação, que passaria a contar com um “manancial” garantido, promovem a economia de um volume muito significativo de água. Deixar-se-ia de captar, no Cenário 2, um total de 119,96 mil m³ por ano, o que equivale a 6,6% do volume de captação total outorgado nos rios interestaduais da bacia.

Já o orçamento associado de infraestrutura natural, que promove a restauração florestal de áreas de preservação permanente e áreas estratégicas para retenção de sedimentos, além de auxiliar no cumprimento da legislação ambiental, gera serviços ecossistêmicos que beneficiam diretamente os usuários dos recursos hídricos, sejam os prestadores de serviços de saneamento, sejam os agricultores, as indústrias ou mesmo as usinas de geração de energia elétrica, que passam a contar com reservatórios menos assoreados.

A Tabela 67 apresenta a somatória dos benefícios potencialmente promovidos pela cobrança de recursos hídricos, que atinge seu máximo no Cenário 2, com geração de benefícios societários da ordem de R\$ 613,18 milhões por ano. Todos os orçamentos associados trazem sua importante contribuição, destacando-se os altos benefícios do reúso de efluentes na agricultura irrigada e do conjunto de benefícios da infraestrutura natural. A agricultura, inclusive, é um dos maiores beneficiário em termos econômicos.

Tabela 67: Benefício anual econômico potencialmente gerado em cada cenário.

(R\$, mil)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Benefício da universalização da coleta e tratamento de esgotos	91.983	276.961	88.801	0	88.801	0
Benefício do controle de perdas de água na distribuição	55.053	137.927	14.838	14.838	0	0
Benefício da promoção do reúso de efluentes na agric. irrigada	319.762	136.242	107.464	107.464	0	0
Infra. Natural: benefício da redução dos custos de tratamento de água	59.559	28.418	28.418	11.688	8.552	0
Infra. Natural: benefício do custo evitado de dragagem por menor assoreamento	7.172	3.422	3.422	1.407	1.030	0
Infra. Natural: benefício do custo evitado de reposição de nutrientes	63.308	30.207	30.207	12.423	9.091	0
Benefício total promovido pela cobrança	596.837	613.177	273.150	147.821	107.473	0

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

O mapa da Figura 48 espacializa a dimensão do valor dos benefícios nos seis cenários definidos.

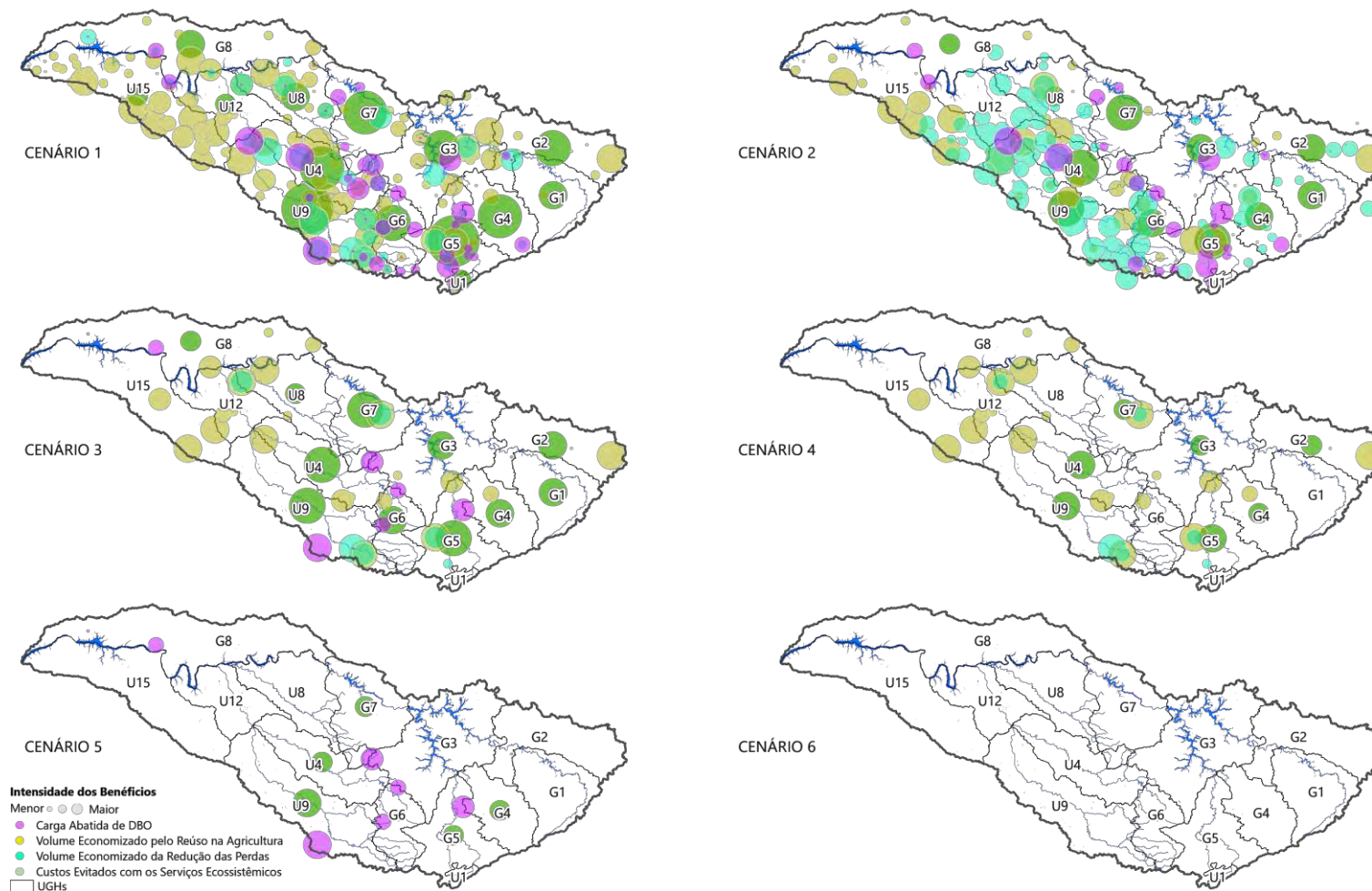


Figura 48: Espacialização da valoração dos benefícios econômicos potenciais nos diferentes cenários.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

6. RELAÇÕES ECONÔMICAS DO USO DA ÁGUA

O estabelecimento de mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos requer a alocação e otimização de preços unitários entre as atividades econômicas usuárias das águas da união na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, de forma a balancear os objetivos duplos da cobrança de: (i) sinalizar o valor econômico do recurso hídrico e sua escassez; e (ii) viabilizar a gestão da bacia hidrográfica por meio do efeito arrecadatório.

Afinal, dada a limitação do recurso natural em uma dada UGH, qual usuário detém capacidade de realizar a arrecadação de maior preço unitário, de forma a prejudicar ao mínimo sua própria atividade econômica (captura de uma fração do excedente do produtor) e permitir que outro usuário de menor capacidade de pagamento mantenha sua produção, mas também seja instigado a contribuir com a cobrança? Para endereçar estas questões, deve-se conhecer as relações econômicas do uso da água.

O objetivo dessa seção, portanto, é explorar a geração de valor e eficiência hídrica associados ao uso da água. Para isso, primeiramente se realiza a associação entre as interferências outorgadas e as atividades econômicas subjacentes, permitindo derivar cruzamentos com outras bases de dados e informações de cunho econômico (item 6.1).

Na sequência, discute-se a publicação conjunta ANA e IBGE (2020) que aborda as contas econômicas da água e apresenta coeficientes de eficiência no uso da água, agregados para grandes atividades econômicas com a especificação da região Sudeste, de interesse para as discussões posteriores (item 6.2).

O item seguinte (6.3) traz a contextualização dos valores econômicos envolvidos com os principais usos dos recursos hídricos com base nas interferências outorgadas

de captação nos rios da União e a classificação de atividades econômicas usuárias pela classe de atividade da CNAE, permitindo compor um rol de informações que servirá de insumo para as demais etapas de trabalho.

O ponto de partida é a identificação dos volumes de recursos hídricos superficiais captados (m^3 /ano) para cada uma das 16 principais atividades econômicas usuárias, para as quais é realizada a estimativa de dois importantes aspectos da relação econômica com os recursos hídricos:

- O excedente do produtor, tratado aqui pelo termo **disposição a pagar máxima (DAP)** pela água como um insumo de produção. É calculada pelo excedente operacional bruto da atividade econômica, líquido de custos dos bens ou serviços produzidos. A medida é comumente utilizada para inferir o limite superior de valor de recursos ambientais, pois representa a capacidade máxima de pagamento que um determinado setor pode comprometer com a remuneração aos ativos não produzidos. Em seu limite, indica o ponto de indiferença entre desempenhar ou não a atividade econômica, fato pelo qual se deve trabalhar apenas com bastante inferiores a 100% nas simulações de cobrança. Em termos práticos, essa medida representa a diferença entre o valor da produção e seus custos totais, excedente que inclui, portanto, o retorno econômico a qualquer ativo não produzido e/ou remunerado, incluindo não apenas a água, mas também outros fatores como a marca, recursos de marketing e retorno a ativos não contabilizados; e
- A **eficiência hídrica de uso da água** espelha a razão entre o valor adicionado bruto de uma atividade econômica e o volume de água usado pela mesma. O resultado representa, portanto, quantos reais de valor de produção econômica são gerados por metro cúbico usado de água, demonstrando assim a indução econômica da água.

Nota-se que os cálculos ora realizados tomaram como base as interferências outorgadas, que não necessariamente equivalem as retiradas efetivas. As outorgas tendem a superar os volumes efetivamente captados, pois embutem algum grau de segurança e/ou de reserva de mercado.

Já o quarto item (6.4) apresenta as reduções potenciais de uso dos recursos hídricos com base no estabelecimento da cobrança, utilizando-se para tanto dos

resultados dos itens precedentes. Os dados desvendados neste capítulo são, então, insumo para o modelo econômico apresentado no próximo capítulo (7).

6.1. Associação de outorgas e atividades econômicas

6.1.1. Atividades econômicas usuárias

O capítulo 1 apresentou os usuários dos recursos hídricos nos cursos d'água de interesse, permitindo conhecer suas localizações, quantidade de interferências e volumes de uso. Estes usuários devem ser agregados, então, em categorias potenciais para a cobrança, ou seja, grupos de uso que possam ter preços unitários iguais.

O resultado da leitura das categorias de usuários é apresentado na Tabela 68, que traz sete categorias, sendo que a geração de energia termelétrica foi enquadrada como "indústria". Para a efetivação das estratégias de cobrança, as seguintes categorias de usuários podem eventualmente ser consideradas em conjunto: Indústria e Mineração; Agricultura irrigada e criação animal; serviço e comércio e outras.

Tabela 68: Categorias de usuários e usos.

Usuário	Captação		Lançamento	
	Quantidade de Outorgas	Volume anual (m³ 1.000)	Quantidade de Outorgas	Volume anual (m³ 1.000)
Abastecimento Humano	125	249.611	54	124.082
Indústria	166	385.037	75	220.814
Mineração	419	32.079	11	500
Agricultura irrigada	1532	1.079.665	-	-
Criação animal	65	27.339	33	16.121
Serviço & Comércio*	144	25.732	25	3.162
Outros	141	12.254	71	64.772

* Interferências do tipo CONSUMO HUMANO que não são de prestadores de serviços de saneamento.

Um passo importante para o conhecimento dos setores usuários de recursos hídricos é a associação das outorgas de direito de uso dos recursos hídricos de domínio da União às atividades econômicas realizadas. Utilizou-se, para tanto, a Classificação

Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0), que está estruturada em cinco níveis hierárquicos de interesse, quais sejam: seção (21 atividades), divisão (87 atividades), grupo (285 atividades), classe (673 atividades) e subclasse (definido para uso da Administração Pública).

Essa associação é importante para a identificação do perfil produtivo das interferências outorgadas e posterior aplicação da Matriz Insumo-Produto ou de outras formas de identificação da eficiência de uso dos recursos hídricos de cada conjunto de usuário que virá a ter cobrança pelo uso. Três importantes referências que utilizam da mesma classificação são: (i) a “Estimativa de demanda hídrica da indústria de transformação” (ANA, 2017); (ii) a “Matriz de coeficientes técnicos para recursos hídricos no Brasil” (CNI, 2013)¹⁶; e (iii) “Atlas Irrigação”, que traz lâminas de irrigação para diversas culturas.

Segundo CNI (2013), a abrangência dos coeficientes técnicos de recursos hídricos do ponto de vista de grupos e classes da CNAE 2.0 pode ser considerada satisfatória, em razão da disponibilidade dos dados e por representar grande parte dos setores produtivos. Alguns setores produtivos de grande diversidade de produtos e processos, como a indústria química, tem sua utilização limitada devido a dados médios do grupo ou a faixas com grande amplitude, o que pode prejudicar análises individualizadas. Não obstante, os dados da Matriz conseguem subsidiar o planejamento e a estimativa de demanda de uso de recursos hídricos pelo setor industrial.

A associação entre as outorgas e as classes CNAE foi realizada seguindo os passos descritos a seguir:

- Alguns outorgados (dentre aqueles cuja finalidade de uso é indústria), contam com a codificação de sua atividade econômica conforme código CNAE. No total das 241 outorgas industriais (captação e lançamento), 94

¹⁶ A publicação MMA/FUNABRE de 2011 deu origem ao documento “Uso da água no setor industrial brasileiro: Matriz de coeficientes técnicos”, da CNI (2013).

traziam o CNAE (39%). Nesses casos, utilizou-se o código informado pelo usuário na base de outorgas;

- Para todos os demais usuários, inclusive os industriais, foi realizada uma consulta ao Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas (CNPJ), que traz o código da atividade principal vinculado ao registro. A partir dessa extensa coleta de informações, que abrangeu cerca de 2 mil consultas, os seguintes passos foram tomados:
 - o Para indústria, a consulta ao CNPJ foi utilizada e, para poucos casos, complementada por consultas à internet com base na descrição e localização do empreendedor quanto não estava associada à atividade industrial. Do total de 241 outorgas (captação e lançamento), apenas uma não foi identificada quanto à sua atividade econômica);
 - o Para mineração, o perfil de uso da interferência foi utilizado para a classificação, segregada basicamente em (i) Extração de pedra, areia e argila e (ii) Extração de minério de metais preciosos. Do total de 430 outorgas (captação e lançamento), todas foram identificadas quanto à classe CNAE.
 - o Para a irrigação, a atividade econômica de muitos outorgados não pode ser identificada pela outorga ser realizada com base no cadastro da pessoa física. A atividade listada no próprio cadastro, no entanto, permitiu cobrir lacunas, associando-se os cultivos às classes de atividade. Essa tipologia da outorga também foi utilizada como complementar e verificar a atividade nos casos em que a consulta ao CNPJ retornou atividades industriais, como "Fabricação de açúcar em bruto". Nesse caso, foi alocado o cultivo mais provável (cultivo de cana-de-açúcar). Para "Criação de bovino de corte", em outro exemplo, foi alocado o cultivo do capim. Dessa forma, foram segregadas 12 classes de atividade agrícola, conforme lista a seguir:
 - Classes agrícolas: Cultivo de cereais; Cultivo de algodão herbáceo e de outras fibras de lavoura temporária; Cultivo de cana-de-açúcar; Cultivo de soja; Cultivo de oleaginosas de lavoura temporária, exceto soja; Cultivo de plantas de lavoura temporária não especificadas anteriormente; Horticultura; Cultivo de flores e plantas ornamentais; Cultivo de laranja; Cultivo de frutas de lavoura permanente, exceto laranja e uva; Cultivo de café; e Cultivo de plantas de lavoura permanente não especificadas anteriormente.

- No total das 1.532 outorgas, 148 não conseguiram ser identificadas (9,7%).
- o Para criação animal, utilizou-se de mecânica similar a da agricultura. Identificaram-se quatro classes de atividade de criação de animais, conforme lista a seguir, cobrindo a totalidade das 98 outorgas (captação e lançamento) da atividade:
 - Classes de criação animal: Criação de bovinos; Criação de aves; Criação de suínos; e Aquicultura em água doce.
- o Para abastecimento humano, verificou-se a tipologia da outorga (abastecimento público ou consumo humano), permitindo alocar ao primeiro grupo a atividade de "Captação, tratamento e distribuição de água" e equivalente "Gestão de redes de esgoto". Algumas outorgas de órgãos da administração pública voltados ao saneamento estavam classificadas como "consumo humano", o que foi ajustado. Totalizaram-se 179 outorgas de abastecimento público e esgotamento sanitário. Para os demais usos, foi alocada classificação geral de "serviço e comércio", para segregar as atividades de consumo humano que abrangem usuários como:
 - Fazendas, centros de distribuição, supermercados, clubes, condomínios, indústrias, escolas, dentre outros.
- o Para geração de energia, a atividade econômica não é suficiente para classificação, pois não distingue a forma de geração. Realizou-se então a classificação em relação ao tipo da geração de energia com base na outorga, sendo que seis outorgas (4 de captação e 2 de lançamento) são de termelétricas que devem ser consideradas para cobrança, diferentemente dos geradores por aproveitamentos hidrelétricos, já sujeitos a Compensação Financeira pela utilização dos Recursos Hídricos para Fins de Geração de Energia Elétrica.
- o Para as intervenções classificadas como "outras", não foi realizada a busca pelo CNPJ, pois entende-se que as atividades econômicas não são relevantes para a tipificação de tais usos, que somam menos de 1% da vazão outorgada. Sua classificação foi mantida como "outras".
- A partir da identificação da classe CNAE, pode-se associar a seção, divisão e grupo da atividade econômica. Em conjunto com as informações geográficas, a atividade econômica permite refinar a base de cobrança a

fins de se sugerir os melhores cenários possíveis no sentido da eficiência econômica: maximizando o retorno ao menor custo social possível.

Além da associação com as atividades econômicas usuárias, outro cálculo foi realizado: algumas das outorgas, de diversas finalidades, constam com resultados nulos para o volume anual captado e/ou lançado. Para esses casos, foi realizado o cálculo próprio do volume anual outorgado com base na multiplicação das informações mensais da outorga (vazão por dia, quantidade de uma dias com captação ou lançamento e a quantidade de dias em cada mês), seguindo-se da somatória dos resultados de cada um dos doze meses do ano.

Mesmo com o cálculo próprio, algumas interferências não apresentam os dias com captação, rendendo ao resultado volumétrico o valor zero. Nos casos em que essas interferências apresentavam vazão média, foi realizada a alocação da vazão anual com base na razão da vazão média pelo volume total dos pares da mesma atividade econômica. Ainda para outros casos, não foi possível obter informações de vazões, resultando em 22 interferências sem esse dado.

O resultado da leitura das categorias de interferências é apresentado na Tabela 69, que traz as vinte principais atividades econômicas usuárias por suas classes do IBGE para a captação de água nos rios da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. A atividade que mais demanda água é a de Cultivo de cana-de-açúcar (15,9% do total), seguido da atividade de Captação, tratamento e distribuição de água (13,8%) e da atividade de Fabricação de açúcar em bruto (12,4%). Uma vez que há um vínculo claro entre o cultivo de cana-de-açúcar e a atividade de fabricação de açúcar em bruto, nota-se que é a atividade que representa, sozinha, 28,3% da retirada das águas. Os cultivos de cereais (preponderantemente milho), outros da lavoura temporária, café e laranja representam também atividades econômicas de alta relevância.

Tabela 69: Vinte principais classes de atividade econômica usuária para captação.

Atividade econômica usuária, seguindo a nomenclatura das classes da CNAE/IBGE	Volume (m³/ano)	Outorgas	% cumulativa
Cultivo de cana-de-açúcar	288.593.291	167	15,9%
Captação, tratamento e distribuição de água	249.610.719	125	29,7%
Fabricação de açúcar em bruto	224.956.782	53	42,1%
Cultivo de cereais	171.884.716	211	51,6%
Cultivo de plantas de lavoura temporária não especif. ant.	168.821.614	439	60,9%
Cultivo de café	142.654.258	234	68,8%
Cultivo de laranja	103.179.297	52	74,5%
null -> irrigação sem identificação da atividade*	69.800.925	149	78,4%
Fabricação de papel	53.753.520	4	81,3%
Horticultura	47.984.920	139	84,0%
Cultivo de frutas de lavoura permanente, exceto laranja e uva	43.154.534	84	86,3%
Cultivo de soja	41.667.572	47	88,6%
Extração de pedra, areia e argila	30.526.008	424	90,3%
Consumo humano sem ser prestadores de serviços de abastecimento	25.732.403	144	91,8%
Aquicultura em água doce	23.233.797	52	93,0%
Geração de energia elétrica	23.093.432	8	94,3%
Fabricação de produtos alimentícios não especif. ant.	16.441.757	7	95,2%
Fabricação de intermediários para fertilizantes	13.140.000	1	95,9%
Interferências do tipo "Outros" *	12.253.813	141	96,6%
Fabricação de álcool	9.417.820	2	97,1%

* Das 149 interferências sem classe de atividade econômica identificada, 148 são de irrigação. A somatória das interferências do tipo "Outros" representa 0,7% do volume captado total, com 141 outorgas.

A Tabela 70 identifica as vinte maiores atividades econômicas quanto ao lançamento (em volume por ano). Nota-se que há preponderância da atividade de Gestão de redes de esgoto, onde se enquadram os serviços de saneamento básico dos prestadores de serviços de saneamento, muitos das quais contam com estações de tratamento de esgotos. A segunda atividade econômica que mais lança efluentes é a de Fabricação de açúcar em bruto. A atividade de Fabricação de papel também desponta como relevante.

Tabela 70: Vinte principais classes de atividade econômica usuária para lançamento.

Atividade econômica usuária, seguindo a nomenclatura das classes da CNAE/IBGE	Volume (m³/ano)	Outorgas	% cumulativa
Gestão de redes de esgoto	124.081.815	54	28,9%
Fabricação de açúcar em bruto	96.679.312	10	51,4%
Fabricação de papel	90.035.280	4	72,4%
Interferências do tipo "Outros" *	64.772.314	71	87,5%
Aquicultura em água doce	15.692.002	24	91,1%
Fabricação de intermediários para fertilizantes	10.512.000	1	93,6%
Fabricação de produtos de minerais não metálicos não especificados anteriormente	7.732.800	1	95,4%
Condomínios prediais	3.162.276	25	96,1%
Moagem e fabricação de pr. de origem vegetal não especificados anteriormente	3.066.000	1	96,8%
Abate de suínos, aves e outros pequenos animais	2.717.568	6	97,4%
Fabricação de celulose e outras pastas para a fabricação de papel	1.752.000	1	97,8%
Metalurgia do alumínio e suas ligas	1.559.280	1	98,2%
Fabricação de produtos químicos orgânicos não especificados anteriormente	1.051.200	1	98,5%
Fabricação de adubos e fertilizantes	814.680	1	98,6%
Abate de reses, exceto suínos	765.641	6	98,8%
Fabricação de produtos alimentícios não especificados anteriormente	698.610	1	99,0%
Preparação do leite	613.200	1	99,1%
Fabricação de especiarias, molhos, temperos e condimentos	525.600	1	99,3%
Extração de pedra, areia e argila	499.547	11	99,4%
Preservação do pescado e fabricação de produtos do pescado	384.310	5	99,5%

* Um único usuário das interferências do tipo "Outros" representa 68% do volume lançado total desse grupo.

Estimativas de cargas lançadas

A Tabela 70 (acima) apresenta as interferências com outorga de lançamento em volume lançado. Para fins de cobrança, no entanto, é ideal que o fato gerador não seja o volume lançado, mas sim a carga poluidora desse lançamento. Segundo o PIRH-Grande, as estimativas de lançamento de carga de DBO_{5,20} para toda a bacia (incluindo, portanto, rios de dominialidade estadual) montam em 215,89 mil toneladas por ano.

O setor de esgotamento sanitário é responsável por 65% desse montante, enquanto o industrial por 32%. Parcelas menores de carga são geradas e lançadas pelo setor de mineração e de criação animal.

Das 54 interferências do setor de saneamento básico com outorgas de lançamento, consultadas para os corpos d'água da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, 45 apresentam informações acerca da carga de DBO efetivamente lançada. A somatória destas cargas é de 5,83 mil toneladas por ano. Como forma de completar a base de lançamentos de carga para esse importante setor, foi realizada uma estimativa própria para a carga lançada para as 9 interferências que não apresentaram esse dado.

- Para a estimativa da geração de carga, utilizou-se dos dados do SNIS dos respectivos municípios para se obter a fração da população com coleta e tratamento, aplicando o coeficiente unitário de geração de 54 mg/DBO/dia/pessoa e um abatimento de carga na rede de 5,00%.
- Para a estimativa da situação atual de tratamento, utilizou-se das informações sobre as estações de tratamento de esgotos e seus coeficientes médios de eficiência de remoção com base no Atlas Esgotos (atualização das estações de tratamento de esgotos de 2019).

Dessa forma, na somatória das 9 interferências que não haviam apresentado dados de lançamento de carga, estiou-se a quantidade de 1,20 mil ton por ano. No total, finalmente, a estimativa é de 7,03 mil ton de DBO lançadas pelas 54 interferências de saneamento básico nos rios da União. Frente ao total de carga lançada pelo setor, conforme PIRH-Grande, tem-se uma representatividade baixa das interferências de no âmbito da União (apenas 5%), o que suscita a necessidade de se ter uma maior assertividade em relação à declaração de cargas lançadas quando da implementação efetiva da cobrança.

Para as interferências industriais, de mineração e de criação animal, ocorre situação similar ao saneamento, mas de forma ainda mais saliente: das 75 interferências de lançamento, 46 reportam a carga lançada de DBO; para mineração, nenhuma das

11 outorgas reporta carga lançada de DBO; já para criação animal, das 33 outorgas, 7 reportam a carga lançada de DBO.

Das outorgas de lançamento de mineração, trata-se da atividade econômica de extração de pedra, areia e argila, que não é associada à geração de carga orgânica. Já para algumas das outorgas de lançamento dos setores industrial e de criação animal, realizou-se a estimativa de carga lançada em proporção dos respondentes de atividades econômicas usuárias equivalentes entre DBO lançado e volume lançado.

Essa mecânica foi realizada para as atividades econômicas usuárias de abate de reses, exceto suínos; abate de suínos, aves e outros pequenos animais; curtimento e outras preparações de couro; fabricação de açúcar em bruto; fabricação de papel; preservação do pescado e fabricação de produtos do pescado; aquicultura em água doce; e criação de suínos.

A carga de lançamento anual de DBO reportada pelos setores industrial e criação animal, de 4,88 mil ton/ano, foi incrementada assim para 7,12 mil ton. Mesmo com as estimativas realizadas, a quantidade total de carga de DBO lançada nos rios da União soma 14,17 mil ton/ano, o que é 6,6% do total estimado pelo PIRH-Grande. Reforça-se, assim, a necessidade de se ter uma maior assertividade em relação à declaração de cargas lançadas quando da implementação efetiva da cobrança.

Sazonalidade das captações

Com base nas interferências de captação, é possível inferir o grau de sazonalidade apresentado por estas, grau este que pode ser estimado de duas formas distintas.

A primeira forma é com base na medida estatística de dispersão dos dias com outorga (razão da variância para a média). Os resultados da razão superiores a um podem ser considerados como tendo alguma sazonalidade marcante, e os abaixo de um, podem ser considerados mais constantes no tempo. Como exemplo, uma captação

que ocorre de forma contínua (todos os dias de todos os meses) rende um resultado de 0,03; já uma captação que ocorre 275 dias no ano de forma não uniformemente distribuída, com meses sem captação alguma e outros com, resulta em uma razão de cerca de 8,00.

A segunda forma de se estimar a sazonalidade é por meio da fração do volume anual de captação que ocorre nos meses de estiagem, ou período seco (quando a disponibilidade é menor), o que na Bacia Hidrográfica do Rio Grande ocorre geralmente nos meses de maio a setembro. Caso o volume anual captado se dê de forma constante ao longo dos 12 meses do ano, o resultado esperado para a razão de sazonalidade para os meses de inverno seria de 42% (5 meses dos 12). Para se considerar uma interferência como sazonal, portanto, assumiu-se que ao menos 70% do volume anual ocorreria nos meses de inverno.

Os resultados das duas formas de estimativa de sazonalidade podem ser conferidos na Tabela 71, que apresenta a fração das outorgas e do volume, de captação que trazem sazonalidade marcante. Nota-se que a classificação da sazonalidade pode ser refinada caso entenda-se necessário, com o estabelecimento de outras regras como a adoção de um intervalo intermediário.

Tabela 71: Fração das outorgas e volumes outorgados de captação com sazonalidade.

Usuário	Razão da variância para a média		Fração do volume captado em período de estiagem	
	Quantidade de Outorgas	Volume anual (m³ 1.000)	Quantidade de Outorgas	Volume anual (m³ 1.000)
Abastecimento Humano	0%	0%	0%	0%
Indústria	7%	32%	5%	6%
Mineração	6%	3%	0%	0%
Agricultura irrigada	55%	75%	17%	18%
Criação animal	12%	14%	3%	0%
Serviço & Comércio*	0%	0%	0%	0%
Outros	7%	2%	6%	3%

* Interferências do tipo CONSUMO HUMANO que não são de prestadores de serviços de abastecimento.

6.2. Contas Econômicas Ambientais da Água

A publicação "Contas Econômicas Ambientais da Água no Brasil" (ANA; IBGE, 2020) apresenta dados híbridos entre o uso da água e seu reflexo econômico, sendo parte de um esforço maior de contabilização integrativa de dados econômicos, ambientais e sociais em uma única estrutura estatística (*System of Environmental-Economic Accounting* - SEEA). Dentre os principais dados da publicação estão os indicadores de eficiência hídrica de uso, que calcula a razão entre o valor adicionado bruto de uma atividade econômica e o volume de água usado pela mesma, em um determinado ano. Esse resultado representa, assim, quantos reais de valor adicionado bruto são gerados por metro cúbico usado de água em um determinado ano (R\$/m³).

O CEAA atualizado de 2020, apresenta resultados a nível nacional e de grandes regiões, segregados em seis setores da economia para os anos de 2013 a 2017, com correspondência às classes CNAE, pois são correspondentes às seções das atividades econômicas. Os resultados do CEAA para a Região Sudeste são replicados na Tabela 72 quanto aos indicadores de eficiência do consumo e do uso de água.

Tabela 72: Indicadores híbridos das Contas Econômicas Ambientais da Água para a Região Sudeste (ANA e IBGE, 2020).

Atividades Econômicas (2017, R\$/m ³)	Eficiência do consumo de água*	Eficiência do uso de água
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	0,78	0,52
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura (sem água do solo)**	8,59	7,42
Indústrias extrativistas	362,82	105,08
Indústrias de transformação	330,82	174,30
Eletricidade e gás	1.277,05	0,02
Água e esgoto	16,71	0,83
Construção	330,82	174,30
Demais atividades***	13.165,10	2.194,94
Total das atividades econômicas	30,47	1,57

* Consumo de água é definido como a parcela retirada para uso que não é distribuída para outras atividades econômicas e/ou não retorna ao ambiente (para recursos hídricos, mares e oceanos), pois, durante o uso, foi incorporada em produtos, ou consumida pelas famílias ou rebanhos. É calculado como a diferença entre o uso total e o total fornecido; portanto, pode incluir tanto as perdas que ocorrem na distribuição por evaporação como as perdas aparentes decorrentes de ligações clandestinas ou de medição imprecisa.

** Água do solo é definida como aquela armazenada no horizonte superior do solo, ou na zona de aeração próxima da superfície do solo, e que pode ser lançada na atmosfera no estado de vapor pelo efeito da evapotranspiração. Difere, portanto, da água de irrigação, definida como aquela aplicada artificialmente à terra para fins agrícolas com o objetivo de suprir a necessidade de água da planta.

*** Demais atividades: Atividades econômicas das seções G a U da Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE 2.0, além das Divisões 38 (Coleta, tratamento e disposição de resíduos; recuperação de materiais) e 39 (Descontaminação e outros serviços de gestão de resíduos).

Com base nos indicadores hídricos de uso de água do CEAA e a identificação dos volumes captados na base de outorgas de domínio da União (classificação das interferências pelo CNARH), devidamente classificadas em suas atividades econômicas correspondentes, é possível calcular o valor agregado bruto das outorgas por atividade, como se apresenta na Tabela 73.

Desconsiderando-se os usos das atividades econômicas de comércio e serviços, assim como os “outros” usos, e multiplicando-se os volumes das atividades pelos indicadores de eficiência de uso (que corresponde à captação ou retirada por não ser vinculado ao consumo), tem-se um total de R\$ 77,03 bilhões, o que corresponde a 39,6% do VAB de 2018 dos municípios com captação em rios da União (189 municípios de 393 no total da bacia)¹⁷.

Como se observa na Tabela 73, o valor agregado pela irrigação e dessedentação animal pode ser estimado em R\$ 7,98 bilhões, o que corresponde a 66,3% do VAB do setor primário. Já o VAB estimado para a atividade de indústrias de transformação resulta em um percentual de 142% do VAB efetivamente registrado em 2018, o que claramente não é possível de fato. Uma vez que o indicador híbrido do CEAA é correspondente à região Sudeste como um todo, o peso relativo da atividade de Fabricação de açúcar em bruto (responsável por 62,2% do volume da indústria no caso

¹⁷ Os indicadores de eficiência de uso de água foram atualizados para 2018, mesmo ano das informações da contabilidade nacional ao nível municipal, com base no deflator implícito do produto (3,67%).

analisado) é diluída. Provavelmente esse é um setor industrial que tem uma eficiência de uso de água menor do que o das demais indústrias de transformação.

Tabela 73: Valor agregado bruto estimado para a captação de água em rios da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

Atividades Econômicas (2018)	Volume Captado (m³, mil)	VAB Gerado (R\$, mil)	% do VAB Total* (%)
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura (sem água do solo)	1.037.465	7.976.571	4,1%
Indústrias extrativistas	32.266	3.515.037	1,8%
Indústrias de transformação	361.494	65.319.585	33,6%
Eletricidade e gás	23.093	499	0,0%
Água e esgoto	249.611	215.782	0,1%
Somatória dos setores listados	1.703.930	77.027.475	39,6%

* O valor agregado bruto total é a somatória dos VABs dos setores primário, secundário e terciário. Nota-se que o VAB gerado pela seção de água e esgoto é relativamente pequeno pois é intermediário.

Os resultados obtidos pelo CEAA permitem compreender o peso relativo da água na produção de valor econômico total, sendo uma métrica relevante para as próximas etapas do estudo.

6.3. Estimativas de DAP e de eficiência hídrica para as atividades econômicas usuárias

6.3.1. Atividade de abastecimento humano

Parâmetros de eficiência para consumo humano

A cobrança pela água bruta (captação) não é diretamente relacionada com a cobrança pela água realizada pelos prestadores de serviços de saneamento. Não obstante, sabe-se que eventuais repasses de preço das captações para as tarifas devem se refletir em alguma redução de consumo. Afinal, quando o preço da água sobe, sua demanda tende a cair (grau de elasticidade-preço).

O grau de elasticidade-preço representa a variação esperada na quantidade demandada em decorrência de variações no preço, ou seja, o quanto um dado aumento de preço (1%) representa em queda na demanda. De forma geral, o grau de elasticidade-preço da demanda possibilita antever o comportamento dos múltiplos usuários dos recursos hídricos frente a uma política de preços, cada qual com sua estrutura de preferências. Uma demanda inelástica significa baixa sensibilidade em relação às variações de preços, ou seja, um incremento de 1% no preço deverá gerar uma queda na demanda menos que proporcional.

Espera-se que um aumento do preço leve a uma queda na demanda, ou seja, que haja uma relação inversa entre preço e quantidade. O grau de elasticidade-preço representa tal variação relativa entre demanda e preço. A relação inversa ocorre para todos os produtos e serviços demandados, porém difere-se para aqueles cuja necessidade seja muito alta. Por exemplo, o aumento em 100% do valor de um remédio que mantém vivo um paciente não fará com que este deixe de consumi-lo, ou mesmo o faça em dosagens menores, pois isso significa seu fim. Consequentemente, esse

paciente deixaria de consumir outros bens e serviços para manter suas compras do dito remédio.

A água, assim como produtos alimentícios in natura de forma geral, é bastante inelástica, ou seja, insensível à variação de preço dado seu alto grau de necessidade. Isso significa que um aumento de 1% no preço da água não fará com que se demande 1% a menos, ou ainda 2% a menos. Segundo a ONU (2010), um consumo de cerca de 5 m³ por domicílio por mês (60 litros por habitante por dia) pode ser considerado como o necessário para o atendimento às necessidades básicas. Até esse volume, pode-se esperar uma demanda pela água quase perfeitamente inelástica, pois reflete os usos mais essenciais do recurso para os quais não existem substitutos. Não obstante, o consumo de água além das necessidades básicas deve ter um grau de elasticidade maior.

Levantamento conduzido por Andrade et al. (1995) para consumidores da Empresa de Saneamento do Paraná (SANEPAR) mostrou que diferentes segmentos de renda detêm graus de elasticidade-preço diferenciados. Para famílias com renda menor do que 2 salários-mínimos, a elasticidade é de -0,66, enquanto para usuários cuja renda era superior a 10 salários-mínimos, a elasticidade era de -0,22. Outros fatores, além da renda, também alteram os padrões de consumo e os graus de elasticidade, como fatores comportamentais, hábitos pessoais e questões culturais, além do número de habitantes em um domicílio, o tamanho do domicílio, os preços pagos pelos serviços de abastecimento, a qualidade do serviço, fatores climáticos como chuvas e temperatura, além das perdas na distribuição.

Segundo ADB (1999), a elasticidade-preço da água abastecida por rede geral é geralmente inelástica, variando entre -0,2 e -0,5. Não obstante, pode variar de -0,02 (inelástica) a -1,5 (elástica) em função da disponibilidade de fontes de suprimento alternativas, da estação do ano, da população rural ou urbana e do perfil de uso.

No Brasil, dados de painel com informações do SNIS entre 2010 e 2015 apontam para uma elasticidade-preço da demanda municipal por água bastante inelástica (-0,166). Em contrapartida, um aumento de 1% no PIB per capita provoca um aumento de apenas 0,04% no consumo per capita de água, ou seja, há uma elasticidade-renda muito baixa (Cruz e Oliveira, 2019).

Tabela 74: Graus de elasticidade-preço da demanda por água.

Autor	Ano	Região de Estudo	Tipo de Uso	Elasticidade Preço
Cruz e Oliveira	2010 a 2015	Municípios do Brasil	Consumo humano	-0,166
Medeiros e Ribeiro	2012	BH do rio Paraíba	Consumo em área urbana	-0,460
Medeiros e Ribeiro	2012	BH do rio Paraíba	Captação em área urbana	-0,964
Andrade et al.	1995	Estado do Paraná	Consumo humano	-0,24
Carrera-Fernandez	2002	BH do rio Vaza-Barris	Consumo humano	-0,13
Carrera-Fernandez	2000	BH do rio Pirapama	Consumo humano	-0,13
Chaves	2012	Rev. bibliográfica ¹⁸	Consumo humano	-0,15
Bhatia	1995	Rev. bibliográfica ¹⁹	Consumo humano	-0,35 a -0,60
Olmstead	2003	EUA e Canadá ²⁰	Consumo humano	-0,3319

Elaborado pelo Consórcio Ferma – EnvEx (2021).

A Tabela 74 apresenta os graus de elasticidade estimados no Brasil e em outros países do mundo em relação à demanda por água para consumo doméstico. Nota-se que não há um único grau de elasticidade-preço, pois em parte, os usos e finalidades implicam em valorações subjetivas e variados custos de oportunidade (FGV, 2014).

De forma geral, o grau de elasticidade-preço da demanda possibilita antever o comportamento dos múltiplos usuários dos recursos hídricos frente a uma eventual

¹⁸ A literatura consultada pelo autor foi: Carver & Boland, 1969; Hanke & Mare, 1971, Boistard, 1985; Thomas & Syme, 1979; e Veck & Bill, 1998.

¹⁹ O autor compara países em desenvolvimento. No caso do Brasil, cita elasticidade de -0,60. Já para a Indonésia, México e Costa Rica, os coeficientes são de -0,35, -0,38 e -0,40, respectivamente.

²⁰ O autor faz uso de uma extensa base de dados com 1.082 famílias em 11 áreas urbanas nos Estados Unidos e no Canadá, servidos por 16 companhias de água. Ademais, compara a influência do sistema de cobrança, além do valor do preço unitário em si. Os achados são interessantes: entre as formas de cobrança estudadas, as elasticidades variaram de -0,1937 até -0,6007.

política de preços, cada qual com sua estrutura de preferências. Percebe-se que, mesmo sendo inelásticos - os coeficientes não são irrisórios.

Outra forma de se atuar diretamente na demanda de água bruta, porém sem afetar o consumo de água tratada, é por redução das perdas físicas nos sistemas de distribuição de água. No Brasil, notoriamente, se desperdiçam cerca de 18,84 milhões de m³ por dia de água tratada (SNIS, 2020).

No caso específico dos 67 municípios na bacia do Rio Grande que detém pontos de captação dos prestadores de serviços de saneamento em rios da União na bacia, pode-se estimar uma perda de 219 mil m³ por dia (79,86 milhões de m³ por ano). Essa estimativa é realizada com base nos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), aplicando-se a diferença entre o volume de água produzido e o volume de água consumido, que é de, na média, 32,3% (Tabela 75).

Tabela 75: Volume de perdas na atividade de captação, tratamento e distribuição de águas.

Unidades de Gestão Hídrica	Volume Produzido* (m ³ , mil)	Volume Consumido* (m ³ , mil)	Diferença** (m ³ , mil)
GD 01	224	167	57
GD 02	7.481	5.114	2.367
GD 03	11.594	8.093	3.502
GD 04	979	654	325
GD 05	26.517	18.919	7.598
GD 06	12.457	8.499	3.958
GD 07	12.413	8.681	3.732
GD 08	5.320	3.773	1.546
UGRHI 01	393	269	124
UGRHI 04	23.203	14.070	9.133
UGRHI 08	44.685	30.738	13.947
UGRHI 09	100.906	67.576	33.330
UGRHI 12	607	365	243
UGRHI 15	0	0	0
TOTAL	246.777	166.915	79.862

* Indicadores AG006 (vol. produzido) e AG010 (vol. consumido) do SNIS.

** Nem toda a diferença entre o volume produzido e o consumido pode ser considerado como perda, uma vez que há volumes de serviço que estão ali considerados.

A cobrança pela água bruta pode motivar, dentre outros: a adoção de setorização e zonas piezométricas de medição e controle; macromedição e pitometria no sistema distribuidor; micromedição; e instalação de centrais de controle e operações automatizadas (monitoramento de níveis de reservatórios e de macromedidores, aberturas e fechamentos de válvulas e registros, acionamentos e desligamentos de bombas e transmissão de dados à distância). Todos esses investimentos e melhorias nos sistemas de distribuição de água reduziram o índice de perdas.

Valor econômico da captação, tratamento e distribuição de água

Com base no Contas Econômicas Ambientais da Água (ANA e IBGE, 2020), torna-se interessante contrastar a aplicação dos resultados obtidos para a bacia do Rio Grande. Segundo a publicação, a eficiência do uso da água pela atividade de "água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação" (nível de atividade econômica mais desagregado do estudo), que inclui o setor de saneamento básico, é de R\$ 0,86/m³ na região Sudeste. Caso esse parâmetro seja multiplicado pelo volume de captação da atividade econômica usuária de "captação, tratamento e distribuição de água" (249 milhões de m³) dos rios da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, tem-se uma estimativa de R\$ 215 milhões em valor agregado bruto gerado pelo uso do recurso hídrico (ver Tabela 73).

Com base na mesma publicação (ANA e IBGE, 2020), o coeficiente de eficiência no consumo da água, por este mesmo setor, é de R\$ 17,32/m³ na região Sudeste, o que resulta na geração de um valor econômico de R\$ 4.324 milhões na bacia. Essa significativa diferença se justifica pelo fato de que o insumo água é intermediário no valor agregado da economia, sendo que da água os mais altos valores unitários se obtêm nas atividades terciárias. O setor de saneamento, nesse sentido, entrega um

recurso precioso para a geração de valor econômico pelas demais atividades, pois a razão dos valores gerados pelo consumo/uso é de 20 vezes.

Com base no volume outorgado para captação dessa atividade específica, pode-se utilizar dos dados do SNIS para inferir o faturamento da atividade que utiliza das águas superficiais da União no Rio Grande: com base na proporção entre o volume de água consumido (AG010) e o volume total produzido (AG006), pode-se multiplicar a tarifa média (IN005) para obter o faturamento estimado das outorgas, que totaliza R\$ 542,98 milhões, conforme Tabela 76. Outra estimativa possível é a das despesas totais, ressaltando-se tratar de indicador (IN003) que captura o total dos serviços prestados por m³ faturado, incluindo a operação de esgotamento sanitário.

Tabela 76: Estimação do faturamento e despesas totais (incluindo esgotos) na atividade de captação, tratamento e distribuição de águas.

Unidades de Gestão Hídrica	Volume Captado (m ³ , mil)	Faturamento Estimado (R\$, mil)	Tarifa Média de Água (R\$/m ³)	Despesas Totais com os Serviços* (R\$, mil)
GD 01	368	1.420	3,86	1.994
GD 02	11.134	38.862	3,49	32.430
GD 03	12.525	41.771	3,33	32.580
GD 04	315	1.192	3,78	771
GD 05	30.783	114.662	3,72	87.411
GD 06	15.487	56.075	3,62	47.456
GD 07	18.144	46.861	2,58	35.991
GD 08	3.794	15.063	3,97	11.213
UGRHI 01	547	1.336	2,44	1.583
UGRHI 04	20.622	34.692	1,68	32.529
UGRHI 08	70.881	90.995	1,28	82.305
UGRHI 09	64.416	98.946	1,54	93.604
UGRHI 12	595	1.101	1,85	1.469
UGRHI 15	0	0	-	0
TOTAL	249.611	542.975	2,18	461.335

* As despesas totais incluem os serviços de esgotamento sanitário.

Nota-se também que a tarifa praticada de água é bastante inferior nas unidades de gerenciamento paulistas em relação às mineiras. Nas primeiras, a tarifa por m^3 é de R\$ 1,76 contra R\$ 3,55 por m^3 nas segundas.

A diferença entre o faturamento estimado com água e as despesas totais (incluindo esgotos) é da ordem de R\$ 81,64 milhões. Esse valor representa a diferença entre o valor da produção e seus custos totais, excedente que pode ser dividido pelo volume total captado para produzir a métrica de disposição a pagar, cujo resultado é de R\$ 0,33/ m^3 . No mesmo âmbito da contabilização integrativa de dados econômicos, ambientais e sociais em uma única estrutura estatística (Contas Econômicas Ambientais), o IBGE publicou a “Valoração do serviço do ecossistema de provisão de água azul” (IBGE, 2021). A água azul é tida como a água bruta, ou seja, aquela disponível para captação nos corpos hídricos superficiais e reservas subterrâneas das quais captam os usuários diretos.

De acordo com IBGE (2021), o m^3/ano de água captada pela atividade econômica de Captação, tratamento e distribuição de água, no Brasil, tem o potencial de ser remunerado em R\$ 0,33 por parte deste setor (média, entre 2013 e 2017). Trata-se do valor equivale à renda do recurso ambiental obtido pela atividade econômica, e deve apresentar variações de bacia para bacia, sendo um parâmetro nacional. O conceito de renda do recurso é obtido pelo excedente operacional bruto da atividade, líquido de custos de usuários de bens produzidos. Essa renda espelha o retorno a ativos não produzidos, como a própria água e também a marca ou recursos de marketing, estes últimos ignorados na formulação apresentada por IBGE (2021). Trata-se, portanto, da disposição a pagar máxima pelo recurso hídrico, conforme definição no início do presente capítulo 6, e cujo valor é igual ao calculado para os prestadores de serviços de saneamento na Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

Multiplicando-se o parâmetro de renda dos serviços ambientais de água azul pelo volume de captação das 125 interferências outorgadas dessa atividade econômica,

tem-se um valor de R\$ 82,37 milhões por ano. Dada a estrutura de produção e custo da atividade de "captação, tratamento e distribuição de água", os resultados de IBGE mostram o potencial de remuneração do capital natural por parte do setor, sendo que a renda do recurso ambiental equivale aproximadamente à 31% de seu valor adicionado.

Além da disposição a pagar, outra métrica importante a ser estimada é a de indução econômica da água, ou seja, a razão entre o valor adicionado bruto da atividade econômica e o volume de água usado pela mesma. Uma vez que o faturamento dos prestadores de serviço de saneamento é de R\$ 543,98 milhões, pode estimar um coeficiente mínimo de eficiência hídrica de R\$ 2,18/m³ para o setor.

6.3.2. Atividade de agricultura irrigada

As atividades econômicas de cultivos irrigados são as preponderantes em relação ao volume captado e também quanto à quantidade de interferências de captação outorgadas, como se observa na Tabela 77. As mais de 1,5 mil outorgas correspondem a 60% do total do volume captado.

Tabela 77: Principais classes de atividade econômica da agricultura irrigada para captação.

Usuário	Volume (m ³ /ano)	Outorgas	% no Volume
Cultivo de cana-de-açúcar	288.593.291	167	15,9%
Cultivo de cereais	171.884.716	211	9,5%
Cultivo de plantas de lavoura temporária não especificadas anteriormente	168.821.614	439	9,3%
Cultivo de café	142.654.258	234	7,9%
Cultivo de laranja	103.179.297	52	5,7%
Horticultura	47.984.920	139	2,6%
Cultivo de frutas de lavoura permanente, exceto laranja e uva	43.154.534	84	2,4%
Cultivo de soja	41.667.572	47	2,3%
null -> irrigação sem identificação da atividade*	69.800.925	149	3,9%

* Das 149 interferências sem classe de atividade econômica identificada, 148 são de irrigação.

Dada a importância desse setor, investigam-se abaixo os parâmetros de eficiência e de geração de valor econômico dos principais cultivos, objetivando compor um panorama sobre o potencial de contribuição para a cobrança pelo uso de recursos hídricos e seu efeito esperado sobre as demandas hídricas.

Parâmetros de eficiência na irrigação

Segundo o Atlas de Irrigação (ANA, 2021), são diversos os métodos de irrigação que atendem a diferentes culturas e condições locais. Alguns padrões de larga escala entre métodos/sistemas e culturas são apontados, tendo relevância na Bacia Hidrográfica do Rio Grande: o gotejamento e o café e a fruticultura; a aspersão com carretéis enroladores (*hidro roll*) e a cana-de-açúcar; e os pivôs centrais e a produção de grãos, em especial feijão, milho e soja.

A Tabela 78 apresenta os métodos/sistemas de irrigação e as principais atividades econômicas primárias usuárias das águas superficiais de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Os percentuais apresentam a distribuição dos métodos/sistemas por cada atividade, obtidos em relação a área cultivada. Os dados de área foram obtidos por meio da base de outorgas, considerando-se apenas aquelas com a qualificação dessa informação. A descrição dos métodos/sistemas de irrigação também segue as categorias apresentadas pela base de outorgas.

Tabela 78: Métodos/sistemas de irrigação e culturas com outorgas em rios da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

Método/ Sistema	Cana	Cereais*	Lavoura temp. **	Café	Laranja	Horticultura	Frutas***	Soja
Aspersão por canhão hidráulico	3,4%	-	-	-	-	-	2,3%	-
Aspersão por sistema autopropelido	28,4%	4,3%	2,2%	5,8%	10,1%	-	21,7%	-
Aspersão por sistema convencional	34,6%	2,7%	8,3%	3,5%	3,4%	99,6%	4,5%	-
Aspersão por sistema deslocamento linear	0,2%	-	-	-	-	-	-	-
Aspersão por sistema em malha	-	-	0,2%	-	-	-	-	-
Aspersão por sistema pivô central	26,6%	91,8%	83,8%	9,1%	0,9%	0,1%	4,6%	99,5%
Aspersão por sistema pivô central com LEPA	-	0,2%	3,9%	-	-	0,2%	-	-
Aspersão por sistema pivô central rebocável	-	-	1,1%	-	-	-	-	-
Gotejamento	6,8%	0,3%	0,2%	81,6%	85,2%	0,1%	20,3%	0,5%
Gotejamento subterrâneo - tubo poroso	-	0,5%	-	-	-	-	-	-
Inundação permanente diques em nível	-	0,1%	-	-	-	-	-	-
Inundação temporária diques em desnível	-	0,2%	-	-	-	-	-	-
Micro-aspersão	-	-	0,4%	-	0,4%	-	46,6%	-
Sub-irrigação	-	-	-	-	-	0,0%	-	-

* Principalmente milho. ** Primordialmente feijão e batata. *** Exceto laranja e uva.

Nota-se que os padrões apontados por ANA (2021) se verificam, pois 81,6% da área irrigada do café o é com gotejamento. Há, no entanto, uma parcela de 17,4% que utiliza de métodos menos eficientes, como a aspersão convencional e por pivô central. A fruticultura da laranja, muito expressiva no Grande, é predominantemente realizada por gotejamento, mas também aspersão autopropelida, que é menos eficiente no uso da água do que o primeiro sistema (95% de eficiência versus 80%).

Fora a laranja, que conta com sua própria classe de atividade econômica, as demais frutas utilizam predominantemente (46,6%) a microaspersão, que é

ligeiramente menos eficiente que o gotejamento, sistema esse que é empregado por cerca de 20% da área cultivada. Uma outra quinta parte, ainda, utiliza da aspersão por sistema autopropelido, que como visto acima, é menos eficiente.

A cultura que mais ocupa área e vazão é a da cana-de-açúcar, que utiliza predominantemente (35%) a aspersão por sistema convencional, mas também a aspersão autopropelida (28%) e pivô central (26%). A produção de grãos se faz predominantemente pelo sistema de aspersão por sistema pivô central. Nota-se que esse tipo de cultivo se subdivide em diferentes classes de atividades econômicas, a saber: Cultivo de cereais, sendo que há predomínio do milho; cultivo de lavoura temporária não especificada anteriormente, onde predominam o feijão e a batata; e o cultivo de soja, que ocupa uma classe exclusiva.

Quanto ao valor econômico da produção da agricultura irrigada, tem-se boas estimativas, mas nenhuma medida de alta precisão, pois diferentemente do setor de saneamento, que goza de uma estabilidade nas tarifas praticadas junto aos usuários finais e uma grande previsibilidade de receitas, o oposto se verifica para a agricultura, sujeita a oscilações de preço devido a mercados internacionais, taxas de câmbio e, claro, pelas condições das safras.

A contabilidade nacional e as pesquisas agrícolas conduzidas anualmente pelo IBGE, adicionalmente, não distinguem a agricultura de sequeiro daquela irrigada. Um balizador relativamente atualizado é dado pelo Censo Agropecuário de 2017, que permite conhecer diversos aspectos dos estabelecimentos rurais com irrigação, como a área irrigada, a tipologia da irrigação, o sexo do produtor, a classe de idade do produtor, a existência de energia elétrica e outros, como a condição do produtor em relação às terras e a orientação técnica recebida. Não obstante, o Censo deixa de estabelecer a relação econômica dessa produção.

Pelo Censo Agropecuário (IBGE 2017), existem 186 mil estabelecimentos agropecuários nos 393 municípios da bacia hidrográfica, ocupando uma área total de 10,95 milhões de hectares. Desse quantitativo, cerca de 19,15 mil estabelecimentos (10,3%) indicaram praticar algum tipo de irrigação, com área total de 556,60 mil hectares (ou seja, 5,1% da área total sob estabelecimentos agropecuários). A Tabela 79 apresenta estes quantitativos contra as unidades de gestão hídrica.

Tabela 79: Estabelecimentos e área dos estabelecimentos com irrigação (Censo Agropecuário) e comparação com as outorgas e as áreas indicadas nas outorgas de irrigação.

Unidades de Gestão Hídrica	Estab. Rurais com Irrigação (estab.)	Área dos Estab. Rurais com Irrig. (ha)	Outorgas de Irrigação (rios da União)	Áreas das outorgas nos rios da União (ha)
GD 01	125	1.594	9	656
GD 02	1.840	9.552	12	112.355
GD 03	1.257	26.046	323	22.780
GD 04	495	2.993	2	240
GD 05	4.111	46.946	28	466
GD 06	2.548	68.563	83	1.556
GD 07	539	9.043	123	6.699
GD 08	872	122.611	124	26.743
UGRHI 01	207	233	19	5
UGRHI 04	1.445	55.923	207	5.923
UGRHI 08	949	57.482	228	24.251
UGRHI 09	1.664	61.488	256	10.043
UGRHI 12	502	47.534	54	16.937
UGRHI 15	2.595	46.589	62	6.256
TOTAL	19.149	556.597	1.530	234.909

Elaborado pelo Consórcio Ferma – EnvEx (2021).

Nota-se que da área total declarada no Censo Agropecuário como sendo voltada para irrigação nos municípios da bacia, uma fração muito expressiva de 42,2% o faz com captação nos rios da União. Destaca-se a GD02, onde as informações se apresentam claramente discrepantes, com 112 mil ha irrigados de (impossíveis) 9,5 mil totais. Esse resultado pode ser fruto tanto das diferentes bases temporais (Censo Agropecuário de 2017 e base de outorgas do início de 2021), quanto da informação

espacial da irrigação, que não é necessariamente a mesma entre os municípios e as bacias. A aproximação total de áreas irrigadas nos municípios mineiros com base nas outorgas federais (171,49 mil ha) e as áreas totais irrigadas do Censo, nestes mesmos municípios (287,35 mil ha), indicam coesão e apontam para uma participação de 59,7%.

ANA (2021) estima que, no País, o valor da produção irrigada foi de R\$ 55 bilhões em 2019, com 16 produtos apresentando valor anual superior a R\$ 1 bilhão. Grãos como arroz, feijão, milho e soja, assim como a cana, destacam-se pela produção física, mas agregam menos valor à economia por unidade de área (entre R\$ 4 e 7 mil por hectare irrigado). Para o café, também são expressivas as áreas, mas menores que as culturas mencionadas anteriormente, e agrega da ordem de R\$ 11 a 13 mil por hectare. Culturas de menor área ocupada surgem no ranking da economia da produção irrigada pelos seus maiores valores proporcionais: laranja e melancia (da ordem de R\$ 17 a 19 mil/ha); banana e manga (da ordem de R\$ 25 mil/ha); mamão, cebola e batata (superam R\$ 40 mil/ha); alho, tomate e uva (superam R\$ 100 mil/ha).

A produtividade das culturas irrigadas tende a ser muito superior que os cultivos de sequeiro, destacando-se o rendimento de 3,7 vezes superior do arroz, 2,0 maior do feijão e 1,9 vezes superior do trigo (ANA, 2021). Mesmo com as referências de valor citadas, o próprio Atlas de Irrigação salienta que há necessidade de estudos econômicos que revelem, em maior profundidade, a importância dessa agricultura como setor da economia e na interface com outros setores, como a agroindústria. Os itens abaixo apresentam aproximações do valor econômico gerado para cada classe econômica de cultivos na Bacia Hidrográfica do Rio Grande com outorgas em rios da União, iniciando-se pela mais expressiva delas em volume captado, a da cana-de-açúcar.

Além da base de interferências, as estimativas utilizam dos levantamentos sobre **custos de produção** específicos para diferentes culturas, consultados junto à Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Essa instituição publica,

sistematicamente, os custos de produção agrícola de diversas culturas nos seus municípios de maior representatividade, expressos em reais por hectare (R\$/ha) e seguindo a metodologia detalhada no documento Custos de Produção Agrícola: A metodologia da CONAB (2010). Uma vez que as estimativas de custos de produção incluem todos os fatores de produção (materiais e equipamentos, trabalho humano, capital, terra), incluindo o custo de oportunidade associado a cada fator, tem-se a leitura necessária dos custos totais de produção. De forma a diluir eventuais variações que fogem ao comum, os custos foram consultados para 2018, 2019 e 2020, utilizando-se a média destes anos.

Estes custos são, então, subtraídos do faturamento estimado para se obter o excedente de produção (que é interpretado como a disposição a pagar máxima). Para as estimativas de faturamento, duas informações são por sua vez necessárias: preço e quantidade. Para as estimativas de preço, novamente consultou-se a base de dados da CONAB, que realiza pesquisa de preços de mais de uma centena de produtos agropecuários, compondo extenso banco de dados com referências de preços de mercado no nível de comercialização do produtor²¹. Tal como para os custos, foram utilizadas as médias de R\$/kg dos anos 2018 a 2020.

Já quanto a produtividade das culturas, em ton/ha, novamente utiliza-se dos dados sistematizados por CONAB, respeitando-se a coerência entre as consultas de custos, preço e produtividade. Também foram utilizados os valores médios de 2018 a 2020.

Com base no conjunto de informações da CONAB e das interferências outorgadas de captação, que trazem as áreas cultivadas e os volumes de captação, pode-se realizar a estimativa do faturamento ao produtor, do custo de produção e, conseqüentemente, do retorno líquido da atividade. Sobre esse excedente, calcula-se a disposição a pagar

²¹ Disponível em: <https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/>

máxima. Com base no faturamento, obtém-se o parâmetro de indução econômica da água.

Valor econômico do cultivo de cana-de-açúcar

A atividade econômica de cultivo da cana-de-açúcar não apenas responsável pela maior fração das águas da União captadas dentre os cultivos, mas também frente a todos os demais usos: as 167 outorgas vinculadas à atividade consomem o equivalente a 15,9% da vazão captada.

Somando-se as áreas cultivadas com cana-de-açúcar conforme a base de outorgas, pode-se identificar apenas 50 mil ha declarados, o que claramente não condiz com a vazão demandada e com a estimativa trazida pelo PIRH-Grande de 409 mil hectares irrigados.

Com base nos dados utilizados pelo Plano, pode-se refinar a área total irrigada com cana-de-açúcar com base na proporção da área irrigada na (409 mil ha na cota atual do PIRH) e sua vazão (8,34 m³/s máxima de retirada), inferindo-se um total atualizado de 418,44 mil ha para a vazão máxima de 9,15 m³/s de retirada.

Conforme apresentado no item anterior, 93,2% da área é irrigada por aspersão (diversos subsistemas), e outros 6,8% irrigado por gotejamento. Pelo PIRH-Grande, identificam-se dois tipos de irrigação diferenciados para a cultura, que independem do sistema de irrigação, mas sim remetem à forma de uso da água, sendo que a fertirrigação (irrigação de mistura) tem uma demanda hídrica unitário correspondente a 18% da irrigação suplementar:

- Irrigação suplementar, com lâmina média 0,0177 L/s/ha; e
- Irrigação de mistura, ou fertirrigação, com lâmina média 0,0032 L/s/ha.

Em relação ao perfil de uso de cada uma das técnicas, pode-se estimar que dos 418 mil ha, a menor fração, de 58,67 mil ha (14%), utilize a suplementar, universo que poderia ser incentivado a substituir a técnica com a cobrança. Dos demais 365 mil ha, não se pode esperar muita margem de redução de demanda, pois já se utiliza da técnica menos demandante de recursos hídricos.

Quanto à produção de valor econômico a partir da irrigação da cultura da cana-de-açúcar, pode-se estimar no rendimento de R\$ 5,54 mil/ha com base na PAM/IBGE (2019), considerando que não há diferenciação entre o valor da produção da cana-de-açúcar irrigada e a de sequeiro. Na somatória dos 393 municípios da bacia do Rio Grande, identificou-se uma área cultivada total de 2,76 milhões de hectares de cana-de-açúcar, que renderam em 2019, um volume de 217,88 milhões de toneladas e um valor econômico de R\$ 15,31 bilhões.

Com base na área irrigada ajustada das outorgas de captação nos rios de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, pode-se estimar uma produção de R\$ 2,39 bilhões, conforme se detalha na Tabela 80 por unidade de gestão hídrica. Há uma clara concentração da produção na GD 08, em Minas Gerais, e nas UGRHI 08, 12 e 15 em São Paulo.

Tabela 80: Estimação do valor econômico do cultivo de cana-de-açúcar.

Unidades de Gestão Hídrica	Volume Captado (m ³ , mil)	Vazão Média (m ³ /s)	Área Irrigada (ha)	Valor da Produção (R\$, mil)
GD 01	0	0,00	0,00	0
GD 02	0	0,00	0,00	0
GD 03	0	0,00	0,00	0
GD 04	0	0,00	0,00	0
GD 05	0	0,00	0,00	0
GD 06	0	0,00	0,00	0
GD 07	0	0,00	0,00	0
GD 08	118.265.402	3,75	131.010,18	793.417
UGRHI 01	0	0,00	0,00	0
UGRHI 04	11.594.400	0,37	16.294,38	90.284
UGRHI 08	75.184.407	2,38	109.207,91	622.909
UGRHI 09	12.249.239	0,39	17.350,31	94.377
UGRHI 12	42.043.938	1,33	79.322,95	456.507
UGRHI 15	29.255.905	0,93	65.255,90	329.298
TOTAL	288.593.291	9,15	418.442	2.386.793

Elaborado pelo Consórcio Ferma – EnvEx (2021).

Estimando-se o valor da produção econômica exclusivamente para a área cultivada sob irrigação suplementar, tem-se um faturamento de R\$ 338,57 milhões, fruto de 58,67 mil ha que rendem cerca de R\$ 5,54 mil/ha (PAM/IBGE). Dado o volume de captação, tem-se uma estimativa de indução econômica da água de R\$ 1,17/m³.

Para a estimativa da disposição a pagar máxima, parte-se das seguintes referências da CONAB para Penápolis/SP, na média entre 2018 a 2020: custo médio de produção de R\$ 3,86 mil/ha; produtividade média de 81,74 ton/ha; e preço médio de R\$ 75,82/ton. Aplicando-se os dados à área e ao volume captado nos rios da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, tem-se a estimativa de um retorno líquido de R\$ 2,34 mil/ha e uma disposição a pagar máxima de R\$ 0,48/m³.

Valor econômico do cultivo de cereais

A atividade econômica de cultivo de cereais é responsável pela segunda maior fração das águas da União captadas dentre os cultivos, com 211 outorgas que equivalem a 9,5% da vazão total captada. As seguintes culturas praticadas no Rio Grande se enquadram na classe econômica: cultivo de arroz, milho (doce, verde e pipoca) e sorgo. Dentre estes, 99% da área irrigada e da vazão é dedicada ao cultivo de milho, indistintamente de seu tipo (18,62 mil ha). Identificaram-se 110 ha de sorgo e ainda 57 ha de arroz irrigado.

Utilizando-se da razão entre a vazão e a área médias para completar as outorgas que não identificaram as áreas cultivadas, somam-se um total de 19,38 mil ha de cereais irrigados. Destes, 91,4% são irrigados por aspersão por sistema de pivô central, 7,1% por outras aspersões, e 1,1% com outras técnicas. A lâmina de irrigação média identificada é de 0,2816 litros/seg. para cada hectares, sendo que no PIRH-Grande foi considerada uma lâmina menor para as culturas irrigadas com pivô central, de 0,1725. Já quanto à produção econômica associada a esse cultivo, novamente consultou-se a PAM/IBGE (2019), que permitiu identificar, para o somatório dos 393 municípios da bacia do Rio Grande, uma quantidade de 540,72 mil hectares cultivados, dos quais obteve-se uma produção de 3,75 milhões de toneladas que correspondem a um valor de R\$ 2,14 bilhões, ou seja, um rendimento médio de R\$ 3,96 mil por ha.

Conforme observa-se por ANA (2021), a produção irrigada é maior, ou seja, em um mesmo hectare se pode produzir mais quantidades, o que se traduz em um valor maior de venda, haja vista a uniformidade do valor de venda, que não distingue entre milhos cultivados por irrigação ou qualquer outro sistema. Dessa forma, pode-se traçar um limite inferior de valor da produção, com base no rendimento de R\$ 3,96 mil/ha, e outro superior, que pode chegar ao dobro. Com base na área irrigada ajustada das outorgas de captação nos rios de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, pode-se estimar uma produção entre R\$ 71 e R\$ 141 milhões, conforme se

detalha na Tabela 81. A produção de cereais não apresenta predominância espacial como a cana-de-açúcar, sendo produzida de forma mais homogênea pela bacia.

Tabela 81: Estimação do valor econômico do cultivo de cereais (milho).

Unidades de Gestão Hídrica	Volume Captado (m³, mil)	Área Irrigada (ha)	Valor Inferior da Produção (R\$, mil)	Valor Superior da Produção (R\$, mil)
GD 01	3.731.801	421	2.209	4.418
GD 02	77.250	9	41	83
GD 03	56.986.253	6.423	25.297	50.594
GD 04	0	0	0	0
GD 05	243.777	27	102	204
GD 06	3.121.893	352	1.395	2.790
GD 07	3.335.133	376	1.376	2.751
GD 08	36.614.659	4.127	15.381	30.762
UGRHI 01	0	0	0	0
UGRHI 04	8.256.008	931	4.136	8.271
UGRHI 08	36.744.948	4.142	13.657	27.315
UGRHI 09	3.738.377	421	1.687	3.375
UGRHI 12	1.965.000	221	582	1.165
UGRHI 15	17.069.616	1.924	4.814	9.629
TOTAL	171.884.716	19.375	70.678	141.357

Pela razão entre o valor superior da produção e do volume captado, tem-se uma estimativa de indução econômica da água de R\$ 0,82/m³. Já para a estimativa da disposição a pagar máxima, parte-se das seguintes referências da CONAB para Unaí/MG, para o cultivo do milho, na média entre 2018 a 2020: custo médio de produção de R\$ 4,46 mil/ha; produtividade média de 9,0 ton/ha; e preço médio de R\$ 678,76/ton. Aplicando-se os dados à área e ao volume captado nos rios da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, tem-se a estimativa de um retorno líquido de R\$ 1,65 mil/ha e uma disposição a pagar máxima de R\$ 0,19/m³.

Valor econômico do cultivo de plantas de lavoura temporária

A atividade econômica de cultivo de plantas de lavoura temporária não especificadas anteriormente é responsável pela terceira maior fração das águas federais captadas dentre os cultivos, com 439 outorgas que equivalem a 9,3% da vazão total captada, equivalendo-se em volume ao cultivo de cereais (que é 99% milho). A Tabela 82 traz as culturas identificadas na base que compõe essa classe de atividade, juntamente com as áreas cultivadas e os volumes de captação correspondentes.

Tabela 82: Plantas de lavoura temporária não especificadas anteriormente

Feijão 5.702 ha 132.477 mil m³	Batata 3.132 ha 21.945 mil m³	Abóbora 28 ha 183 mil m³
Grama 209 ha 1.923 mil m³	Pastagem 829 ha 8.991 mil m³	Capim/Forragem 71 ha 1.073 mil m³

Elaborado pelo Consórcio Ferma – EnvEx (2021).

Nota-se que 57% da área irrigada e 79% da vazão corresponde ao cultivo de feijão; já 31% e 13%, respectivamente, é com a cultura da batata. Os sistemas/métodos de irrigação identificados para o cultivo do feijão apontam que 92,7% são irrigados por aspersão por sistema de pivô central e 2,9% com aspersão convencional. Já para a batata, verifica-se que 75,1% são irrigados por aspersão por sistema de pivô central, e 13,8% com aspersão convencional. Já quanto às pastagens, 59% se dão por pivô central, 21,5% por aspersão autopropelida e outros 17% por aspersão convencional.

Quanto à produção econômica associada ao cultivo do feijão, consultou-se a PAM/IBGE (2019), que permitiu identificar, para o somatório dos 393 municípios da bacia do Rio Grande, uma quantidade de 103 mil ha cultivados, dos quais obteve-se uma produção de 174 mil toneladas que correspondem a um valor de R\$ 543 milhões, ou seja, um rendimento médio de R\$ 5,28 mil por ha. Já quanto à batata, consultou-se a mesma base que permitiu identificar a quantidade de hectares cultivados de 20,67 mil ha, dos quais obteve-se uma produção de 637 mil toneladas que correspondem a um valor de R\$ 866 milhões, ou seja, um rendimento médio de R\$ 41,89 mil por ha.

A Tabela 83 traz os valores somados das culturas principais (feijão e batata), com seus valores de produção econômica ponderados pelas respectivas áreas cultivadas de cada cultura em cada um dos municípios, somados por suas respectivas UGHs.

Tabela 83: Estimação do valor econômico do cultivo de plantas da lavoura permanente.

Unidades de Gestão Hídrica	Volume Captado (m ³ , mil)	Área Irrigada (ha)	Valor Inferior da Produção (R\$, mil)	Valor Superior da Produção (R\$, mil)
GD 01	77.760	1	27	55
GD 02	1.031.209	0	0	0
GD 03	29.003.946	2.411	26.791	53.583
GD 04	0	0	0	0
GD 05	1.377.918	278	10.188	20.377
GD 06	5.507.595	812	20.642	41.283
GD 07	1.946.985	130	623	1.246
GD 08	9.037.758	609	4.464	8.927
UGRHI 01	6.582.461	154	393	786
UGRHI 04	23.316.205	1.752	60.365	120.730
UGRHI 08	15.715.054	1.491	8.276	16.552
UGRHI 09	63.901.657	2.157	43.765	87.531
UGRHI 12	3.734.579	82	509	1.018
UGRHI 15	7.565.191	576	4.107	8.213
TOTAL	168.798.318	10.452	180.151	360.302

Os resultados apontam para um rendimento médio de R\$ 17,23 mil por ha até cerca do dobro disso, a considerar o acréscimo de produtividade propiciado pela irrigação frente a produtividade obtida pelo cultivo em sequeiro. Pela razão entre o valor superior da produção e do volume captado, tem-se uma estimativa de indução econômica da água de R\$ 2,13/m³, que é representativo da ponderação entre os cultivos de batata e feijão.

Já para a estimativa da disposição a pagar máxima, parte-se das referências da CONAB para o cultivo do feijão em Taquarituba/SP e da batata em Bueno Brandão/MG. Para o feijão, na média entre 2018 a 2020: custo médio de produção de R\$ 7.328/ha; produtividade média de 2,7 ton/ha; e preço médio de R\$ 3,22/kg. Aplicando-se os

dados à área e ao volume captado nos rios federais da bacia do Rio Grande, tem-se a estimativa de um retorno líquido de R\$ 1,52 mil/ha. Já para a batata, na média entre 2018 a 2020, o custo médio de produção foi de R\$ 27,98 mil/ha; produtividade média de 32 ton/ha; e preço médio de R\$ 1,76/kg. Aplicando-se os dados à área e ao volume captado nos rios federais da bacia do Rio Grande, tem-se a estimativa de um retorno líquido de R\$ 28,21 mil/ha.

Ponderando-se os resultados finais pela participação de cada cultivo na área da categoria de lavoura temporária não especificada anteriormente, tem-se uma disposição a pagar máxima de R\$ 1,59/m³.

Valor econômico do cultivo de café

A atividade econômica de cultivo de café é responsável pela quarta maior fração das águas federais captadas dentre os cultivos, com 234 outorgas que equivalem a 7,9% da vazão total captada. O total de áreas irrigadas da base de outorgas é de 18,12 mil ha, sendo que ao completar as outorgas com informações faltantes com base na razão entre volume captado e área, tem-se um total de 19,24 mil ha.

A maior parte dessa área (81,6%) é irrigada de forma localizada com gotejamento, técnica que embute uma eficiência de irrigação de 95%. Outros 9,1% são irrigados por pivô central, outros 5,8% por aspersão autopropelida, e ainda outros 3,5% por aspersão convencional. A lâmina média identificada é de 0,2352 litros por segundo por hectare.

Quanto à produção econômica associada ao cultivo do café, consultou-se a PAM/IBGE (2019), que permitiu identificar, para o somatório dos 393 municípios da bacia do Rio Grande, uma quantidade de 609 mil ha cultivados, dos quais se obteve uma produção de 980 mil toneladas que correspondem a um valor de R\$ 6,55 bilhões, ou seja, um rendimento médio de R\$ 10,76 mil por ha. A Tabela 84 traz os valores associados ao cultivo de café para o conjunto de outorgados na Bacia Hidrográfica do

Rio Grande, com captação nos rios federais. Observa-se o valor estimado de R\$ 214 milhões por ano como limite inferior. Para os limites superiores, estimou-se um fator de 1,5 vezes mais produtividade.

Tabela 84: Estimação do valor econômico do cultivo de café.

Unidades de Gestão Hídrica	Volume Captado (m ³ , mil)	Área Irrigada (ha)	Valor Inferior da Produção (R\$, mil)	Valor Superior da Produção (R\$, mil)
GD 01	0	0	0	0
GD 02	939.646	127	1.339	2.008
GD 03	117.156.054	15.796	179.118	268.677
GD 04	954.000	129	1.337	2.006
GD 05	585.635	79	778	1.166
GD 06	1.506.361	203	2.044	3.067
GD 07	16.386.035	2.209	23.775	35.663
GD 08	96.300	13	127	190
UGRHI 01	0	0	0	0
UGRHI 04	2.072.286	279	3.217	4.826
UGRHI 08	1.378.261	186	1.781	2.671
UGRHI 09	17.280	2	26	39
UGRHI 12	0	0	0	0
UGRHI 15	1.562.400	211	1.131	1.697
TOTAL	142.654.258	19.234	214.673	322.010

Pela razão entre o valor superior da produção e do volume captado, tem-se uma estimativa de indução econômica da água de R\$ 2,26/m³. Já para a estimativa da disposição a pagar máxima, parte-se das seguintes referências da CONAB para Patrocínio/MG, na média entre 2018 a 2020: custo médio de produção de R\$ 15,69 mil/ha; produtividade média de 1,98 ton/ha; e preço médio de R\$ 8,93/kg. Aplicando-se os dados à área e ao volume captado nos rios federais da bacia do Rio Grande, tem-se a estimativa de um retorno líquido de R\$ 1,99 mil/ha e uma disposição a pagar máxima de R\$ 0,27/m³.

Valor econômico do cultivo de laranja

A atividade econômica de cultivo de laranja é responsável pela quinta maior fração das águas federais captadas dentre os cultivos, com 52 outorgas que equivalem a 5,7% da vazão total captada. O total de áreas irrigadas da base de outorgas é de 12,83 mil ha, sendo que ao completar as outorgas com informações faltantes com base na razão entre volume captado e área, tem-se um total de 15,30 mil ha.

A maior parte dessa área (85,2%) é irrigada por gotejamento, sendo essa técnica de irrigação localizada muito eficiente. Outros 10,1% são irrigados por aspersão autopropelida, 3,4% por aspersão convencional e ainda 1,3% por outros métodos, incluindo micro-aspersão (que é técnica localizada, mas ligeiramente menos eficiente que o gotejamento). A lâmina média identificada é de 0,2138 litros por segundo por hectare.

Quanto à produção econômica associada ao cultivo da laranja, consultou-se a PAM/IBGE (2019), que permitiu identificar, para o somatório dos 393 municípios da bacia do Rio Grande, uma quantidade de 185 mil ha cultivados, dos quais obteve-se uma produção de 5,91 milhões de toneladas que correspondem a um valor de R\$ 3,08 bilhões, ou seja, um rendimento médio de R\$ 16,64 mil por ha. A Tabela 85 traz os valores associados ao cultivo de laranja para o conjunto de outorgados na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, com captação nos rios federais. Observa-se o valor estimado de R\$ 251 milhões por ano como limite inferior. Para os limites superiores, estimou-se um fator de 1,5 vezes mais produtividade.

Tabela 85: Estimação do valor econômico do cultivo de laranja.

Unidades de Gestão Hídrica	Volume Captado (m ³ , mil)	Área Irrigada (ha)	Valor Inferior da Produção (R\$, mil)	Valor Superior da Produção (R\$, mil)
GD 01	1.696.336	252	4.836	7.254
GD 02	0	0	0	0
GD 03	264.902	39	898	1.346
GD 04	0	0	0	0
GD 05	0	0	0	0
GD 06	33.178	5	72	108
GD 07	2.207.520	327	8.399	12.598
GD 08	3.203.225	475	6.459	9.688
UGRHI 01	0	0	0	0
UGRHI 04	12.680.126	1.880	36.144	54.216
UGRHI 08	6.592.440	978	12.553	18.829
UGRHI 09	24.819.116	3.680	57.665	86.498
UGRHI 12	48.075.394	7.129	114.852	172.279
UGRHI 15	3.607.060	535	9.519	14.278
TOTAL	103.179.297	15.300	251.396	377.094

Elaborado pelo Consórcio Ferma – EnvEx (2021).

Pela razão entre o valor superior da produção e do volume captado, tem-se uma estimativa de indução econômica da água de R\$ 3,65/m³. Já para a estimativa da disposição a pagar máxima, parte-se das seguintes referências da CONAB para Frutal/MG, na média entre 2018 a 2020: custo médio de produção de R\$ 20,90 mil/ha; produtividade média de 48,39 ton/ha; e preço médio de R\$ 0,51/kg. Aplicando-se os dados à área e ao volume captado nos rios federais da bacia do Rio Grande, tem-se a estimativa de um retorno líquido de R\$ 3,78 mil/ha e uma disposição a pagar máxima de R\$ 0,56/m³.

Demais cultivos

A sexta maior atividade relacionada à agricultura irrigada é a de **horticultura**, que com base nas outorgas em rios federais, é praticada para uma extensa lista de culturas, tais como: abobrinha, alface, batatinha, beterrabas, brócolis, cebola, cenoura, couve, ervilha, jiló, hortaliças, morango, pepino, tomate e vagem. Praticamente a totalidade da horticultura é irrigada com base em aspersão convencional (99,6%).

O volume captado pela horticultura é de 47,98 milhões de m³, irrigando uma área de 114 mil hectares na Bacia Hidrográfica do Rio Grande e gerando um valor econômico estimado em R\$ 457,36 milhões (com base nos dados da PAM/IBGE). Pela razão entre o valor superior da produção e do volume captado, tem-se uma estimativa de indução econômica da água de R\$ 9,53/m³. Já para a estimativa da disposição a pagar máxima, parte-se do cultivo da cebola em Coimbra/MG como representante da categoria, que teve na média entre 2018 a 2020, nas referências da CONAB: custo médio de produção de R\$ 21,95 mil/ha; produtividade média de 25 ton/ha; e preço médio de R\$ 1,81/kg. Aplicando-se os dados à área e ao volume captado nos rios federais da bacia do Rio Grande, tem-se a estimativa de um retorno líquido de R\$ 23,38 mil/ha e uma disposição a pagar máxima de R\$ 3,29/m³.

Já quanto ao **cultivo de frutas de lavoura permanente, exceto laranja e uva**, tem-se a identificação de uma variedade grande de frutas, como: abacaxi, atemóia, banana, coco verde, lichia, lima, limão, mamão, manga, tangerina e pomares diversificados. Assim como os cultivos, as formas de irrigação são também bastante diversificadas.

O volume captado pela fruticultura é de 43,15 milhões de m³, sendo que cerca de 60% são dedicados a banana. Utilizando-se essa cultura como representativa do grupo de cultivos de frutas permanentes exceto laranja, identifica-se uma área irrigada de 14,74 mil hectares na Bacia Hidrográfica do Rio Grande e gerando um valor econômico

estimado em R\$ 260,69 milhões (com base nos dados da PAM/IBGE). Pela razão entre o valor superior da produção e do volume captado, tem-se uma estimativa de indução econômica da água de R\$ 9,91/m³. Já para a estimativa da disposição a pagar máxima, parte-se dos dados da CONAB para Brazópolis/MG, que teve na média entre 2018 a 2020: custo médio de produção de R\$ 21,11 mil/ha; produtividade média de 25 ton/ha; e preço médio de R\$ 1,83/kg. Aplicando-se os dados à área e ao volume captado nos rios federais da bacia do Rio Grande, tem-se a estimativa de um retorno líquido de R\$ 24,54 mil/ha e uma disposição a pagar máxima de R\$ 2,87/m³.

Por fim, tem-se o **cultivo de soja**, que é predominantemente realizado com pivô central (99,5%) e ocupa uma área de 5,6 mil hectares. A demanda hídrica outorgada para esse cultivo é de 41,67 milhões de m³, gerando um valor econômico estimado em R\$ 30,93 milhões (com base nos dados da PAM/IBGE). Pela razão entre o valor superior da produção e do volume captado, tem-se uma estimativa de indução econômica da água de R\$ 0,74/m³. Já para a estimativa da disposição a pagar máxima, parte-se das referências da CONAB para Assis/SP, que teve na média entre 2018 a 2020: custo médio de produção de R\$ 3,18mil/ha; produtividade média de 3 ton/ha; e preço médio de R\$ 1,47/kg. Aplicando-se os dados à área e ao volume captado nos rios federais da bacia do Rio Grande, tem-se a estimativa de um retorno líquido de R\$ 1,23 mil/ha e uma disposição a pagar máxima de R\$ 0,17/m³.

6.3.3. *Atividade industrial*

Parâmetros de eficiência na indústria

Enquanto os usuários atendidos pelos prestadores de serviços de abastecimento são, na maioria das vezes, residências, comércios, prestadores de serviço e também indústrias, estas últimas tendem a ser consumidores de menor volume em comparação às indústrias com autoabastecimento. Em número (quantidade) de usuários, as

indústrias conectadas a rede pública superam em muito aquelas com abastecimento próprio; já em volume de água captada, entretanto, a tendência é que haja situação oposta: os poucos grandes usuários industriais consomem volumes muito expressivos de água.

A demanda de água na indústria reflete o tipo de produto que está sendo produzido e seus processos industriais associados. A intensidade do uso da água depende de vários fatores, dentre eles, o tipo de processo e de insumos, tecnologias empregadas, boas práticas e maturidade da gestão. No que se refere a utilização de água no processo produtivo, pode-se observar diversas funções, tais como: matéria-prima e reagentes; solventes de substâncias sólidas, líquidas e gasosas; lavagem e retenção de materiais contidos em misturas; veículo de suspensão; e operações envolvendo transmissão de calor (ANA, 2017).

Na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, as indústrias são responsáveis por 21% do total do volume anual captado, sendo importante investigar seus potenciais movimentos em relação à demanda hídrica (captação e lançamento) dada a cobrança pela água bruta. Os indicadores de eficiência hídrica do setor de indústrias de transformação das CEAA apontam para a geração de R\$ 330,82 em valor adicionado bruto para cada m³ consumido no processo; ou R\$ 174,30 para cada m³ utilizado no processo produtivo.

Lanna (1999), com base em entrevistas junto a indústrias do Rio Grande do Sul, verificou que o custo operacional por unidade de água captada usualmente é baixo. Isso indica que a cobrança pelo uso de recursos hídricos pode ser um fator de menor relevância econômica para essa atividade.

Tabela 86: Tipologia industrial e o custo operacional/m³ da água captada.

Tipologia Industrial	Custo Operacional Total (R\$/m ³ captado)
Metal mecânica - Metalurgia	345
Metal mecânica - Equipamentos de refrigeração	1.200
Curtumes	60
Beneficiamento de couros	50
Fabricação de calçados	2.800
Abate de bovinos	145
Abate de suínos	140
Abate de aves	125
Papel e celulose	5,5
Têxtil	63
Alimentos	235
Bebidas não alcoólicas	260
Química fina	1.285

Fonte: Lanna (1999)

Os valores apresentados na Tabela 87 permitem estimar a sensibilidade de cada atividade industrial ao custo da água bruta. Na indústria de fabricação de calçados, por exemplo, a sensibilidade ao custo da água é muito baixa, uma vez que o custo operacional total é alto. Isso indica que a sensibilidade ao custo da água, sendo esta, apenas um dos fatores de produção, é relativamente pequena face aos demais custos. Vice-versa, caso o quociente seja pequeno, como o é para a indústria de papel e celulose, mais sensível acaba sendo sua relação ao custo da água. Os setores pesquisados por Lanna (1999) de maior sensibilidade, portanto, são os de papel e celulose, couro (beneficiamentos e curtumes), têxtil, frigoríficos e alimentos e bebidas não alcoólicas.

A medida de sensibilidade apenas apresentada não é equivalente ao coeficiente de elasticidade, que estabelece a relação de variação da quantidade em função de variações no preço. Por mais que a elasticidade-preço da água pelos usuários da rede pública seja baixa, tem-se uma outra situação para a demanda de água industrial.

Carrera-Fernandez (2002), estudando as indústrias na bacia do rio Vaza-Barris, estimou a elasticidade-preço industrial em $-1,01$, o que representa uma relação praticamente unitária, e não mais inelástica. O mesmo autor, ao estimar a elasticidade-preço da demanda industrial na bacia hidrográfica do rio Pirapama, chegou ao valor de $-1,03$, também relativamente unitária.

Alves et al. (2009), em estudo da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas - Fipe, investigou a relação da demanda industrial da água pelos clientes da SABESP do setor industrial. O autor encontra uma demanda inelástica de $-0,4131$, destacando que alguns setores, como o metalúrgico, por exemplo, detêm demandas elásticas enquanto outros - alimentício - inelásticas. Outro achado é que, quando a indústria depende do serviço de abastecimento público, sua elasticidade-preço é maior do que quando dispõe de abastecimento próprio.

Feres e Reynaud (2005), estudou especificamente as indústrias no entorno da bacia do Rio Paraíba do Sul com dados primários de 488 estabelecimentos. Segundo modelagem econométrica, os autores especificaram a estrutura de custos das indústrias, sendo a água um dos fatores de produção. Foram modelados os seguintes insumos de produção, além da água: capital, trabalho, materiais e energia. A partir dos parâmetros estimados, foram computadas as elasticidades-preço da demanda pelo recurso hídrico para diversos setores industriais, bem como as elasticidades-cruzadas entre o insumo água e os demais insumos.

No total da amostra de Feres e Reynaud (2005), a elasticidade-preço da demanda de água encontrada foi $-0,5847$. Esta elasticidade-preço, segundo a forma de captação da indústria, indica uma notável diferença: para aqueles estabelecimentos que fazem uso exclusivo da rede pública, a elasticidade é de $-0,6344$; já para aqueles com captação própria, é de $-0,3730$. A Tabela 87 apresenta o detalhamento por setor industrial, ordenado pelo grau de elasticidade.

Tabela 87: Elasticidade-preço da demanda em setores industriais na bacia do rio Paraíba do Sul

Alimentos e bebidas -0,82	Papel e celulose -0,76	Química -0,71
Material de transporte -0,51	Metalurgia -0,48	Madeira, borracha e plástico -0,40
Vestuário, calçados e couro -0,31	Máquinas e equipamentos -0,31	Minerais não-metálicos -0,22
Têxtil -0,04	Outros setores -0,33	Elasticidade média -0,58

Fonte: Feres e Reynaud (2005)

Indo além da relação entre preço e demanda por água, Feres e Reynaud (2005) realizaram simulações para avaliar os impactos de aumentos do preço da água sobre a quantidade de água demandada e seu impacto no custo total das firmas. Observou-se que um aumento de 10% no preço da água acarreta uma redução de -3,23% na sua demanda. Já o impacto sobre o custo de produção é pouco significativo: este mesmo aumento de 10% no valor da água geraria um acréscimo no custo da ordem de 0,05%.

Os autores apresentam uma tabela com o impacto do aumento do preço da água sobre a demanda pelos fatores de produção, ou seja, com o quanto os outros fatores de produção subiriam em demanda caso o preço da água fosse reajustado. O que sublinha o raciocínio é a substituição entre os fatores de produção para que se mantenham os níveis de produção inicial.

A forma com a qual os referidos autores chegam ao aumento no custo por insumo é pelo conhecimento da participação relativa de cada um deles na produção (entre água, capital, trabalho, materiais, energia) para cada atividade industrial. Ou seja, mediante o aumento de um insumo de produção (no caso a água) e com o conhecimento das elasticidades-cruzadas, pode-se calcular o efeito de substituição que ocorre para compensar, em outros insumos, o aumento de preços.

Também com base na bacia do rio Paraíba do Sul, mas dessa vez em relação à instituição da cobrança pelo uso de recursos hídricos naquela bacia, Pedras, Magalhães e Azevedo (2003) realizaram uma avaliação de seu efeito no custo operacional. Os autores entrevistaram 22 indústrias na vertente fluminense da bacia, priorizando as potencialmente mais sensíveis ao custo da água, criteriosamente selecionadas a partir de um universo de 146 indústrias que representava 80% do total captado pelo setor.

A Tabela 88 apresenta os aumentos médios percentuais dos custos operacionais, por setor, onde se nota o efeito maior sentido pelo setor sucroalcooleiro, que é também relevante na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Os demais setores apresentaram variações em geral muito pequenas nos seus custos operacionais em função da cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Tabela 88: Aumento médio percentual no custo operacional total pós-cobrança na bacia do rio Paraíba do Sul

Alimentos e bebidas (3) 0,0082	Frigoríficos (4) 0,0134	Laticínios (4) 0,0066
Papel e celulose (4) 0,0539	Têxtil (3) 0,0530	Sucroalcooleiro (4) 0,7216

Fonte: Pedras, Magalhães e Azevedo (2003). Em parêntese, a amostra de cada setor.

Tal como as estimativas para os coeficientes de indução econômica e de disposição a pagar para os cultivos agrícolas fizeram uso das informações de referência da CONAB, para as atividades industriais se faz uso das informações obtidas junto à Pesquisa Industrial Anual (PIA) do IBGE²². A pesquisa, de nível nacional, permite consultar dados de receita líquida de vendas, valor adicionado e valor bruto da produção, por lista de produtos, que por sua vez guardam referência às classes das

²² Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/7752> (Produção e vendas dos produtos e/ou serviços industriais, segundo as classes de atividades e os produtos) e em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1855> (Estrutura do valor adicionado das empresas industriais com 5 ou mais pessoas ocupadas, segundo as divisões e os grupos de atividades).

atividades econômicas. Além da PIA, faz-se uso da já citada matriz de coeficientes técnicos da CNI (2013) para estabelecer a relação de produção com base nos volumes outorgados.

Valor econômico da indústria de fabricação de açúcar em bruto

A Fabricação de açúcar em bruto é a maior indústria da bacia em volume de captação (com captação em rios federais), abrangendo 53 outorgas e 12,4% do volume captado total. Como forma de se investigar o valor econômico dessa atividade, recorre-se à CNI (2013) e sua matriz de coeficientes técnicos, que indica o uso de 17 m³ de água para cada tonelada de açúcar produzida. Segundo ÚNICA, a produção no estado de São Paulo na safra 2019/2020 foi de 18,52 milhões de toneladas, o que faz com que a região represente cerca de 71,5% do total produzido no estado, como se observa na Tabela 89.

Observa-se também que o faturamento estimado com a atividade é de R\$ 15,53 bilhões, com base no valor de referência de R\$ 58,69/saca de 50 kg. Esse valor é obtido com base na PIA/IBGE, que apresenta para o país como um todo, a produção de 13.150.580 toneladas de açúcar cristal em bruto e um valor da produção associado de R\$ 15.437.010 mil, o que resulta em R\$ 1.174/ton. Essa estimativa corresponde a 26% do valor adicionado bruto da indústria somada nos municípios da bacia, e prepondera nos municípios paulistas da UGH 09 e 04.

Tabela 89: Estimação da produção e do faturamento na atividade de fabricação de açúcar em bruto.

Unidades de Gestão Hídrica	Volume Captado (m³, mil)	Vazão Média (m³/s)	Produção Física (ton)	Faturamento Estimado (R\$, mil)
GD 01	0	0,00	0	0
GD 02	0	0,00	0	0
GD 03	0	0,00	0	0
GD 04	0	0,00	0	0
GD 05	0	0,00	0	0
GD 06	0	0,00	0	0
GD 07	0	0,00	0	0
GD 08	12.145.320	0,39	714.431	838.645
UGRHI 01	0	0,00	0	0
UGRHI 04	77.971.324	2,47	4.586.548	5.383.990
UGRHI 08	44.668.898	1,42	2.627.582	3.084.428
UGRHI 09	85.746.840	2,72	5.043.932	5.920.897
UGRHI 12	4.424.400	0,14	260.259	305.509
UGRHI 15	0	0,00	0	0
TOTAL	224.956.782	7,13	13.232.752	15.533.469

Elaborado pelo Consórcio Ferma – EnvEx (2021).

Pela razão entre o faturamento estimado para a fabricação de açúcar em bruto e o volume hídrico outorgado para captação pela atividade, tem-se um coeficiente de indução econômica da água de R\$ 69,05/m³. A estimativa da disposição a pagar máxima demanda conhecer o excedente da atividade, o que se faz possível com base na razão entre o valor adicionado e o valor bruto da produção, obtidos novamente em consulta à PIA/IBGE para o ano de 2019. Segundo essa estimativa, a razão de 37,96% para a atividade de fabricação e refino de açúcar pode ser aplicada ao faturamento estimado, permitindo derivar o coeficiente de R\$ 26,21/m³ para a disposição a pagar máxima.

Valor econômico da fabricação de papel

A Fabricação de papel é a segunda maior indústria da bacia em volume de captação (com captação em rios federais), abrangendo 4 outorgas e 3% do volume captado total. Como forma de se investigar o valor econômico dessa atividade, recorre-se à CNI (2013) e sua matriz de coeficientes técnicos, que indica o uso de 28,15 m³ de água para cada tonelada de papel produzido. Pode-se então estimar uma produção de 1,91 milhão de toneladas, praticamente toda concentrada na UGH paulista 09.

Quanto ao faturamento, a média de preços da tonelada de papéis sem desconto e sem ICMS e IPI, de acordo com o Grupo de Economia Florestal da ESALQ/USP, em meados de 2020 foi de R\$ 2.835 (abrangendo papel miolo, capa reciclada, testliner, kraftliner e sack kraft). O total econômico em um ano pode ser estimado em R\$ 5,41 bilhões, como apostado na Tabela 90.

Tabela 90: Estimação da produção e do faturamento na atividade de fabricação de papel.

Unidades de Gestão Hídrica	Volume Captado (m ³ , mil)	Vazão Média (m ³ /s)	Produção Física (ton)	Faturamento Estimado (R\$, mil)
GD 01	0	0,00	0	0
GD 02	0	0,00	0	0
GD 03	0	0,00	0	0
GD 04	0	0,00	0	0
GD 05	0	0,00	0	0
GD 06	0	0,00	0	0
GD 07	0	0,00	0	0
GD 08	0	0,00	0	0
UGRHI 01	0	0,00	0	0
UGRHI 04	10.920	0,00	388	1.100
UGRHI 08	0	0,00	0	0
UGRHI 09	53.742.600	1,70	1.909.151	5.412.061
UGRHI 12	0	0,00	0	0
UGRHI 15	0	0,00	0	0
TOTAL	53.753.520	1,70	1.909.539	5.413.161

Elaborado pelo Consórcio Ferma – EnvEx (2021).

Pela razão entre o faturamento estimado e o volume hídrico outorgado para captação pela atividade, tem-se um coeficiente de indução econômica da água de R\$ 100,70/m³. Para a estimativa da disposição a pagar máxima, recorre-se novamente à razão entre o valor adicionado e o valor bruto da produção para o ano de 2019 (PIA/IBGE), que indica 28,65%. Com base nessa fração do faturamento, deriva-se a disposição a pagar máxima de R\$ 28,85/m³.

Demais atividades industriais

As atividades industriais de fabricação de açúcar e fabricação de papel, acima descritas, representam 72% do volume industrial captado nos rios federais da bacia do Rio Grande. Não obstante, outras três atividades merecem destaque por comporem, juntas, 10,1% do volume industrial: Fabricação de produtos alimentícios não especificados anteriormente (4,3%); Fabricação de intermediários para fertilizantes (3,4%); e Fabricação de álcool (2,4%). Com a pormenorização destes três setores, encerra-se a investigação específica das atividades econômicas usuárias industriais, pois as demais frações de captação (17,4%) são espalhadas em diversas classes de atividades do setor secundário, cada qual com uma baixa representatividade do total.

A **Fabricação de produtos alimentícios não especificados anteriormente** é responsável por uma captação de 16,44 milhões de m³/ano. Segundo CNI (2013), o coeficiente de retirada dessa atividade é de 4,72 m³/ton, o que implica em uma produção aproximada de 3,48 milhões de toneladas. Para se realizar a estimativa do valor econômico dessa produção, utilizou-se da razão do valor bruto da produção por empresa, declarada na PIA/IBGE, aplicada ao conjunto de sete empresas atuantes na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. O resultado dessa estimativa é de R\$ 41,27 milhões, que dividido pelo volume hídrico outorgado traz um coeficiente de indução econômica

de R\$ 2,51/m³. Para a estimativa da disposição a pagar máxima, utiliza-se da razão entre o valor adicionado e o valor bruto da produção para o ano de 2019 (PIA/IBGE), de 29,88%. Com base nessa fração do faturamento, deriva-se a disposição a pagar máxima de R\$ 0,75/m³.

A **Fabricação de intermediários para fertilizantes** é responsável por uma captação de 13,14 milhões de m³/ano. Segundo CNI (2013), o coeficiente de retirada dessa atividade é de 4,5 m³/ton, o que implica em uma produção aproximada de 2,92 milhões de toneladas. A estimativa do valor econômico dessa produção foi realizada com a mesma metodologia que para a atividade de fabricação de produtos alimentícios, resultando em R\$ 144 milhões, que dividido pelo volume hídrico outorgado traz um coeficiente de indução econômica de R\$ 10,96/m³. A razão entre o valor adicionado e o valor bruto da produção para o ano de 2019 (PIA/IBGE), de 17,02%, permite estimar a disponibilidade a pagar máxima de R\$ 1,87/m³.

A **Fabricação de álcool** é responsável por uma captação de 9,42 milhões de m³/ano. Segundo CNI (2013), o coeficiente de retirada dessa atividade é de 2,0 m³/ton, o que implica em uma produção aproximada de 4,71 milhões de toneladas. A estimativa do valor econômico dessa produção foi realizada com a mesma metodologia que para as atividades anteriores, resultando em R\$ 663 milhões, que dividido pelo volume hídrico outorgado traz um coeficiente de indução econômica de R\$ 70,43/m³. A razão entre o valor adicionado e o valor bruto da produção para o ano de 2019 (PIA/IBGE), de 36,21%, permite estimar a disponibilidade a pagar máxima de R\$ 25,50/m³.

6.3.4. *Demais atividades econômicas usuárias*

Dentre as demais atividades econômicas de relevância quanto ao uso dos recursos hídricos federais na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, dois se sobressaem

como importantes para o estabelecimento da relação de uso econômico: a mineração e a criação animal, ambos tratados na sequência sob a mesma lógica de se identificar a disposição a pagar pela água como insumo de produção e a eficiência hídrica de uso da água.

A mineração representa uma demanda de retirada equivalente a 1,8% do total das águas federais, e dentre as atividades econômicas desse setor, a de **extração de pedra, areia e argila**, por sua vez, é responsável por 94,5%. A captação, de 29,79 milhões de m³/ano, é associada à produção de 212,75 milhões de toneladas, estimadas segundo o coeficiente de retirada de 0,14 m³/ton (CNI, 2013). Para se realizar a estimativa do valor econômico dessa produção, utilizou-se do valor de R\$ 1,21/ton, obtido pela média de faturamento e produção para as substâncias de areia e correlatos, nos 14 municípios de mais alto valor da Contribuição Financeira pela Exploração Mineral (CFEM), consultadas junto ao portal de informações da Agência Nacional de Mineração (ANM)²³. O resultado dessa estimativa é de R\$ 256 milhões, que dividido pelo volume hídrico outorgado traz um coeficiente de indução econômica de R\$ 8,61/m³. Para a estimativa da disposição a pagar máxima, utiliza-se da razão entre o valor adicionado e o valor bruto da produção para o ano de 2019 (PIA/IBGE), de 44,99%. Com base nessa fração do faturamento, deriva-se a disposição a pagar máxima de R\$ 3,87/m³.

A última das atividades econômicas usuárias de interesse é a de criação animal, responsável por uma captação equivalente a 1,5% do total. Desse volume, 85% são demandados pela atividade econômica de **Aquicultura em água doce**, na qual se focam as análises. A atividade aquícola é focada, basicamente, na tilapicultura, que

²³ Disponível em: https://sistemas.anm.gov.br/arrecadacao/extra/relatorios/arrecadacao_cfem.aspx
Os municípios consultados foram: Itajubá, Mogi Guaçu, Casa Branca, Itapira, Itapagipe, Piranguinho, Tambaú, São João da Boa Vista, São Carlos, Santa Rita do Sapucaí, Miguelópolis, Igarapava, Lavras e Aguai.

representa 91,4% do volume de produção e 87% do valor econômico da atividade, ambas informações compiladas a partir da Pesquisa da Pecuária Municipal do IBGE²⁴. Estivou-se a relação da produção física com a demanda hídrica de retirada com base na média dessa relação (kg/volume) para os municípios da bacia do Rio Grande que apresentam essa produção, obtendo-se o coeficiente de 5,47 kg/m³. Com estas informações, foi possível estimar o faturamento da atividade respectivo às outorgas, que é de R\$ 27,08 milhões. A razão entre este resultado e o volume de retirada resulta no coeficiente de indução econômica de R\$ 1,17/m³. Para a estimativa da disposição a pagar máxima, utiliza-se da cotação de preços ao produtor na praça de São Paulo, que é de R\$ 6,38, derivando-se a disposição a pagar máxima de R\$ 0,53/m³.

6.4. Identificação das possíveis reduções de usos

6.4.1. Consolidação das relações econômicas

Os itens anteriores permitiram estimar as relações de uso da água, geração de valor e eficiência hídrica para os principais setores econômicos detentores de outorgas de captação superficial nos rios federais da bacia. As relações apresentadas foram realizadas após a associação das outorgas às atividades econômicas. Os principais resultados, cujo objetivo foi gerar os dados de entrada para o modelo de otimização da cobrança (apresentado no capítulo 5), foi a estimação da disposição a pagar pela água e do valor de eficiência hídrica de uso da água (valor da indução econômica).

Conforme apresentado no item 6.1, foram identificadas outorgas de captação em rios federais relativas a um total de 63 classes de atividades econômicas (segundo a

²⁴ Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940>

CNAE), muito embora 90% do volume total captado se concentre em dezesseis delas, para as quais foram calculados os valores de disposição a pagar e de eficiência hídrica.

Tabela 91: Relações econômicas do uso da água por atividade econômica usuária.

Atividades econômicas usuárias preponderantes no uso dos recursos hídricos (apresentadas pelas classes CNAE/IBGE)	Volume de Uso (m ³ , mil)	Eficiência Hídrica (R\$/m ³)	Disposição a Pagar (R\$/m ³)
Captação, tratamento e distribuição de água	224.650	2,1753	0,3271
Fabricação de açúcar em bruto	202.461	69,0509	26,2141
Fabricação de papel	48.378	100,7034	28,8519
Fabricação de produtos alimentícios não especificados anteriormente	14.798	2,5102	0,7499
Fabricação de intermediários para fertilizantes	11.826	10,9583	1,8655
Fabricação de álcool	8.476	70,4261	25,5018
Extração de pedra, areia e argila	27.473	8,6101	3,8733
Aquicultura em água doce	20.910	1,1655	0,5276
Cultivo de cana-de-açúcar	259.734	1,1732	0,4753
Cultivo de cereais	154.696	0,8224	0,1861
Cultivo de plantas de lavoura temporária não especificadas anteriormente	151.939	2,1345	1,5903
Cultivo de café	128.389	2,2573	0,2686
Cultivo de laranja	92.861	3,6547	0,5606
Horticultura	43.186	9,5313	3,2858
Cultivo de frutas de lavoura permanente, exceto laranja e uva	38.839	9,9075	2,8707
Cultivo de soja	37.501	0,7423	0,1672

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Uma vez que os resultados acima são calculados ao nível das classes de atividades econômicas usuárias, pode-se adotar alguns pressupostos para os valores das demais que congregam a totalidade das outorgas de captação nos rios federais. Para estas, que representam 17% do volume captado pelas cinco principais atividades desse setor usuário, adotam-se valores de eficiência hídrica e de disposição a pagar equivalentes a uma terça-parte dos valores observados pela média ponderada das indústrias constantes da Tabela 91.

Para a atividade de criação animal, adota-se o pressuposto de metade dos valores para as demais outorgas, que representam 15% do total captado por esse usuário, que para a classe preponderante: a aquicultura em água doce. Para a mineração, atividade na qual 95% do volume captado recai sobre a classe de extração de pedra, areia e argila, adota-se uma ponderação de cinco vezes estes valores para um equivalente à do setor industrial (uma vez que as demais minerações tendem a ser mais intensivas em capital). Por fim, para os setores de abastecimento humano e irrigação, adotam-se as médias ponderadas dos maiores usuários. Os resultados são expostos na Tabela 92.

Tabela 92: Relações econômicas do uso da água aproximadas para os setores usuários.

Atividades econômicas agregadas	Volume de Uso (m ³ , mil)	Eficiência Hídrica (R\$/m ³)	Disposição a pagar (R\$/m ³)
Abastecimento humano	249.611	2,1753	0,3271
Indústria	384.818	60,0896	21,3042
Irrigação	1.079.665	2,4089	0,8086
Criação animal	27.339	1,1429	0,5015
Mineração	32.298	9,0743	4,0313

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

6.4.2. Efeito incitativo potencial

Os resultados das relações econômicas do uso da água permitem inferir as reduções de usos (efeito incitativo) a partir de um determinado nível de cobrança pelo recurso hídrico. Por meio da disposição a pagar máxima, tem-se uma estimativa de valor para a água como insumo de produção por meio da aplicação dos graus de elasticidade-preço da demanda. Afinal, esse grau de elasticidade expressa o movimento esperado na demanda (pela água) dado uma variação de preço equivalente a 1%.

Para o setor econômico de captação, tratamento e distribuição de água, identificou-se na literatura (aposta no item 6) apenas os graus de elasticidade-preço da demanda para os usuários finais do recurso hídrico, ou seja, para os domicílios atendidos pelos prestadores via rede geral de abastecimento de água. Conforme levantamento abrangente de Cruz e Oliveira (2019), que se alinha às demais publicações apresentadas, trata-se de um coeficiente inelástico (onde uma modificação no preço, de +1%, gera uma redução menor do que 1% na demanda) de -0,166.

Pode-se supor que esse coeficiente seja ainda menor quando se trata da elasticidade dos prestadores de abastecimento, pois muito embora sua oferta tenha de estar alinhada à demanda, existem perdas na distribuição e consumo de água operacional. Arbitrariamente, supõe-se que o grau de elasticidade para esse setor econômico seja metade daquele calculado por Cruz e Oliveira (2019).

Já para o setor industrial, utilizou-se dos graus de elasticidade-preço trazidas por Feres e Reynaud (2005), realizando a seguinte associação para com as classes de atividades econômicas usuárias: fabricação de açúcar em bruto e fabricação de produtos alimentícios não especificados anteriormente com -0,82 (alimentos e bebidas); fabricação de papel com -0,76 (papel e celulose); fabricação de intermediários para fertilizantes com -0,71 (química); extração de pedra, areia e argila com -0,22 (minerais não-metálicos); e -0,33 para outros setores, como a fabricação de álcool. Dentre as principais atividades industriais na Bacia Hidrográfica do Rio Grande com outorga de captação no âmbito da União, não foram identificadas indústrias têxteis, de vestuário, de madeira, borracha e plástico, de metalurgia, de máquinas e equipamentos ou mesmo de material de transporte.

Para as atividades econômicas de criação animal e de agricultura irrigada, não foram identificados graus de elasticidade-preço da demanda por água na literatura. Não obstante, a pesquisa realizada com os usuários da bacia (descrita no item 2.1)

obteve vinte respostas de irrigantes cuja mediana das respostas traz reduções de uso hídrico da ordem de 7,5% com investimentos de cerca de R\$ 100 mil. Sabe-se que essa relação econômica não é equivalente ao grau de elasticidade, muito embora seja um parâmetro obtido a partir da percepção de atores locais. Conforme os dados trazidos no item 6.3.2 em relação à eficiência dos sistemas de irrigação utilizados na bacia, há pouca margem para adoção de novas tecnologias mais eficientes, mas sim oportunidades para um uso mais controlado e preciso, evitando desperdícios.

Com base nos dados acima descritos, pode-se simular a redução nas demandas hídricas a partir de um determinado nível de preço de cobrança pela outorga de direito de uso da água. Para tanto, os seguintes passos metodológicos são necessários:

- A disposição a pagar espelha o valor máximo que uma determinada atividade econômica pode pagar por quaisquer ativos não produzidos e/ou remunerados, dentre eles a água, uma vez que assumir valores equivalentes à DAP significa estar indiferente em relação a desenvolver ou não a atividade econômica (sendo, portanto, um valor de referencial teórico. Arbitrariamente e para fins de simplificação, assume-se o limite máximo de 75% da disposição a pagar para fins de remuneração pela água.
- Uma vez que a disposição a pagar representa o preço limite que se pode remunerar qualquer ativo não remunerado, incluindo o recurso hídrico, a partir de um dado valor de cobrança se pode estabelecer uma proxy para a variação no preço do recurso, permitindo a aplicação dos graus de elasticidade correspondentes.
- Para as atividades agropecuárias que não tem grau estimado de elasticidade-preço da demanda, utilizou-se a relação direta do valor cobrado para com a fração correspondente de redução indicada pela pesquisa, limitando-se a redução de uso em 7,5%.

Os passos descritos representam uma clara simplificação da realidade, mas que permitem inferir as grandezas na redução dos usos que se podem esperar pela instituição da cobrança pela captação. Para se perscrutar estas ordens de grandeza, aplicaram-se valores de cobrança uniformes de um e dez centavos por metro cúbico -

valores cujo intuito é tão somente identificar as ordens de grandeza das reduções de volume demandado antevistas.

Tabela 93: Ordens de grandeza de reduções de volume captado dada a cobrança.

Setores usuários	Cobrança hipotética de R\$ 0,01/m ³			Cobrança hipotética de R\$ 0,10/m ³		
	Cobrança / disposição a pagar*	Redução volumétrica (mil m ³ /ano)	Redução percentual (%)	Cobrança / disposição a pagar*	Redução volumétrica (mil m ³ /ano)	Redução percentual (%)
Abastecimento Humano	3,06%	1.168	0,47%	30,57%	13.117	5,25%
Indústria	0,05%	678	0,18%	0,47%	6.958	1,81%
Irrigação	1,24%	23.652	2,19%	12,37%	67.727	6,27%
Criação animal	1,99%	621	2,27%	19,94%	1.663	6,08%
Mineração	0,25%	34	0,11%	2,48%	347	1,07%
Total	-	26.154	1,44%	-	89.812	4,96%

* Média do setor usuário ponderado pelo volume de captação

As variações percentuais relativamente pequenas são esperadas dado os coeficientes inelásticos apresentados pela literatura. Conforme dados da pesquisa realizada junto aos usuários, 90% julgam ser dependentes (11%) e muito dependentes (79%) da água para o desenrolar de sua atividade econômica.

Uma cobrança hipotética de R\$ 0,10 por m³ linear (para todos os usuários) deve causar uma redução de 5,0% na demanda total, o que representa uma economia volumétrica de 89,81 milhões de m³/ano (vazão de 2,85 m³/s). Estes resultados são calculados para cada outorga e somados ao nível de setor usuário, sob os pressupostos apresentados anteriormente. A aplicação dessa cobrança não representa o mesmo peso econômico para todos os setores usuários, no entanto.

Para o setor de abastecimento humano, a cobrança de R\$ 0,10/m³ representa cerca de 31% da disposição a pagar da água (estimado em R\$ 0,33/m³), o que causaria uma redução de demanda de captação da ordem de 5,3%. Nota-se que esse mesmo nível de cobrança representa, para o setor industrial, cerca de 0,5% da sua disposição a pagar (estimada em R\$ 21,30/m³) para a ponderação das atividades industriais que ocorrem na bacia e utilizam de captação superficial nos rios federais), o que motiva uma redução de 1,8% do volume demandado.

Em contrapartida, a instituição de um valor hipotético e linear de cobrança de R\$ 0,01/m³ faz com que haja uma redução de consumo de cerca de 1,4%, o que representa um volume anual de 26,15 milhões de m³ (vazão equivalente a 0,83 m³/s) nos rios federais da bacia do Rio Grande. Tem-se uma redução menor, proporcionalmente, do que a redução da diferença no valor cobrado.

O contraste destes valores hipotéticos revela que, quando o valor da cobrança reflete o custo de oportunidade marginal de uso do recurso ao usuário-pagador, a alternativa de reduzir a demanda hídrica passa a ser uma estratégia de adaptação à cobrança. Para tanto, os valores a serem cobrados de cada usuário devem ponderar o volume de água captado, a capacidade de pagamento (disposição a pagar) e a eficiência na conversão da água para valor econômico.

Conforme a pesquisa realizada junto aos usuários da bacia (apresentada no capítulo 2), diversas opções de investimentos podem ser realizadas para a redução da dependência hídrica, tais como a redução de perdas no processo produtivo (redutores de pressão, medição de vazão, horas de funcionamento, dentre outros), reúso de água, redução do desperdício (campanhas de comunicação, programas de bonificações, dentre outros) e aproveitamento de água de chuva. Algumas outras formas requerem modificações mais substanciais, como nos processos produtivos.

A pesquisa também revelou que, para 51% dos respondentes, a principal restrição da implantação dessas formas de redução de dependência hídrica são os custos de investimento e manutenção. Caso a cobrança pelo uso de recursos hídricos reflita uma fração significativa da disposição a pagar, o valor que o usuário empenhará anualmente com a cobrança deve motivar a adoção de tais estratégias de redução de consumo. Ainda de acordo com a pesquisa, apenas 3 de 34 respondentes que são submetidos a cobranças estaduais na Bacia Hidrográfica do Rio Grande apontaram esta (a cobrança) como tendo tido um papel preponderante na motivação de implantação das formas de redução da dependência hídrica, demonstrando que o desejado efeito incitativo não ocorre.

7. ESTUDOS ECONÔMICOS - MODELO DE OTIMIZAÇÃO DA COBRANÇA

Os estudos econômicos aqui desenvolvidos buscam determinar o custo de oportunidade do uso do recurso hídrico para embasar a forma ideal, sob a teoria econômica, da realização da cobrança nos rios de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Persegue-se, em detrimento a outras perspectivas de análise, a forma de se gerar a maior eficiência econômica possível com base nos seguintes fatores: quantidade captada e lançada por cada classe de atividade econômica, capacidade de pagamento, eficiência hídrica na conversão da água em valor econômico, localização na bacia, criticidade da localização e sazonalidade da captação.

Para tanto, desenvolveu-se um modelo econômico que preza pela eficiência de utilização do recurso hídrico e busca, como resultado, o preço unitário ideal para cada classe econômica em cada unidade de gestão, fundamentado no teorema definido por Baumol e Oates (1976) para a abordagem de cobranças e padrões²⁵.

Ressalta-se que os valores apresentados neste capítulo são produzidos sob os ideais de eficiência postulados pela teoria econômica. Devem, portanto, ser interpretados como uma importante referência técnica, mas não como a sugestão de valores a serem praticados pelo CBH-Grande ou mesmo sugeridos para tal por este estudo. Outras perspectivas de análise (percepção dos usuários, negociações

²⁵ Os modelos de programação matemática foram implementados em C++ e resolvidos em um computador equipado com Intel(R) Xeon(R), CPU E5-2683, sistema operacional Linux(R) e solver GLPK-GNU versão 4.32 a partir de resolução sequencial.

com os setores produtivos, preços praticados em outras bacias etc.) serão consideradas tanto na proposição dos mecanismos e valores (capítulo 8), como no processo de efetiva implementação da cobrança junto ao CBH-Grande.

7.1. Definições para a modelagem econômica

A concepção e implementação da modelagem econômica é apresentada na Figura 49 e parte das seguintes etapas gerais, descritas na sequência:

- Definição do conjunto de macroatividades dos setores (atividades econômicas usuárias) e do conjunto de unidades de gestão;
- Definição dos parâmetros diretos e indiretos a serem considerados na modelagem econômica;
- Concepção e montagem do modelo; e
- Configurações de Análise (CA) e resultados.

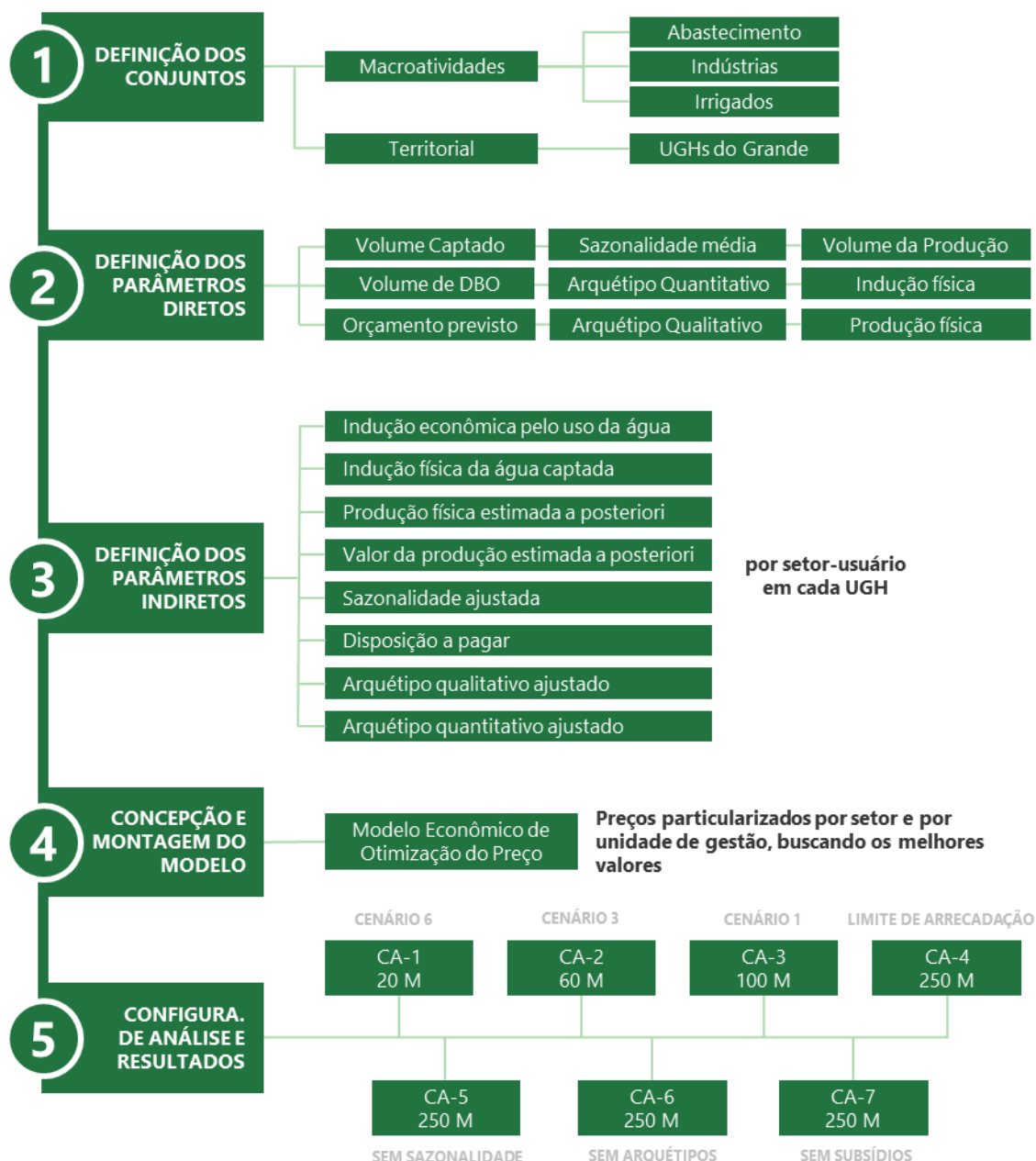


Figura 49: Etapas para implementação da modelagem econômica.

Elaborado pelo Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

7.1.1. Conjuntos

Para fins de modelagem, os setores (atividades econômicas usuárias) são agrupados, por similaridade econômica, em três conjuntos distintos:

A: Abastecimento Humano;

I: Indústrias;

R: Irrigação.

Subconjuntos setoriais

Para fins de discriminação dos preços unitários, foram considerados os 16 setores (atividades econômicas usuárias) mais representativos em relação aos volumes outorgados de captação (m³). De forma agregada, os setores detalhados na Tabela 94 são responsáveis por cerca de 90% do volume de captação outorgado nos rios federais da bacia do Rio Grande.

Tabela 94: Índices, setores usuários e conjunto para implementação da modelagem econômica.

ÍNDICE	SETOR (ATIVIDADE ECONÔMICA USUÁRIA)	CONJUNTO
$i = 1$	Captação, tratamento e distribuição de água	$i \in A$
$j = 1$	Fabricação de açúcar em bruto	$j \in I$
$j = 2$	Fabricação de papel	
$j = 3$	Extração de pedra, areia e argila	
$j = 4$	Aquicultura em água doce	
$j = 5$	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	
$j = 6$	Fabricação de intermediários para fertilizantes	
$j = 7$	Fabricação de álcool	
$k = 1$	Cultivo de cana-de-açúcar	$k \in R$
$k = 2$	Cultivo de cereais	
$k = 3$	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>	
$k = 4$	Cultivo de café	
$k = 5$	Cultivo de laranja	
$k = 6$	Horticultura	
$k = 7$	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	
$k = 8$	Cultivo de soja	

Nota: *não especificados anteriormente.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Conjunto para as Unidades de Gestão Hídrica

A modelagem territorial está diretamente vinculada às unidades de gestão hídrica (UGH), de forma que cada unidade é contemplada na parametrização e definição das variáveis de decisão do modelo. O conjunto G agrega as 14 UGHs da bacia do Rio Grande, especificados na Tabela 95.

G: Unidades de gestão hídrica.

Tabela 95: Índices e conjunto das unidades de gestão hídrica.

ÍNDICE	UNIDADE DE GESTÃO	CONJUNTO
$u = 1$	GD 01	$u \in G$
$u = 2$	GD 02	
$u = 3$	GD 03	
$u = 4$	GD 04	
$u = 5$	GD 05	
$u = 6$	GD 06	
$u = 7$	GD 07	
$u = 8$	GD 08	
$u = 9$	UGRHI 01	
$u = 10$	UGRHI 04	
$u = 11$	UGRHI 08	
$u = 12$	UGRHI 09	
$u = 13$	UGRHI 12	
$u = 14$	UGRHI 15	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

7.1.2. Definição dos parâmetros

Parâmetros diretos

Os parâmetros diretos são obtidos de forma imediata a partir da base única de dados, sendo:

Parâmetro v_l^u : Volume captado (outorga) em m³/ano para o setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

Parâmetro λ_l^u : Volume da carga de DBO lançada (outorga) em kg/ano para o setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

Parâmetro r_l^u : Valor da produção em R\$ 1000/ano, obtido *a priori*, para o setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

Parâmetro α_l^u :Arquétipo quantitativo para o setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

Parâmetro β_l^u :Arquétipo qualitativo para o setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

Parâmetro s_l^u :Sazonalidade média para o setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

Parâmetro φ_l^u :Produção física, estimada *a posteriori*, em ton/ano para o setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

Parâmetro c_j : Indução física da água captada em m³/ton para o setor industrial j , onde $j \in I$. Obs: as induções para os demais setores são obtidas de forma indireta, conforme detalhamento na Seção 3.

Parâmetro B : Orçamento hipotético, em R\$/ano, para execução de programas na bacia.

Parâmetros indiretos

Os parâmetros indiretos são obtidos pela composição de dois ou mais parâmetros (diretos e/ou indiretos), e realizam ajustes a posteriori dos dados.

Parâmetro ϑ_l : Indução econômica pelo uso de recursos hídricos em m³/R\$, para o setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$.

Estimado pela razão entre o valor da produção agregado para o setor l para todas as unidades de gestão pelo volume total captado por esse mesmo setor agregado para todas as unidades de gestão da bacia. A Equação 1 sintetiza a metodologia.

Equação 1:

$$\vartheta_l = \frac{[1000] \sum_{u \in G} r_l^u}{\sum_{u \in G} v_l^u} \quad l \in \{A \cup I \cup R\}$$

- **Parâmetro c_l :** Indução física da água captada em m³/ton para o setor l , onde $l \in \{A \cup R\}$.

(a) Abastecimento humano (Captação, tratamento e distribuição de água):

Obtido conforme estimativas de uso da água, geração de valor e eficiência hídrica descritas no item 6, considerando 33% de perdas médias de água na distribuição. Dado o peso específico da água, a cada metro cúbico captado (input), produz-se aproximadamente 0,66 toneladas de água para abastecimento humano (output), conforme apontado na Equação 2.

Equação 2:

$$c_i = 1,52 \text{ m}^3/\text{ton} \quad i \in A$$

(b) Irrigação:

Calculado a partir da combinação dos parâmetros diretos detalhados a seguir, e detalhado pela Equação 3.

Parâmetro a_k^u : Área (hectares) de cultivo da cultura irrigada k na unidade de gestão hídrica u , onde $k \in R$ e $u \in G$.

Parâmetro p_k : Produtividade média ponderada (2018-2020) em kg/ha da cultura irrigada k na unidade de gestão hídrica u , onde $k \in R$.

Equação 3:

$$c_k = \frac{\sum_{u \in G} v_k^u}{[p_k/1000] \sum_{u \in G} a_k^u} \quad k \in R$$

Parâmetro ω_l^u : Produção física estimada a posteriori em ton/ano, para o setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

Este parâmetro considera os volumes de captação (v_l^u) e ajusta a produção física do setor considerando a indução da água, conforme Equação 4.

Equação 4:

$$\omega_l^u = \frac{v_l^u}{c_l} \quad l \in \{A \cup I \cup R\}, u \in G$$

Parâmetro π_l^u : Valor da produção estimada a posteriori em R\$ 1000/ano, para o setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

Este parâmetro considera os volumes de captação outorgados (v_l^u) e ajusta a produção econômica do setor considerando a indução da água, conforme detalha a Equação 5.

Equação 5:

$$\pi_l^u = \frac{v_l^u}{\vartheta_l} \quad l \in \{A \cup I \cup R\}, u \in G$$

Parâmetro s_l^u : Sazonalidade ajustada para o setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

Para evitar que a sazonalidade determinada pelo parâmetro s_l^u incorpore valores reduzidos que desconsideram o elemento que se almeja capturar, considerou-se uma linha de corte de 0,7. Esse valor faz considerar como sazonal apenas os usuários que captam mais de 70% de seu volume nos meses de inverno, quando a disponibilidade de água é menor (item 6.1.1). A sazonalidade média é substituída pela sazonalidade ajustada para os setores usuários nas respectivas unidades de gestão quando a linha de corte é superada. Para isso, o parâmetro binário σ_l^u é introduzido, assumindo o valor 1 se $s_l^u \geq 0,7$, e valor 0 em caso contrário.

A sazonalidade ajustada reflete um valor médio, único para toda a bacia, e é dada pela Equação 6 a seguir, onde $|\cdot|$ indica a cardinalidade do conjunto.

Equação 6:

$$s_l^u = \sigma_l^u \left[\frac{\sum_{l \in \{A \cup I \cup R\}} \sum_{u \in G} s_l^u}{|G|(|A| + |I| + |R|)} \right] \quad l \in \{A \cup I \cup R\}$$

Parâmetro Δ_l : Disposição a Pagar da Água em R\$/m³ do setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

(a) Abastecimento humano (Captação, tratamento e distribuição de água):

Calculado a partir da estimativa geral do valor da produção do setor deduzidos as despesas diretas regionalizadas. O parâmetro auxiliar adicional é descrito a seguir, e o cálculo é apresentado na Equação 7.

Parâmetro d_i^u : Despesa estimada em R\$/ano para o setor i na unidade de gestão hídrica u , onde $i \in A$ e $u \in G$.

Equação 7:

$$\Delta_i = \frac{\sum_{u \in G} v_i^u}{\sum_{u \in G} (r_i^u - d_i^u)} \quad i \in A$$

(b) Indústria:

Calculado a partir da estimativa geral do valor adicionado da produção do setor em relação ao valor total de sua produção. Esta relação, por sua vez, foi desvendada no item 6, com auxílio da matriz de coeficientes técnicos. O parâmetro auxiliar adicional é descrito a seguir, e o cálculo é apresentado na

Equação 8.

Parâmetro ω_j : Percentual do valor adicionado da produção em relação ao valor bruto da produção (base do IBGE) para o setor industrial j , onde $j \in I$.

Equação 8:

$$\Delta_j = \frac{[1000 \sum_{u \in G} r_k^u] \omega_j}{\sum_{u \in G} v_j^u} \quad j \in I$$

(c) Irrigação:

A estimativa da capacidade limite de pagamento para as classes de atividade econômicas da agricultura irrigada envolve, inicialmente, a estimativa do retorno líquido médio obtido pelo produtor rural. Para tal, foram consultadas referências de custos de produção, produtividades e preços de venda para cada

uma das culturas selecionadas junto à CONAB (conforme detalhado no item 6.3.2). Os parâmetros auxiliares são descritos a seguir.

Parâmetro μ_k : Custo médio de produção em R\$/ha entre 2018 e 2020 para a cultura k , onde $k \in R$.

Parâmetro δ_k : Preço médio de mercado em R\$/kg entre 2018 e 2020 para a cultura k , onde $k \in R$.

O retorno líquido é dado por $[(p_k \delta_k) - \mu_k]$, onde p_k é a produtividade média ponderada e $\frac{\sum_{u \in G} v_k^u}{\sum_{u \in G} a_k^u}$ calcula o consumo médio de água por hectare. A Equação 9 apresenta a estrutura de cálculo.

Equação 9:

$$\Delta_k = \frac{[(p_k \delta_k) - \mu_k]}{\left[\frac{\sum_{u \in G} v_k^u}{\sum_{u \in G} a_k^u} \right]} \quad k \in R$$

Parâmetro α_l^u : Arquétipo quantitativo ajustado para o setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

De forma equivalente à sazonalidade, o conflito para os arquétipos quantitativos é estabelecido por um valor médio, único para cada unidade de gestão da bacia. Aplica-se aos setores usuários nas unidades de gestão hídrica somente se o arquétipo quantitativo observado $\alpha_l^u \geq 2,5$. O parâmetro binário χ_l^u é introduzido, tal que $\chi_l^u = 1$, se $\alpha_l^u \geq 2,5$, e 0, caso contrário. O valor limitador para a criticidade é arbitrado a partir de testes que consideraram a classificação arquetípica de 1 a 6 que acomete cada uma das outorgas, e acaba por contemplar alguns setores usuários em UGHs críticas, como por exemplo a captação de água para abastecimento humano na UGRHI 09 e a fabricação de açúcar em bruto na UGRHI 08. O arquétipo quantitativo ajustado é apresentado na Equação 10.

Equação 10:

$$\alpha_l^u = \chi_l^u \left[\frac{\sum_{l \in \{A \cup I \cup R\}} \sum_{u \in G} \alpha_l^u}{|G|(|A| + |I| + |R|)} \right] \quad l \in \{A \cup I \cup R\}, u \in G$$

Parâmetro β_l^u : Arquétipo qualitativo para o setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

O conflito para os arquétipos qualitativos também é estabelecido por um valor médio, único para toda a bacia que segue o valor arbitrado para o arquétipo quantitativo. Aplica-se aos setores usuários nas unidades de gestão hídrica somente se o arquétipo quantitativo observado $\beta_l^u \geq 2,5$. O parâmetro binário η_l^u é introduzido, tal que $\eta_l^u = 1$, se $\beta_l^u \geq 2,5$, e 0, caso contrário. O arquétipo qualitativo ajustado é apresentado na Equação 11.

Equação 11:

$$\beta_l^u = \eta_l^u \left[\frac{\sum_{l \in \{A \cup I \cup R\}} \sum_{u \in G} \beta_l^u}{|G|(|A| + |I| + |R|)} \right] \quad l \in \{A \cup I \cup R\}, u \in G$$

7.1.3. Concepção e implementação do modelo

A partir dos parâmetros diretos e indiretos, concebe-se a construção do modelo de otimização do preço unitário específico para o caso da cobrança nos rios federais da bacia do Rio Grande. A função objetivo é estabelecer valores ótimos para a cobrança de recursos hídricos, considerando as especificidades de cada setor produtivo (conforme cada um dos setores de atividades econômicas usuárias, listados no item 7.1.1), bem como os fatores condicionantes de cada unidade de gestão hídrica.

O preço unitário, portanto, é particularizado para o setor (atividade econômica usuária) e para a unidade de gestão onde se realiza a captação e o lançamento, e envolve essas duas ações intervencionistas diretas. Busca-se neste modelo os melhores valores para as variáveis de decisão a seguir.

Variável de decisão X_l^u : Preço unitário de captação em R\$/m³ para o setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

Variável de decisão Z_l^u : Subsídio ao preço unitário de captação em R\$/m³ para o setor l na unidade de gestão hídrica u , decorrente dos arquétipos quantitativos e qualitativos do setor na unidade de gestão, onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

Variável de decisão Y_l^u : Preço unitário de lançamento em R\$/kg para o setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$. Obs: para setores que não detém outorga de lançamento, o preço é igual à zero.

Os seguintes parâmetros binários, adicionais aos já descritos no item anterior (7.1.2), são introduzidos:

Parâmetro $x_l^u = 1$, se o setor l possui outorga de captação na unidade de gestão hídrica u , e 0, caso contrário, onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

Parâmetro $y_l^u = 1$, se o setor l possui outorga de lançamento na unidade de gestão hídrica u , e 0, caso contrário, onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

Parâmetro $y_l^u = 1$, se o setor l possui outorga de lançamento na unidade de gestão hídrica u , e 0, caso contrário, onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

Além desses, introduz-se parâmetros para ajuste de escala, em decorrência das diferentes dimensões do modelo. Tais parâmetros ajustam a escala dos limitantes de algumas restrições e são particularmente úteis para uniformizar dados de dimensões distintas:

Parâmetro ϕ_l^u : Ajuste de escala de capacidade de pagamento para o setor l , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$. Particularmente, define-se:

Equação 12:

$$\phi_l^u = \frac{v_l^u}{\sum_{u \in G} v_l^u} + \frac{\lambda_l^u}{\sum_{u \in G} \lambda_l^u} \quad l \in \{A \cup I \cup R\}$$

Parâmetro θ : Ajuste de escala para estimativa de subsídios. Por experimentação numérica, define-se $\theta = 0, 10$.

Parâmetro Δ_{MIN} : Preço unitário mínimo em R\$/m³, arbitrada em R\$ 0,01/ m³.

De posse de todos os seus componentes, finalmente, o modelo pode ser formulado como segue:

Equação 13:

$$MAX = \sum_{l \in \{A \cup I \cup R\}} \sum_{u \in G} v_l^u (X_l^u - Z_l^u) + \sum_{l \in \{A \cup I \cup R\}} \sum_{u \in G} \lambda_l^u Y_l^u$$

A Equação 13 define a função objetivo do modelo e visa a maximizar a arrecadação em R\$/ano, associada à exploração do recurso hídrico no âmbito da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. A primeira parcela computa as receitas com as outorgas de captação, dada pelo produto entre o volume outorgado (m³/ano) e o preço líquido (preço nominal descontada dos subsídios, ambos em R\$/m³). Já a segunda parcela apura as receitas em função dos lançamentos, dada pelo produto entre o preço de lançamento (R\$/kg) e a quantidade de DBO lançada no ano (kg/dbo), conforme base de outorga e estimativas complementares próprias.

A Equação 13, então, é sujeita à outras, como se explana sequencialmente:

Equação 14:

$$x_l^u \Delta_{MIN} \leq X_l^u \leq \Delta_l x_l^u \quad l \in \{A \cup I \cup R\}, u \in G$$

Equação 15:

$$y_l^u \Delta_{MIN} \leq Y_l^u \leq \Delta_l y_l^u \quad l \in \{A \cup I \cup R\}, u \in G$$

Equação 16:

$$\Delta_{MIN} \leq X_l^u + Y_l^u \leq \Delta_l \quad l \in \{A \cup I \cup R\}, u \in G$$

A Equação 14, Equação 15 e a Equação 16 impõem os limites para os preços nominais (captação e lançamento), condicionadas tanto a um valor mínimo (Δ_{MIN}) como ao limite de capacidade de pagamento de cada setor (Δ_l), cujo valor é determinado pela disposição a pagar da água. Destaca-se que as restrições apostas pela Equação 14 e pela Equação 15 garantem que os preços

unitários para setores que não possuem outorgas (parâmetros binários x e y iguais à zero) sejam também iguais à zero.

Equação 17:

$$\sum_{l \in \{A \cup I \cup R\}} \sum_{u \in G} v_l^u X_l^u = B$$

Equação 18:

$$v_l^u (X_l^u - Z_l^u) + \lambda_l^u Y_l^u \leq 1000[\phi_l^u + s_l^u] \max\{\pi_l^u, r_l^u\} \quad l \in \{A \cup I \cup R\}, u \in G$$

A Equação 17 estabelece que o montante arrecadado pelas outorgas de captação e lançamento devem atender à necessidade orçamentária prevista (arrecadação alvo), permitindo auferir a distribuição ótima dos preços frente a diferentes e (hipotéticos) valores alvo de arrecadação. Já a Equação 18 vincula a despesa com a cobrança, de cada setor em cada unidade de gestão, a uma certa capacidade de pagamento. Esta por sua vez é calculada como fração do maior valor da produção estimado ($\max\{\pi_l^u, r_l^u\}$) convertido em R\$, ponderada pela sazonalidade e pelo parâmetro de ajuste de escala.

Equação 19:

$$Z_l^u \leq \theta(\alpha_l^u + \beta_l^u) X_l^u \quad l \in \{A \cup I \cup R\}, u \in G$$

A Equação 19 determina os critérios para a concessão de subsídio que dependem da agregação dos arquétipos qualitativos e quantitativos e do parâmetro de ajuste de escala. Destaca-se ainda que os subsídios não podem ser superiores aos preços otimizados para a captação do setor na unidade de gestão

Equação 20:

$$\sum_{l \in \{A \cup I \cup R\}} \sum_{u \in G} v_l^u Z_l^u \geq \theta [\sum_{l \in \{A \cup I \cup R\}} \sum_{u \in G} v_l^u X_l^u]$$

A Equação 20 impõe um quantitativo mínimo ao montante de subsídio concedido a partir de uma fração da receita auferida com as outorgas de captação (em função dos subsídios por setor usuário em cada unidade de gestão

hídrica). O domínio das variáveis de decisão é estabelecido pelas restrições descritas nas equações abaixo: Equação 21, Equação 22 e Equação 23.

Equação 21:

$$X_l^u \geq 0 \quad l \in \{A \cup I \cup R\}, u \in G$$

Equação 22:

$$Y_l^u \geq 0 \quad l \in \{A \cup I \cup R\}, u \in G$$

Equação 23:

$$Z_l^u \geq 0 \quad l \in \{A \cup I \cup R\}, u \in G$$

Por fim, após a apresentação da configuração do modelo e das suas equações de condição, estabelece-se abaixo o pressuposto para o formato da cobrança. Utiliza-se da formulação mais simples possível, na qual o preço unitário (denominado de tarifa no modelo) é aplicado à quantidade captada e/ou lançada para cada uma das classes econômicas em cada uma das unidades de gestão hídrica.

T_l^u : Valor do preço unitário pelo uso de recursos hídricos em R\$/m³ (captação e subsídio) e R\$/kg (lançamento) para o setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

$$T_l^u = \dot{X}_l^u - \dot{Z}_l^u + \dot{Y}_l^u$$

Ou seja, para o usuário l na unidade de gestão hídrica u , existe um único preço unitário de captação (líquida de subsídio) a ser multiplicada pelo volume captado e adicionada à multiplicação do preço unitário de lançamento pela carga lançada, gerando uma cobrança simples e direta, conforme se define abaixo.

C_l^u : Valor a pagar pelo uso de recursos hídricos em R\$ para o setor l na unidade de gestão hídrica u , onde $l \in \{A \cup I \cup R\}$ e $u \in G$.

$$C_l^u = [\dot{X}_l^u - \dot{Z}_l^u]V_l^u + [\dot{Y}_l^u]A_l^u$$

7.1.4. Configurações de análise (CA)

Com o modelo concebido, resta utilizá-lo sob diversas configurações de análise, cujo intuito é sensibilizar a visão de otimização econômica para os preços unitários de cobrança por ele sugerido. São testadas, ao todo, sete configurações de análise (denominadas simplesmente por “CA”, conforme Tabela 96), sendo que as quatro primeiras utilizam o modelo de otimização em sua concepção original (descrita nos itens precedentes) e os três últimos testam concepções distintas ao suprimir parâmetros a fim de avaliar seu efeito no todo. Cada uma dessas situações é justificada a seguir.

Tabela 96: Configurações de análise propostos.

CONFIGURAÇÃO DE ANÁLISE (CA)	JUSTIFICATIVA	ORÇAMENTO-OBJETIVO*
CA-1	Concepção original do modelo, visando arrecadação próxima à do Cenário 6 (item 4.2.6)	R\$ 20.000.000,00
CA-2	Concepção original do modelo, visando arrecadação próxima à do Cenário 3 (item 4.2.3)	R\$ 60.000.000,00
CA-3	Concepção original do modelo, visando arrecadação próxima à do Cenário 1 (4.2.1)	R\$ 100.000.000,00
CA-4	Concepção original do modelo, visando testar o limite de arrecadação da bacia	R\$ 250.000.000,00
CA-5	Desconsideração do parâmetro de sazonalidade para avaliar seu efeito isoladamente	R\$ 250.000.000,00
CA-6	Desconsideração do parâmetro de locais críticos (arquétipos) para avaliar seu efeito isoladamente	R\$ 250.000.000,00
CA-7	Desconsideração do parâmetro de subsídios para avaliar seu efeito isoladamente	R\$ 250.000.000,00

Parâmetro **B**: orçamento hipotético em R\$/ano. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

As três primeiras configurações de análise (CA-1, CA-2 e CA-3) trazem como orçamentos-objetivo os valores de arrecadação próximos aos cenários 6, 3 e 1 (respectivamente), conforme definição no item 4.2. A escolha dos dois cenários extremos (arrecadação máxima e mínima) é bastante clara, enquanto a escolha do Cenário 3 (CA-2) se justifica por ser um valor relativamente intermediário. Estas

três configurações de análise do modelo são rodadas com a concepção original de sua construção, conforme o conjunto de parâmetros descrito nos itens antecedentes.

Uma vez que ainda não há cobrança instituída nos rios federais da bacia do Rio Grande, testou-se na 4ª configuração de análise (CA-4) a capacidade de arrecadação para um orçamento-objetivo de R\$ 250 milhões. Esse valor foi imposto como limite superior de forma a testar, pelo modelo, se haveria de fato capacidade de pagamento para suportar tamanha arrecadação. Conforme apresentado no item 7.2.4, o retorno em termos de capacidade de arrecadação foi positivo, atingindo-se o limite de valor sugerido. Além de se testar o limite hipotético de arrecadação, a CA-4 traz como objetivo a comparação de resultados para cada setor econômico frente às demais configurações de análise, permitindo interpretar as formas de otimização decorrentes.

As três últimas configurações de análise foram realizadas com base no orçamento-objetivo de R\$ 250 milhões para fins exclusivos de comparação do comportamento do modelo frente à modificação de importantes parâmetros de sua concepção original. De forma a testar os efeitos individuais que três parâmetros trazem, foram realizadas configurações que desconsideram, isoladamente: a sazonalidade (CA-5); os locais críticos (arquétipos) (CA-6); e finalmente, os subsídios (CA-7).

7.2. Resultados por configuração de análise

A seguir são apresentados os resultados obtidos pelo modelo para cada uma das sete configurações de análise. Essa apresentação se inicia com a apresentação dos volumes monetários agregados (captação, lançamento e subsídios), seguido da apresentação dos valores ótimos para as variáveis de

decisão do modelo, sendo a variável **X** para captação, **Y** para lançamento e **Z** para subsídios (exceto na CA-7, cujo objetivo é justamente desconsiderar os subsídios).

Posteriormente, os resultados médios para cada preço unitário são apresentados por setores usuários e também por unidades de gestão hídrica. Em seguida, reportam-se os valores arrecadados por setores usuários e também por unidade de gestão hídrica. Por fim, avalia-se a captura do excedente do pagador, comparando as capacidades limites de pagamento frente ao preço líquido médio resultante para cada setor usuário.

7.2.1. Resultados para a CA-1

A Configuração de Análise 1 (CA-1), apresentada na Tabela 97, considera o orçamento-objetivo de R\$ 20 milhões, espelhando grosso modo o Cenário 6 apresentado no item 4.2.6, distribuídos em captação, lançamento e subsídios para todas as outorgas pertinentes de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

Tabela 97: Valores monetários agregados resultantes da CA-1.

CA-1 Concepção original do modelo, visando arrecadação próxima à do Cenário 6 (item 4.2.6)	
Captação	R\$ 19.999.999,99
Subsídio	-R\$ 200.000,00
Lançamento	R\$ 135.607,00
Total	R\$ 19.935.606,99

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Na sequência, a Tabela 98, Tabela 99 e Tabela 100 apresentam os preços unitários ótimos de captação, lançamento e subsídios para cada setor (atividade econômica usuária) em cada unidade de gestão hídrica sob essa configuração de análise.

Tabela 98: Preços unitários ótimos de captação para a CA-1, em R\$/m³ – variável de decisão X_l^u

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00
j=2	Fabricação de papel										R\$ 20,14		R\$ 0,01		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,05	R\$ 0,02	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 1,11	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 1,09
j=4	Aquicultura em água doce	R\$ 0,01		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,10	R\$ 0,01	R\$ 0,05	R\$ 0,23	R\$ 0,24	R\$ 0,23	
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,07	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes								R\$ 0,01						
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,02	R\$ 0,05
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar								R\$ 0,01		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,01	R\$ 0,19	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,19	R\$ 0,01
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,27	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01
k=5	Cultivo de laranja	R\$ 0,01		R\$ 0,56			R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=6	Horticultura	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 1,74	R\$ 0,00	R\$ 0,45	R\$ 0,01	R\$ 0,04	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)		R\$ 0,23	R\$ 0,01		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01		R\$ 0,01	R\$ 0,23	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,14	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,16	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 99: Preços unitários ótimos de lançamento para a CA-1, em R\$/Kg de DBO – variável de decisão Y_l^u

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água		R\$ 0,01	R\$ 0,01		R\$ 0,01	R\$ 0,01		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,02	R\$ 0,01	R\$ 0,01
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,09	R\$ 0,01	R\$ 0,18	R\$ 0,00
j=2	Fabricação de papel												R\$ 0,01		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=4	Aquicultura em água doce	R\$ 0,01						R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,06	R\$ 0,27	R\$ 0,30	R\$ 0,01		
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,68	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes								R\$ 0,01						
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar														
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>														
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=5	Cultivo de laranja														
k=6	Horticultura	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)														
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 100: Valores ótimos para o subsídio para a CA-1, em R\$/m³– variável de decisão Z_l^u

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água											R\$ 0,0002	R\$ 0,0003		
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0001	R\$ 0,0000	R\$ 0,0002	R\$ 0,0010	R\$ 0,0002	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=2	Fabricação de papel												R\$ 0,0002		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=4	Aquicultura em água doce								R\$ 0,0011				R\$ 0,0025		
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes														
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar								R\$ 0,0001			R\$ 0,0001	R\$ 0,0001		R\$ 0,0001
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0001	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0001	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0001	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>			R\$ 0,0001							R\$ 0,0001	R\$ 0,0001	R\$ 0,0001		
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0001	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=5	Cultivo de laranja													R\$ 0,0001	
k=6	Horticultura	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0001	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)							R\$ 0,0001							
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 101 e a Tabela 102 apresentam os valores médios por setor (atividade econômica usuária) e unidade de gestão hídrica, respectivamente, para os preços unitários (captação e lançamento) e os subsídios.

Tabela 101: Preços médios por setor (atividade econômica usuária) para a CA-1, em R\$/m³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos

SETOR	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,010	R\$ 0,01	-R\$ 0,00003
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,010	R\$ 0,02	-R\$ 0,00011
Fabricação de papel	R\$ 0,014	R\$ 0,00	-R\$ 0,00001
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,080	R\$ -	R\$ -
Aquicultura em água doce	R\$ 0,056	R\$ 0,05	-R\$ 0,00025
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a.*	R\$ 0,015	R\$ 0,05	R\$ -
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 0,010	R\$ 0,00	R\$ -
Fabricação de álcool	R\$ 0,039	R\$ 0,00	R\$ -
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 0,010	R\$ -	-R\$ 0,00003
Cultivo de cereais	R\$ 0,021	R\$ -	-R\$ 0,00002
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a.*	R\$ 0,010	R\$ -	-R\$ 0,00003
Cultivo de café	R\$ 0,019	R\$ -	-R\$ 0,00001
Cultivo de laranja	R\$ 0,019	R\$ -	-R\$ 0,00000
Horticultura	R\$ 0,028	R\$ -	-R\$ 0,00001
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 0,026	R\$ -	-R\$ 0,00001
Cultivo de soja	R\$ 0,029	R\$ -	R\$ -
Média	R\$ 0,016	R\$ 0,01	-R\$ 0,00003

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 102: Preços médios por unidade de gestão hídrica para a CA-1, em R\$/m³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos

UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
GD 01	R\$ 0,011	R\$ 0,00	R\$ -
GD 02	R\$ 0,012	R\$ 0,00	R\$ -
GD 03	R\$ 0,041	R\$ 0,00	R\$ 0,00002
GD 04	R\$ 0,010	R\$ -	R\$ -
GD 05	R\$ 0,025	R\$ 0,04	R\$ -
GD 06	R\$ 0,035	R\$ 0,00	R\$ -
GD 07	R\$ 0,014	R\$ 0,00	-R\$ 0,00001
GD 08	R\$ 0,019	R\$ 0,00	-R\$ 0,00009
UGRHI 01	R\$ 0,028	R\$ 0,00	R\$ -
UGRHI 04	R\$ 0,019	R\$ 0,02	-R\$ 0,00002
UGRHI 08	R\$ 0,025	R\$ 0,03	-R\$ 0,00010
UGRHI 09	R\$ 0,013	R\$ 0,00	-R\$ 0,00021
UGRHI 12	R\$ 0,017	R\$ 0,01	-R\$ 0,000004
UGRHI 15	R\$ 0,014	R\$ 0,00	-R\$ 0,00001
Média	R\$ 0,016	R\$ 0,01	-R\$ 0,00003

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 103 e a Tabela 104 apresentam os montantes arrecadados (captação e lançamento) por setor (atividade econômica usuária) e unidade de gestão hídrica, respectivamente.

Tabela 103: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-1 por setores usuários, em R\$/ano

SETOR	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 2.496.107,19	R\$ 90.347,14	-R\$ 31.193,11
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 2.249.567,82	R\$ 21.802,63	-R\$ 80.308,63
Fabricação de papel	R\$ 757.362,17	R\$ 18.007,06	-R\$ 10.748,52
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 656.166,85	R\$ -	R\$ -
Aquicultura em água doce	R\$ 1.091.811,66	R\$ 2.909,50	-R\$ 7.579,54
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*	R\$ 260.351,44	R\$ 944,59	R\$ -
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 131.400,00	R\$ 1.576,80	R\$ -
Fabricação de álcool	R\$ 388.811,84	R\$ 19,28	R\$ -
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 2.885.932,91	R\$ -	-R\$ 23.495,50
Cultivo de cereais	R\$ 2.405.660,05	R\$ -	-R\$ 13.034,59
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 1.687.983,18	R\$ -	-R\$ 13.193,69
Cultivo de café	R\$ 1.784.890,52	R\$ -	-R\$ 11.715,61
Cultivo de laranja	R\$ 1.177.489,29	R\$ -	-R\$ 2.902,84
Horticultura	R\$ 554.380,96	R\$ -	-R\$ 3.331,46
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 619.565,34	R\$ -	-R\$ 2.496,53
Cultivo de soja	R\$ 852.518,76	R\$ -	R\$ -
Soma	R\$ 19.999.999,99	R\$ 135.607,00	-R\$ 200.000,00

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 104: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-1 por unidades de gestão hídrica, em R\$/ano

UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
GD 01	R\$ 97.807,47	R\$ 3.902,39	R\$ -
GD 02	R\$ 186.417,58	R\$ 7.051,83	R\$ -
GD 03	R\$ 2.738.142,69	R\$ -	-R\$ 20.314,63
GD 04	R\$ 60.571,56	R\$ 21.575,72	R\$ -
GD 05	R\$ 516.129,78	R\$ 16.257,60	R\$ -
GD 06	R\$ 390.572,90	R\$ 92,97	R\$ -
GD 07	R\$ 1.017.587,77	R\$ 3.684,01	-R\$ 2.496,53
GD 08	R\$ 2.810.611,55	R\$ 652,72	-R\$ 23.105,61
UGRHI 01	R\$ 105.864,32	R\$ 13.428,40	R\$ -
UGRHI 04	R\$ 2.238.520,70	R\$ 6.197,52	-R\$ 17.925,89
UGRHI 08	R\$ 3.230.070,55	R\$ 59.959,44	-R\$ 73.291,08
UGRHI 09	R\$ 4.380.417,01	R\$ 406,17	-R\$ 57.037,84
UGRHI 12	R\$ 1.437.942,62	R\$ -	-R\$ 2.902,84
UGRHI 15	R\$ 789.343,48	R\$ -	-R\$ 2.925,59
Soma	R\$ 19.999.999,99	R\$ 133.208,76	-R\$ 200.000,00

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Por fim, a Tabela 105 apresenta a captura do excedente do pagador, desdobrado em cada setor (atividade econômica usuária) com relação a capacidade limite de pagamento (dada pela disposição a pagar) e a respectivo preço médio líquido onerado.

Tabela 105: Captura do excedente do pagador para a CA-1 por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano.

SETOR	DISPOSIÇÃO A PAGAR (Capacidade limite)	PREÇO UNITÁRIO DE CAPTAÇÃO	CAPTURA DO EXCEDENTE
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,327	R\$ 0,010	3,06%
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 26,214	R\$ 0,010	0,04%
Fabricação de papel	R\$ 28,852	R\$ 0,014	0,05%
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 3,873	R\$ 0,080	2,08%
Aquicultura em água doce	R\$ 0,528	R\$ 0,056	10,66%
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 0,750	R\$ 0,015	1,96%
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 1,866	R\$ 0,010	0,54%
Fabricação de álcool	R\$ 25,502	R\$ 0,039	0,15%
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 0,475	R\$ 0,010	2,10%
Cultivo de cereais	R\$ 0,186	R\$ 0,021	11,38%
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 1,590	R\$ 0,010	0,63%
Cultivo de café	R\$ 0,269	R\$ 0,019	7,23%
Cultivo de laranja	R\$ 0,561	R\$ 0,019	3,42%
Horticultura	R\$ 3,286	R\$ 0,028	0,86%
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 2,871	R\$ 0,026	0,90%
Cultivo de soja	R\$ 0,167	R\$ 0,029	17,55%

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

7.2.2. Resultados para a CA-2

A Configuração de Análise 2 (CA-2), apresentada na Tabela 106, considera o orçamento-objetivo de R\$ 60 milhões, espelhando o Cenário 3 apresentado no item 4.2.3, distribuídos em captação, lançamento e subsídios para todas as outorgas pertinentes de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

Tabela 106: Valores monetários agregados resultantes da CA-2

CA-2 Concepção original do modelo, visando arrecadação próxima à do Cenário 3 (item 4.2.3)	
Captação	R\$ 59.999.999,82
Subsídio	-R\$ 600.000,01
Lançamento	R\$ 406.821,01
Total	R\$ 59.806.820,81

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

As Tabela 107, Tabela 108 e Tabela 109 apresentadas a seguir, tem-se os preços ótimos de captação, lançamento e subsídios para cada setor (atividade econômica usuária) em cada unidade de gestão hídrica.

Tabela 107: Preços ótimos de captação para a CA-2, em R\$/m³ – variável de decisão X_l^u

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,10	R\$ 0,26	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00
j=2	Fabricação de papel										R\$ 20,14		R\$ 0,01		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,49	R\$ 0,22	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 1,72	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 1,14	R\$ 0,01	R\$ 1,72
j=4	Aquicultura em água doce	R\$ 0,01		R\$ 0,23	R\$ 0,05	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,23	R\$ 0,13	R\$ 0,23	R\$ 0,23	R\$ 0,23	R\$ 0,23	
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,50	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes								R\$ 0,01						
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,55	R\$ 0,00
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar								R\$ 0,01		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,01	R\$ 0,19	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,19	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,18		R\$ 0,15	R\$ 0,15	R\$ 0,13	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,16	R\$ 0,21	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,21
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,27	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,27	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,27	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01
k=5	Cultivo de laranja	R\$ 0,01		R\$ 0,56			R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,56		R\$ 0,01	R\$ 0,21	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=6	Horticultura	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 1,74	R\$ 0,00	R\$ 1,39	R\$ 0,01	R\$ 1,57	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)		R\$ 0,23	R\$ 0,23		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,40		R\$ 0,01	R\$ 0,23	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,17	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,17	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 108: Preços ótimos de lançamento para a CA-2, em R\$/Kg de DBO – variável de decisão Y_i^u

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água		R\$ 0,04	R\$ 0,04		R\$ 0,04	R\$ 0,04		R\$ 0,07	R\$ 0,02	R\$ 0,07	R\$ 0,01	R\$ 0,09	R\$ 0,01	R\$ 0,04
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 1,00	R\$ 0,01	R\$ 2,04	R\$ 0,00
j=2	Fabricação de papel												R\$ 0,01		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=4	Aquicultura em água doce	R\$ 0,04						R\$ 0,04	R\$ 0,01	R\$ 0,40	R\$ 0,30	R\$ 0,30	R\$ 0,01		
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,25	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes								R\$ 0,01						
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar														
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>														
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=5	Cultivo de laranja														
k=6	Horticultura	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)														
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 109: Valores ótimos para o subsídio para a CA-2, em R\$/m³– variável de decisão Z_l^u

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água											R\$ 0,0002	R\$ 0,0010		
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0001	R\$ 0,0000	R\$ 0,0002	R\$ 0,0101	R\$ 0,0002	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=2	Fabricação de papel												R\$ 0,0002		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=4	Aquicultura em água doce														
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes														
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar								R\$ 0,0001			R\$ 0,0001	R\$ 0,0001		
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0001	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>			R\$ 0,0000											
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=5	Cultivo de laranja														
k=6	Horticultura	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)														
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 110 e a Tabela 111 apresentam os valores médios por setor (atividade econômica usuária) e unidade de gestão hídrica, respectivamente, para os preços (captação e lançamento) e os subsídios.

Tabela 110: Preços médios por setor (atividade econômica usuária) para a CA-2, em R\$/m³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos

SETOR	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,032	R\$ 0,03	-R\$ 0,00008
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,010	R\$ 0,22	-R\$ 0,00076
Fabricação de papel	R\$ 0,014	R\$ 0,00	-R\$ 0,00001
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,242	R\$ -	R\$ -
Aquicultura em água doce	R\$ 0,149	R\$ 0,08	R\$ -
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 0,049	R\$ 0,02	R\$ -
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 0,010	R\$ 0,00	R\$ -
Fabricação de álcool	R\$ 0,345	R\$ 0,00	R\$ -
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 0,010	R\$ -	-R\$ 0,00002
Cultivo de cereais	R\$ 0,013	R\$ -	-R\$ 0,00001
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 0,090	R\$ -	-R\$ 0,00000
Cultivo de café	R\$ 0,029	R\$ -	R\$ -
Cultivo de laranja	R\$ 0,093	R\$ -	R\$ -
Horticultura	R\$ 0,156	R\$ -	R\$ -
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 0,073	R\$ -	R\$ -
Cultivo de soja	R\$ 0,032	R\$ -	R\$ -
Média	R\$ 0,044	R\$ 0,02	-R\$ 0,00006

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 111: Preços médios por unidade de gestão hídrica para a CA-2, em R\$/m³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos

UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
GD 01	R\$ 0,018	R\$ 0,00	R\$ -
GD 02	R\$ 0,016	R\$ 0,00	R\$ -
GD 03	R\$ 0,079	R\$ 0,00	R\$ 0,00001
GD 04	R\$ 0,034	R\$ -	R\$ -
GD 05	R\$ 0,152	R\$ 0,02	R\$ -
GD 06	R\$ 0,045	R\$ 0,00	R\$ -
GD 07	R\$ 0,044	R\$ 0,00	R\$ -
GD 08	R\$ 0,063	R\$ 0,01	-R\$ 0,00001
UGRHI 01	R\$ 0,106	R\$ 0,03	R\$ -
UGRHI 04	R\$ 0,034	R\$ 0,02	-R\$ 0,00001
UGRHI 08	R\$ 0,120	R\$ 0,08	-R\$ 0,00065
UGRHI 09	R\$ 0,012	R\$ 0,01	-R\$ 0,00009
UGRHI 12	R\$ 0,107	R\$ 0,13	R\$ -
UGRHI 15	R\$ 0,034	R\$ 0,00	R\$ -
Soma	R\$ 0,044	R\$ 0,02	-R\$ 0,00005

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 112 e a Tabela 113 apresentam os montantes arrecadados (captação e lançamento) por setor (atividade econômica usuária) e unidade de gestão hídrica, respectivamente.

Tabela 112: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-2 por setores usuários, em R\$/ano

SETOR	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 5.158.580,91	R\$ 343.703,03	-R\$ 75.672,92
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 2.249.567,82	R\$ 38.985,71	-R\$ 486.148,93
Fabricação de papel	R\$ 757.362,17	R\$ 18.007,06	-R\$ 10.748,52
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 10.876.498,38	R\$ -	R\$ -
Aquicultura em água doce	R\$ 3.301.849,61	R\$ 4.182,35	R\$ -
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 902.199,23	R\$ 346,78	R\$ -
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 131.400,00	R\$ 1.576,80	R\$ -
Fabricação de álcool	R\$ 3.231.473,01	R\$ 19,28	R\$ -
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 2.885.932,91	R\$ -	-R\$ 20.569,90
Cultivo de cereais	R\$ 1.776.632,04	R\$ -	-R\$ 5.698,63
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 15.945.830,98	R\$ -	-R\$ 1.161,12
Cultivo de café	R\$ 1.962.193,59	R\$ -	R\$ -
Cultivo de laranja	R\$ 4.229.676,63	R\$ -	R\$ -
Horticultura	R\$ 2.612.227,07	R\$ -	R\$ -
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 3.040.736,99	R\$ -	R\$ -
Cultivo de soja	R\$ 937.838,45	R\$ -	R\$ -
Soma	R\$ 59.999.999,82	R\$ 406.821,01	-R\$ 600.000,01

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 113: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-2 por unidades de gestão hídrica, em R\$/ano

UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
GD 01	R\$ 293.422,41	R\$ 11.707,17	R\$ -
GD 02	R\$ 559.252,76	R\$ 21.155,48	R\$ -
GD 03	R\$ 8.214.428,00	R\$ -	-R\$ 6.859,74
GD 04	R\$ 181.714,68	R\$ 64.727,17	R\$ -
GD 05	R\$ 1.548.389,35	R\$ 48.772,80	R\$ -
GD 06	R\$ 1.171.718,69	R\$ 278,90	R\$ -
GD 07	R\$ 3.052.763,31	R\$ 11.052,02	R\$ -
GD 08	R\$ 8.431.834,65	R\$ 1.958,16	-R\$ 13.041,07
UGRHI 01	R\$ 317.592,97	R\$ 40.285,20	R\$ -
UGRHI 04	R\$ 6.715.562,20	R\$ 18.592,57	-R\$ 15.594,26
UGRHI 08	R\$ 9.690.211,63	R\$ 179.878,31	-R\$ 473.885,38
UGRHI 09	R\$ 13.141.250,85	R\$ 1.218,50	-R\$ 90.619,56
UGRHI 12	R\$ 4.313.827,87	R\$ -	R\$ -
UGRHI 15	R\$ 2.368.030,43	R\$ -	R\$ -
Soma	R\$ 59.999.999,82	R\$ 399.626,28	-R\$ 600.000,01

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Por fim, a Tabela 114 apresenta a captura do excedente do pagador, desdobrado em cada setor (atividade econômica usuária) com relação a capacidade limite de pagamento (dada pela disposição a pagar) e o respectivo preço médio líquido onerado.

Tabela 114: Captura do excedente do pagador para a CA-2 por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano.

SETOR	DISPOSIÇÃO A PAGAR (Capacidade limite)	PREÇO UNITÁRIO DE CAPTAÇÃO	CAPTURA DO EXCEDENTE
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,327	R\$ 0,032	9,90%
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 26,214	R\$ 0,010	0,04%
Fabricação de papel	R\$ 28,852	R\$ 0,014	0,05%
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 3,873	R\$ 0,242	6,25%
Aquicultura em água doce	R\$ 0,528	R\$ 0,149	28,31%
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 0,750	R\$ 0,049	6,47%
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 1,866	R\$ 0,010	0,54%
Fabricação de álcool	R\$ 25,502	R\$ 0,345	1,35%
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 0,475	R\$ 0,010	2,10%
Cultivo de cereais	R\$ 0,186	R\$ 0,013	6,82%
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 1,590	R\$ 0,090	5,67%
Cultivo de café	R\$ 0,269	R\$ 0,029	10,87%
Cultivo de laranja	R\$ 0,561	R\$ 0,093	16,54%
Horticultura	R\$ 3,286	R\$ 0,156	4,74%
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 2,871	R\$ 0,073	2,55%
Cultivo de soja	R\$ 0,167	R\$ 0,032	19,25%

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

7.2.3. Resultados para a CA-3

A Configuração de Análise 3 (CA-3), apresentada na Tabela 115, considera o orçamento-objetivo de R\$ 100 milhões, espelhando, grosso modo, o Cenário 1 de cobrança, apresentado no item 4.2.1, distribuídos em captação, lançamento e subsídios para todas as outorgas pertinentes de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

Tabela 115: Valores monetários agregados resultantes da CA-3.

CA-3 Concepção original do modelo, visando arrecadação próxima à do Cenário 1 (item 4.2.1)	
Captação	R\$ 100.000.000,10
Subsídio	-R\$ 999.999,99
Lançamento	R\$ 678.035,01
Total	R\$ 99.678.035,12

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Na Tabela 116, Tabela 117 e na Tabela 118, apresentadas a seguir, tem-se os preços ótimos de captação, lançamento e subsídios para cada setor (atividade econômica usuária) em cada unidade de gestão hídrica.

Tabela 116: Preços ótimos de captação para a CA-3, em R\$/m³ – variável de decisão X_l^u

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,22	R\$ 0,21	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,07	R\$ 0,01	
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00
j=2	Fabricação de papel										R\$ 20,14		R\$ 0,01		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,92	R\$ 0,41	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 1,72	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 1,72	R\$ 1,72	R\$ 0,01	R\$ 1,72
j=4	Aquicultura em água doce	R\$ 0,01		R\$ 0,23	R\$ 0,08	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,24	R\$ 0,25	R\$ 0,23	R\$ 0,23	R\$ 0,23	R\$ 0,23	
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,50	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes								R\$ 0,01						
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 1,04
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar								R\$ 0,01		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,01	R\$ 0,19	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,19	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,09	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,05	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,10
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,37		R\$ 0,90	R\$ 0,29	R\$ 0,13	R\$ 0,20	R\$ 0,01	R\$ 0,35	R\$ 0,21	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,22
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,27	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,27	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,27	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01
k=5	Cultivo de laranja	R\$ 0,01		R\$ 0,56			R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,56		R\$ 0,01	R\$ 0,56	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=6	Horticultura	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 1,74	R\$ 0,00	R\$ 1,39	R\$ 0,01	R\$ 1,57	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)		R\$ 0,23	R\$ 0,23		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,63		R\$ 0,01	R\$ 0,23	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,17	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,17	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 117: Preços ótimos de lançamento para a CA-3, em R\$/Kg de DBO – variável de decisão Y_i^u

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água		R\$ 0,06	R\$ 0,06		R\$ 0,06	R\$ 0,06		R\$ 0,12	R\$ 0,05	R\$ 0,14	R\$ 0,01	R\$ 0,15	R\$ 0,01	R\$ 0,06
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 1,91	R\$ 0,01	R\$ 3,89	R\$ 0,00
j=2	Fabricação de papel												R\$ 0,01		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=4	Aquicultura em água doce	R\$ 0,06						R\$ 0,06	R\$ 0,01	R\$ 0,28	R\$ 0,30	R\$ 0,30	R\$ 0,01		
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,25	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes								R\$ 0,01						
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar														
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>														
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=5	Cultivo de laranja														
k=6	Horticultura	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)														
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 118: Valores ótimos para o subsídio para a CA-3, em R\$/m³– variável de decisão Z_t^U

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água											R\$ 0,0002	R\$ 0,0008		
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0001	R\$ 0,0000	R\$ 0,0002	R\$ 0,0192	R\$ 0,0002	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=2	Fabricação de papel														
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=4	Aquicultura em água doce								R\$ 0,0025	R\$ 0,0053					
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes														
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar												R\$ 0,0001		
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>														R\$ 0,0022
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=5	Cultivo de laranja														
k=6	Horticultura	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)														
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 119 e a Tabela 120 apresentam os valores médios por setor (atividade econômica usuária) e unidade de gestão hídrica, respectivamente, para os preços unitários (captação e lançamento) e os subsídios.

Tabela 119: Preços médios por setor (atividade econômica usuária) para a CA-3, em R\$/m³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos

SETOR	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,057	R\$ 0,06	-R\$ 0,00007
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,010	R\$ 0,42	-R\$ 0,00141
Fabricação de papel	R\$ 0,014	R\$ 0,00	R\$ -
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,687	R\$ -	R\$ -
Aquicultura em água doce	R\$ 0,162	R\$ 0,07	-R\$ 0,00055
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 0,049	R\$ 0,02	R\$ -
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 0,010	R\$ 0,00	R\$ -
Fabricação de álcool	R\$ 0,649	R\$ 0,00	R\$ -
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 0,010	R\$ -	-R\$ 0,00001
Cultivo de cereais	R\$ 0,044	R\$ -	R\$ -
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 0,170	R\$ -	-R\$ 0,00016
Cultivo de café	R\$ 0,029	R\$ -	R\$ -
Cultivo de laranja	R\$ 0,173	R\$ -	R\$ -
Horticultura	R\$ 0,156	R\$ -	R\$ -
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 0,090	R\$ -	R\$ -
Cultivo de soja	R\$ 0,032	R\$ -	R\$ -
Média	R\$ 0,075	R\$ 0,04	-R\$ 0,00014

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 120: Preços médios por unidade de gestão hídrica para a CA-3, em R\$/m³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos

UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
GD 01	R\$ 0,025	R\$ 0,00	R\$ -
GD 02	R\$ 0,020	R\$ 0,00	R\$ -
GD 03	R\$ 0,097	R\$ 0,00	R\$ -
GD 04	R\$ 0,052	R\$ -	R\$ -
GD 05	R\$ 0,184	R\$ 0,02	R\$ -
GD 06	R\$ 0,053	R\$ 0,00	R\$ -
GD 07	R\$ 0,081	R\$ 0,00	R\$ -
GD 08	R\$ 0,075	R\$ 0,01	-R\$ 0,00016
UGRHI 01	R\$ 0,146	R\$ 0,02	-R\$ 0,00033
UGRHI 04	R\$ 0,037	R\$ 0,03	-R\$ 0,00001
UGRHI 08	R\$ 0,285	R\$ 0,14	-R\$ 0,00121
UGRHI 09	R\$ 0,018	R\$ 0,01	-R\$ 0,00007
UGRHI 12	R\$ 0,195	R\$ 0,24	R\$ -
UGRHI 15	R\$ 0,046	R\$ 0,00	-R\$ 0,00014
Média	R\$ 0,075	R\$ 0,04	-R\$ 0,00014

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 121 e a Tabela 122 apresentam os montantes arrecadados (captação e lançamento) por setor (atividade econômica usuária) e unidade de gestão hídrica, respectivamente.

Tabela 121: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-3 por setores usuários, em R\$/ano

SETOR	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 10.901.237,04	R\$ 597.836,33	-R\$ 68.058,44
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 2.249.567,82	R\$ 56.168,78	-R\$ 891.989,18
Fabricação de papel	R\$ 757.362,17	R\$ 18.007,06	R\$ -
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 18.856.535,83	R\$ -	R\$ -
Aquicultura em água doce	R\$ 3.617.708,32	R\$ 4.079,98	-R\$ 22.135,08
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 902.199,23	R\$ 346,78	R\$ -
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 131.400,00	R\$ 1.576,80	R\$ -
Fabricação de álcool	R\$ 6.107.358,12	R\$ 19,28	R\$ -
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 2.885.932,91	R\$ -	-R\$ 1.224,92
Cultivo de cereais	R\$ 7.670.929,56	R\$ -	R\$ -
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 29.530.451,56	R\$ -	-R\$ 16.592,36
Cultivo de café	R\$ 1.962.193,59	R\$ -	R\$ -
Cultivo de laranja	R\$ 6.565.105,13	R\$ -	R\$ -
Horticultura	R\$ 2.612.227,07	R\$ -	R\$ -
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 4.311.953,30	R\$ -	R\$ -
Cultivo de soja	R\$ 937.838,45	R\$ -	R\$ -
Soma	R\$ 100.000.000,10	R\$ 678.035,01	-R\$ 999.999,99

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 122: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-3 por unidades de gestão hídrica, em R\$/ano

UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
GD 01	R\$ 489.037,35	R\$ 19.511,95	R\$ -
GD 02	R\$ 932.087,93	R\$ 35.259,14	R\$ -
GD 03	R\$ 13.690.713,48	R\$ -	R\$ -
GD 04	R\$ 302.857,80	R\$ 107.878,61	R\$ -
GD 05	R\$ 2.580.648,91	R\$ 81.288,01	R\$ -
GD 06	R\$ 1.952.864,52	R\$ 464,83	R\$ -
GD 07	R\$ 5.087.938,93	R\$ 18.420,03	R\$ -
GD 08	R\$ 14.053.057,79	R\$ 3.263,61	-R\$ 15.689,00
UGRHI 01	R\$ 529.321,61	R\$ 67.142,00	-R\$ 7.660,62
UGRHI 04	R\$ 11.192.603,54	R\$ 30.987,62	-R\$ 15.594,26
UGRHI 08	R\$ 16.150.352,76	R\$ 299.797,18	-R\$ 872.207,19
UGRHI 09	R\$ 21.902.085,07	R\$ 2.030,83	-R\$ 72.256,56
UGRHI 12	R\$ 7.189.712,98	R\$ -	R\$ -
UGRHI 15	R\$ 3.946.717,41	R\$ -	-R\$ 16.592,36
Soma	R\$ 100.000.000,10	R\$ 666.043,80	-R\$ 999.999,99

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Por fim, a Tabela 123 apresenta a captura do excedente do pagador, desdobrado em cada setor (atividade econômica usuária) com relação a capacidade limite de pagamento (dada pela disposição a pagar) e a respectivo preço médio líquido onerado.

Tabela 123: Captura do excedente do pagador para a CA-3 por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano.

SETOR	DISPOSIÇÃO A PAGAR (Capacidade limite)	PREÇO UNITÁRIO DE CAPTAÇÃO	CAPTURA DO EXCEDENTE
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,327	R\$ 0,057	17,45%
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 26,214	R\$ 0,010	0,04%
Fabricação de papel	R\$ 28,852	R\$ 0,014	0,05%
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 3,873	R\$ 0,687	17,75%
Aquicultura em água doce	R\$ 0,528	R\$ 0,162	30,65%
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 0,750	R\$ 0,049	6,47%
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 1,866	R\$ 0,010	0,54%
Fabricação de álcool	R\$ 25,502	R\$ 0,649	2,55%
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 0,475	R\$ 0,010	2,10%
Cultivo de cereais	R\$ 0,186	R\$ 0,044	23,64%
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 1,590	R\$ 0,170	10,71%
Cultivo de café	R\$ 0,269	R\$ 0,029	10,87%
Cultivo de laranja	R\$ 0,561	R\$ 0,173	30,80%
Horticultura	R\$ 3,286	R\$ 0,156	4,74%
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 2,871	R\$ 0,090	3,14%
Cultivo de soja	R\$ 0,167	R\$ 0,032	19,25%

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

7.2.4. Resultados para a CA-4

A Configuração de Análise 4 (CA-4), apresentada na Tabela 124, considera o orçamento-objetivo de R\$ 250 milhões, imposto como limite superior de forma a testar, pelo modelo, se haveria de fato capacidade de pagamento para suportar tamanha arrecadação. Além de se testar o limite hipotético de arrecadação, a CA-4 traz como objetivo a comparação de resultados para cada setor econômico frente às demais configurações de análise, permitindo interpretar as formas de otimização decorrentes.

Tabela 124: Valores monetários agregados resultantes da CA-4.

CA-4 Concepção original do modelo, visando testar o limite de arrecadação da bacia		
Captação	R\$	250.000.001,00
Subsídio	-R\$	2.500.000,02
Lançamento	R\$	1.695.087,50
Total	R\$	249.195.088,49

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 125, Tabela 126 e Tabela 127, apresentadas a seguir, tem-se os preços ótimos de captação, lançamento e subsídios para cada setor (atividade econômica usuária) em cada unidade de gestão hídrica.

Tabela 125: Preços ótimos de captação para a CA-4, em R\$/m³ – variável de decisão X_l^U

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,18	R\$ 0,01	R\$ 0,09	R\$ 0,01	R\$ 0,33	R\$ 0,01	R\$ 0,18	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1,50	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,77	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00
j=2	Fabricação de papel										R\$ 20,14		R\$ 0,67		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 1,74	R\$ 1,15	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 1,72	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 1,72	R\$ 1,72	R\$ 0,01	R\$ 1,72
j=4	Aquicultura em água doce	R\$ 0,01		R\$ 0,23	R\$ 0,20	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,24	R\$ 0,25	R\$ 0,23	R\$ 0,23	R\$ 0,24	R\$ 0,23	
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,50	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes								R\$ 0,01						
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 2,88	R\$ 0,00
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar								R\$ 0,01		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,06
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,11	R\$ 0,19	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,19	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,19	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,19
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,37		R\$ 1,59	R\$ 0,82	R\$ 0,13	R\$ 0,20	R\$ 0,12	R\$ 1,05	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,22
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,17	R\$ 0,01	R\$ 0,27	R\$ 0,01	R\$ 0,27	R\$ 0,27	R\$ 0,00	R\$ 0,27	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,22
k=5	Cultivo de laranja	R\$ 0,01		R\$ 0,56			R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,56		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,56
k=6	Horticultura	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 3,29	R\$ 0,01	R\$ 1,74	R\$ 0,00	R\$ 1,39	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)		R\$ 0,23	R\$ 0,23		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,06	R\$ 0,63		R\$ 0,02	R\$ 0,01	R\$ 0,62	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,17	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,17	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,17	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,17

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 126: Preços ótimos de lançamento para a CA-4, em R\$/Kg de DBO – variável de decisão Y_l^u

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água		R\$ 0,15	R\$ 0,15		R\$ 0,15	R\$ 0,15		R\$ 0,32	R\$ 0,15	R\$ 0,32	R\$ 0,01	R\$ 0,32	R\$ 0,01	R\$ 0,15
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,05	R\$ 5,32	R\$ 0,01	R\$ 10,85	R\$ 0,00
j=2	Fabricação de papel												R\$ 0,10		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=4	Aquicultura em água doce	R\$ 0,15						R\$ 0,15	R\$ 0,09	R\$ 0,28	R\$ 0,30	R\$ 0,30	R\$ 0,01		
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,25	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes								R\$ 0,01						
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar														
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>														
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=5	Cultivo de laranja														
k=6	Horticultura	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)														
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 127: Valores ótimos para o subsídio para a CA-4, em R\$/m³– variável de decisão Z_1^U

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água														
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0150	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0453	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=2	Fabricação de papel														
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,0174	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=4	Aquicultura em água doce								R\$ 0,0033	R\$ 0,0053			R\$ 0,0025		
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes														
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar														
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>										R\$ 0,0105				R\$ 0,0022
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=5	Cultivo de laranja														
k=6	Horticultura	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)														
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 128 e a Tabela 129 apresentam os valores médios por setor (atividade econômica usuária) e unidade de gestão hídrica, respectivamente, para os preços unitários (captação e lançamento) e os subsídios.

Tabela 128: Preços unitários médios por setor (atividade econômica usuária) para a CA-4, em R\$/m³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos

SETOR	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,084	R\$ 0,14	R\$ -
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,298	R\$ 1,16	-R\$ 0,00430
Fabricação de papel	R\$ 0,674	R\$ 0,01	R\$ -
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,777	R\$ -	-R\$ 0,00124
Aquicultura em água doce	R\$ 0,173	R\$ 0,09	-R\$ 0,00079
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 0,049	R\$ 0,02	R\$ -
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 0,010	R\$ 0,00	R\$ -
Fabricação de álcool	R\$ 1,791	R\$ 0,00	R\$ -
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 0,018	R\$ -	R\$ -
Cultivo de cereais	R\$ 0,082	R\$ -	R\$ -
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 0,230	R\$ -	-R\$ 0,00090
Cultivo de café	R\$ 0,163	R\$ -	R\$ -
Cultivo de laranja	R\$ 0,089	R\$ -	R\$ -
Horticultura	R\$ 0,097	R\$ -	R\$ -
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 0,195	R\$ -	R\$ -
Cultivo de soja	R\$ 0,081	R\$ -	R\$ -
MÉDIA	R\$ 0,170	R\$ 0,09	-R\$ 0,00045

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 129: Preços unitários médios por unidade de gestão hídrica para a CA-4, em R\$/m³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos

UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
GD 01	R\$ 0,068	R\$ 0,01	R\$ 0,00109
GD 02	R\$ 0,034	R\$ 0,01	R\$ -
GD 03	R\$ 0,191	R\$ 0,01	R\$ -
GD 04	R\$ 0,123	R\$ -	R\$ -
GD 05	R\$ 0,287	R\$ 0,03	R\$ -
GD 06	R\$ 0,085	R\$ 0,01	R\$ -
GD 07	R\$ 0,121	R\$ 0,01	R\$ -
GD 08	R\$ 0,283	R\$ 0,03	-R\$ 0,00114
UGRHI 01	R\$ 0,230	R\$ 0,03	-R\$ 0,00033
UGRHI 04	R\$ 0,055	R\$ 0,04	-R\$ 0,00065
UGRHI 08	R\$ 0,199	R\$ 0,35	-R\$ 0,00283
UGRHI 09	R\$ 0,400	R\$ 0,03	-R\$ 0,00015
UGRHI 12	R\$ 0,526	R\$ 0,68	R\$ -
UGRHI 15	R\$ 0,213	R\$ 0,01	-R\$ 0,00014
MÉDIA	R\$ 0,170	R\$ 0,09	-R\$ 0,00030

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 130 e a Tabela 131 apresentam os montantes arrecadados (captação e lançamento) por setor (atividade econômica usuária) e unidade de gestão hídrica, respectivamente.

Tabela 130: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-4 por setores usuários, em R\$/ano

SETOR	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 12.991.323,09	R\$ 1.363.226,22	R\$ -
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 54.208.424,28	R\$ 144.430,35	-R\$ 2.203.637,45
Fabricação de papel	R\$ 36.151.448,51	R\$ 180.317,54	R\$ -
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 20.622.717,40	R\$ -	-R\$ 7.819,55
Aquicultura em água doce	R\$ 4.077.550,39	R\$ 5.170,53	-R\$ 28.052,04
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 902.199,23	R\$ 346,78	R\$ -
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 131.400,00	R\$ 1.576,80	R\$ -
Fabricação de álcool	R\$ 16.891.928,00	R\$ 19,28	R\$ -
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 4.336.447,70	R\$ -	R\$ -
Cultivo de cereais	R\$ 11.805.307,83	R\$ -	R\$ -
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 47.173.672,60	R\$ -	-R\$ 260.490,99
Cultivo de café	R\$ 25.129.503,39	R\$ -	R\$ -
Cultivo de laranja	R\$ 4.923.146,13	R\$ -	R\$ -
Horticultura	R\$ 964.727,84	R\$ -	R\$ -
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 6.885.749,83	R\$ -	R\$ -
Cultivo de soja	R\$ 2.804.454,78	R\$ -	R\$ -
SOMA	R\$ 250.000.001,00	R\$ 1.695.087,50	-R\$ 2.500.000,02

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 131: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-4 por unidades de gestão hídrica, em R\$/ano

UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
GD 01	R\$ 1.222.593,38	R\$ 48.779,86	-R\$ 7.819,55
GD 02	R\$ 2.330.219,76	R\$ 88.147,85	R\$ -
GD 03	R\$ 34.226.783,39	R\$ -	R\$ -
GD 04	R\$ 757.144,53	R\$ 269.696,52	R\$ -
GD 05	R\$ 6.451.622,30	R\$ 203.220,01	R\$ -
GD 06	R\$ 4.882.161,29	R\$ 1.162,08	R\$ -
GD 07	R\$ 12.719.847,14	R\$ 46.050,07	R\$ -
GD 08	R\$ 35.132.644,73	R\$ 8.159,02	-R\$ 201.223,03
UGRHI 01	R\$ 1.323.304,06	R\$ 167.855,00	-R\$ 7.660,62
UGRHI 04	R\$ 27.981.509,89	R\$ 77.469,05	-R\$ 243.898,63
UGRHI 08	R\$ 40.375.881,66	R\$ 749.492,94	-R\$ 2.021.629,37
UGRHI 09	R\$ 54.755.212,46	R\$ 5.077,08	-R\$ 1.176,47
UGRHI 12	R\$ 17.974.282,86	R\$ -	R\$ -
UGRHI 15	R\$ 9.866.793,56	R\$ -	-R\$ 16.592,36
MÉDIA	R\$ 250.000.001,00	R\$ 1.665.109,48	-R\$ 2.500.000,02

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Por fim, a Tabela 132 apresenta a captura do excedente do pagador, desdobrado em cada setor (atividade econômica usuária) com relação a capacidade limite de pagamento (dada pela disposição a pagar) e o respectivo preço unitário médio líquido onerado.

Tabela 132: Captura do excedente do pagador para a CA-4 por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano.

SETOR	DISPOSIÇÃO A PAGAR (Capacidade limite)	PREÇO UNITÁRIO DE CAPTAÇÃO	CAPTURA DO EXCEDENTE
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,327	R\$ 0,084	25,66%
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 26,214	R\$ 0,298	1,14%
Fabricação de papel	R\$ 28,852	R\$ 0,674	2,34%
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 3,873	R\$ 0,777	20,06%
Aquicultura em água doce	R\$ 0,528	R\$ 0,173	32,77%
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 0,750	R\$ 0,049	6,47%
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 1,866	R\$ 0,010	0,54%
Fabricação de álcool	R\$ 25,502	R\$ 1,791	7,02%
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 0,475	R\$ 0,018	3,88%
Cultivo de cereais	R\$ 0,186	R\$ 0,082	44,30%
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 1,590	R\$ 0,230	14,48%
Cultivo de café	R\$ 0,269	R\$ 0,163	60,59%
Cultivo de laranja	R\$ 0,561	R\$ 0,089	15,83%
Horticultura	R\$ 3,286	R\$ 0,097	2,94%
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 2,871	R\$ 0,195	6,78%
Cultivo de soja	R\$ 0,167	R\$ 0,081	48,29%

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

7.2.5. Resultados para a CA-5

A Configuração de Análise 5 (CA-5), apresentada abaixo, considera o orçamento-objetivo de R\$ 250 milhões, distribuídos em captação, lançamento e gastos (subsídios) para todas as outorgas de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Nesta configuração de análise, as localizações críticas (representadas pelos arquétipos) são desconsideradas, o que impacta no valor dos preços unitários dos setores usuários que utilizam o recurso hídrico em locais de restrição quali-quantitativa.

Tabela 133: Valores monetários agregados resultantes da CA-5.

CA-5 Desconsideração do parâmetro de locais críticos (arquétipos) para avaliar seu efeito isoladamente	
Captação	R\$ 249.999.999,88
Subsídio	-R\$ 2.145.100,08
Lançamento	R\$ 1.695.087,50
Total	R\$ 249.549.987,31

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 134, Tabela 135 e a Tabela 136, apresentadas a seguir, tem-se os preços ótimos de captação, lançamento e subsídios para cada setor (atividade econômica usuária) em cada unidade de gestão hídrica.

Tabela 134: Preços ótimos de captação para a CA-5, em R\$/m³ – variável de decisão X_l^u

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,18	R\$ 0,01	R\$ 0,10	R\$ 0,01	R\$ 0,33	R\$ 0,01	R\$ 0,18	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1,68	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,77	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00
j=2	Fabricação de papel										R\$ 20,14		R\$ 0,68		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 1,74	R\$ 1,15	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 1,72	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 1,72	R\$ 1,72	R\$ 0,01	R\$ 1,72
j=4	Aquicultura em água doce	R\$ 0,01		R\$ 0,23	R\$ 0,20	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,23	R\$ 0,25	R\$ 0,23	R\$ 0,23	R\$ 0,24	R\$ 0,23	
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,50	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes								R\$ 0,01						
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 2,88	R\$ 0,00
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar								R\$ 0,01		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,06
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,11	R\$ 0,19	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,19	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,19	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,19
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,37		R\$ 1,59	R\$ 0,82	R\$ 0,13	R\$ 0,20	R\$ 0,12	R\$ 1,05	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,22
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,17	R\$ 0,01	R\$ 0,27	R\$ 0,01	R\$ 0,27	R\$ 0,27	R\$ 0,00	R\$ 0,27	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,22
k=5	Cultivo de laranja	R\$ 0,01		R\$ 0,56			R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,56		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,56
k=6	Horticultura	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 1,76	R\$ 0,01	R\$ 1,74	R\$ 0,00	R\$ 1,39	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)		R\$ 0,23	R\$ 0,23		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,06	R\$ 0,23		R\$ 0,02	R\$ 0,01	R\$ 0,23	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,17	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,17	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,17	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,17

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 135: Preços ótimos de lançamento para a CA-5, em R\$/Kg de DBO – variável de decisão Y_l^u

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água		R\$ 0,15	R\$ 0,15		R\$ 0,15	R\$ 0,15		R\$ 0,32	R\$ 0,15	R\$ 0,32	R\$ 0,01	R\$ 0,32	R\$ 0,01	R\$ 0,15
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,05	R\$ 5,32	R\$ 0,01	R\$ 10,85	R\$ 0,00
j=2	Fabricação de papel												R\$ 0,10		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=4	Aquicultura em água doce	R\$ 0,15						R\$ 0,15	R\$ 0,09	R\$ 0,28	R\$ 0,30	R\$ 0,30	R\$ 0,01		
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,25	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes								R\$ 0,01						
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar														
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>														
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=5	Cultivo de laranja														
k=6	Horticultura	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)														
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 136: Valores ótimos para o subsídio para a CA-5, em R\$/m³– variável de decisão Z_l^u

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água											R\$ 0,0002	R\$ 0,0033		
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0168	R\$ 0,0000	R\$ 0,0006	R\$ 0,0209	R\$ 0,0002	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=2	Fabricação de papel												R\$ 0,0079		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,0174	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=4	Aquicultura em água doce									R\$ 0,0053			R\$ 0,0025		
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes														
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar								R\$ 0,0001			R\$ 0,0001	R\$ 0,0001	R\$ 0,0001	R\$ 0,0006
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0001	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>			R\$ 0,0037							R\$ 0,0105	R\$ 0,0001	R\$ 0,0001		R\$ 0,0022
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0017	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=5	Cultivo de laranja														
k=6	Horticultura	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0001	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)							R\$ 0,0006							
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 137 e a Tabela 138 apresentam os valores médios por setor (atividade econômica usuária) e unidade de gestão hídrica, respectivamente, para os preços unitários (captação e lançamento) e os subsídios.

Tabela 137: Preços unitários médios por setor (atividade econômica usuária) para a CA-5, em R\$/m³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos

SETOR	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,084	R\$ 0,14	-R\$ 0,00025
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,326	R\$ 1,16	-R\$ 0,00274
Fabricação de papel	R\$ 0,684	R\$ 0,01	-R\$ 0,00056
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,777	R\$ -	-R\$ 0,00124
Aquicultura em água doce	R\$ 0,169	R\$ 0,09	-R\$ 0,00055
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*	R\$ 0,049	R\$ 0,02	R\$ -
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 0,010	R\$ 0,00	R\$ -
Fabricação de álcool	R\$ 1,791	R\$ 0,00	R\$ -
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 0,018	R\$ -	-R\$ 0,00007
Cultivo de cereais	R\$ 0,082	R\$ -	-R\$ 0,00001
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 0,230	R\$ -	-R\$ 0,00118
Cultivo de café	R\$ 0,163	R\$ -	-R\$ 0,00012
Cultivo de laranja	R\$ 0,089	R\$ -	R\$ -
Horticultura	R\$ 0,073	R\$ -	-R\$ 0,00001
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 0,093	R\$ -	-R\$ 0,00004
Cultivo de soja	R\$ 0,081	R\$ -	R\$ -
Média	R\$ 0,171	R\$ 0,09	-R\$ 0,00042

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 138: Preços unitários médios por unidade de gestão hídrica para a CA-5, em R\$/m³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos

UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
GD 01	R\$ 0,068	R\$ 0,01	R\$ 0,00109
GD 02	R\$ 0,034	R\$ 0,01	R\$ -
GD 03	R\$ 0,191	R\$ 0,01	R\$ 0,00034
GD 04	R\$ 0,123	R\$ -	R\$ -
GD 05	R\$ 0,275	R\$ 0,03	R\$ -
GD 06	R\$ 0,085	R\$ 0,01	R\$ -
GD 07	R\$ 0,121	R\$ 0,01	-R\$ 0,00004
GD 08	R\$ 0,301	R\$ 0,03	-R\$ 0,00106
UGRHI 01	R\$ 0,230	R\$ 0,03	-R\$ 0,00033
UGRHI 04	R\$ 0,055	R\$ 0,04	-R\$ 0,00069
UGRHI 08	R\$ 0,199	R\$ 0,35	-R\$ 0,00133
UGRHI 09	R\$ 0,396	R\$ 0,03	-R\$ 0,00088
UGRHI 12	R\$ 0,526	R\$ 0,68	-R\$ 0,000006
UGRHI 15	R\$ 0,213	R\$ 0,01	-R\$ 0,00017
Média	R\$ 0,171	R\$ 0,09	-R\$ 0,00022

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 139 e a Tabela 140 apresentam os montantes arrecadados (captação e lançamento) além do montante pago em subsídios, por setor (atividade econômica usuária) e unidade de gestão hídrica, respectivamente.

Tabela 139: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-5 por setores usuários, em R\$/ano

SETOR	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 13.182.103,04	R\$ 1.363.226,22	-R\$ 226.748,48
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 56.422.691,00	R\$ 144.430,35	-R\$ 1.196.490,93
Fabricação de papel	R\$ 37.030.534,50	R\$ 180.317,54	-R\$ 421.922,30
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 20.622.717,40	R\$ -	-R\$ 7.819,55
Aquicultura em água doce	R\$ 4.058.335,48	R\$ 5.170,53	-R\$ 8.837,09
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 902.199,23	R\$ 346,78	R\$ -
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 131.400,00	R\$ 1.576,80	R\$ -
Fabricação de álcool	R\$ 16.891.928,00	R\$ 19,28	R\$ -
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 4.336.447,70	R\$ -	-R\$ 42.205,04
Cultivo de cereais	R\$ 11.805.307,83	R\$ -	-R\$ 5.698,63
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 47.281.920,83	R\$ -	-R\$ 376.700,91
Cultivo de café	R\$ 25.021.255,88	R\$ -	-R\$ 194.660,75
Cultivo de laranja	R\$ 4.923.146,13	R\$ -	R\$ -
Horticultura	R\$ 773.947,88	R\$ -	-R\$ 3.331,46
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 3.811.611,97	R\$ -	-R\$ 15.584,91
Cultivo de soja	R\$ 2.804.454,78	R\$ -	R\$ -
Soma	R\$ 250.000.001,66	R\$ 1.695.087,50	-R\$ 2.500.000,04

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 140: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-5 por unidades de gestão hídrica, em R\$/ano

UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
GD 01	R\$ 1.222.593,38	R\$ 48.779,86	-R\$ 7.819,55
GD 02	R\$ 2.330.219,76	R\$ 88.147,85	R\$ -
GD 03	R\$ 34.226.784,12	R\$ -	-R\$ 308.607,62
GD 04	R\$ 757.144,53	R\$ 269.696,52	R\$ -
GD 05	R\$ 6.451.622,28	R\$ 203.220,01	R\$ -
GD 06	R\$ 4.882.161,29	R\$ 1.162,08	R\$ -
GD 07	R\$ 12.719.847,14	R\$ 46.050,07	-R\$ 15.584,91
GD 08	R\$ 35.132.644,74	R\$ 8.159,02	-R\$ 215.977,28
UGRHI 01	R\$ 1.323.304,06	R\$ 167.855,00	-R\$ 7.660,62
UGRHI 04	R\$ 27.981.509,89	R\$ 77.469,05	-R\$ 287.503,68
UGRHI 08	R\$ 40.375.881,66	R\$ 749.492,94	-R\$ 954.851,90
UGRHI 09	R\$ 54.755.212,40	R\$ 5.077,08	-R\$ 663.766,99
UGRHI 12	R\$ 17.974.282,86	R\$ -	-R\$ 4.204,39
UGRHI 15	R\$ 9.866.793,56	R\$ -	-R\$ 34.023,09
Soma	R\$ 250.000.001,66	R\$ 1.665.109,48	-R\$ 2.500.000,04

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Por fim, a Tabela 141 apresenta a captura do excedente do pagador, desdobrado em cada setor (atividade econômica usuária) com relação a capacidade limite de pagamento (dada pela disposição a pagar) e o respectivo preço unitário médio líquido onerado.

Tabela 141: Captura do excedente do pagador para a CA-5 por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano.

SETOR	DISPOSIÇÃO A PAGAR (Capacidade limite)	PREÇO UNITÁRIO DE CAPTAÇÃO	CAPTURA DO EXCEDENTE
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,327	R\$ 0,084	25,81%
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 26,214	R\$ 0,326	1,24%
Fabricação de papel	R\$ 28,852	R\$ 0,684	2,37%
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 3,873	R\$ 0,777	20,06%
Aquicultura em água doce	R\$ 0,528	R\$ 0,169	32,03%
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 0,750	R\$ 0,049	6,47%
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 1,866	R\$ 0,010	0,54%
Fabricação de álcool	R\$ 25,502	R\$ 1,791	7,02%
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 0,475	R\$ 0,018	3,88%
Cultivo de cereais	R\$ 0,186	R\$ 0,082	44,30%
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 1,590	R\$ 0,230	14,48%
Cultivo de café	R\$ 0,269	R\$ 0,163	60,59%
Cultivo de laranja	R\$ 0,561	R\$ 0,089	15,83%
Horticultura	R\$ 3,286	R\$ 0,073	2,23%
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 2,871	R\$ 0,093	3,24%
Cultivo de soja	R\$ 0,167	R\$ 0,081	48,29%

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

7.2.6. Resultados para a CA-6

A Configuração de Análise 6 (CA-6), apresentada abaixo, considera o orçamento-objetivo de R\$ 250 milhões, distribuídos em captação, lançamento e gastos (subsídios) para todas as outorgas de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Nesta configuração de análise, as sazonalidades são desconsideradas, o que impacta no valor dos preços unitários dos setores usuários que utilizam o recurso hídrico com maior ênfase em certos períodos do ano - notadamente nos meses de estiagem.

Tabela 142: Valores monetários resultantes da CA-6.

CA-6 Desconsideração do parâmetro de sazonalidade para avaliar seu efeito isoladamente	
Captação	R\$ 249.999.999,88
Subsídio	-R\$ 2.145.100,08
Lançamento	R\$ 1.695.087,50
Total	R\$ 249.549.987,31

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 143, Tabela 144 e Tabela 145, apresentadas a seguir, tem-se os preços ótimos de captação, lançamento e subsídios para cada setor (atividade econômica usuária) em cada unidade de gestão hídrica.

Tabela 143: Preços ótimos de captação para a CA-6, em R\$/m³ – variável de decisão X_l^u

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,18	R\$ 0,01	R\$ 0,09	R\$ 0,01	R\$ 0,33	R\$ 0,01	R\$ 0,18	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1,50	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,76	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00
j=2	Fabricação de papel										R\$ 20,14		R\$ 0,67		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 1,74	R\$ 1,15	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 1,72	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 1,72	R\$ 1,72	R\$ 0,01	R\$ 1,72
j=4	Aquicultura em água doce	R\$ 0,01		R\$ 0,23	R\$ 0,20	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,24	R\$ 0,25	R\$ 0,23	R\$ 0,23	R\$ 0,24	R\$ 0,23	
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,50	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes								R\$ 0,01						
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 2,88	R\$ 0,00
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar								R\$ 0,01		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,06
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,11	R\$ 0,19	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,19	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,19	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,19
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,37		R\$ 1,59	R\$ 0,82	R\$ 0,13	R\$ 0,20	R\$ 0,12	R\$ 1,04	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,22
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,17	R\$ 0,01	R\$ 0,27	R\$ 0,01	R\$ 0,27	R\$ 0,27	R\$ 0,00	R\$ 0,27	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,22
k=5	Cultivo de laranja	R\$ 0,01		R\$ 0,56			R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,56		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,56
k=6	Horticultura	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 3,29	R\$ 0,01	R\$ 1,74	R\$ 0,00	R\$ 1,39	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)		R\$ 0,23	R\$ 0,23		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,06	R\$ 0,63		R\$ 0,03	R\$ 0,23	R\$ 0,62	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,17	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,17	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,17	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,17

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 144: Preços ótimos de lançamento para a CA-6, em R\$/Kg de DBO – variável de decisão Y_i^u

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água		R\$ 0,15	R\$ 0,15		R\$ 0,15	R\$ 0,15		R\$ 0,32	R\$ 0,15	R\$ 0,32	R\$ 0,01	R\$ 0,32	R\$ 0,01	R\$ 0,15
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,05	R\$ 5,32	R\$ 0,01	R\$ 10,85	R\$ 0,00
j=2	Fabricação de papel												R\$ 0,10		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=4	Aquicultura em água doce	R\$ 0,15						R\$ 0,15	R\$ 0,09	R\$ 0,28	R\$ 0,30	R\$ 0,30	R\$ 0,01		
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,25	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes								R\$ 0,01						
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar														
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>														
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=5	Cultivo de laranja														
k=6	Horticultura	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)														
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 145: Valores ótimos para o subsídio para a CA-6, em R\$/m³– variável de decisão Z_l^u

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água											R\$ 0,0002	R\$ 0,0028		
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0129	R\$ 0,0000	R\$ 0,0005	R\$ 0,0182	R\$ 0,0002	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=2	Fabricação de papel												R\$ 0,0066		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,0149	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=4	Aquicultura em água doce								R\$ 0,0028	R\$ 0,0045			R\$ 0,0021		
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes														
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar								R\$ 0,0001			R\$ 0,0001	R\$ 0,0001		R\$ 0,0005
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0001	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>			R\$ 0,0032							R\$ 0,0090	R\$ 0,0001	R\$ 0,0001		R\$ 0,0019
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0014	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=5	Cultivo de laranja														
k=6	Horticultura	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0001	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)							R\$ 0,0005							
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000	R\$ 0,0000

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 146 e a Tabela 147 apresentam os valores médios por setor (atividade econômica usuária) e unidade de gestão hídrica, respectivamente, para os preços unitários (captação e lançamento) e os subsídios.

Tabela 146: Preços unitários médios por setor (atividade econômica usuária) para a CA-6, em R\$/m³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos

SETOR	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,084	R\$ 0,14	-R\$ 0,00021
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,297	R\$ 1,16	-R\$ 0,00227
Fabricação de papel	R\$ 0,674	R\$ 0,01	-R\$ 0,00047
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,777	R\$ -	-R\$ 0,00106
Aquicultura em água doce	R\$ 0,173	R\$ 0,09	-R\$ 0,00067
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*	R\$ 0,049	R\$ 0,02	R\$ -
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 0,010	R\$ 0,00	R\$ -
Fabricação de álcool	R\$ 1,791	R\$ 0,00	R\$ -
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 0,018	R\$ -	-R\$ 0,00005
Cultivo de cereais	R\$ 0,082	R\$ -	-R\$ 0,00001
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 0,230	R\$ -	-R\$ 0,00102
Cultivo de café	R\$ 0,163	R\$ -	-R\$ 0,00010
Cultivo de laranja	R\$ 0,089	R\$ -	R\$ -
Horticultura	R\$ 0,097	R\$ -	-R\$ 0,00001
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 0,213	R\$ -	-R\$ 0,00004
Cultivo de soja	R\$ 0,081	R\$ -	R\$ -
Média	R\$ 0,170	R\$ 0,09	-R\$ 0,00037

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 147: Preços unitários médios por unidade de gestão hídrica para a CA-6, em R\$/m³ (captação e subsídio) e R\$/Kg de DBO para lançamentos

UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
GD 01	R\$ 0,068	R\$ 0,01	R\$ 0,00093
GD 02	R\$ 0,034	R\$ 0,01	R\$ -
GD 03	R\$ 0,191	R\$ 0,01	R\$ 0,00029
GD 04	R\$ 0,123	R\$ -	R\$ -
GD 05	R\$ 0,287	R\$ 0,03	R\$ -
GD 06	R\$ 0,085	R\$ 0,01	R\$ -
GD 07	R\$ 0,121	R\$ 0,01	-R\$ 0,00003
GD 08	R\$ 0,283	R\$ 0,03	-R\$ 0,00098
UGRHI 01	R\$ 0,230	R\$ 0,03	-R\$ 0,00028
UGRHI 04	R\$ 0,056	R\$ 0,04	-R\$ 0,00059
UGRHI 08	R\$ 0,206	R\$ 0,35	-R\$ 0,00116
UGRHI 09	R\$ 0,400	R\$ 0,03	-R\$ 0,00075
UGRHI 12	R\$ 0,526	R\$ 0,68	R\$ -
UGRHI 15	R\$ 0,213	R\$ 0,01	-R\$ 0,00015
Média	R\$ 0,170	R\$ 0,09	-R\$ 0,00019

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 148 e a Tabela 149 apresentam os montantes arrecadados (captação e lançamento) além do montante pago em subsídios, por setor (atividade econômica usuária) e unidade de gestão hídrica, respectivamente.

Tabela 148: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-6 por setores usuários, em R\$/ano

SETOR	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 12.991.342,41	R\$ 1.363.224,42	-R\$ 194.559,27
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 54.026.182,97	R\$ 144.430,35	-R\$ 1.021.633,22
Fabricação de papel	R\$ 36.151.617,27	R\$ 180.317,54	-R\$ 354.484,76
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 20.621.597,75	R\$ -	-R\$ 6.699,88
Aquicultura em água doce	R\$ 4.073.541,28	R\$ 5.172,33	-R\$ 24.044,72
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 902.199,23	R\$ 346,78	R\$ -
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 131.400,00	R\$ 1.576,80	R\$ -
Fabricação de álcool	R\$ 16.891.928,00	R\$ 19,28	R\$ -
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 4.338.823,54	R\$ -	-R\$ 32.626,46
Cultivo de cereais	R\$ 11.806.427,48	R\$ -	-R\$ 4.889,65
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 47.230.189,70	R\$ -	-R\$ 322.771,41
Cultivo de café	R\$ 25.036.755,63	R\$ -	-R\$ 167.159,71
Cultivo de laranja	R\$ 4.923.146,13	R\$ -	R\$ -
Horticultura	R\$ 964.727,84	R\$ -	-R\$ 2.858,53
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 7.105.665,88	R\$ -	-R\$ 13.372,48
Cultivo de soja	R\$ 2.804.454,78	R\$ -	R\$ -
Soma	R\$ 249.999.999,88	R\$ 1.695.087,50	-R\$ 2.145.100,08

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 149: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-6 por unidades de gestão hídrica, em R\$/ano

UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO	SUBSÍDIO
GD 01	R\$ 1.222.593,38	R\$ 48.779,86	-R\$ 6.699,88
GD 02	R\$ 2.330.219,76	R\$ 88.147,85	R\$ -
GD 03	R\$ 34.226.783,87	R\$ -	-R\$ 264.797,70
GD 04	R\$ 757.144,53	R\$ 269.696,52	R\$ -
GD 05	R\$ 6.451.622,30	R\$ 203.220,01	R\$ -
GD 06	R\$ 4.882.161,29	R\$ 1.162,08	R\$ -
GD 07	R\$ 12.719.847,14	R\$ 46.050,07	-R\$ 13.372,48
GD 08	R\$ 35.132.644,29	R\$ 8.159,02	-R\$ 182.805,05
UGRHI 01	R\$ 1.323.304,05	R\$ 167.855,00	-R\$ 6.573,12
UGRHI 04	R\$ 27.981.508,04	R\$ 77.469,05	-R\$ 246.390,00
UGRHI 08	R\$ 40.375.882,00	R\$ 749.492,94	-R\$ 833.272,94
UGRHI 09	R\$ 54.755.212,76	R\$ 5.077,08	-R\$ 561.995,74
UGRHI 12	R\$ 17.974.282,86	R\$ -	R\$ -
UGRHI 15	R\$ 9.866.793,63	R\$ -	-R\$ 29.193,18
Soma	R\$ 249.999.999,88	R\$ 1.665.109,48	-R\$ 2.145.100,08

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Por fim, a Tabela 150 apresenta a captura do excedente do pagador, desdobrado em cada setor (atividade econômica usuária) com relação a capacidade limite de pagamento (dada pela disposição a pagar) e o respectivo preço unitário médio líquido onerado.

Tabela 150: Captura do excedente do pagador para a CA-6 por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano

SETOR	DISPOSIÇÃO A PAGAR (Capacidade limite)	PREÇO UNITÁRIO DE CAPTAÇÃO	CAPTURA DO EXCEDENTE
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,327	R\$ 0,084	25,66%
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 26,214	R\$ 0,297	1,13%
Fabricação de papel	R\$ 28,852	R\$ 0,674	2,34%
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 3,873	R\$ 0,777	20,06%
Aquicultura em água doce	R\$ 0,528	R\$ 0,173	32,77%
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 0,750	R\$ 0,049	6,47%
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 1,866	R\$ 0,010	0,54%
Fabricação de álcool	R\$ 25,502	R\$ 1,791	7,02%
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 0,475	R\$ 0,018	3,88%
Cultivo de cereais	R\$ 0,186	R\$ 0,082	44,30%
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 1,590	R\$ 0,230	14,45%
Cultivo de café	R\$ 0,269	R\$ 0,163	60,59%
Cultivo de laranja	R\$ 0,561	R\$ 0,089	15,83%
Horticultura	R\$ 3,286	R\$ 0,097	2,94%
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 2,871	R\$ 0,213	7,42%
Cultivo de soja	R\$ 0,167	R\$ 0,081	48,29%

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

7.2.7. Resultados para a CA-7

A Configuração de Análise 7 (CA-7), apresentada na Tabela 151, considera o orçamento-objetivo de R\$ 250 milhões, distribuídos em captação, lançamento e gastos (subsídios) para todas as outorgas de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Nesta configuração de análise, os subsídios são eliminados do modelo de cobrança.

Tabela 151: Valores monetários agregados resultantes da CA-7

CA-6 Desconsideração do parâmetro de subsídios para avaliar seu efeito isoladamente	
Captação	R\$ 250.000.000,05
Subsídio	R\$ -
Lançamento	R\$ 1.695.087,51
Total	R\$ 251.695.087,56

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Na Tabela 152 e a Tabela 153 apresentadas a seguir, tem-se os preços ótimos de captação, lançamento para cada setor (atividade econômica usuária) em cada unidade de gestão hídrica.

Tabela 152: Preços ótimos de captação para a CA-7, em R\$/m³ – variável de decisão X_1^U

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,12	R\$ 0,01	R\$ 0,33	R\$ 0,01	R\$ 0,18	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,32	
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1,50	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 2,78	R\$ 0,00
j=2	Fabricação de papel										R\$ 0,01		R\$ 0,67		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 1,72	R\$ 1,15	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 1,72	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,28	R\$ 1,72	R\$ 1,72	R\$ 1,72	R\$ 1,72
j=4	Aquicultura em água doce	R\$ 0,01		R\$ 0,23	R\$ 0,20	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,23	R\$ 0,25	R\$ 0,23	R\$ 0,23	R\$ 0,23	R\$ 0,01	
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes								R\$ 0,01						
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar								R\$ 0,01		R\$ 0,01	R\$ 0,46	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,06
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,01	R\$ 0,19	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,19	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,19	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,19	R\$ 0,19
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,37		R\$ 1,59	R\$ 0,82	R\$ 0,13	R\$ 0,20	R\$ 0,12	R\$ 1,04	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,22
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,18	R\$ 0,01	R\$ 0,27	R\$ 0,01	R\$ 0,27	R\$ 0,27	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,22
k=5	Cultivo de laranja	R\$ 0,01		R\$ 0,56			R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,56		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,56
k=6	Horticultura	R\$ 0,41	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 3,29	R\$ 0,01	R\$ 1,74	R\$ 0,00	R\$ 1,39	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 1,25	R\$ 0,01
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)		R\$ 0,23	R\$ 0,23		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,06	R\$ 0,63		R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,62	R\$ 0,01	R\$ 0,01
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,17	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,17	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,17	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,17

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 153: Preços ótimos de lançamento para a CA-7, em R\$/Kg de DBO – variável de decisão Y_i^u

SETOR		GD 01	GD 02	GD 03	GD 04	GD 05	GD 06	GD 07	GD 08	UGRHI 01	UGRHI 04	UGRHI 08	UGRHI 09	UGRHI 12	UGRHI 15
i=1	Captação, tratamento e distribuição de água		R\$ 0,15	R\$ 0,15		R\$ 0,15	R\$ 0,15		R\$ 0,32	R\$ 0,15	R\$ 0,32	R\$ 0,01	R\$ 0,32	R\$ 0,01	R\$ 0,15
j=1	Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,05	R\$ 5,32	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00
j=2	Fabricação de papel												R\$ 0,10		
j=3	Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=4	Aquicultura em água doce	R\$ 0,15						R\$ 0,15	R\$ 0,01	R\$ 0,28	R\$ 0,30	R\$ 0,30	R\$ 0,01		
j=5	Fabricação de produtos alimentícios <i>n.e.a*</i> .	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,74	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
j=6	Fabricação de intermediários para fertilizantes								R\$ 0,01						
j=7	Fabricação de álcool	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 14,52	R\$ 0,00
k=1	Cultivo de cana-de-açúcar														
k=2	Cultivo de cereais	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=3	Cultivo de plantas de lavoura temporária <i>n.e.a*</i>														
k=4	Cultivo de café	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=5	Cultivo de laranja														
k=6	Horticultura	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
k=7	Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)														
k=8	Cultivo de soja	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 154 e a Tabela 155 apresentam os valores médios por setor (atividade econômica usuária) e unidade de gestão hídrica, respectivamente, para os preços unitários (captação e lançamento).

Tabela 154: Preços unitários médios por setor (atividade econômica usuária) para a CA-7, em R\$/m³ (captação) e R\$/Kg de DBO para lançamentos

SETOR	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,162	R\$ 0,14
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,975	R\$ 0,38
Fabricação de papel	R\$ 0,670	R\$ 0,01
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 1,074	R\$ -
Aquicultura em água doce	R\$ 0,168	R\$ 0,09
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 0,010	R\$ 0,05
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 0,010	R\$ 0,00
Fabricação de álcool	R\$ 0,010	R\$ 1,04
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 0,056	R\$ -
Cultivo de cereais	R\$ 0,094	R\$ -
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 0,230	R\$ -
Cultivo de café	R\$ 0,133	R\$ -
Cultivo de laranja	R\$ 0,089	R\$ -
Horticultura	R\$ 0,408	R\$ -
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 0,192	R\$ -
Cultivo de soja	R\$ 0,081	R\$ -
Média	R\$ 0,284	R\$ 0,11

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 155: Preços unitários médios por unidade de gestão hídrica para a CA-7, em R\$/m³ (captação) e R\$/Kg de DBO para lançamentos

UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO
GD 01	R\$ 0,101	R\$ 0,01
GD 02	R\$ 0,034	R\$ 0,01
GD 03	R\$ 0,116	R\$ 0,01
GD 04	R\$ 0,123	R\$ -
GD 05	R\$ 0,177	R\$ 0,06
GD 06	R\$ 0,085	R\$ 0,01
GD 07	R\$ 0,121	R\$ 0,01
GD 08	R\$ 0,282	R\$ 0,02
UGRHI 01	R\$ 0,230	R\$ 0,03
UGRHI 04	R\$ 0,040	R\$ 0,04
UGRHI 08	R\$ 0,105	R\$ 0,35
UGRHI 09	R\$ 0,400	R\$ 0,03
UGRHI 12	R\$ 0,708	R\$ 0,91
UGRHI 15	R\$ 0,213	R\$ 0,01
Média	R\$ 0,284	R\$ 0,11

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 156 e a Tabela 157 apresentam os montantes arrecadados (captação e lançamento), por setor (atividade econômica usuária) e unidade de gestão hídrica, respectivamente.

Tabela 156: Montante arrecadado (captação e lançamento) para a CA-7 por setores usuários, em R\$/ano

SETOR	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 11.828.769,61	R\$ 1.362.526,43
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 32.619.279,87	R\$ 116.454,22
Fabricação de papel	R\$ 35.932.797,97	R\$ 180.317,54
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 22.765.271,97	R\$ -
Aquicultura em água doce	R\$ 4.043.984,20	R\$ 4.821,58
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 164.417,57	R\$ 1.033,94
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 131.400,00	R\$ 1.938,39
Fabricação de álcool	R\$ 94.178,20	R\$ 27.995,41
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 38.232.541,98	R\$ -
Cultivo de cereais	R\$ 11.793.501,56	R\$ -
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 46.920.718,26	R\$ -
Cultivo de café	R\$ 26.675.669,82	R\$ -
Cultivo de laranja	R\$ 4.923.146,13	R\$ -
Horticultura	R\$ 4.265.710,21	R\$ -
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 6.804.157,92	R\$ -
Cultivo de soja	R\$ 2.804.454,78	R\$ -
Soma	R\$ 250.000.000,05	R\$ 1.695.087,51

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 157: Montante arrecadado (captação e lançamento) e pago (subsídios) para a CA-7 por unidades de gestão hídrica, em R\$/ano

UNIDADE DE GESTÃO HÍDRICA	CAPTAÇÃO	LANÇAMENTO
GD 01	R\$ 1.222.593,38	R\$ 48.779,86
GD 02	R\$ 2.330.219,76	R\$ 88.147,85
GD 03	R\$ 34.226.783,66	R\$ -
GD 04	R\$ 757.144,53	R\$ 269.696,52
GD 05	R\$ 6.451.622,19	R\$ 203.220,01
GD 06	R\$ 4.882.161,29	R\$ 1.162,08
GD 07	R\$ 12.719.847,14	R\$ 46.050,07
GD 08	R\$ 35.132.644,58	R\$ 8.159,02
UGRHI 01	R\$ 1.323.304,04	R\$ 167.855,00
UGRHI 04	R\$ 27.981.509,33	R\$ 77.469,05
UGRHI 08	R\$ 40.375.881,65	R\$ 749.492,94
UGRHI 09	R\$ 54.755.212,42	R\$ 5.077,08
UGRHI 12	R\$ 17.974.282,53	R\$ -
UGRHI 15	R\$ 9.866.793,57	R\$ -
Soma	R\$ 250.000.000,05	R\$ 1.665.109,48

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Por fim, a Tabela 158 apresenta a captura do excedente do pagador, desdobrado em cada setor (atividade econômica usuária) com relação a capacidade limite de pagamento (dada pela disposição a pagar) e o respectivo preço unitário líquido onerado.

Tabela 158: Captura do excedente do pagador para a CA-7 por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano.

SETOR	DISPOSIÇÃO A PAGAR (Capacidade limite)	PREÇO UNITÁRIO DE CAPTAÇÃO	CAPTURA DO EXCEDENTE
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,327	R\$ 0,162	49,43%
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 26,214	R\$ 0,975	3,72%
Fabricação de papel	R\$ 28,852	R\$ 0,670	2,32%
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 3,873	R\$ 1,074	27,74%
Aquicultura em água doce	R\$ 0,528	R\$ 0,168	31,87%
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 0,750	R\$ 0,010	1,33%
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 1,866	R\$ 0,010	0,54%
Fabricação de álcool	R\$ 25,502	R\$ 0,010	0,04%
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 0,475	R\$ 0,056	11,87%
Cultivo de cereais	R\$ 0,186	R\$ 0,094	50,26%
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 1,590	R\$ 0,230	14,45%
Cultivo de café	R\$ 0,269	R\$ 0,133	49,49%
Cultivo de laranja	R\$ 0,561	R\$ 0,089	15,83%
Horticultura	R\$ 3,286	R\$ 0,408	12,41%
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 2,871	R\$ 0,192	6,67%
Cultivo de soja	R\$ 0,167	R\$ 0,081	48,29%

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

7.3. Análise dos resultados do modelo

No item precedente (7.2), foram apresentados os resultados individuais de cada uma das sete configurações de análise, sendo que aqui são tecidas análises referentes aos resultados de forma integrada.

Apresenta-se, primeiramente, a comparação dos preços médios (ponderados por volume) das configurações de análise 1 a 4 (Tabela 159). Nota-se que para fazer frente ao orçamento-objetivo de R\$ 20 milhões, conforme a configuração de análise 1 (CA-1), um preço unitário médio de R\$ 0,0164 se faria necessário²⁶.

Tabela 159: Preços unitários médios para cada configuração de análise.

	CA-1	CA-2	CA-3	CA-4
Orçamento-objetivo (R\$, milhões)	20,00	60,00	100,00	250,00
Preço unitário médio (R\$/m ³ captado)	0,0164	0,0443	0,0754	0,1700

O preço unitário que se releva médio para a CA-1 é equivalente, quase que exatamente, ao preço unitário do Cenário 5 (Tabela 52). Essa diferença ocorre devido à agregação dos preços unitários oriundos do modelo, que são específicos para cada setor econômico em cada uma das 14 unidades de gestão da bacia. Ou seja, os resultados médios são ponderados pelo volume de captação de cada setor econômico em cada uma de suas unidades de gestão hídrica.

Já para fazer frente ao orçamento-objetivo (hipotético) de R\$ 250 milhões, cujo intuito é o de demonstrar os limites plausíveis da capacidade de pagamento

²⁶ Caso aplicado ao total de captação outorgada nos rios de domínio da União da bacia do rio Grande, e não apenas relativo aos volumes dos 16 setores econômicos modelados, esse valor renderia um valor anual arrecadado de R\$ 29 milhões.

na bacia, o preço médio deveria ser de R\$ 0,17. Trata-se de valor praticamente 3 vezes maior do que o preço básico unitário necessário para fazer frente ao Cenário 1, que é o de maior arrecadação (R\$ 105,57 milhões por ano).

Uma importante consideração quanto às configurações de análise é que todas trazem orçamentos-objetivo possíveis de implementação, mesmo que não necessariamente desejáveis ou factíveis. O que se releva, independentemente, é que há um conjunto de setores econômicos outorgados nos rios de domínio da União da bacia com capacidade de pagamento suficiente para se chegar (e possivelmente superar) a uma arrecadação anual da ordem de R\$ 250 milhões (CA-4). Esse resultado se faz possível com uma cobrança bastante diferenciada entre os setores usuários e as unidades de gestão, pois espelha um preço ótimo sob o ponto de vista econômico.

Observa-se os resultados comparativos na Tabela 160 e Tabela 161: a primeira apresenta os preços unitários líquidos de captação (preço unitário de captação menos os subsídios) de cada setor, ponderada pelo volume captado, e a segunda apresenta a captura do excedente do pagador (fruto da divisão deste preço unitário líquido ponderado pela disposição a pagar máxima).

Tabela 160: Preço unitário líquido de captação (preço unitário menos subsídio) por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano nas diferentes configurações de análise.

SETOR USUÁRIO	CA-1	CA-2	CA-3	CA-4	CA-5	CA-6	CA-7	MÉDIA	VARIAÇÃO
Captação, tratamento e distribuição de água	R\$ 0,01	R\$ 0,03	R\$ 0,06	R\$ 0,08	R\$ 0,08	R\$ 0,08	R\$ 0,16	R\$ 0,07	R\$ 0,15
Fabricação de açúcar em bruto	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,30	R\$ 0,33	R\$ 0,30	R\$ 0,98	R\$ 0,28	R\$ 0,97
Fabricação de papel	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,67	R\$ 0,68	R\$ 0,67	R\$ 0,67	R\$ 0,39	R\$ 0,67
Extração de pedra, areia e argila	R\$ 0,08	R\$ 0,24	R\$ 0,69	R\$ 0,78	R\$ 0,78	R\$ 0,78	R\$ 1,07	R\$ 0,63	R\$ 0,99
Aquicultura em água doce	R\$ 0,06	R\$ 0,15	R\$ 0,16	R\$ 0,17	R\$ 0,17	R\$ 0,17	R\$ 0,17	R\$ 0,15	R\$ 0,12
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	R\$ 0,02	R\$ 0,05	R\$ 0,05	R\$ 0,05	R\$ 0,05	R\$ 0,05	R\$ 0,01	R\$ 0,04	R\$ 0,04
Fabricação de intermediários para fertilizantes	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,00
Fabricação de álcool	R\$ 0,04	R\$ 0,35	R\$ 0,65	R\$ 1,79	R\$ 1,79	R\$ 1,79	R\$ 0,01	R\$ 0,92	R\$ 1,78
Cultivo de cana-de-açúcar	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,02	R\$ 0,02	R\$ 0,02	R\$ 0,06	R\$ 0,02	R\$ 0,05
Cultivo de cereais	R\$ 0,02	R\$ 0,01	R\$ 0,04	R\$ 0,08	R\$ 0,08	R\$ 0,08	R\$ 0,09	R\$ 0,06	R\$ 0,08
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	R\$ 0,01	R\$ 0,09	R\$ 0,17	R\$ 0,23	R\$ 0,23	R\$ 0,23	R\$ 0,23	R\$ 0,17	R\$ 0,22
Cultivo de café	R\$ 0,02	R\$ 0,03	R\$ 0,03	R\$ 0,16	R\$ 0,16	R\$ 0,16	R\$ 0,13	R\$ 0,10	R\$ 0,14
Cultivo de laranja	R\$ 0,02	R\$ 0,09	R\$ 0,17	R\$ 0,09	R\$ 0,09	R\$ 0,09	R\$ 0,09	R\$ 0,09	R\$ 0,15
Horticultura	R\$ 0,03	R\$ 0,16	R\$ 0,16	R\$ 0,10	R\$ 0,07	R\$ 0,10	R\$ 0,41	R\$ 0,15	R\$ 0,38
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	R\$ 0,03	R\$ 0,07	R\$ 0,09	R\$ 0,20	R\$ 0,09	R\$ 0,21	R\$ 0,19	R\$ 0,13	R\$ 0,19
Cultivo de soja	R\$ 0,03	R\$ 0,03	R\$ 0,03	R\$ 0,08	R\$ 0,08	R\$ 0,08	R\$ 0,08	R\$ 0,06	R\$ 0,05

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 161: Captura do excedente do pagador (com base no preço unitário líquido de captação), por setor (atividade econômica usuária), em R\$/ano, nas diferentes configurações de análise.

SETOR USUÁRIO	CA-1	CA-2	CA-3	CA-4	CA-5	CA-6	CA-7	MÉDIA	VARIAÇÃO
Captação, tratamento e distribuição de água	3,06%	9,90%	17,45%	25,66%	25,81%	25,66%	49,43%	22,42%	46,37%
Fabricação de açúcar em bruto	0,04%	0,04%	0,04%	1,14%	1,24%	1,13%	3,72%	1,05%	3,68%
Fabricação de papel	0,05%	0,05%	0,05%	2,34%	2,37%	2,34%	2,32%	1,36%	2,32%
Extração de pedra, areia e argila	2,08%	6,25%	17,75%	20,06%	20,06%	20,06%	27,74%	16,28%	25,66%
Aquicultura em água doce	10,66%	28,31%	30,65%	32,77%	32,03%	32,77%	31,87%	28,44%	22,11%
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	1,96%	6,47%	6,47%	6,47%	6,47%	6,47%	1,33%	5,09%	5,14%
Fabricação de intermediários para fertilizantes	0,54%	0,54%	0,54%	0,54%	0,54%	0,54%	0,54%	0,54%	0,00%
Fabricação de álcool	0,15%	1,35%	2,55%	7,02%	7,02%	7,02%	0,04%	3,59%	6,99%
Cultivo de cana-de-açúcar	2,10%	2,10%	2,10%	3,88%	3,88%	3,88%	11,87%	4,26%	9,77%
Cultivo de cereais	11,38%	6,82%	23,64%	44,30%	44,30%	44,30%	50,26%	32,14%	43,44%
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	0,63%	5,67%	10,71%	14,48%	14,48%	14,45%	14,45%	10,70%	13,85%
Cultivo de café	7,23%	10,87%	10,87%	60,59%	60,59%	60,59%	49,49%	37,18%	53,36%
Cultivo de laranja	3,42%	16,54%	30,80%	15,83%	15,83%	15,83%	15,83%	16,30%	27,38%
Horticultura	0,86%	4,74%	4,74%	2,94%	2,23%	2,94%	12,41%	4,41%	11,55%
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	0,90%	2,55%	3,14%	6,78%	3,24%	7,42%	6,67%	4,39%	6,52%
Cultivo de soja	17,55%	19,25%	19,25%	48,29%	48,29%	48,29%	48,29%	35,60%	30,74%

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021)

Certamente, uma cobrança do nível estudado pelo CA-4 não é plausível e sequer é desejada, pois, primeiramente, dificilmente haveria projeto suficientemente maduro para ser executado e/ou capacidade de implementação por parte da Entidade Delegatária. Sobretudo - e de forma muito relevante - os usuários estariam sendo cobrados por frações muito significativas em relação às suas capacidades máximas de pagamento (Tabela 161).

Os resultados da configuração de análise CA-4 apontam para um preço unitário médio de captação de R\$ 0,084/m³ para o abastecimento humano, R\$ 0,401/m³ para a indústria e de R\$ 0,106/m³ para os irrigantes. Já para o lançamento de carga, essa cobrança seria de R\$ 0,14/kg de DBO para o esgotamento sanitário e de R\$ 0,22/kg para o setor industrial.

Com uma hipotética arrecadação de R\$ 250 milhões por ano, o setor que acabaria tendo o maior peso da cobrança em relação a sua capacidade de pagamento seria o de irrigação por meio dos cultivos de café, soja e cereais, bem como a aquicultura em água doce. Outro setor que seria cobrado ao equivalente de 26% de sua capacidade máxima de pagamento é o de abastecimento humano. Uma vez que as disposições a pagar dos setores industriais são significativamente maiores do que o dos demais setores, mesmo com preços por unidade (m³) maiores, a cobrança sob a configuração de análise 4 (CA-4) pesaria de forma relativamente maior para os demais setores (irrigação e abastecimento humano) em detrimento ao setor industrial.

Em contraste, os preços unitários para a configuração de análise 1 (CA-1) são de R\$ 0,010/m³ para o abastecimento humano, R\$ 0,020/m³ para a indústria e de R\$ 0,017/m³ para os irrigantes. Já para o lançamento de carga, essa cobrança seria de R\$ 0,01/kg de DBO para o esgotamento sanitário e de R\$ 0,03/kg para o setor industrial.

No caso da arrecadação prevista pela configuração de análise 1 (CA-1), o cultivo de soja continua sendo onerado a uma fração maior de captura do excedente do

pagador do que os demais setores, muito embora haja uma redução generalizada de tal captura. A atividade de aquicultura em água doce também é cobrada de forma mais do que proporcional às demais. Já o abastecimento humano tem uma captura equivalente a 3% de sua capacidade limite.

O que fica claro pelas respostas dadas pelo modelo é que o setor agrícola detém uma capacidade de pagamento bastante superior ao que se infere pelos valores praticados pela cobrança em outras bacias hidrográficas. Conforme se observa pela Tabela 162, nas quatro configurações de análise o preço unitário ponderado dos irrigantes supera a do abastecimento humano. Nota-se que estes resultados são específicos da bacia do Rio Grande, e variam grandemente de acordo com a unidade de gestão hídrica - naquelas com maiores conflitos de uso, os irrigantes perfazem os principais usuários. Na configuração CA-1, por exemplo, o cultivo de cereais na UGRHI 09 traz um preço unitário de R\$ 0,19, enquanto na UGRHI 08 essa mesmo preço é de apenas R\$ 0,01.

Tabela 162: Preços unitários médios para cada configuração de análise e cada setor agregado.

(R\$/m ³ captado)	CA-1	CA-2	CA-3	CA-4
A: Abastecimento humano	0,010	0,032	0,057	0,084
I: Indústria	0,020	0,049	0,094	0,401
R: Irrigação	0,017	0,046	0,073	0,106

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Esse achado corrobora com as conclusões de Brito (2021) sobre a cobrança deste setor usuário na bacia do rio São Francisco. O autor pontua que “os valores de cobrança pagos pelos irrigantes são frações de 1 centavo para cada m³ utilizado – variando de 2 a 7 décimos de centavo –, enquanto os valores econômicos variam de R\$ 0,06 a R\$ 1,44 por m³”.

O que o modelo econômico aqui desenvolvido revela, portanto, é que há uma grande disparidade entre os valores econômicos gerados pela atividade e aqueles

efetivamente cobrados nas demais bacias. Para que a bacia do Rio Grande supere esse paradigma e trate os usuários de suas águas de forma que reconheçam a água como bem econômico, os irrigantes deverão participar com uma fração mais significativa da cobrança - resultando na transmissão da escassez do recurso natural, fomentando assim seu uso racional conforme preconizado pela Lei das Águas.

Os resultados do modelo apontam os setores econômicos que trazem uma combinação ótima entre as maiores capacidades de pagamento, os mais intensos usos dos recursos hídricos (volume captado e carga lançada), e as menores eficiências em termos de seu uso - ponderando o papel da água na geração de valor físico e econômico de produção. Tais setores são os mais cobrados, em detrimento dos demais que acabam por receber preços menores. Nota-se que as considerações aqui tecidas se referem aos resultados médios ponderados pelo volume de captação de cada setor econômico em cada uma de suas unidades de gestão hídrica.

A pormenorização destas unidades e destes setores permitiu identificar onde, na bacia, cada setor detém maior peso no uso dos recursos hídricos em função das características de captação, capacidade de pagamento, perfil de uso e retorno econômico da atividade, combinadas com a criticidade da UGH e com a sazonalidade da captação. Na configuração limite da análise, a CA-4, a UGRHI 12 prevê um preço unitário de captação de R\$ 0,53/m³, contrastada ao preço unitário praticamente irrisório (relativamente) de R\$ 0,03/m³ na GD 02. Para o preço unitário de lançamento, a média da UGRHI 12 é de R\$ 0,68/kg de DBO, enquanto na maioria das demais unidades é de apenas (relativamente) R\$ 0,01.

As configurações de análise CA-05 e CA-06 refletem rodadas do modelo com o orçamento-objetivo de R\$ 250 milhões, mas desconsiderando-se, respectivamente, os locais críticos e as captações sazonais. A comparação do resultado detalhado de ambas estas configurações com a CA-4 (que tem o mesmo orçamento-objetivo) revela diferenças pontuais para alguns setores em algumas unidades de gestão, mas sem

afetar os resultados médios ponderados por setor. Estes resultados apontam para a consistência da análise, embora também denotem que a forma de computar os locais críticos no modelo (limitadas às médias por setor econômico em cada unidade de gestão) não sensibilizou os resultados conforme se concebeu.

Torna-se também interessante contrastar os resultados das configurações de análise CA-4 e a CA-7. Ambas trazem o orçamento-objetivo de R\$ 250 milhões, mas a última desconsidera a concessão de subsídio para o preço unitário de captação. Há uma inversão de valores médios dos preços unitários entre setores, o que faz com que o preço unitário do abastecimento humano praticamente dobre de R\$ 0,084 para R\$ 0,162, bem como o preço unitário do setor de extração de pedra, areia e argila, que tem um incremento de 38%. Em contrapartida, o setor de fabricação de álcool tem seu preço unitário reduzido para apenas R\$ 0,01, deixando de ter a maior deles.

Um apontamento interessante do modelo, em sua aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, é a diferença notória entre a capacidade de arrecadação pelo uso dos volumes de água captados em contraste a de carga de DBO lançada. De acordo com as premissas do modelo, a cobrança pelo lançamento de carga acaba por contribuir apenas em 0,7% para o valor final arrecadado. Parte dessa diferença é a própria fonte de informações utilizada como base para a simulação da cobrança, pois esta é falha no registro das cargas lançadas. Mesmo assim, a proporção deve pesar, sempre e muito, para a arrecadação pela captação.

Tabela 163: Valores arrecadados para cada configuração de análise e tipo de outorga.

Valores arrecadados por tipo de outorga (R\$)	CA-1	CA-2	CA-3	CA-4
Captação (líquida de subsídios)	19.800.000	59.400.000	99.000.000	247.500.001
Lançamento	135.607	406.821	678.035	1.695.088
Total	19.935.607	59.806.821	99.678.035	249.195.088

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Ressalta-se que os valores apontados pelo modelo são resultantes dos pressupostos de eficiência econômica, tal como postulado na teoria, e que são condicionadas aos dados de entrada. Dentre estes, estão as estimativas de eficiência econômica do uso da água e das disposições a pagar, que não são reveladas de forma precisa, mas sim estimadas com base em pressupostos e matrizes de coeficiente que podem não refletir com precisão o que ocorre para um dado usuário na bacia.

Não obstante, os resultados apontam com clareza para as ordens de grandeza econômica que diversos setores usuários derivam do uso da água, considerando a criticidade dos locais em que estão (por meio dos arquétipos quali-quantitativos), a sazonalidade das captações (se concentradas na época de menor disponibilidade) e a convivência com os demais usuários em uma mesma unidade de gestão.

Dada a limitação do recurso natural em uma dada UGH, qual usuário detém capacidade de realizar a arrecadação de maior preço unitário, de forma a prejudicar ao mínimo sua própria atividade econômica e permitir que outro usuário de menor capacidade de pagamento mantenha sua produção, mas também seja instigado a contribuir com a cobrança? Estas são as respostas fornecidas pelo modelo, que devem ser interpretadas como importantes referências técnicas para, em conjunto a outras perspectivas de análise, tecer as propostas de cobrança efetiva na bacia.

8. PROPOSIÇÃO DE MECANISMOS E VALORES PARA O CBH-GRANDE

A implantação da cobrança pelo uso de recursos hídricos, prevista como um dos instrumentos de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos, deve presar por um modelo que garanta aderência à situação atual e previsões da bacia hidrográfica em questão, seja em relação à qualidade dos recursos hídricos, criticidade de disponibilidade e tipos de usuários, por exemplo.

Com base nisso e a partir dos estudos da Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2019) e da Governança dos Recursos Hídricos no Brasil (OCDE, 2017), foram elencados Fatores Críticos de Sucesso para guiar a implantação da cobrança nos rios de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, os quais estão pontuados abaixo:

1. Equações simples;
2. Preços diferenciados por finalidade (saneamento, indústria, agropecuária etc.);
3. Preços diferenciados em função do balanço quali-quantitativo por área e/ou sazonalidade;
4. Revisões da cobrança em ciclos previamente definidos, atrelados aos ciclos de revisões do Planos de Recursos Hídricos;
5. Metas claras a serem perseguidas pela cobrança;
6. Implantação progressiva no tempo, com percentual do total do valor estipulado, e
7. Concentrar as atenções no grupo de usuários que mais impacta os recursos hídricos, seja para captação quanto para lançamento de efluentes.

Em virtude disso, às caracterizações do contexto das captações e lançamentos existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Grande que serão apresentados na sequência deste documento poderão dar bases para determinar o modelo de cobrança mais adequado para os usuários da Bacia. Nesse sentido, deve-se atentar à fórmula de

cobrança, a qual deve conseguir traduzir de forma simples, qualificada e representativa as condições encontradas na BH-Rio Grande.

Frente a isso, procurou-se estudar, ainda que de forma preliminar, os modelos de cobrança, a fim de compreender suas particularidades e trazer à tona reflexões de como elas poderia afetar os usuários de domínio da União das águas da bacia do Rio Grande. Os resultados das análises são apresentados na Tabela 164.

Tabela 164: Avaliação qualitativa das fórmulas de cobrança pelo uso de recursos hídricos em outras bacias hidrográficas.

UF	Fórmula	Destaques	Observação
Distrito Federal	$C = \frac{\text{Preço} \times \text{Volume captado}}{\text{Carga lançada}} + \frac{\text{Preço} \times \text{Volume consumido}}{\text{Carga lançada}}$	Valor de <u>Preço</u> de captação padronizado por categoria de uso (6) Valor de <u>Preço</u> de lançamento padronizado por carga poluidora, sem distinção de categorias	Simples, atualmente não apresenta distinção espacial, sazonal ou temporal
Minas Gerais	$C = \frac{\text{Preço} \times \text{Volume captado}}{\text{Carga lançada}} + \frac{\text{Preço} \times \text{Volume consumido}}{\text{Carga lançada}}$	Valor de <u>Preço</u> de captação e de Lançamento de carga padronizado por categoria de uso (3), diferenciadas em 4 zonas (escassez ou prioridade)	Simples, atualmente apresenta distinção espacial
Ceará	$C = \text{Preço} \times \text{Volume consumido}$	Valor de <u>Preço</u> padronizado por categoria de uso (8) e subcategorias de uso (18 total)	Simples, atualmente não apresenta distinção espacial, sazonal ou temporal
Rio de Janeiro	$C = \frac{\text{Preço} \times \text{Volume Captado}}{\text{Carga lançada}} + \frac{\text{Preço} \times \text{Volume Consumido}}{\text{Carga lançada}}$	4 coeficientes de ajuste PPU (Preço Público Unitário) por categoria (6)	Complexa, mas permite diversas distinções
São Paulo	$C = \frac{\text{Preço} \times \text{Volume Captado}}{\text{Carga lançada}} + \frac{\text{Preço} \times \text{Volume Consumido}}{\text{Carga lançada}}$	7 coeficientes ponderadores para captação e consumo (15 classificações) 3 Coeficientes ponderadores para lançamento de efluentes (11 classificações)	Complexa, mas permite diversas distinções

Fonte: CEARÁ (2021), INEA (2021), SIGRH-SP (2021); CERH-MG (2021), DISTRITO FEDERAL (2021).

Pondera-se que apesar do termo “consumo” presente na fórmula do Estado do Ceará, esse refere-se à captação, pois para aferição do volume pode-se:

1. Utilizar de hidrômetro volumétrico, aferido e lacrado por fiscais da COGERH;
2. Medir frequentemente as vazões (onde não é apropriado hidrômetros convencionais);
3. Obter estimativas indiretas, considerando as dimensões das instalações dos usuários.

Ressalta-se ainda que a coluna “Observações” remete a situação atual estudada e que a composição dos preços apresenta como base um valor padronizado por categoria (captação, consumo e/ou lançamento) indicado como PUB (Preço Unitário Básico) ou PPU (Preço Público Unitário) com unidade de medida em R\$/m³.

As variações entre os modelos de cobrança podem propiciar facilidade e simplicidade no momento da geração e entendimento pelo usuário do valor final, porém com pouca ou nenhuma menção a respeito do estado atual do trecho ou bacia hidrográfica. Bem como podem contemplar variáveis que permitam refletir no valor final a criticidade da área onde o usuário está inserido e em relação às práticas que este utiliza em relação à eficiência hídrica.

É importante mencionar que não existe modelo perfeito de fórmula de cobrança que consiga abranger todos os detalhes necessários e ainda expor isso ao usuário de forma simples. Porém, existe o modelo mais adequado frente a determinada situação que consegue refletir as necessidades da bacia hidrográfica em questão e ainda resultar em valores adequados conforme a finalidade de uso pelos usuários.

Sendo assim, as reflexões geradas a partir de tais análises somadas às caracterizações e aos Fatores Críticos de Sucesso darão base para a tradução numa fórmula de cobrança mais adequada à realidade da Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

8.1. Proposição de mecanismos de cobrança

Como alternativa à adoção de valores para cobrança que são balizados nos mecanismos de outras bacias hidrográficas, propõe-se para a cobrança nos rios de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande um mecanismo exclusivo e que tem como fundamentação os estudos desenvolvidos especificamente para tal.

O que o modelo econômico fundamentalmente demonstra é que a cobrança deve ser diferenciada o máximo possível por setor (atividade econômica usuária) e por localização, haja vista que a combinação entre disposições a pagar, eficiências econômicas, volumes captados e cargas lançadas, assim como a localização das captações, resulta em preços unitários muito distintos. Como principais resultados do modelo, portanto, tem-se a noção da capacidade de pagamento de cada usuário e a fração de sua disposição a pagar que se configura como uma cobrança relevante no sentido da eficiência econômica. Afinal, para que a cobrança possa sinalizar ao usuário o valor de escassez do recurso, fomentando seu uso racional, não é preciso que este se aproxime em demasia do valor econômico teórico da água (dado pela disposição a pagar), mas é fundamental que não seja colocado de forma irrisória.

Para que essa eficiência econômica seja alcançada, além da diferenciação entre locais críticos e setores usuários, deve-se também contemplar uma formulação simples, evitando ponderações e ajustes que não sejam o reflexo da própria demanda hídrica do usuário e de seu local de captação e/ou lançamento, haja vista que o volume envolvido já reflete a eficiência do uso pelo usuário.

Adicionalmente, a proposição do mecanismo tem como ponto de partida os valores-objetivos de cada um dos seis cenários de cobrança (capítulo 4), espelhados em seus preços unitários básicos, articulando a captura da disposição a pagar da água que incite o uso ótimo do recurso para cada setor (atividade econômica usuária).

Importante ressaltar que os resultados dos estudos econômicos (capítulo 7) apontam para uma capacidade de pagamento suficiente para se chegar (e possivelmente superar) uma arrecadação anual da ordem de R\$ 250 milhões pelas outorgas de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Esse nível de arrecadação não é desejável, uma vez que captura uma fração significativa da disposição a pagar dos usuários das águas. Não obstante, é conceitualmente relevante por apontar que todos os orçamentos-objetivo dos cenários de cobrança (de R\$ 107 milhões/ano no Cenário 1 aos 17 milhões/ano no Cenário 6) estão em um intervalo plausível e razoáveis em relação ao uso econômico da água na bacia.

8.1.1. Diferenciação por local crítico - Captação e lançamento

Os estudos econômicos apontam para uma diferenciação significativa quanto ao local das outorgas, pois em função destas, tem-se a leitura do grau de intensidade de competição pelo recurso hídrico. Não faz sentido econômico cobrar um mesmo preço unitário de um usuário localizado em área de abundância hídrica e sem conflito e de um usuário com características idênticas, porém localizado em uma região crítica onde cada m^3 consumido por um usuário deixa de sê-lo por outro. Em ambos os casos, o preço unitário deve sinalizar a importância do recurso natural subjacente, que é dotado de valor econômico, e o é ainda mais intensamente nas regiões de conflito.

Na configuração de análise CA-4 do modelo econômico, que apresenta uma arrecadação limite de R\$ 250 milhões, a UGRHI 12 prevê um preço unitário médio de captação de R\$ 0,53/ m^3 , contrastada ao preço unitário praticamente irrisório (relativamente) de R\$ 0,03/ m^3 na GD 02. Essa diferença é explicada não apenas pelo perfil das outorgas e pela intensidade da captação, mas também pela presença de locais críticos. Afinal, aonde o recurso hídrico é escasso, é natural que o valor de cobrança reflita essa situação na função de sua alocação.

A Tabela 165 apresenta, para cada uma das configurações de análise (CA-1 a CA-4), a diferença entre os preços²⁷ modelados nas 14 unidades de gestão.

Tabela 165: Relação da fração dos valores unitários médios por unidade de gestão em cada uma das configurações de análise da modelagem econômica.

	CA-1	CA-2	CA-3	CA-4	Média
Fração do preço unitário médio na UGH de menor valor dentre as UGHs	61%	28%	24%	20%	33%
Fração do preço unitário médio na UGH de maior valor dentre as UGHs	250%	343%	378%	309%	320%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Na CA-1, a UGH que teve o menor preço em relação ao preço médio, o teve em 61%; enquanto a UGH com o máximo diferencial de valor teve um preço de 250% do preço médio. Quanto maior é o valor-objetivo das configurações de análise (cujo máximo é demonstrado pela CA-4), mais diferenciação se faz entre as UGHs, sendo que as menos críticas mantêm valores menores em relação ao acréscimo de valores das mais críticas. Essa simples representação é suficiente para demonstrar que há uma significativa diferença entre as unidades mais e menos críticas.

Os resultados da modelagem econômica apontam essa mesma diferenciação de valores para os mesmos setores usuários. O setor de extração de pedra, areia e argila apresenta um bom exemplo: na CA-1, os valores reportados pelo modelo vão do mínimo (R\$ 0,01/m³) nas UGHs de menor intensidade de uso até o valor de R\$ 1,11/m³ na GD07, passando por R\$ 1,09/m³ na UGRHI15, R\$ 0,05/m³ na GD01 e R\$ 0,02/m³ na GD02. Outros setores apresentam o mesmo perfil de resultados, como o de aquicultura em água doce, que nessa mesma configuração de análise (CA-1) apresenta valores de R\$ 0,01/m³, R\$ 0,05/m³, R\$ 0,10/m³, R\$ 0,23/m³ e R\$ 0,24/m³, a depender da unidade

²⁷ Preços médios ponderados por volume de captação.

de gestão onde a outorga se localiza. Na configuração CA-1, ainda em outro exemplo, o cultivo de cereais na UGRHI 09 traz um preço unitário de R\$ 0,19/m³, enquanto na UGRHI 08 esse mesmo preço unitário é de apenas R\$ 0,01/m³.

Esse mesmo padrão de variação se repete nas demais configurações de análise, o que gera a conclusão de que o mecanismo de cobrança para o Grande deva fazer distinção entre a cobrança nos locais críticos. Essa conclusão é corroborada por ANA (2019) e OCDE (2017), que elencam a diferenciação de preços em função do balanço quali-quantitativo por área e/ou sazonalidade como um dos Fatores Críticos de Sucesso para guiar a implantação da cobrança. Nota-se, ainda, que mecanismos recentes de cobrança trazem essa previsão de diferenciação, com destaque para o Estado de Minas Gerais por meio da Deliberação Normativa CERH-MG nº 68/2021 (que é adotada no âmbito de bacias afluentes ao Grande) e para o Distrito Federal por meio da Deliberação Conjunta nº 02/2019.

Em relação à identificação dos locais críticos para que haja a cobrança diferenciada, retoma-se os arquétipos do PIRH-Grande (item 1.3), pois estes espelham os locais críticos em termos qualitativos e quantitativos, além de terem sido objeto de escrutínio prospectivo nos cenários até 2030. Estas características tornam os arquétipos a *proxy* ideal para a forma de diferenciação desse aspecto do mecanismo de cobrança.

Conforme o PIRH-Grande, os arquétipos de classe 5 e 6 são aqueles que representam os locais de maior conflito pelo recurso hídrico. A Tabela 166 apresenta o perfil das outorgas de domínio da União em relação a ocorrência de arquétipos qualitativos ou quantitativos críticos ($\geq$ classe 5).

Essa classificação abrange 18,4% das outorgas de companhias saneamento com outorga captação para fins de abastecimento humano, ou seja, 23 das 125 outorgas. Da mesma forma, outros setores usuários têm quantitativos diferenciados em relação aos locais críticos, a exemplo do setor de irrigação, que apresenta 159 outorgas em

locais críticos (10% do total de 1.532 interferências). O mecanismo de cobrança que diferencia por local crítico, portanto, afeta um total de 268 outorgas de captação. Em termos de volume de captação, 200 milhões de m³ são afetados, ou seja, 13% do total.

Tabela 166: Perfil das outorgas de domínio da União para o arquétipo quantitativo e qualitativo igual ou superior a 5 (críticos), ocorrendo de forma independente.

Setores Usuários Agregados	CAPTAÇÃO		LANÇAMENTO	
	Fração da quantidade de outorgas	Fração do volume	Fração da quantidade de outorgas	Fração do volume
Ab. Humano (Cia. Saneamento)	18,4%	12,3%	18,5%	22,1%
Indústria	17,0%	9,3%	10,7%	25,3%
Irrigação	10,4%	12,1%	-	-
Criação animal	3,1%	1,3%	6,1%	1,7%
Mineração	2,3%	3,4%	36,4%	21,9%
Consumo humano (exceto Cia. San.)	20,8%	2,9%	12,0%	57,6%
Usos não especif. ("Outros")	12,8%	9,9%	19,7%	86,3%
TOTAL	10,3%	13,1%	15,2%	33,0%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Para se dimensionar a diferenciação de valores de cobrança para os locais críticos, procedeu-se com uma adaptação da diferenciação apontada pelo modelo econômico, pois os resultados apresentados pelo exercício conceitual são demasiadamente acentuados - como observado no início do presente tópico, uma fração muito expressiva do total cobrado recairia exclusivamente sobre as interferências em locais críticos. Buscou-se, além da coerência com o modelo, a manutenção da plausibilidade do acréscimo nos preços no sentido de torná-lo alto o suficiente para sinalizar a maior escassez do recurso hídrico nestes locais, porém sem penalizar em demasia as interferências nestes locais ao ponto de que a cobrança representasse um fardo muito

pesado. Esse último critério foi avaliado em relação à captura do excedente do pagador, com base na disposição a pagar máxima.

A partir destes objetivos, realizou-se uma sequência de experimentações de acréscimo dos preços de captação e de lançamento de carga de DBO para as interferências em locais críticos com a base de outorgas de domínio da União, de forma a se identificar aquela que mais guardava coerência. As conclusões são:

- Para os preços de captação em locais críticos, o acréscimo ideal em relação ao valor de cobrança é de 75%; e
- Para os preços de lançamento em locais críticos, o acréscimo ideal em relação ao valor de cobrança é de 25%.

Como resultado dos acréscimos previstos, os preços unitários de captação e lançamento que ocorrem em locais críticos passam a ser multiplicadas por, respectivamente, 1,75 e 1,25, mantendo-se o mecanismo final o mais simples possível.

Importante ressaltar que os locais críticos não são estanques no tempo: medidas de gestão, medidas de infraestrutura, condicionantes econômicas e o próprio comportamento dos usuários podem retornar um local crítico para um não crítico. Cada revisão do PIRH-Grande atualizará as áreas críticas, sempre identificadas por critérios técnicos e, preferencialmente, vinculados ao Plano de Bacia.

8.1.2. Mecanismo para lançamento - Diferenciação por setor usuário

O modelo econômico desenvolvido para balizar a proposição de mecanismos de cobrança contemplou a alocação ótima de preços para a geração de carga poluente. Esta cobrança pelo lançamento, no entanto, é restrita as cargas lançadas de DBO_{5,20}, representando uma pequena fração do volume total outorgado para lançamento. Em todas as configurações de análise do modelo econômico, o papel do lançamento na composição da arrecadação total (captação mais lançamento) se mantém em cerca de

1%, o que pode ser considerado bastante singelo frente a importância desse uso dos recursos hídricos.

Parte dessa discrepância é justificada pelo porte das captações frente a dos lançamentos: enquanto a base de outorgas de domínio da União no Rio Grande apresenta 2.593 interferências de captação, são apenas 274 de lançamento. Deste quantitativo já relativamente reduzido de interferências de lançamento, para apenas 154 (57%) foram estimados dados de carga de DBO lançadas, podendo assim embasar os estudos de cobrança (item 6.1.1). Tem-se um total de 14,17 mil toneladas de DBO lançadas, volume que representa apenas 6,6% do total de lançamento de DBO estimado pelo PIRH-Grande para a bacia toda. Em média, tem-se a estimativa da cobrança para uma média de 92,02 mil kg por interferência por ano.

A Tabela 167 apresenta as saídas do modelo econômico para os preços unitários de lançamento, em R\$/kgDBO, onde se observa a progressiva precificação para alguns setores a partir das configurações de análise que mais demandam arrecadação.

Tabela 167: Preços unitários de lançamento do modelo econômico.

Atividades econômicas usuárias (R\$/kgDBO)	CA-1	CA-2	CA-3	CA-4
Gestão de redes de esgoto	0,01	0,03	0,06	0,14
Aquicultura em água doce	0,05	0,08	0,07	0,09
Fabricação de açúcar em bruto	0,02	0,22	0,42	1,16
Fabricação de papel	0,01	0,01	0,01	0,01
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*	0,05	0,02	0,02	0,02
Fabricação de intermediários para fertilizantes	0,01	0,01	0,01	0,01
Fabricação de álcool	0,01	0,01	0,01	0,01

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

É notável o ritmo de acréscimo no preço para a atividade de fabricação de açúcar em bruto, que cobre praticamente sozinho o aumento de demanda por arrecadação entre as configurações 1 e 4 de análise. Trata-se do setor que gera uma quantidade significativa de carga (2,02 mil ton), mas não muito diferente da fabricação de papel

(1,80 mil ton). Como é de se esperar, o setor que mais gera carga de DBO é o de saneamento, responsável por 7,03 mil ton (64% do total).

A diferença de valores advém dos insumos ao modelo no tangente ao perfil da atividade econômica e eficiência no uso do recurso hídrico. Esse uso, no entanto, não encontra o mesmo paralelo entre a captação e a geração de carga em termos das relações econômicas subjacentes. A captação representa a obtenção de um insumo produtivo, a partir do qual será gerada uma determinada produção econômica (física e em valor monetário), mediante uma dada eficiência e capacidade de conversão; já o lançamento representa um subproduto do processo produtivo. No limite da tecnologia disponível e da qualidade de entrada do efluente, a remoção de toda a carga possível de DBO é reduzida a uma questão de custo que independe, a rigor, do próprio processo produtivo gerador de efluente.

Dessa forma, pode-se interpretar o lançamento de uma carga remanescente de DBO como uma função direta do custo de remoção dessa poluição, seja via a prestação do serviço ambiental do corpo d'água para diluição do efluente, seja pelo custo de remoção do excesso de DBO do usuário a jusante. A relação do preço unitário para o lançamento de efluentes no âmbito da cobrança pelo uso de recursos hídricos deve, portanto, ser utilizada como uma proxy direta da externalidade negativa gerada pela poluição dos corpos d'água.

O mesmo kg de DBO lançado, no entanto, não tem o mesmo efeito em qualquer curso d'água. Em locais já críticos, esse acréscimo de poluição tem um efeito redutor da qualidade da água mais do que proporcional à mesma carga lançada em um local com maior capacidade de depuração. Justamente por essa característica é que o item anterior (8.1.1) abordou a diferenciação da cobrança de lançamento por local crítico.

Dadas estas características do lançamento, que são distintas das circunscritas à captação, propõe-se a utilização de um valor único para a carga lançada de DBO em

relação ao perfil do usuário que realiza esse lançamento, resguardando-se a única diferenciação como aquela que afeta os locais críticos. Resta, portanto, identificar as ordens de grandeza dos preços gerados pelo modelo econômico para o lançamento. A Tabela 168 apresenta o preço unitário agregado por setor usuário agregado e também o preço unitário médio geral, que é fruto da ponderação dos preços unitários das atividades econômicas pelo quantitativo de carga que é por cada uma delas lançada.

Tabela 168: Preços de lançamento em R\$/kgDBO por setor usuário agregado em cada uma das configurações de análise da modelagem econômica.

Setor usuário agregado	CA-1	CA-2	CA-3	CA-4	Média
Cias. de saneamento	0,0100	0,0300	0,0600	0,1400	0,0600
Criação animal	0,0500	0,0800	0,0700	0,0900	0,0725
Indústrias*	0,0151	0,1166	0,2181	0,5936	0,2358
Preço unitário médio *	0,0119	0,0614	0,1171	0,3035	0,1235

Nota: *Preços unitários ponderados pela quantidade de carga lançada. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Observa-se que o preço é crescente entre as configurações de análise, refletindo a demanda arrecadatória. O preço unitário de lançamento no mecanismo proposto, assim, deve variar a depender do cenário, pois cada um representa valores-objetivos distintos. Mesmo assim, seguindo o princípio do poluidor-pagador, o valor cobrado pelo lançamento de DBO_{5,20} deve: (i) incitar mudanças no comportamento do usuário de forma que internalize a externalidade outrora gerada; e/ou (ii) financiar as ações que internalizam as externalidades para os usuários que não realizam seu próprio abatimento.

Não é desejável, portanto, ter um valor demasiadamente reduzido de cobrança pela carga lançada, mesmo em um cenário de baixa demanda de arrecadação tal como o Cenário 6. Para que haja algum reflexo do valor da poluição, sugere-se adotar como valor mínimo o apontado pelo modelo econômico na CA-2, cujo valor-objetivo de

arrecadação é de R\$ 60 milhões por ano. Dessa forma, o mínimo passa a ser de R\$ 0,0614/kgDBO. No outro extremo, adota-se como balizador do valor máximo aquele da CA-4.

Também se faz necessário considerar uma maior participação relativa do lançamento no total arrecadado, haja vista que esse perfil de interferência representa 9,4% do total de outorgas e 19,2% do volume total (captado e lançado), mesmo que essa última métrica não diga respeito a carga de DBO, mas sim aos volumes envolvidos. Dessa forma, vislumbra-se acrescer a importância relativa da cobrança pelo lançamento, de forma a aproximar sua composição no total de interferências e volumes extraídos e retornados aos corpos d'água da união na Bacia do Rio Grande.

8.1.3. Mecanismo para captação - Diferenciação por setor usuário

Além de locais críticos, os estudos econômicos permitem atestar que a eficiência econômica da cobrança demanda a diferenciação por atividade econômica usuária (setor econômico, definido pela classe CNAE, conforme capítulo 6). Esse resultado já era esperado, afinal nem todas as atividades utilizam o recurso hídrico da mesma forma. Os resultados do modelo econômico no tangente tanto aos preços cobrados por cada setor como na fração da disposição a pagar que é assim capturada, permitem traçar importantes inferências acerca do mecanismo ideal de diferenciação por setor, considerando inclusive as atividades econômicas usuárias que compõe os setores usuários agregados.

A Tabela 169 retoma o preço unitário de captação (líquida de subsídios) para as quatro configurações de análise, enquanto a Tabela 170 apresenta as frações de captura do excedente do pagador, que se dá em função da disposição a pagar máxima. A comparação destas informações permite identificar que algumas atividades

econômicas usuárias são precificadas com valores bastante acima das demais, significando também, geralmente, uma captura maior do excedente do pagador.

Tabela 169: Preço unitário líquido de captação (preço unitário menos subsídio) em cada uma das configurações de análise da modelagem econômica.

Atividades econômicas usuárias (R\$/m³)	CA-1	CA-2	CA-3	CA-4
Captação, tratamento e distribuição de água	0,0100	0,0324	0,0571	0,0839
Fabricação de açúcar em bruto	0,0100	0,0100	0,0100	0,2980
Fabricação de papel	0,0141	0,0141	0,0141	0,6740
Extração de pedra, areia e argila	0,0804	0,2422	0,6873	0,7769
Aquicultura em água doce	0,0562	0,1494	0,1617	0,1729
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	0,0147	0,0485	0,0485	0,0485
Fabricação de intermediários para fertilizantes	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100
Fabricação de álcool	0,0386	0,3452	0,6493	1,7914
Cultivo de cana-de-açúcar	0,0100	0,0100	0,0100	0,0185
Cultivo de cereais	0,0212	0,0127	0,0440	0,0824
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	0,0100	0,0902	0,1703	0,2303
Cultivo de café	0,0194	0,0292	0,0292	0,1628
Cultivo de laranja	0,0192	0,0927	0,1727	0,0888
Horticultura	0,0282	0,1557	0,1557	0,0965
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	0,0259	0,0731	0,0900	0,1946
Cultivo de soja	0,0294	0,0322	0,0322	0,0807

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 170: Captura do excedente do pagador (com base no preço unitário líquido de captação) em cada uma das configurações de análise da modelagem econômica.

Atividades econômicas usuárias (%DAP)	CA-1	CA-2	CA-3	CA-4
Captação, tratamento e distribuição de água	3,06%	9,91%	17,46%	25,65%
Fabricação de açúcar em bruto	0,04%	0,04%	0,04%	1,14%
Fabricação de papel	0,05%	0,05%	0,05%	2,34%
Extração de pedra, areia e argila	2,08%	6,25%	17,74%	20,06%
Aquicultura em água doce	10,65%	28,32%	30,65%	32,77%
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	1,96%	6,47%	6,47%	6,47%
Fabricação de intermediários para fertilizantes	0,54%	0,54%	0,54%	0,54%
Fabricação de álcool	0,15%	1,35%	2,55%	7,02%
Cultivo de cana-de-açúcar	2,10%	2,10%	2,10%	3,89%
Cultivo de cereais	11,39%	6,83%	23,65%	44,29%
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	0,63%	5,67%	10,71%	14,48%
Cultivo de café	7,22%	10,87%	10,87%	60,61%
Cultivo de laranja	3,42%	16,54%	30,81%	15,84%
Horticultura	0,86%	4,74%	4,74%	2,94%
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	0,90%	2,55%	3,14%	6,78%
Cultivo de soja	17,58%	19,26%	19,26%	48,26%

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Para algumas atividades econômicas usuárias, a captura do excedente do consumidor (em função da disposição a pagar) se mantém baixo, mesmo com a cobrança de preços altos - o caso da fabricação de açúcar em bruto, que na CA-4 é de R\$ 0,30, mas representa apenas 1,14% da disposição a pagar da atividade. Para os irrigados como um todo, o modelo retorna uma cobrança que representa uma fração mais significativa das disposições a pagar; o que pode ocorrer, parcialmente, porque as próprias disposições a pagar são menores do que os industriais em valor absoluto (fruto da natureza da atividade agrícola). Também se observa uma diferença sensível entre as atividades de irrigação, que tendem a ter preços e captura de excedente ligeiramente mais baixos para as culturas temporárias em detrimento às permanentes.

Conforme já discutido, não se vislumbra a utilização dos preços de saída do modelo econômico como valores de referência direta para o mecanismo de cobrança na BH-Grande, uma vez que a equidade da aplicação do instrumento deve buscar coerência entre as contribuições relativas e absolutas, ponderando aspectos complementares. Não obstante, uma vez que o modelo congrega e otimiza a intensidade de uso e a eficiência na transformação da água em produção econômica e física, seus resultados são importantes balizadores para a proposta de mecanismo de cobrança.

O que fica claro pelos resultados do modelo, portanto, é que o setor agrícola detém uma capacidade de pagamento bastante superior ao que se infere pelos valores praticados pela cobrança em outras bacias hidrográficas, mesmo que não se operacionalize a captura de frações tão excessivas de suas disposições a pagar. Nota-se que mecanismos recentes de cobrança trazem uma maior diferenciação de valores para este setor usuário em relação ao praticado em outras bacias cuja cobrança se iniciou há mais tempo, com destaque para o Estado de Minas Gerais por meio da Deliberação Normativa CERH-MG nº 68/2021 (que é adotada no âmbito de bacias afluentes ao Grande) e para o Distrito Federal por meio da Deliberação Conjunta nº 02/2019.

Outro resultado de clara visualização é o comprometimento relativamente baixo das disposições a pagar por parte das atividades do setor industrial, mesmo quando associados a preços absolutos relativamente altos. Também se destaca a contribuição do setor de saneamento, que cresce quase que linearmente em função da demanda por mais arrecadação.

Uma outra forma de se interpretar os preços retornados pelo modelo é com base na fração que eles representam, por setor atividade econômica usuária, do preço médio por metro cúbico de cada uma das configurações de análise. Uma vez que esse valor médio representa a arrecadação necessária para se chegar no valor-objetivo (uma

arrecadação de R\$ 20 milhões na CA-1, R\$ 60 na CA-2, R\$ 100 na CA-3 e R\$ 250 na CA-4), tem-se assim uma maneira de interpretar as contribuições relativas de cada setor para a composição do valor total.

A Tabela 171 apresenta estes resultados, que são utilizados como base referencial para a proposição da fração do preço unitário básico a ser adotado pelo mecanismo de cobrança no Grande.

A definição de uma fração do preço unitário básico para cada setor (atividade econômica usuária) se torna uma forma clara de aplicação das diferenças relativas indicadas pelo modelo para o mecanismo de cobrança. Afinal, o preço unitário pode variar em função dos cenários-objetivos, de forma que a diferença de cobrança entre os setores resguarde as eficiências indicadas pelo modelo.

Tabela 171: Preço unitário líquido de captação (preço unitário menos subsídio) sobre o preço unitário básico de cada uma das configurações de análise da modelagem econômica.

Atividades econômicas usuárias (fração do preço unitário básico)	CA-1	CA-2	CA-3	CA-4
Captação, tratamento e distribuição de água	61,1%	73,1%	75,6%	49,4%
Fabricação de açúcar em bruto	61,1%	22,6%	13,3%	175,3%
Fabricação de papel	86,1%	31,8%	18,7%	396,5%
Extração de pedra, areia e argila	491,4%	546,9%	911,0%	457,1%
Aquicultura em água doce	343,6%	337,3%	214,4%	101,7%
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	89,9%	109,6%	64,3%	28,6%
Fabricação de intermediários para fertilizantes	61,1%	22,6%	13,3%	5,9%
Fabricação de álcool	236,0%	779,5%	860,6%	1053,9%
Cultivo de cana-de-açúcar	61,1%	22,6%	13,3%	10,9%
Cultivo de cereais	129,4%	28,6%	58,3%	48,5%
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	61,1%	203,8%	225,7%	135,5%
Cultivo de café	118,7%	65,9%	38,7%	95,8%
Cultivo de laranja	117,3%	209,4%	228,9%	52,2%
Horticultura	172,2%	351,7%	206,4%	56,8%
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	158,4%	165,2%	119,3%	114,5%
Cultivo de soja	179,3%	72,7%	42,7%	47,5%

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Uma outra forma de visualizar os resultados do modelo econômico, relativos à alocação sugerida da cobrança entre os setores usuários, é por meio da aplicação dos preços unitários de cada atividade econômica usuária na própria base de outorgas. Essa aplicação produz resultados ligeiramente distintos das saídas agregadas do modelo uma vez que esse foi concebido pelos conjuntos de atividades econômicas usuárias e unidades de gestão hídrica, e não com base em cada uma das outorgas individualizadas. O resultado da simulação da aplicação dos preços de saída das configurações de análise na base de outorgas (2.593 outorgas de captação e 274 de lançamento) permite comparar as participações relativas dos setores usuários na arrecadação total, conforme a Tabela 172.

Tabela 172: Comparação da participação relativa dos setores usuários na arrecadação total de cada uma das configurações de análise (CA) do modelo econômico.

Setores usuários agregados	CA-1	CA-2	CA-3	CA-4	Média
Ab. Humano	11,7%	11,4%	11,3%	7,0%	10,4%
Indústria	18,1%	12,2%	9,8%	46,6%	21,7%
Irrigação	56,4%	60,7%	58,1%	36,2%	52,8%
Criação Animal	4,5%	4,7%	3,0%	1,4%	3,4%
Mineração	8,1%	9,6%	16,2%	7,9%	10,4%
Outros	1,1%	1,5%	1,6%	1,0%	1,3%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Nota-se que as configurações de análise (CA) prescrevem diferentes participações para os setores, muito embora haja a manutenção de uma coerência entre as configurações 1 a 3, que são justamente aquelas que traçam paralelo aos valores-objetivo dos cenários (e trazem, respectivamente, arrecadações de R\$ 20 milhões, 60 milhões e 100 milhões). A comparação dos resultados das CA-1, CA-2 e CA-3 permite identificar que o abastecimento humano mantém sua participação praticamente constante. A irrigação, além de ser o setor que mais contribui para a

arrecadação total, também tem sua participação relativamente constante. Há uma maior oscilação entre as CAs para os setores industriais e de mineração.

Dada a análise dos resultados do modelo econômico, conclui-se que o mecanismo de cobrança deve manter coerência com a contribuição relativa entre os setores. Não obstante, outros aspectos devem ser considerados, como as frações de captura da disposição a pagar e o perfil dos usuários em cada setor agregado, pois há uma notável diferença na quantidade de interferências de cada um. Estas diferenças ocorrem não apenas na quantidade absoluta de interferências (são 153 outorgas industriais e 1.532 de irrigação), mas também nas atividades econômicas subjacentes, notadamente para os setores industrial e de irrigação. Dessa forma, compreende-se como importante a subdivisão desses dois setores usuários agregados em categorias específicas para a cobrança.

Primando pela eficiência na alocação da cobrança, propõe-se a categorização da cobrança para alguns grupos de atividade econômica dos setores usuários indústria (segregadas em categorias alto, médio e baixo) e irrigação (segregada em culturas temporárias e permanentes). As categorias são assim prescritas de forma a primar pela simplicidade, equidade e replicação do mecanismo para novos usuários dos recursos hídricos. Os setores usuários de abastecimento humano, criação animal, mineração e outros não demandam diferenciação. A Tabela 173 apresenta agregação proposta entre as atividades econômicas usuárias, os setores usuários agregados aos quais se aninham, e a categorização para a cobrança.

Tabela 173: Proposição de categorização das atividades econômicas para a cobrança.

Atividades econômicas usuárias	Setor usuário agregado	Categorização para cobrança
Captação, tratamento e distribuição de água	Ab. Humano	Único
Aquicultura em água doce	Criação Animal	Único
Demais criações animais	Criação Animal	Único
Fabricação de álcool	Indústria	Alto
Fabricação de papel	Indústria	Alto
Fabricação de açúcar em bruto	Indústria	Médio
Fabricação de produtos alimentícios n.e.a*.	Indústria	Médio
Fabricação de intermediários para fertilizantes	Indústria	Baixo
Demais indústrias	Indústria	Baixo
Cultivo de cana-de-açúcar	Irrigação	Temporárias
Cultivo de cereais	Irrigação	Temporárias
Cultivo de plantas de lavoura temporária n.e.a*	Irrigação	Temporárias
Horticultura	Irrigação	Temporárias
Cultivo de soja	Irrigação	Temporárias
Cultivo de café	Irrigação	Permanentes
Cultivo de laranja	Irrigação	Permanentes
Cultivo de lavoura permanente (exceto laranja e uva)	Irrigação	Permanentes
Demais irrigações (permanentes e temporárias)	Irrigação	Permanentes
Extração de pedra, areia e argila	Mineração	Único
Demais minerações	Mineração	Único
Outros	Outros	Único

Nota: *não especificados anteriormente. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Para a diferenciação dos perfis industriais, adota-se o nível de “divisão” da Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE/IBGE 2.0. Esse grupo segrega as atividades econômicas em 87 categorias, sendo 24 delas correspondentes às seções de B e C, respectivamente indústrias extrativas e indústrias de transformação.

- A classe econômica de *fabricação de álcool*, por exemplo, está aninhada na divisão *fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis* (código 19 na CNAE). Quaisquer novas outorgas cuja atividade econômica recaia sob essa divisão, portanto, passam a ser classificadas como “indústria - alto” para fins de cobrança pelo uso de captação de recursos hídricos.

- O mesmo se repete para a divisão de *fabricação de celulose, papel e produtos de papel* (código 17), que aninha a classe econômica de *fabricação de papel*. As divisões de código 10 e 11, respectivamente *fabricação de produtos alimentícios* e *fabricação de bebidas*, são classificadas como “indústria - médio” para fins de cobrança. Por exclusão, todas as demais divisões industriais são classificadas como “indústria - baixo”.

Já a divisão para a irrigação é mais simplificada, pois considera o perfil da cultura irrigada - se temporária ou permanente. Caso o irrigante pratique irrigação concomitante de culturas de ambos os perfis com uma só outorga, abre-se a categoria de irrigação de culturas temporárias e permanentes.

A categoria “outros” aborda, como consequência das demais, as interferências outorgadas que não são classificadas como abastecimento humano, criação animal, indústria, irrigação ou mineração. Abarcam, assim, interferências de captação para o *consumo humano* (exceto os prestadores de serviços de saneamento) e a própria categoria “outros”, que é assim classificada na base de outorgas do CNARH.

Tabela 174: Setores usuários agregados e categorias de cobrança.

Setor usuário agregado	Categorização para cobrança
Ab. Humano (companhias de saneamento)	Único
Criação Animal	Único
Indústria	Alto (divisões 17 e 19 da CNAE)
	Médio (divisões 10 e 11 da CNAE)
	Baixo (demais divisões industriais da CNAE)
Irrigação	Irrigação de culturas temporárias
	Irrigação de culturas permanentes
	Irrigação de culturas temporárias e permanentes (em uma mesma interferência)
Mineração	Único
Outros	Único

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Uma vez definida a categorização dos setores usuários para fins de cobrança, parte-se para a diferenciação de sua contribuição para a arrecadação total. Para tanto,

utiliza-se da fração do preço unitário básico para cada setor usuário e categoria, de forma que a cobrança trazida pelos seis cenários possa ter seus preços unitários de captação definidos: a partir do cenário sendo simulado, o preço unitário do cenário é multiplicado pela fração respectiva de cada categoria de cobrança.

A definição dos preços unitários diferenciados por setor e categoria é apresentada na Tabela 175, fruto de ponderação qualitativa entre os seguintes aspectos previamente discutidos:

- Resultados do modelo econômico para os preços, considerando principalmente as configurações de análise CA-1, CA-2 e CA-3;
- Resultados do modelo econômico em termos da captura do excedente do produtor, considerando principalmente a CA-1, CA-2 e CA-3;
- Contribuição relativa dos setores usuários e categorias na arrecadação total, considerando as configurações CA-1, CA-2 e CA-3 do modelo econômico e da simulação dos preços na base de outorgas;
- Quantidade absoluta de interferências de cada setor, uma vez que os diferentes volumes unitários de captação são proxy para o porte econômico subjacente; e, por fim,
- Valores absolutos da disposição a pagar das atividades econômicas.

Tabela 175: Fração do preço unitário básico por setor usuário e categoria de cobrança para composição do mecanismo de cobrança.

Setor usuário agregado	Categorização para cobrança	Fração do preço unitário básico
Ab. Humano (companhias de saneamento)	Único	80%
Criação Animal	Único	65%
Indústria	Alto (divisões 17 e 19 da CNAE)	220%
	Médio (divisões 10 e 11 da CNAE)	190%
	Baixo (demais divisões industriais da CNAE)	160%
Irrigação	Irrigação de culturas temporárias	50%
	Irrigação de culturas permanentes	55%
	Irrigação de culturas temporárias e permanentes	55%
Mineração	Único	190%
Outros	Único	100%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A alocação das frações do preço unitário básico por setor usuário e categoria reflete os aspectos considerados como chave para se ter uma diferenciação otimizada da cobrança da captação. Com base na subdivisão para cobrança trazida pela Tabela 175, todos os seis cenários podem ter seus preços unitários, por setor usuário, definidos: a partir do cenário sendo simulado, o preço unitário básico do cenário passa a ser multiplicado pela fração respectiva de cada categoria de cobrança.

Como exemplo, tem-se o Cenário 3, cujo preço unitário é de R\$ 0,0339/m³. Para o usuário cuja outorga tem a finalidade de abastecimento humano (companhia de saneamento), o PUB é de 80% deste preço, resultando em R\$ 0,0271/m³ (0,0339 x 0,80 arredondada à 4ª decimal conforme descreve-se no item 8.1.7).

Ainda no exemplo do Cenário 3, o preço unitário para uma outorga industrial cuja divisão econômica é de *fabricação de produtos alimentícios* (código 10 na CNAE/IBGE), passa a ser definido pela multiplicação do preço unitário de R\$ 0,0339/m³ pela fração correspondente à "indústria - médio" para fins de cobrança, que é de 190%, resultando em R\$ 0,0644/m³ (0,0339 x 1,90 arredondada à 4ª decimal). As classes econômicas de fabricação de açúcar em bruto e de fabricação de produtos alimentícios não especificados anteriormente, por exemplo, recaem sob essa divisão.

A Tabela 175 também apresenta a fração do preço básico que é alocado aos usuários classificados em sua finalidade de outorga como "outros" e usuários de captação da finalidade "consumo humano" excluindo-se os prestadores de serviços de saneamento. Estas interferências não foram objeto de escrutínio pelo modelo econômico, uma vez que trazem relações econômicas com o recurso hídrico heterogêneas por definição. São, no entanto, usuários que devem ter tratamento isonômico, além de concorrem pelo uso do recurso. Dessa forma, a fração do preço básico alocada para esse grupo de usuários é equivalente ao próprio preço básico (100%) que o cenário de cobrança enseja. Conforme abordado no item 8.1.5, parte significativa das interferências destas categorias acaba sendo classificada como de

pequeno porte, tendo ou isenção da cobrança, ou a cobrança simplificada por meio de taxa fixa.

Nota-se que a soma ponderada do preço unitário básico pelas frações apostas na Tabela 175 não atinge o mesmo valor que o preço unitário básico do cenário: no exemplo do Cenário 3, somam R\$ 0,0300/m³, sendo que o necessário para se atingir o total da arrecadação-objetivo desse cenário é R\$ 0,0339/m³. Longe de ser um equívoco, trata-se de deixar margem para a contribuição do lançamento e das outras facetas do mecanismo da cobrança.

Conforme as conclusões traçadas no item anterior (8.1.2), o montante total a ser arrecadado deve manter um certo balanço entre as cobranças por captação e lançamento. Uma vez considerada a participação do lançamento, a de captação deve refletir, nos preços unitários, essa menor necessidade de cobrança. Outras duas características do mecanismo interferem (e reduzem) a necessidade de arrecadação e, portanto, devem estar refletidas na composição dos preços unitários por setor usuário: a isenção de pequenas outorgas (abordada no item 8.1.6) e a cobrança adicional para as interferências de captação nos locais críticos (abordada no item 8.1.1).

8.1.4. *Diferenciação por sazonalidade*

O modelo econômico teve como um dos seus parâmetros a sazonalidade das interferências de captação, sendo compreendida como tal a interferência cujo volume se concentra, em uma fração igual ou maior a 70% do total anual, nos meses de estiagem. Essa eventual característica de diferenciação de mecanismos de cobrança não se mostrou sensível, como se conclui pela comparação dos resultados da configuração de análise CA-4 com a CA-6. A única diferença entre estas duas configurações de análise é a desconsideração do parâmetro de sazonalidade, de forma a se avaliar seu efeito isoladamente.

Com base na comparação entre as configurações do modelo com e sem o parâmetro de sazonalidade (CA-4 e CA-6, respectivamente), observa-se que as duas únicas atividades que sofrem diferenciação marginal nos preços são as de cultivo de frutas de lavoura permanente, exceto laranja e uva e o cultivo de plantas de lavoura temporária não especificadas anteriormente.

A baixa sensibilidade do parâmetro não é fruto de sua irrelevância, mas sim do fato de que a sazonalidade das interferências está bastante correlacionada com o parâmetro dos arquétipos. Afinal, os locais críticos indicam a existência de conflitos pelo recurso hídrico e são, por sua vez, obtidos pelo balanço hídrico com vazões de estiagem. Dada a redundância da sazonalidade no modelo, e de forma a manter o mecanismo de cobrança o mais simples possível, **opta-se por desconsiderar essa característica do mecanismo de cobrança.**

8.1.5. *Diferenciação por grande porte*

O mecanismo de cobrança pode realizar duas possíveis diferenciações da cobrança por porte, considerando as interferências de grande porte por um lado (tratadas no presente item) e/ou as pequenas interferências (tratadas no próximo item).

O modelo econômico desenvolvido para perscrutar os preços ótimos sob o ponto de vista econômico não embutiu, como parte de sua concepção, a diferenciação de interferência de grande porte para que dela se cobrasse preços maiores. Longe de ter sido um equívoco, essa característica foi desconsiderada por se compreender que o próprio volume de cada outorga já é uma proxy do porte subjacente do usuário e que, em assim o sendo, um grande usuário passará a ter uma cobrança maior porque faz uso mais intensivo do recurso.

Dois casos hipotéticos ilustram a questão: (i) um usuário de grande porte pode assim o ser porque é ineficiente e consome maiores quantidades de água do que

poderia; e (ii) outro usuário perfaz atividade econômica de grande porte, e por isso consome volumes altos, mas o faz com eficiência. Uma vez que o valor absoluto da cobrança é o produto do preço e da quantidade (volume), caso o preço unitário esteja refletindo de algum modo a escassez do recurso hídrico, em ambos os casos se alcançará a eficiência econômica sem diferenciação de preços em função do porte.

No caso (i), o incentivo para que o usuário reduza sua conta de cobrança advém do componente “volume captado”, que é alto por ser ineficiente - com o preço unitário padrão, o montante absoluto da cobrança (preço unitário x volume) já deve ser alto o suficiente para que investimentos em eficiência hídrica se justifiquem e o usuário reduza seu volume captado.

Já no caso (ii), o usuário está na fronteira da eficiência e arcará com um alto valor de cobrança (preço unitário x volume) devido ao seu grande porte, que é reflexo da atividade econômica subjacente e justifica o valor final. Caso houvesse diferenciação do preço unitário (o maior) para esse usuário, ao invés de incentivo para que se mantenha o nível atual de eficiência, haveria uma punição pelo grande porte, que não se justifica sob o ponto da eficiência de uso do recurso hídrico sob o aspecto de sua conversão para produção econômica (física e financeira).

De forma análoga, facilmente se argumenta que minorar a cobrança dos grandes usuários é uma estratégia geradora de ineficiência, pois no caso (i) haveria menos incentivo para a redução de uso, o que seria injustificado porque o usuário é categorizado como grande justamente por ser ineficiente. No caso (ii), em contrapartida, um preço unitário minorado concederia uma bonificação indevida para um usuário de grande porte, injustificada uma vez ele utiliza uma fração significativa do recurso escasso.

Com essa digressão, conclui-se que **não se deve realizar distinções de preços, tanto o maior como o menor, em função do grande porte.** Importante notar que

essa conclusão diz respeito a diferenciação de porte exclusivamente para fins de cobrança, e não aborda outras obrigações para os outorgados de grande porte, como a obrigação de que seus volumes captados e lançados sejam mensurados e não estimados (ver item 8.1.7).

8.1.6. *Diferenciação por pequeno porte*

A diferenciação de interferências de pequeno porte traz uma lógica econômica distinta da eventual diferenciação por grande porte: trata-se da exclusão de pequenos pagadores de forma a se ter menores custos de transação. Afinal, o custo administrativo de cadastrar um usuário, coletar seu volume de consumo e/ou lançamento, aplicar a fórmula da cobrança, emitir boleto e verificar seu pagamento é exatamente o mesmo para uma cobrança de R\$ 10, R\$ 1.000 ou R\$ 100.000. De forma geral, poucos pagadores de grande porte já concedem arrecadação suficiente para o desempenho das funções remediativas e de gestão que se espera obter com os recursos da cobrança.

Por outro lado, a cobrança desempenha o papel de sinalizar o valor econômico do recurso hídrico e sua escassez, sendo desejável, portanto, que mesmo os menores dos usuários sejam cobrados por preços, mesmo que simbólicos. O usuário que é cobrado, por menor que seja o valor absoluto dessa cobrança, passa a contribuir ativamente com a gestão das águas e a reconhecer, por consequência, seu papel no contexto da bacia hidrográfica, bem como passa a aprender o papel fulcral exercido pelo Comitê de Bacias e dos demais instrumentos de gestão para a sustentabilidade do recurso. Nessa cobrança, prepondera o caráter educativo sobre o arrecadatório, mas não de forma a comprometer a eficiência do próprio esforço administrativo que a ela se aloca.

Como forma prática de endereçar esse paradoxo, sugere-se aplicar uma linha de corte para os valores de cobrança anual, abaixo da qual a cobrança deixa de ser realizada pela aplicação do mecanismo usual (preço unitário x volume) e passa a ser realizada com base em um valor único e fixo, de caráter educativo, suficiente para que haja o comprometimento do usuário para com a manutenção do sistema, mas tabelado para que facilite sua emissão e controle de quitação.

Outra opção, claramente, é isentar da cobrança os usuários de pequeno porte. A concessão da isenção já é uma prerrogativa para os usuários que não dependem de outorga para o uso de recursos hídricos, sendo que essa isenção pode ser estendida para os pequenos usuários - definidos pelo limite de valores cobrados - uma vez que se trata de uma forma equânime e embutida no próprio mecanismo de cobrança. Em um determinado ano, o usuário Q pode ser isento, pois captou um volume pequeno, sendo que no outro ano, devido ao aumento de sua captação, passa a ser um usuário não-isento. Da mesma forma, preços maiores podem aumentar a base de usuários não-isentos, rendendo a dinâmica a prerrogativa de isenção.

- Utilizou-se, assim, uma linha de corte equivalente a R\$ 500 por ano de cobrança para delimitar as interferências que passariam a estar enquadradas como pequenas e, conseqüentemente, sujeitas a cobrança por uma taxa mínima.

Uma vez que a linha de corte para a determinação do pequeno porte se dá em função do valor que seria cobrado, cada um dos cenários de cobrança, com seus valores-objetivo distintos, trazem quantitativos diferenciados. A Tabela 176 apresenta os quantitativos agregados de interferências de captação que estariam isentas sob o critério de $\leq R\$500$. Com base no quantitativo de interferências que recaem sobre a categoria de pequeno porte, pode-se facilmente simular o efeito monetário de uma eventual cobrança de taxa fixa para tais intervenções; como contrapartida, o mesmo valor representa o que se deixaria de arrecadar caso essa categoria de usuários fosse isenta da cobrança.

Tabela 176: Resumo da classificação em pequeno porte e eventual arrecadação com taxas fixas.

	Quantidade de outorgas de captação de pequeno porte	Cobrança de taxa fixa de R\$ 250 (R\$/ano)	Cobrança de taxa fixa de R\$ 500 (R\$/ano)
Cenário 1	202	50.500	101.000
Cenário 2	274	68.500	137.000
Cenário 3	319	79.750	159.500
Cenário 4	423	105.750	211.500
Cenário 5	521	130.250	260.500
Cenário 6	763	190.750	381.500

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 176 demonstra a importância relativa da cobrança da taxa fixa, que diminui com a quantidade de intervenções classificadas como de pequeno porte. No cenário de maior demanda financeira (Cenário 1), a linha de corte da classificação abrange 202 outorgas, que caso fossem cobradas por uma taxa fixa de R\$ 250/ano, totalizariam uma contribuição financeira singela, de R\$ 50,50 mil. Trata-se, claramente, de uma cobrança com fins preponderantes de educação e envolvimento, e não arrecadatória. Já no cenário de menor demanda financeira (Cenário 6), uma eventual isenção da cobrança das outorgas de pequeno porte abrange 763 outorgas de captação (29% do total) e representa uma arrecadação (com taxa fixa de R\$ 250/ano) de R\$ 190,75 mil por ano.

As tabelas abaixo apresentam o perfil das interferências classificadas como tendo pequeno porte (quando o valor da cobrança é $\leq$ R\$500) para cada um dos seis cenários, notando-se haver, em todos os casos, uma preponderância de usuários irrigantes, usuários cuja finalidade é consumo humano (exceto os prestadores de serviço de saneamento) e também os usuários cuja finalidade de uso é "outro". Estas categorias de usuários tem as maiores proporções de suas interferências com volumes baixos, pré-condição para que o valor anual da cobrança recaia sob a linha de corte pré-estabelecida.

Tabela 177: Perfil das outorgas de domínio da União classificadas como de pequeno porte no Cenário 1.

CENÁRIO 1 Setores Usuários Agregados	CAPTAÇÃO		LANÇAMENTO	
	Quantidade de outorgas	Volume captado	Quantidade de outorgas	Volume lançado
Ab. Humano (Cia. Saneamento)	0 (0%)	0 (0%)	2 (3,7%)	56 (0%)
Indústria	5 (3,3%)	11 (0%)	28 (37,3%)	1444 (0,7%)
Irrigação	99 (6,5%)	874 (0,1%)	-	-
Criação animal	9 (13,8%)	67 (0,2%)	28 (84,8%)	3941 (24,4%)
Mineração	25 (5,8%)	66 (0,2%)	11 (100%)	500 (100%)
C. humano (exceto Cia. San.)	26 (18,1%)	79 (0,3%)	18 (72,0%)	2379 (75,2%)
Usos não especif. ("Outros")	38 (27,0%)	94 (0,8%)	71 (100%)	64772 (100%)
TOTAL	202 (7,8%)	1192 (0,1%)	158 (58,7%)	73092 (17,0%)

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 178: Perfil das outorgas de domínio da União classificadas como de pequeno porte no Cenário 2.

CENÁRIO 2 Setores Usuários Agregados	CAPTAÇÃO		LANÇAMENTO	
	Quantidade de outorgas	Volume captado	Quantidade de outorgas	Volume lançado
Ab. Humano (Cia. Saneamento)	0 (0%)	0 (0%)	3 (5,6%)	135 (0,1%)
Indústria	6 (3,9%)	17 (0%)	30 (40,0%)	1457 (0,7%)
Irrigação	147 (9,6%)	1837 (0,2%)	-	-
Criação animal	10 (15,4%)	82 (0,3%)	29 (87,9%)	4064 (25,2%)
Mineração	30 (6,9%)	96 (0,3%)	11 (100%)	500 (100%)
C. humano (exceto Cia. San.)	31 (21,5%)	130 (0,5%)	21 (84,0%)	2809 (88,8%)
Usos não especif. ("Outros")	50 (35,5%)	217 (1,8%)	71 (100%)	64772 (100%)
TOTAL	274 (10,6%)	2378 (0,1%)	165 (61,3%)	73737 (17,2%)

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 179: Perfil das outorgas de domínio da União classificadas como de pequeno porte no Cenário 3.

CENÁRIO 3 Setores Usuários Agregados	CAPTAÇÃO		LANÇAMENTO	
	Quantidade de outorgas	Volume captado	Quantidade de outorgas	Volume lançado
Ab. Humano (Cia. Saneamento)	0 (0%)	0 (0%)	4 (7,4%)	170 (0,1%)
Indústria	11 (7,2%)	59 (0%)	31 (41,3%)	1489 (0,7%)
Irrigação	168 (11,0%)	2370 (0,2%)	-	-
Criação animal	13 (20,0%)	146 (0,5%)	29 (87,9%)	4064 (25,2%)
Mineração	31 (7,2%)	103 (0,3%)	11 (100%)	500 (100%)
C. humano (exceto Cia. San.)	40 (27,8%)	245 (1,0%)	22 (88,0%)	2958 (93,5%)
Usos não especif. ("Outros")	56 (39,7%)	295 (2,4%)	71 (100%)	64772 (100%)
TOTAL	319 (12,3%)	3217 (0,2%)	168 (62,5%)	73953 (17,2%)

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 180: Perfil das outorgas de domínio da União classificadas como de pequeno porte no Cenário 4.

CENÁRIO 4 Setores Usuários Agregados	CAPTAÇÃO		LANÇAMENTO	
	Quantidade de outorgas	Volume captado	Quantidade de outorgas	Volume lançado
Ab. Humano (Cia. Saneamento)	1 (0,8%)	20 (0%)	5 (9,3%)	231 (0,2%)
Indústria	16 (10,5%)	105 (0%)	40 (53,3%)	1938 (0,9%)
Irrigação	231 (15,1%)	4410 (0,4%)	-	-
Criação animal	21 (32,3%)	361 (1,3%)	29 (87,9%)	4064 (25,2%)
Mineração	36 (8,3%)	153 (0,5%)	11 (100%)	500 (100%)
C. humano (exceto Cia. San.)	50 (34,7%)	413 (1,6%)	22 (88,0%)	2958 (93,5%)
Usos não especif. ("Outros")	68 (48,2%)	511 (4,2%)	71 (100%)	64772 (100%)
TOTAL	423 (16,3%)	5973 (0,3%)	178 (66,2%)	74463 (17,3%)

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 181: Perfil das outorgas de domínio da União classificadas como de pequeno porte no Cenário 5.

CENÁRIO 5 Setores Usuários Agregado	CAPTAÇÃO		LANÇAMENTO	
	Quantidade de outorgas	Volume captado	Quantidade de outorgas	Volume lançado
Ab. Humano (Cia. Saneamento)	1 (0,8%)	20 (0%)	7 (13,0%)	1000 (0,8%)
Indústria	20 (13,1%)	168 (0%)	43 (57,3%)	2653 (1,2%)
Irrigação	284 (18,5%)	6896 (0,6%)	-	-
Criação animal	23 (35,4%)	432 (1,6%)	30 (90,9%)	8602 (53,4%)
Mineração	62 (14,4%)	506 (1,6%)	11 (100%)	500 (100%)
C. humano (exceto Cia. San.)	58 (40,3%)	599 (2,3%)	25 (100%)	3162 (100%)
Usos não especif. ("Outros")	73 (51,8%)	644 (5,3%)	71 (100%)	64772 (100%)
TOTAL	521 (20,1%)	9265 (0,5%)	187 (69,5%)	80689 (18,8%)

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 182: Perfil das outorgas de domínio da União classificadas como de pequeno porte no Cenário 6.

CENÁRIO 6 Setores Usuários Agregados	CAPTAÇÃO		LANÇAMENTO	
	Quantidade de outorgas	Volume captado	Quantidade de outorgas	Volume lançado
Ab. Humano (Cia. Saneamento)	5 (4,0%)	216 (0,1%)	12 (22,2%)	1655 (1,3%)
Indústria	33 (21,6%)	468 (0,1%)	48 (64,0%)	3674 (1,7%)
Irrigação	394 (25,7%)	15078 (1,4%)	-	-
Criação animal	34 (52,3%)	1089 (4%)	32 (97%)	11329 (70,3%)
Mineração	116 (26,9%)	1680 (5,2%)	11 (100%)	500 (100%)
C. humano (exceto Cia. San.)	82 (56,9%)	1309 (5,1%)	25 (100%)	3162 (100%)
Usos não especif. ("Outros")	99 (70,2%)	1563 (12,8%)	71 (100%)	64772 (100%)
TOTAL	763 (29,4%)	21403 (1,2%)	199 (74,0%)	85092 (19,8%)

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

O Cenário 1, que traz o mais alto entre os valores-objetivos, é aquele que menos classifica interferências como sendo de pequeno porte, uma vez que a multiplicação do preço unitário mais alto pelos volumes consumidos atinge valores superiores a R\$ 500 por ano mais vezes (7,8% do total). No extremo oposto, o Cenário 6 classifica uma grande quantidade de interferências como de pequeno porte (29% do total), pois o preço unitário mais baixo resulta, mesmo multiplicada pelo mesmo volume, em uma maior probabilidade de se estar abaixo da linha de corte de R\$ 500.

Para fim das simulações subsequentes (capítulo 9), **considerou-se a linha de corte (valor a ser cobrado $\leq$ R\$ 500) e a cobrança, consequentemente, de uma taxa fixa de R\$ 250/ano.** Conforme observa-se pela Tabela 176 (acima), a inclusão dos valores arrecadados com essa cobrança não é significativa o suficiente para modificar o atingimento dos valores-objetivos de cada cenário.

8.1.7. Critérios complementares

Arredondamento dos preços menores que a unidade monetária

Conforme descrito nos itens precedentes, a base referencial de valores para o mecanismo de cobrança é o preço unitário básico de cada cenário, oriundo da divisão do valor-objetivo do cenário pelo volume de captação outorgado. O resultado dessa divisão é um valor por metro cúbico de pequeno valor absoluto, significativamente menor do que a unidade. Da mesma forma, a multiplicação desse valor unitário pela fração do preço unitário básico por categoria de cobrança e pelas demais facetas do mecanismo proposto, também resulta em valores monetários expressos em frações da unidade.

Dessa feita, é importante que o mecanismo de cobrança traga uma forma padronizada e inequívoca de se trabalhar com os valores unitários. Propõe-se adotar

o critério de arredondamento prescrito pela Norma ABNT NBR 5891 e adotar como padrão para tal o arredondamento à quarta decimal, ou seja, arredondar os valores para que não sejam menores do que quatro casas decimais.

A Norma ABNT NBR 5891 lê, de forma resumida:

Regra 1: quando o algarismo imediatamente seguinte ao último algarismo a ser conservado for inferior a 5, o último algarismo a ser conservado permanecerá sem modificação (ex.: 1,33 arredondado à primeira decimal tornar-se-á 1,3). Regra 2: quando o algarismo imediatamente seguinte ao último algarismo a ser conservado for superior a 5, ou, sendo 5, for seguido de no mínimo um algarismo diferente de zero, o último algarismo a ser conservado deverá ser aumentado de uma unidade (ex.: 1,66 arredondado à primeira decimal tornar-se-á 1,7; 4,8505 arredondados à primeira decimal tornar-se-ão 4,9). Regra 3: quando o algarismo imediatamente seguinte ao último algarismo a ser conservado for 5 seguido de zeros, dever-se-á arredondar o algarismo a ser conservado para o algarismo par mais próximo. Consequentemente, o último algarismo a ser retirado, se for ímpar, aumentará uma unidade (ex.: 4,5500 arredondados à primeira decimal tornar-se-ão 4,6). Regra 4: quando o algarismo imediatamente seguinte ao último a ser conservado for 5 seguido de zeros, se for par o algarismo a ser conservado, ele permanecerá sem modificação (ex.: 4,8500 arredondados à primeira decimal tornar-se-ão 4,8).

Para fins de aplicação do mecanismo de cobrança, portanto, todos os valores devem estar arredondados à quarta decimal.

Mensuração dos volumes de captação e lançamento

Tanto a modelagem econômica como as simulações subsequentes (capítulo 9, a seguir) fazem uso dos dados das outorgas de domínio da União. Sabe-se, no entanto, que as outorgas podem não refletir de forma fiel os volumes captados, uma vez que o uso efetivo tende a ser menor do que o outorgado.

Com base em 110 dados obtidos pela Declaração Anual de Uso de Recursos Hídricos (DAURH) na Bacia Hidrográfica do Rio Grande para o mesmo ano que a extração de outorgas do CNARH trabalhada como base deste estudo, pode-se

estabelecer uma amostra (pequena) do desvio que se pode esperar entre os volumes outorgados e os volumes efetivamente captados. A Tabela 183 apresenta os resultados da comparação, onde se nota que, na média ponderada entre as declarações amostradas, o uso efetivo é de 81,6% do volume outorgado.

Tabela 183: Comparação entre o volume captado declarado na DAURH e o volume outorgado.

Setores Usuários Agregados	Quantidade de interferências ¹	Quantidade de interferências com DAURH (amostra)	Representatividade da amostra	Diferença média (ponderada) entre o volume declarado e outorgado
Abastecimento Humano	125	27	21,6%	87,8%
Irrigação	1.532	57	3,7%	86,9%
Indústria	166	26	17,0%	63,5%
Total	2.593²	110	4,2%	81,6%

¹ A quantidade de interferências em cada setor advém da leitura da base de outorgas já classificadas em categorias para associação com as atividades econômicas. ² O total de 2.593 inclui outras finalidades não apresentadas na Tabela. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Com base nessa amostra, pode-se esperar que o total arrecadado pela cobrança não seja o mesmo que os valores simulados, mas sim valores a menor. Por outro lado, espera-se que haja uma maior precisão na mensuração e monitoramento dos volumes captados, especialmente para os grandes usuários, o que pode compensar, parcialmente, essa discrepância.

Nota-se relevante, nesse contexto, a obrigatoriedade de monitoramento dos volumes postulada pela Resolução ANA nº 91/2021 para as interferências de domínio da União na bacia do rio Paraíba do Sul: o limite a ser observado para a obrigatoriedade de monitoramento dos volumes de captação é de 120 m³/h, e para lançamento, é de 180 kg/dia de DBO. Aplicando-se estes mesmos parâmetros para as outorgas de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, ter-se-ia uma quantidade muito pequena de interferências (27 outorgas de captação, ou 1% do total) que

passariam a medir, obrigatoriamente, seus volumes. Não obstante, estes poucos usuários representam 26% do volume outorgado, como aponta a Tabela 184.

Tabela 184: Perfil das outorgas de domínio da União que se enquadrariam nos parâmetros da Resolução ANA nº 91/2021.

Setores Usuários Agregados	CAPTAÇÃO (≥ 120 m³/h)		LANÇAMENTO (≥ 180 kg/diaDBO)	
	Fração da quantidade de outorgas	Fração do volume captado	Fração da quantidade de outorgas	Fração do volume lançado
Ab. Humano (Cia. Saneamento)	4,0%	35,9%	48,1%	87,5%
Indústria	7,2%	56,3%	18,7%	91,8%
Irrigação	0,7%	15,0%	-	-
Criação animal	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mineração	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Consumo humano (exceto Cia. San.)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Usos não especif. ("Outros")	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
TOTAL	1,0%	25,8%	14,9%	72,5%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Sugere-se, dessa feita, que haja uma replicação da Resolução ANA nº 91/2021 para as interferências de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, de modo que a base da cobrança seja a mais fiel possível aos volumes efetivamente captados e lançados. Afinal, o sistema de cobrança não pode ser implementado sem que haja o conhecimento, o controle e a fiscalização dos principais usos da água, dependendo, portanto, da outorga e da fiscalização.

Outrossim, nota-se que o mecanismo de cobrança deve prever a coexistência de volumes e de cargas medidas/estimadas e outorgadas. Ou seja, mesmo que haja uma tendência de maior mensuração em detrimento à estimação, ambos os resultados poderão, em um dado ano, diferir da outorga concedida. Nota-se que um dos setores usuários mais estáveis, nesse sentido, é o de abastecimento humano.

Como já discutido, a diferenciação entre o volume ou carga outorgada versus volume ou carga medida/estimada pode ocorrer tanto pelo efeito de reserva de mercado que a outorga pode ensejar, como por uma decisão empresarial. O detentor de uma outorga pode produzir, em um dado ano, abaixo ou acima da sua média de produção em resposta à sazonalidade do mercado, flutuações conjunturais, alterações de calendário agrícola em função das culturas cultivadas a cada safra e tantos outros. Nessas situações, espera-se que o uso dos recursos hídricos (captação ou lançamento) também sofra alterações para mais ou para menos, flutuações estas que não resultam em revisões dos valores outorgados.

De forma a tornar o mecanismo de cobrança o mais justo possível em relação às eventuais diferenças entre volumes utilizados versus outorgados e privilegiar os usuários que realizam a medição e estimação coerente de seu uso, propõe-se a adoção da seguinte mecânica:

- Caso haja medição, o volume captado e/ou a carga lançada são dados pela média aritmética entre o que é medido e o que é outorgado; caso não haja medição ou estimação coerente, a cobrança se dá integralmente pelo volume e/ou carga outorgados.

Nos casos em que há medição dos valores captados ou lançados, propõe-se o uso da média aritmética entre estes e os valores outorgados. Em um ano em que o usuário faz uso menor dos recursos hídricos do que prevê sua outorga, o valor da contribuição será menor, mas não ao ponto de deixar de refletir a reserva de mercado que permaneceu intacta via outorga. No sentido oposto, em um ano em que haja um uso excessivo em relação à outorga, este usuário não será cobrado exclusivamente por este excesso, mas sim também pelo seu volume outorgado que lhe é, perante a gestão do recurso hídrico, garantido. Essa mecânica, embora simples, permite alinhar os incentivos entre o usuário e suas decisões empresariais, e a gestão dos recursos hídricos. Afinal, em uma situação de gestão ideal, ambos os valores (vazões e cargas

medidas e vazões e cargas outorgadas) devem convergir no longo prazo para uma relação constante.

A regra proposta utiliza apenas dos valores outorgados para realizar a cobrança dos usuários que não reportam seu uso via DAURH de forma medida ou estimada de forma coerente. Nesse caso, o incentivo dado pela cobrança via outorga é para que haja a mensuração dos volumes e cargas utilizados.

Vinculação com o Plano de Bacia e sua revisão

Conforme ressaltado nos capítulos anteriores, a cobrança se dá de forma vinculada ao plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica, que baliza as necessidades financeiras e os planos de uso dos recursos; ou seja, os recursos financeiros provenientes devem permitir a realização de ações previstas no plano de forma a proporcionar benefícios relevantes. O próprio levantamento dos orçamentos associados (item 3.3), que dá base aos valores-objetivos, é realizado para um horizonte temporal de longo prazo (dez anos) e é então dividido por estes dez anos para se ter a base anual dos valores que espelham os objetivos do PIRH-Grande.

A cobrança espelha, em resumo, um ciclo de planejamento da bacia hidrográfica. Dessa feita, embora o mecanismo da cobrança possa permanecer imutável, os valores que utilizados como seus insumos devem variar, espelhando as necessidades dos próximos ciclos. Das facetas do mecanismo, outra que deve variar com a revisão do Plano de Bacia é a delimitação dos locais críticos. Recomenda-se que a revisão do plano de bacias atualize os objetivos a serem atingidos com a implantação da cobrança, desdobrando-os em metas de execução de ações do programa de intervenções do plano. Supõe-se que essa revisão se dê em ciclo de 10 anos, coerente tanto com a amplitude de recursos estimada como em relação à expectativa de se rever o PIRH-Grande.

8.2. Síntese dos mecanismos de cobrança

Conforme apresentado nos itens precedentes, o mecanismo de cobrança para o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Grande apresenta as características apostas na Tabela 185. Nota-se a distinção por setores usuários e subgrupos destes setores para a cobrança da captação; bem como o incremento no preço caso a interferência se localize em área crítica: área com arquétipos qualitativos e/ou quantitativos iguais ou superiores a classe 5, sofrendo assim um acréscimo de 75% no preço unitário de captação (preço unitário captação x 1,75).

Para a cobrança de lançamento, o preço definido para cada kg de DBO lançada é fixo por setor usuário, mas varia em função do cenário e da localização da interferência, pois se ocorre em local crítico, é acrescida em 25% (preço fixo de lançamento x 1,25). Há, por fim, distinção dos usuários outorgados de pequeno porte, assim classificados caso a cobrança anual (tanto para captação como para lançamento) resulte em valor igual ou menor que R\$ 500,00, passando então a incidir um preço fixo de R\$ 250,00/ano.

Tabela 185: Síntese do mecanismo de cobrança proposto, cujos valores unitários variam em decorrência do cenário e seu valor-objetivo.

Setor usuário agregado	Categoria para cobrança	Localização da Interferência	Captação	Lançamento	Captação ou Lançamento
		(função da criticidade)	(fração do PUB Básico)*	(PU único)	(R\$ ≤ 500)
Ab. Humano	Única	Local Não Crítico	80% do PUB * 1,00	PU único * 1,00	R\$ 250,00
		Local Crítico	80% do PUB * 1,75	PU único * 1,25	
Criação Animal	Única	Local Não Crítico	65% do PUB * 1,00	PU único * 1,00	R\$ 250,00
		Local Crítico	65% do PUB x 1,75	PU único * 1,25	
Indústria	Alto (divisões 17 e 19)	Local Não Crítico	220% do PUB * 1,00	PU único * 1,00	R\$ 250,00
		Local Crítico	220% do PUB x 1,75	PU único * 1,25	
	Médio (divisões 10 e 11)	Local Não Crítico	190% do PUB * 1,00	PU único * 1,00	R\$ 250,00
		Local Crítico	190% do PUB x 1,75	PU único * 1,25	
	Baixo (demais industriais)	Local Não Crítico	160% do PUB * 1,00	PU único * 1,00	R\$ 250,00
		Local Crítico	160% do PUB x 1,75	PU único * 1,25	
Irrigação	Irrig. culturas temporárias	Local Não Crítico	50% do PUB * 1,00	PU único * 1,00	R\$ 250,00
		Local Crítico	50% do PUB x 1,75	PU único * 1,25	
	Irrig. culturas permanentes	Local Não Crítico	55% do PUB * 1,00	PU único * 1,00	R\$ 250,00
		Local Crítico	55% do PUB x 1,75	PU único * 1,25	
	I. de c. temp. e perm.	Local Não Crítico	55% do PUB * 1,00	PU único * 1,00	R\$ 250,00
		Local Crítico	55% do PUB x 1,75	PU único * 1,25	
Mineração	Única	Local Não Crítico	190% do PUB * 1,00	PU único * 1,00	R\$ 250,00
		Local Crítico	190% do PUB x 1,75	PU único * 1,25	
Outros	Única	Local Não Crítico	100% do PUB * 1,00	PU único * 1,00	R\$ 250,00
		Local Crítico	100% do PUB x 1,75	PU único * 1,25	

Nota*: O PUB é resultado da divisão entre o valor anual médio objetivado para cada cenário de cobrança e o volume outorgado em captações em rios de domínio da União (R\$/m³). Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Com o mecanismo proposto, a formulação da cobrança passa a ser a mais simples possível:

$$Valor (R\$/ano) = (Volume_{cap} * PU_{cap} (usuário)) + (Carga_{lanç} * PU_{lanç})$$

sendo:

- Volume captado ($Volume_{cap}$) = volume derivado, captado e extraído medido ou outorgado, em m³/ano.

- Carga lançada ($Carga_{lan\grave{c}}$) = $Volume_{lan\grave{c}} * DBO_{5,20}$, expressa em Kg/ano, sendo que o $Volume_{lan\grave{c}}$ é aquele lançado de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, medido ou outorgado, em m³/ano.
- Preço Unitário (PU) = expresso em R\$/m³ ou em R\$/Kg, variando conforme a categoria do usuário.

Outra importante adição à formulação da cobrança é referente à exceção das interferências outorgadas de pequeno valor:

- Caso o resultado da aplicação da formulação seja igual ou inferior a R\$ 500,00, o valor cobrado passa a ser fixo em R\$ 250,00/ano.

Por fim, cabe a distinção da base da cobrança em função da medição ou estimação coerente dos volumes captados e cargas lançadas:

- Caso haja medição, o volume captado é dado pela média aritmética entre o que é medido e o que é outorgado; caso não haja medição ou estimação coerente, a cobrança se dá integralmente pelo volume outorgado.

Outra faceta do mecanismo proposto é referente à cobrança diferenciada para locais críticos, aqui equiparados aos dos arquétipos qualitativos ou quantitativos de classe 5 e 6 do Cenário do Plano do PIRH-Grande. Sua inserção não se dá diretamente na fórmula da cobrança, mas é expressa na identificação, para cada categoria de cobrança, do PU respectivo, tal como se apresentam nas tabelas da sequência. Estas trazem a proposta de preços unitários (PU) para lançamento em locais críticos e não-críticos (Tabela 186), preços unitários (PU) para captação em locais não-críticos (Tabela 187) e preços unitários (PU) para captação em locais críticos (Tabela 188).

Tabela 186: Preços unitários de lançamento entre os cenários (loais não-crítico e críticos).

Preços unitários de lançamento R\$/kgDBO						
Categoria para cobrança única	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Locais não-críticos	0,3100	0,2600	0,2200	0,1500	0,1100	0,0600
Locais críticos	0,3875	0,3250	0,2750	0,1875	0,1375	0,0750

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 187: Preços unitários de captação entre os cenários (locais não-críticos).

Preços unitários de captação R\$/m ³ - Locais não-críticos						
Categoria para cobrança	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Ab. Humano	0,0474	0,0324	0,0271	0,0189	0,0138	0,0077
Criação Animal	0,0385	0,0263	0,0220	0,0153	0,0112	0,0062
Indústria (Alto)	0,1302	0,0891	0,0746	0,0519	0,0381	0,0211
Indústria (Médio)	0,1125	0,0770	0,0644	0,0448	0,0329	0,0182
Indústria (Baixo)	0,0947	0,0648	0,0542	0,0378	0,0277	0,0154
Irrigação (culturas temporárias)	0,0296	0,0203	0,0170	0,0118	0,0087	0,0048
Irrigação (culturas permanentes)	0,0326	0,0223	0,0186	0,0130	0,0095	0,0053
Irrigação (l. de c. temp. e perm.)	0,0326	0,0223	0,0186	0,0130	0,0095	0,0053
Mineração	0,1125	0,0770	0,0644	0,0448	0,0329	0,0182
Outros	0,0592	0,0405	0,0339	0,0236	0,0173	0,0096

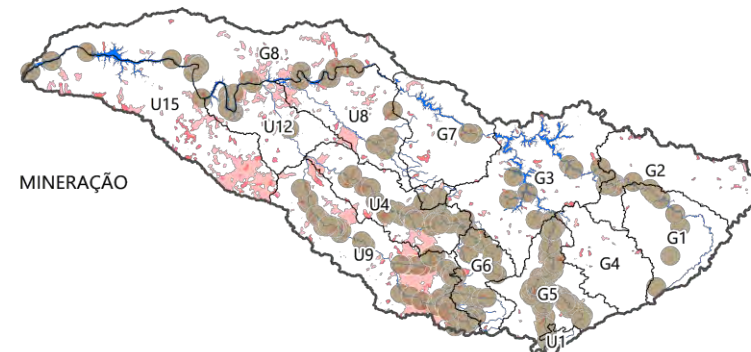
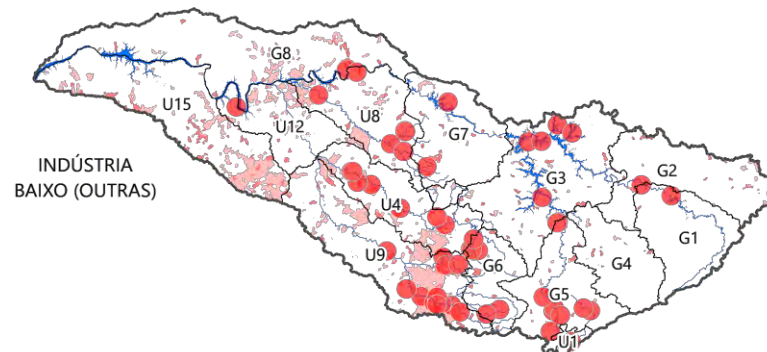
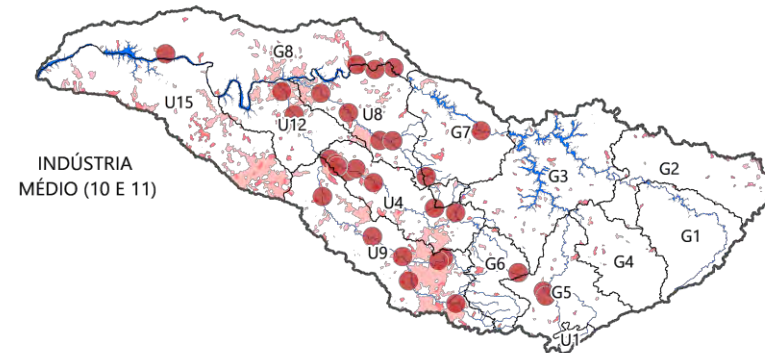
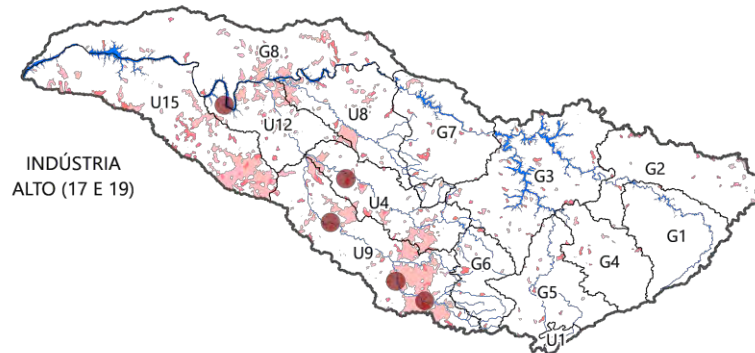
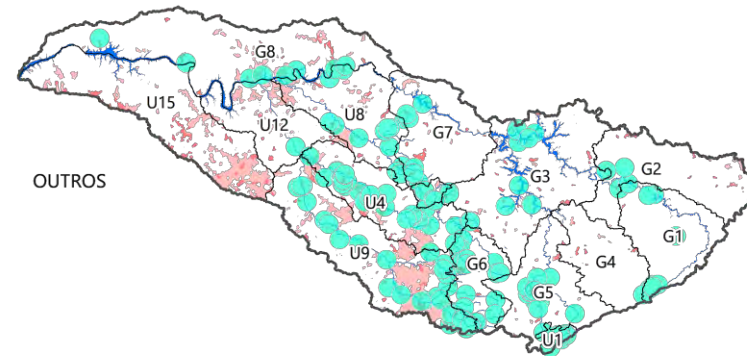
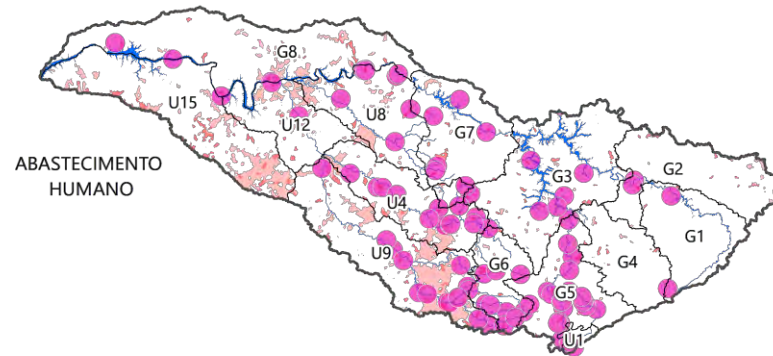
Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 188: Preços unitários de captação entre os cenários (locais críticos).

Preços unitários de captação R\$/m ³ - Locais críticos						
Categoria para cobrança	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Ab. Humano	0,0830	0,0567	0,0474	0,0331	0,0242	0,0135
Criação Animal	0,0674	0,0460	0,0385	0,0268	0,0196	0,0109
Indústria (Alto)	0,2279	0,1559	0,1306	0,0908	0,0667	0,0369
Indústria (Médio)	0,1969	0,1348	0,1127	0,0784	0,0576	0,0319
Indústria (Baixo)	0,1657	0,1134	0,0949	0,0662	0,0485	0,0270
Irrigação (Irrig. culturas temporárias)	0,0518	0,0355	0,0298	0,0207	0,0152	0,0084
Irrigação (Irrig. culturas permanentes)	0,0571	0,0390	0,0326	0,0228	0,0166	0,0093
Irrigação (l. de c. temp. e perm.)	0,0571	0,0390	0,0326	0,0228	0,0166	0,0093
Mineração	0,1969	0,1348	0,1127	0,0784	0,0576	0,0319
Outros	0,1036	0,0709	0,0593	0,0413	0,0303	0,0168

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Com base nesse mecanismo, os seis cenários de cobrança desenvolvidos para a BH-Grande exploram diferentes preços unitários para a retirada de água e lançamento de efluentes, mas de forma embasada nos fundamentos econômicos que incentivam o uso racional dos recursos hídricos, conforme prevê a Lei das Águas, principalmente para as zonas mais críticas da bacia sob o ponto de vista do balanço hídrico qualitativo. As figuras abaixo apresentam as interferências em cada categoria de cobrança.



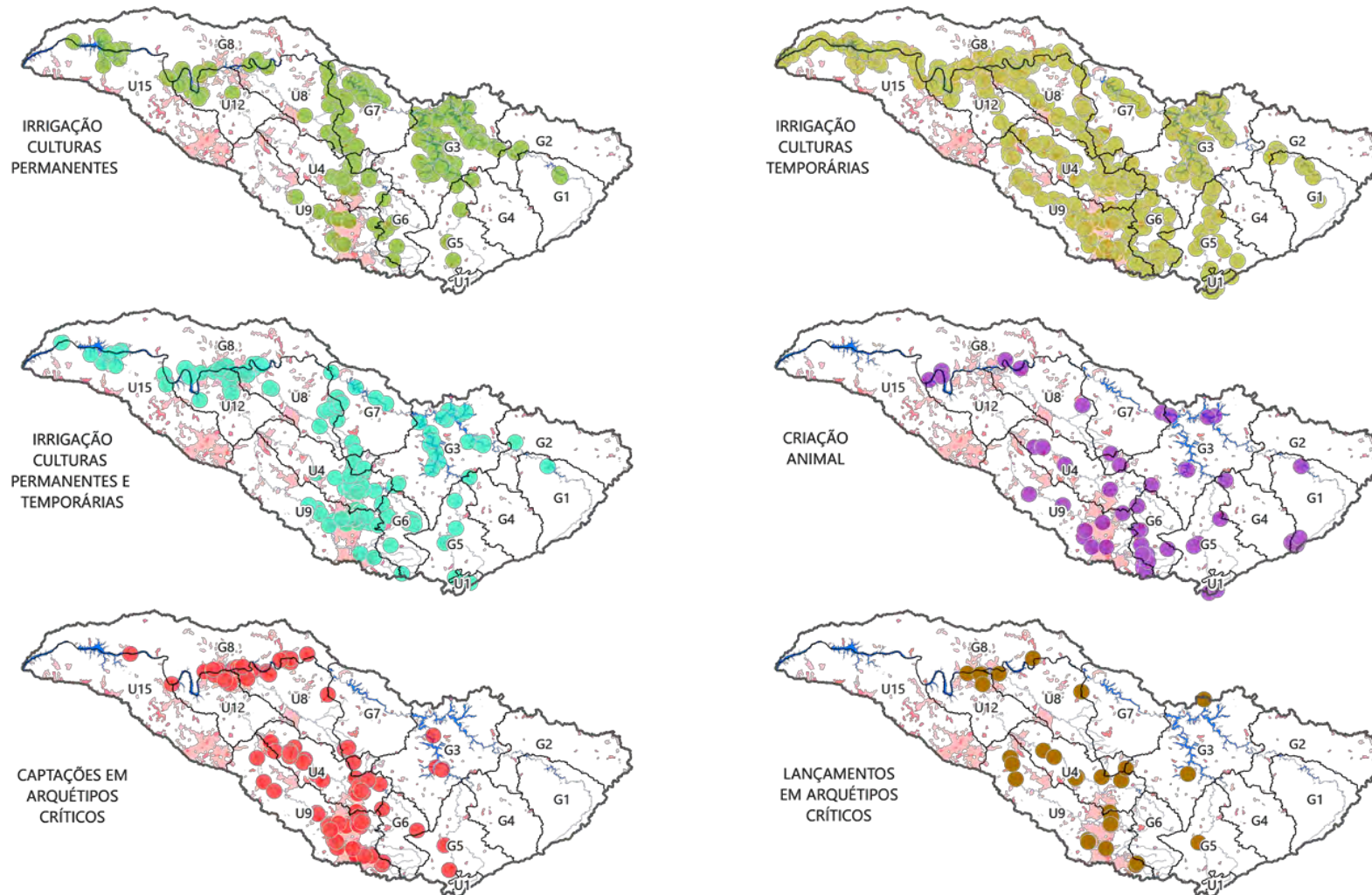


Figura 50: Interferências em cada uma das categorias para cobrança propostas pelo mecanismo.

Fonte: Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

9. SIMULAÇÕES DOS CENÁRIOS DE COBRANÇA

O presente capítulo traz as simulações da cobrança com base no mecanismo descrito no capítulo acima (8) e com os preços unitários adequados para se fazer atingir os objetivos demandados por cada um dos seis cenários de cobrança. Recapitulando-se o exposto no capítulo 4, cada um dos cenários vincula, com clareza, os valores a serem arrecadados com os objetivos explícitos de gestão (nexo claro entre a cobrança e o uso previsto para os recursos). Os cenários são graduais em termos de intensidade: partindo do valor que se pode considerar como ideal para a execução dos orçamentos associados no âmbito dos rios federais (Cenário 1) até o valor mínimo que pressupõe o financiamento do componente de gestão de recursos hídricos do plano de bacia e os estudos prescritos no plano (Cenário 6).

As simulações aqui apresentadas são realizadas com a aplicação do mecanismo de cobrança para cada uma das 2.592 outorgas de captação e 154 de lançamento de DBO, resultantes dos procedimentos aplicados na base inicial (universo de partida)²⁸. Para fins de simplificação, considerou-se os volumes e cargas outorgados como representativos dos volumes e cargas efetivamente captados e lançados. Os resultados são apresentados por cenário no item abaixo (9.1) e, no item subsequente (9.2), em síntese comparativa.

²⁸ Tais como a exclusão de outorgas em UGHs não pertencentes a bacia do Rio Grande e a estipulação da carga de DBO nas outorgas de lançamento com os maiores volumes outorgados.

9.1. Simulações detalhadas por cenários

9.1.1. Cenário 1 - Foco nos rios federais

O valor-objetivo do Cenário 1 é o mais alto dentre os cenários: R\$ 107,23 milhões, resultando em um preço unitário básico de R\$ 0,0592/m³. Os preços unitários para fazer frente a esse montante anual de arrecadação estão colocadas na Tabela 189, sendo que o preço unitário de lançamento é de R\$ 0,3100/kg/DBO para locais não críticos e de R\$ 0,3875/kg/DBO para locais críticos. Para fins de simulação, as interferências cujo valor de cobrança anual é igual ou menor a R\$ 500, foram precificadas pela taxa fixa de R\$ 250. Conforme identificado no item 8.1.5, no entanto, a desconsideração destes valores promove alterações apenas marginais nos valores globais, podendo ser interpretado como uma arrecadação educativa.

Tabela 189: Mecanismo de cobrança do Cenário 1.

Setor usuário agregado	Categoria para cobrança	Captação		Lançamento		Capt. ou Lçto
		R\$/m ³ (local não-crítico)	R\$/m ³ (local crítico)	R\$/kgDBO (local não-crítico)	R\$/kgDBO (local crítico)	Caso cob. R\$ ≤ 500, Preço unitário fixo
Ab. Humano	Único	0,0474	0,0830	0,3100	0,3875	250,00
Criação Animal	Único	0,0385	0,0674	0,3100	0,3875	250,00
Indústria	Alto (divisões 17 e 19)	0,1302	0,2279	0,3100	0,3875	250,00
	Médio (divisões 10 e 11)	0,1125	0,1969	0,3100	0,3875	250,00
	Baixo (demais industriais)	0,0947	0,1657	0,3100	0,3875	250,00
Irrigação	Irrig. culturas temporárias	0,0296	0,0518	-	-	250,00
	Irrig. culturas permanentes	0,0326	0,0571	-	-	250,00
	I. de c. temp. e perm.	0,0326	0,0571	-	-	250,00
Mineração	Único	0,1125	0,1969	0,3100	0,3875	250,00
Outros	Único	0,0592	0,1036	0,3100	0,3875	250,00

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A aplicação do mecanismo rende uma arrecadação total de R\$ 106,65 milhões, inferior em 0,7% à demanda financeira do Cenário 1 (R\$ 107,23 milhões). Os resultados da aplicação desse mecanismo de cobrança na base de outorgas são apresentados na Tabela 190, resultado da ponderação dos diferentes preços entre os setores industriais e da irrigação com os volumes captados. Ou seja, a combinação de indústrias de perfil de cobrança alto, médio e baixo faz com que a cobrança pelo preço unitário individualizado de, respectivamente, R\$ 0,1302/m³, R\$ 0,1125/m³ e R\$ 0,0947/m³, resulte na cobrança média de R\$ 0,1117/m³ para o conjunto de interferências cuja finalidade de uso é industrial. Idem ocorre com os perfis de cobrança do conjunto de irrigantes. Para os demais usuários, não há subdivisão em relação aos preços, de forma que o preço apostado na Tabela 189 é idêntico ao da Tabela 190.

Tabela 190: Resultados da simulação da cobrança do Cenário 1.

Setor usuário agregado	Captação		Lançamento		Total
	R\$/m ³ ponderado	Arrecadação R\$	R\$/m ³ ponderado	Arrecadação R\$	Arrecadação R\$
Ab. Humano	0,0474	12.919.190	0,3100	2.260.027	15.179.217
Indústria	0,1117	46.006.658	0,3100	2.313.435	48.320.093
Irrigação	0,0306	35.972.104	-	-	35.972.104
Criação Animal	0,0385	1.062.753	0,3100	16.090	1.078.842
Mineração	0,1125	3.723.806	0,3100	2.750	3.726.556
Consumo Humano	0,0592	1.558.076	0,3100	10.241	1.568.317
Outros	0,0592	783.391	0,3100	17.750	801.141
TOTAL	0,0523	102.025.978	0,3100	4.620.293	106.646.271

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

O preço unitário básico de captação é oriundo da aplicação dos preços unitários, e resulta em um valor ponderado de R\$ 0,0523/m³, inferior ao demandado para se atingir o valor-objetivo do Cenário 1, que seria equivalente a um preço unitário de R\$ 0,0592/m³. Esse complemento da arrecadação é obtido pela cobrança do lançamento de carga de DBO, que representa 4,3% do total (R\$ 4,62 milhões). Além da cobrança pelo lançamento, a diferenciação do preço unitário de captação e de lançamento em

locais críticos contribui de forma significativa para o montante total arrecadado: R\$ 7,43 milhões, o equivalente a 7,0% do total. A cobrança dos pequenos usuários com base no preço unitário fixo de R\$ 250/ano também tem sua contribuição no total, embora mais modesta: R\$ 90,0 mil, o equivalente a 0,1% do total.

9.1.2. Cenário 2 - Foco nas prioridades específicas

O valor-objetivo do Cenário 2, o segundo mais alto dentre os cenários, é de R\$ 73,38 milhões, resultando em um preço unitário básico de R\$ 0,0405/m³. Os preços para fazer frente a esse montante anual de arrecadação estão colocadas na Tabela 191, sendo que o de lançamento é de R\$ 0,2600/kg/DBO para locais não críticos e de R\$ 0,3250/kg/DBO para locais críticos. Como antes, as interferências cujo valor de cobrança anual é igual ou menor a R\$ 500, são precificadas em R\$ 250.

Tabela 191: Mecanismo de cobrança do Cenário 2.

Setor usuário agregado	Categoria para cobrança	Captação		Lançamento		Capt. ou Lçto
		R\$/m ³ (local não-crítico)	R\$/m ³ (local crítico)	R\$/kgDBO (local não-crítico)	R\$/kgDBO (local crítico)	Caso cob. R\$ ≤ 500, Preço Unitário Fixo
Ab. Humano	Único	0,0324	0,0567	0,2600	0,3250	250,00
Criação Animal	Único	0,0263	0,0460	0,2600	0,3250	250,00
Indústria	Alto (divisões 17 e 19)	0,0891	0,1559	0,2600	0,3250	250,00
	Médio (divisões 10 e 11)	0,0770	0,1348	0,2600	0,3250	250,00
	Baixo (demais industriais)	0,0648	0,1134	0,2600	0,3250	250,00
Irrigação	Irrig. culturas temporárias	0,0203	0,0355	-	-	250,00
	Irrig. culturas permanentes	0,0223	0,0390	-	-	250,00
	I. de c. temp. e perm.	0,0223	0,0390	-	-	250,00
Mineração	Único	0,0770	0,1348	0,2600	0,3250	250,00
Outros	Único	0,0405	0,0709	0,2600	0,3250	250,00

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Os resultados da aplicação desse mecanismo de cobrança na base de outorgas são apresentados na Tabela 192, culminando em uma arrecadação total de R\$ 73,73 milhões, marginalmente superior à demanda financeira do Cenário 2 (R\$ 73,38 milhões). A arrecadação total é composta em 94,7% pelo obtido pela cobrança de captação, e o restante, 5,3%, pela cobrança do lançamento de carga de DBO (R\$ 3,88 milhões). Além da cobrança pelo lançamento, a diferenciação do preço unitário que é imposta aos locais críticos e aumenta os preços de captação (em 75%) e de lançamento (em 25%), contribui para o montante total arrecadado em R\$ 5,12 milhões, o equivalente a 6,9%. A cobrança dos pequenos usuários com base no preço unitário fixo de R\$ 250/ano também tem sua contribuição no total, embora mais modesta: R\$ 109,75 mil, o equivalente a 0,1% do total.

Tabela 192: Resultados da simulação da cobrança do Cenário 2.

Setor usuário agregado	Captação		Lançamento		Total
	R\$/m ³ ponderado	Arrecadação R\$	R\$/m ³ ponderado	Arrecadação R\$	Arrecadação R\$
Ab. Humano	0,0324	8.830.839	0,2600	1.895.408	10.726.247
Indústria	0,0764	31.486.994	0,2600	1.940.946	33.427.939
Irrigação	0,0210	24.647.878	-	-	24.647.878
Criação Animal	0,0263	726.553	0,2600	14.427	740.980
Mineração	0,0770	2.549.718	0,2600	2.750	2.552.468
Consumo Humano	0,0405	1.067.138	0,2600	8.666	1.075.805
Outros	0,0405	536.975	0,2600	17.750	554.725
TOTAL	0,0358	69.846.095	0,2600	3.879.947	73.726.042

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

9.1.3. Cenário 3 - Foco nas áreas críticas em qualidade e quantidade

O valor-objetivo do Cenário 3 é de R\$ 61,47 milhões, resultando em um preço unitário básico de R\$ 0,0339/m³. Os preços para fazer frente a esse montante anual de

arrecadação estão colocadas na Tabela 193, sendo que o de lançamento é de R\$ 0,2200/kg/DBO para locais não críticos e de R\$ 0,2750/kg/DBO para locais críticos. Para fins de simulação, as interferências cujo valor de cobrança anual é igual ou menor a R\$ 500, foram precificadas pela taxa fixa de R\$ 250.

Tabela 193: Mecanismo de cobrança do Cenário 3.

Setor usuário agregado	Categoria para cobrança	Captação		Lançamento		Capt. ou Lçto
		R\$/m ³ (local não-crítico)	R\$/m ³ (local crítico)	R\$/kgDBO (local não-crítico)	R\$/kgDBO (local crítico)	Caso cob. R\$ ≤ 500, Preço Unitário Fixo
Ab. Humano	Único	0,0271	0,0474	0,2200	0,2750	250,00
Criação Animal	Único	0,0220	0,0385	0,2200	0,2750	250,00
Indústria	Alto (divisões 17 e 19)	0,0746	0,1306	0,2200	0,2750	250,00
	Médio (divisões 10 e 11)	0,0644	0,1127	0,2200	0,2750	250,00
	Baixo (demais industriais)	0,0542	0,0949	0,2200	0,2750	250,00
Irrigação	Irrig. culturas temporárias	0,0170	0,0298	-	-	250,00
	Irrig. culturas permanentes	0,0186	0,0326	-	-	250,00
	I. de c. temp. e perm.	0,0186	0,0326	-	-	250,00
Mineração	Único	0,0644	0,1127	0,2200	0,2750	250,00
Outros	Único	0,0339	0,0593	0,2200	0,2750	250,00

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Os resultados da aplicação desse mecanismo de cobrança na base de outorgas são apresentados na Tabela 194, rendendo uma arrecadação total de R\$ 61,71 milhões, marginalmente superior à demanda financeira do Cenário 3 (R\$ 61,47 milhões). A arrecadação total é composta em 94,7% pelo obtido pela cobrança de captação, e o restante, 5,3%, pela cobrança do lançamento de carga de DBO (R\$ 3,29 milhões).

A cobrança diferenciada para os locais críticos, tanto para captação como para lançamento, contribui para o montante total arrecadado em R\$ 4,28 milhões, o

equivalente a 6,9%. Já a cobrança que se impõe aos pequenos usuários, realizada com base no preço unitário fixo de R\$ 250/ano, também tem sua contribuição no total arrecadado: R\$ 131,75 mil, o equivalente a 0,2% do total. Embora não seja uma arrecadação voltada para o objetivo arrecadatário, tem-se certamente uma cobrança de cunho educativo que faz reconhecer o recurso água como escasso e com valor econômico.

Tabela 194: Resultados da simulação da cobrança do Cenário 3.

Setor usuário agregado	Captação		Lançamento		Total
	R\$/m ³ ponderado	Arrecadação R\$	R\$/m ³ ponderado	Arrecadação R\$	Arrecadação R\$
Ab. Humano	0,0271	7.386.288	0,2200	1.603.710	8.989.997
Indústria	0,0639	26.339.127	0,2200	1.643.318	27.982.445
Irrigação	0,0175	20.614.751	-	-	20.614.751
Criação Animal	0,0220	607.524	0,2200	13.323	620.847
Mineração	0,0644	2.133.524	0,2200	2.750	2.136.274
Consumo Humano	0,0339	892.428	0,2200	7.899	900.328
Outros	0,0339	450.183	0,2200	17.750	467.933
TOTAL	0,0300	58.423.825	0,2200	3.288.750	61.712.575

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

9.1.4. Cenário 4 - Foco nas áreas críticas em quantidade

O valor-objetivo do Cenário 4 é de R\$ 42,70 milhões, resultando em um preço unitário básico de R\$ 0,0236/m³. Os preços para fazer frente a esse montante anual de arrecadação estão colocados na Tabela 195, sendo que o de lançamento é de R\$ 0,1500/kg/DBO para locais não críticos e de R\$ 0,1875/kg/DBO para locais críticos. As

interferências cujo valor de cobrança anual é igual ou menor a R\$ 500, foram precificadas pela taxa fixa de R\$ 250.

Tabela 195: Mecanismo de cobrança do Cenário 4.

Setor usuário agregado	Categoria para cobrança	Captação		Lançamento		Capt. ou Lçto
		R\$/m ³ (local não-crítico)	R\$/m ³ (local crítico)	R\$/kgDBO (local não-crítico)	R\$/kgDBO (local crítico)	Caso cob. R\$ ≤ 500, Preço Unitário Fixo
Ab. Humano	Único	0,0189	0,0331	0,1500	0,1875	250,00
Criação Animal	Único	0,0153	0,0268	0,1500	0,1875	250,00
Indústria	Alto (divisões 17 e 19)	0,0519	0,0908	0,1500	0,1875	250,00
	Médio (divisões 10 e 11)	0,0448	0,0784	0,1500	0,1875	250,00
	Baixo (demais industriais)	0,0378	0,0662	0,1500	0,1875	250,00
Irrigação	Irrig. culturas temporárias	0,0118	0,0207	-	-	250,00
	Irrig. culturas permanentes	0,0130	0,0228	-	-	250,00
	I. de c. temp. e perm.	0,0130	0,0228	-	-	250,00
Mineração	Único	0,0448	0,0784	0,1500	0,1875	250,00
Outros	Único	0,0236	0,0413	0,1500	0,1875	250,00

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Os resultados da aplicação desse mecanismo de cobrança na base de outorgas são apresentados na Tabela 196, que apresenta uma arrecadação total de R\$ 42,93 milhões, marginalmente superior à demanda financeira do Cenário 4 (R\$ 42,70 milhões). A arrecadação total é composta em 94,7% pelo obtido pela cobrança de captação, e o restante, 5,3%, pela cobrança do lançamento de carga de DBO (R\$ 2,25 milhões). A diferenciação dos preços unitários em locais críticos contribui para o montante total arrecadado em R\$ 2,98 milhões, o equivalente a 6,9%. A cobrança dos pequenos usuários com base no preço unitário fixo de R\$ 250/ano contribui em R\$ 150,25 mil, o equivalente a 0,4% do total.

Tabela 196: Resultados da simulação da cobrança do Cenário 4.

Setor usuário agregado	Captação		Lançamento		Total
	R\$/m ³ ponderado	Arrecadação R\$	R\$/m ³ ponderado	Arrecadação R\$	Arrecadação R\$
Ab. Humano	0,0189	5.151.200	0,1500	1.093.574	6.244.774
Indústria	0,0445	18.330.604	0,1500	1.121.663	19.452.267
Irrigação	0,0122	14.344.773	-	-	14.344.773
Criação Animal	0,0153	421.995	0,1500	11.391	433.385
Mineração	0,0448	1.485.551	0,1500	2.750	1.488.301
Consumo Humano	0,0236	622.859	0,1500	7.136	629.995
Outros	0,0236	315.547	0,1500	17.750	333.297
TOTAL	0,0209	40.672.529	0,1500	2.254.264	42.926.793

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

9.1.5. Cenário 5 - Foco nas áreas críticas em qualidade

O valor-objetivo do Cenário 5 é de R\$ 31,34 milhões, resultando em um preço unitário básico de R\$ 0,0173/m³. Os preços para fazer frente a esse montante anual de arrecadação estão colocados na Tabela 197, sendo que o de lançamento é de R\$ 0,1100/kg/DBO para locais não críticos e de R\$ 0,1375/kg/DBO para locais críticos. As interferências cujo valor de cobrança anual é igual ou menor a R\$ 500, foram precificadas pela taxa fixa de R\$ 250.

Tabela 197: Mecanismo de cobrança do Cenário 5.

Setor usuário agregado	Categoria para cobrança	Captação		Lançamento		Capt. ou Lçto
		R\$/m ³ (local não-crítico)	R\$/m ³ (local crítico)	R\$/kgDBO (local não-crítico)	R\$/kgDBO (local crítico)	Caso cob. R\$ ≤ 500, Preço Unitário fixo
Ab. Humano	Único	0,0138	0,0242	0,1100	0,1375	250,00
Criação Animal	Único	0,0112	0,0196	0,1100	0,1375	250,00
Indústria	Alto (divisões 17 e 19)	0,0381	0,0667	0,1100	0,1375	250,00
	Médio (divisões 10 e 11)	0,0329	0,0576	0,1100	0,1375	250,00
	Baixo (demais industriais)	0,0277	0,0485	0,1100	0,1375	250,00
Irrigação	Irrig. culturas temporárias	0,0087	0,0152	-	-	250,00
	Irrig. culturas permanentes	0,0095	0,0166	-	-	250,00
	I. de c. temp. e perm.	0,0095	0,0166	-	-	250,00
Mineração	Único	0,0329	0,0576	0,1100	0,1375	250,00
Outros	Único	0,0173	0,0303	0,1100	0,1375	250,00

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Os resultados da aplicação desse mecanismo de cobrança na base de outorgas são apresentados na Tabela 198. rendendo uma arrecadação total de R\$ 31,52 milhões, marginalmente superior à demanda financeira do Cenário 5 (R\$ 31,34 milhões). A arrecadação total é composta em 94,7% pelo obtido pela cobrança de captação, e o restante, 5,3%, pela cobrança do lançamento de carga de DBO (R\$ 1,66 milhões). A diferenciação dos preços unitários em locais críticos, que majora os preços de captação e de lançamento (em respectivos 75% e 25%), contribui para o montante total arrecadado em R\$ 2,19 milhões, o equivalente a 6,9%. A cobrança dos pequenos usuários com base no preço unitário de R\$ 250/ano traz uma contribuição total de R\$ 177,0 mil, o equivalente a 0,6% do total.

Tabela 198: Resultados da simulação da cobrança do Cenário 5.

Setor usuário agregado	Captação		Lançamento		Total
	R\$/m ³ ponderado	Arrecadação R\$	R\$/m ³ ponderado	Arrecadação R\$	Arrecadação R\$
Ab. Humano	0,0138	3.761.261	0,1100	801.857	4.563.118
Indústria	0,0327	13.455.963	0,1100	824.446	14.280.409
Irrigação	0,0090	10.550.624	-	-	10.550.624
Criação Animal	0,0112	310.023	0,1100	10.037	320.061
Mineração	0,0329	1.088.216	0,1100	2.750	1.090.966
Consumo Humano	0,0173	458.369	0,1100	6.250	464.619
Outros	0,0173	234.806	0,1100	17.750	252.556
TOTAL	0,0153	29.859.262	0,1100	1.663.090	31.522.352

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

9.1.6. Cenário 6 - Sem recursos disponíveis para orçamentos associados

O valor-objetivo do Cenário 6, que é o menor dentre os cenários, é de R\$ 17,37 milhões, resultando em um preço unitário básico de R\$ 0,0096/m³. Os preços para fazer frente a esse montante anual de arrecadação estão colocados na Tabela 199, sendo que o de lançamento é de R\$ 0,0600/kg/DBO para locais não críticos e de R\$ 0,0750/kg/DBO para locais críticos. As interferências cujo valor de cobrança anual é igual ou menor a R\$ 500, foram precificadas pela taxa fixa de R\$ 250.

Tabela 199: Mecanismo de cobrança do Cenário 6.

Setor usuário agregado	Categoria para cobrança	Captação		Lançamento		Capt. ou Lçto
		R\$/m ³ (local não-crítico)	R\$/m ³ (local crítico)	R\$/kgDBO (local não-crítico)	R\$/kgDBO (local crítico)	Caso cob. R\$ ≤ 500, Preço Unitário Fixo
Ab. Humano	Único	0,0077	0,0135	0,0600	0,0750	250,00
Criação Animal	Único	0,0062	0,0109	0,0600	0,0750	250,00
Indústria	Alto (divisões 17 e 19)	0,0211	0,0369	0,0600	0,0750	250,00
	Médio (divisões 10 e 11)	0,0182	0,0319	0,0600	0,0750	250,00
	Baixo (demais industriais)	0,0154	0,0270	0,0600	0,0750	250,00
Irrigação	Irrig. culturas temporárias	0,0048	0,0084	-	-	250,00
	Irrig. culturas permanentes	0,0053	0,0093	-	-	250,00
	I. de c. temp. e perm.	0,0053	0,0093	-	-	250,00
Mineração	Único	0,0182	0,0319	0,0600	0,0750	250,00
Outros	Único	0,0096	0,0168	0,0600	0,0750	250,00

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Os resultados da aplicação desse mecanismo de cobrança na base de outorgas são apresentados na Tabela 200, que resultam em uma arrecadação total de R\$ 17,50 milhões, superior em 0,5% à demanda financeira do Cenário 1 (R\$ 17,37 milhões). A arrecadação total é composta em 94,7% pelo obtido pela cobrança de captação, e o restante, 5,3%, pela cobrança do lançamento de carga de DBO (R\$ 0,93 milhões). A diferenciação dos preços unitários em locais críticos contribui para o montante total arrecadado em R\$ 1,21 milhões, o equivalente a 6,9%. A cobrança dos pequenos usuários com base no preço fixo de R\$ 250/ano atinge sua maior contribuição relativa aos demais cenários, representando 1,4% do total (R\$ 240,50 mil).

Tabela 200: Resultados da simulação da cobrança do Cenário 6.

Setor usuário agregado	Captação		Lançamento		Total
	R\$/m ³ ponderado	Arrecadação R\$	R\$/m ³ ponderado	Arrecadação R\$	Arrecadação R\$
Ab. Humano	0,0077	2.098.276	0,0600	437.354	2.535.630
Indústria	0,0181	7.452.075	0,0600	453.894	7.905.969
Irrigação	0,0050	5.860.242	-	-	5.860.242
Criação Animal	0,0062	172.866	0,0600	8.562	181.428
Mineração	0,0182	601.048	0,0600	2.750	603.798
Consumo Humano	0,0096	258.246	0,0600	6.250	264.496
Outros	0,0096	134.834	0,0600	17.750	152.584
TOTAL	0,0085	16.577.587	0,0600	926.559	17.504.146

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

9.2. Síntese comparativa das simulações

O item anterior (9.1) apresentou os resultados detalhados por cenário, enquanto este intenta trazer uma síntese comparativa das simulações. Em todos os cenários, a arrecadação dos valores-objetivos é plenamente atingida, ressalvando-se que os valores devem ser compreendidos por suas ordens de grandeza. Os preços unitários de captação de cada setor usuário e respectiva subdivisão varia de acordo com as frações do preço unitário básico, como mostra a Tabela 201.

Tabela 201: Comparação dos preços unitários de captação entre os cenários.

Setor usuário agregado	Categoria para cobrança	Preços unitários de captação R\$/m ³ (local não-crítico)					
		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Ab. Humano	Único	0,0474	0,0324	0,0271	0,0189	0,0138	0,0077
Criação Animal	Único	0,0385	0,0263	0,0220	0,0153	0,0112	0,0062
Indústria	Alto (divisões 17 e 19)	0,1302	0,0891	0,0746	0,0519	0,0381	0,0211
	Médio (divisões 10 e 11)	0,1125	0,0770	0,0644	0,0448	0,0329	0,0182
	Baixo (demais industriais)	0,0947	0,0648	0,0542	0,0378	0,0277	0,0154
Irrigação	Irrig. culturas temporárias	0,0296	0,0203	0,0170	0,0118	0,0087	0,0048
	Irrig. culturas permanentes	0,0326	0,0223	0,0186	0,0130	0,0095	0,0053
	I. de c. temp. e perm.	0,0326	0,0223	0,0186	0,0130	0,0095	0,0053
Mineração	Único	0,1125	0,0770	0,0644	0,0448	0,0329	0,0182
Outros	Único	0,0592	0,0405	0,0339	0,0236	0,0173	0,0096

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Os preços unitários de lançamento também variam de cenário para cenário, mas representam cerca de 5,3% do total arrecadado. Uma vez que não há distinção destes preços entre setores usuários, apenas entre os locais críticos, sua variação é única por cenário, perfazendo o complemento necessário para que a arrecadação total entre captação e lançamento atinja os valores-objetivos globais.

Tabela 202: Comparação dos preços unitários de lançamento entre os cenários.

Setor usuário agregado	Categoria para cobrança	Preços unitários de lançamento R\$/kgDBO (local não-crítico)					
		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Único	Único	0,3100	0,2600	0,2200	0,1500	0,1100	0,0600

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A outra conclusão que as simulações entre os cenários permitem realizar é quanto ao papel da cobrança adicional nos locais críticos da bacia. Em todos os cenários, sua importância relativa foi de cerca de 6,9%, representando uma parte significativa da arrecadação e que contribui de forma direta para a eficiência do mecanismo. A Tabela 203 apresenta os resultados consolidados da arrecadação para cada cenário, sendo que em todas as simulações há pleno atingimento dos valores-objetivos.

Tabela 203: Comparação entre a arrecadação obtida em cada cenário.

Arrecadação R\$	Captação	Lançamento	Total
Cenário 1	102.025.978	4.620.293	106.646.271
Cenário 2	69.846.095	3.879.947	73.726.042
Cenário 3	58.423.825	3.288.750	61.712.575
Cenário 4	40.672.529	2.254.264	42.926.793
Cenário 5	29.859.262	1.663.090	31.522.352
Cenário 6	16.577.587	926.559	17.504.146

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A simulação também permite auferir a contribuição para a arrecadação total (captação e lançamento) por setor usuário agregado, além de permitir comparar os resultados demandados pela cobrança em relação à disposição a pagar das atividades econômicas subjacentes, apresentados na Tabela 204 pela média ponderada pelo volume captado.

Mesmo no Cenário 1, que simula um valor-objetivo de arrecadação superior a R\$ 100 milhões/ano, a fração máxima de captura da disposição a pagar varia de 0,5% a 14,5%. Na média entre todos os setores, a captura da DAP é de 5,9% no Cenário 1, 4,0% no Cenário 2, 3,3% no Cenário 3, 2,3% no Cenário 4, 1,7% no Cenário 5 e, finalmente, 0,9% no Cenário 6. Nota-se, ainda, uma coerência dos valores gerados e da captura da disposição a pagar entre setores, fruto do desenho do mecanismo que teve como base os estudos econômicos.

Tabela 204: Contribuição dos setores para a arrecadação (R\$, milhões) e captura da disposição a pagar (%).

	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3		Cenário 4		Cenário 5		Cenário 6	
	R\$, MM	% DAP	R\$, MM	% DAP	R\$, MM	% DAP	R\$, MM	% DAP	R\$, MM	% DAP	R\$, MM	% DAP
Abastecimento Humano	15,18	14,5%	10,73	9,9%	8,99	8,3%	6,24	5,8%	4,56	4,2%	2,54	2,4%
Indústria	48,32	0,5%	33,43	0,4%	27,98	0,3%	19,45	0,2%	14,28	0,2%	7,91	0,1%
Irrigação	35,97	3,8%	24,65	2,6%	20,61	2,2%	14,34	1,5%	10,55	1,1%	5,86	0,6%
Criação animal	1,08	7,7%	0,74	5,2%	0,62	4,4%	0,43	3,1%	0,32	2,2%	0,18	1,2%
Mineração	3,73	2,8%	2,55	1,9%	2,14	1,6%	1,49	1,1%	1,09	0,8%	0,60	0,5%
Outros	2,37	-	1,63	-	1,37	-	0,96	-	0,72	-	0,42	-
TOTAL	106,65	-	73,73	-	61,71	-	42,93	-	31,52	-	17,50	-

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

O estabelecimento das relações econômicas do uso da água para as principais atividades econômicas permitiu inferir o efeito incitativo da cobrança com base nos níveis de precificação em cada um dos seis cenários. Por meio da disposição a pagar, pôde-se estimar o valor da água como insumo de produção e aplicar os graus de elasticidade-preço, que expressam o movimento esperado na demanda pela água dado uma variação de preço equivalente a 1% (item 6.4.2).

Embora seja uma simplificação da realidade, as estimativas permitem inferir as ordens de grandeza na redução dos usos que se podem esperar pela instituição da

cobrança pela captação. No Cenário 1, por exemplo, estima-se uma redução potencial de 3,36% na demanda, o que corresponde a uma vazão de cerca de 1,9 m³/s. No Cenário 2, a redução esperada é de 1,5 m³/s. Já nos Cenários 3, 4 e 5, respectivamente, as reduções são estimadas em 1,4, 1,1 e 0,9 m³/s. No Cenário 6, que apresenta o menor nível de cobrança, a redução esperada é equivalente a cerca de 1% do volume demandado atualmente, representando uma vazão de 0,6 m³/s.

A Figura 51 abaixo permitem visualizar a distribuição espacial dos resultados das simulações realizadas em cada um dos cenários de cobrança (figuras à esquerda) e para a participação média dos grandes grupos de usuários (figuras à direita). São apresentados os valores das simulações da cobrança para captação, ou seja, quanto se contribui para os valores finais (figuras na linha superior); os volumes estimados de redução das captações devido à implementação da cobrança (figuras na linha intermediária); e os percentuais de captura da disposição a pagar (figuras na linha inferior).

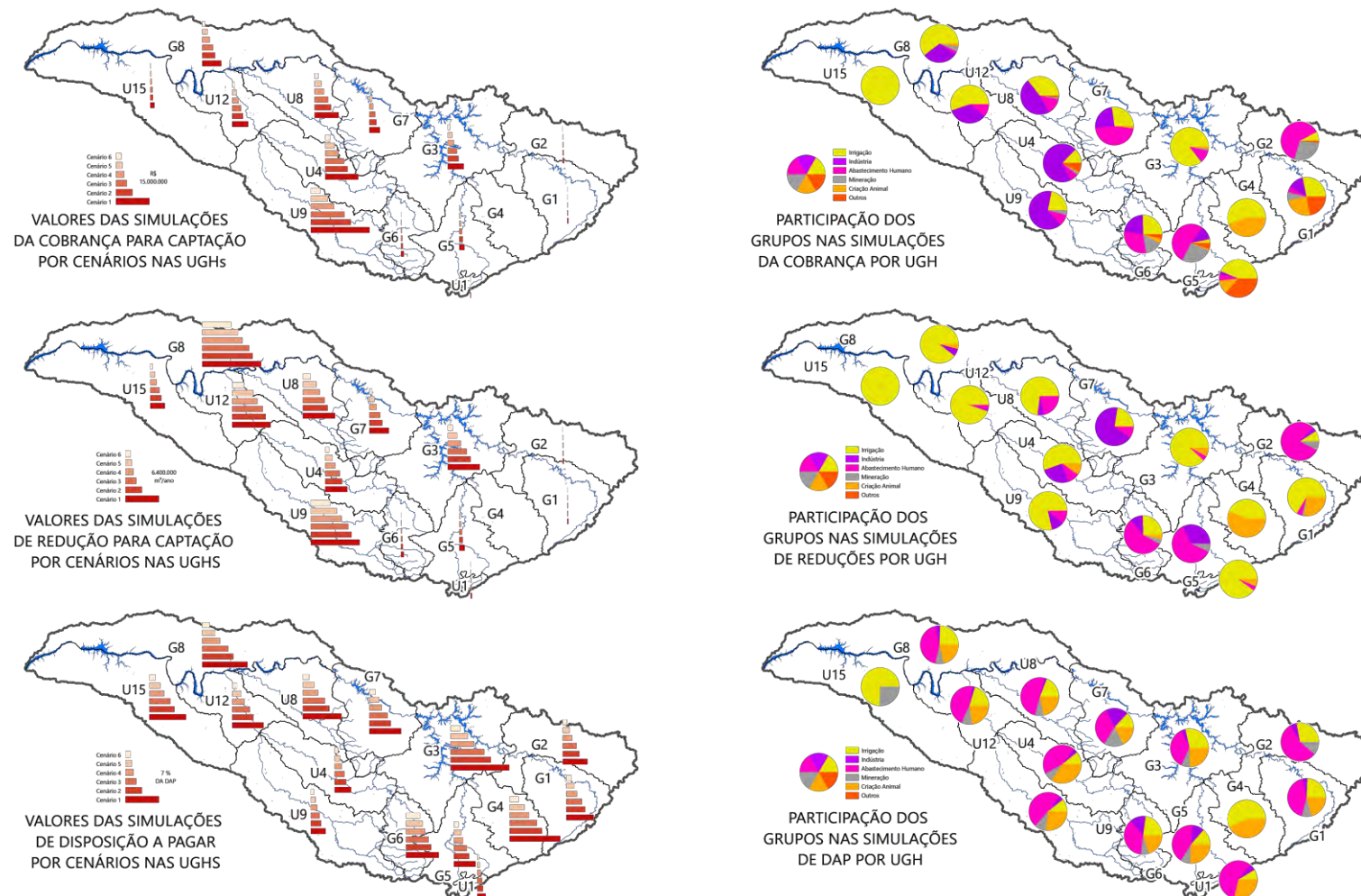


Figura 51: Distribuição espacial dos resultados das simulações realizadas.

Fonte: Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

9.3. Comparações entre mecanismos de cobrança

Cada estudo sobre a cobrança pelo uso de recursos hídricos apresenta características intrínsecas à respectiva Bacia Hidrográfica, ou seja, particularidades e motivações que criam um contexto específico e exclusivo para apontar a melhor solução de valores e método de cobrança, diretamente vinculados aos tipos de uso, balanços quali-quantitativos e demais situações de criticidade e de gestão da água encontradas na região avaliada. Os estudos econômicos apresentados no Capítulo 7 corroboram, pois demonstram capacidades de pagamento e particularidades em termos geográficos e setoriais que são ímpares aos corpos d'água federais da Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

Desta feita, é válido pontuar que não existe, necessariamente, uma relação direta entre valores de cobrança entre BHs, o que na prática indica que valores de cobrança utilizados em uma bacia não podem ser deliberadamente entendidos como os mais adequados para outra bacia. Eis que as práticas existentes de cobrança, que remontam ao ano de 2003 para os Comitês Interestaduais, criam um inegável registro histórico que, embora não represente o ideal a ser adotado para cada nova bacia que adota a cobrança, se apresenta relevante para fins de comparação.

É oportuna, assim, a apresentação dos valores que são praticados entre os estados que envolvem a BH-Grande, Minas Gerais e São Paulo, bem como exemplos de outras localidades no país, como Rio de Janeiro, Ceará e da cobrança federal, com a finalidade de evidenciar as diversas visões e percepções sobre o valor econômico da água. Com base nestas práticas, apresentam-se no subitem 9.3.2 simulações destas estruturas de cobrança na base de outorgas federais na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, mas não sem antes descrever, de forma sintética, tais mecanismos (subitem 9.3.1).

9.3.1. Breve apresentação de outros mecanismos de cobrança

Para o Estado do Rio de Janeiro, conforme a Resolução INEA nº 243/2021 (INEA, 2021) foram estabelecidos os seguintes Preços Públicos Unitários (PPUs) de cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio estadual para o ano de 2022 (Tabela 205).

Tabela 205 - Valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro.

Comitê de Bacia Hidrográfica	Saneamento / Indústria / outros (R\$/m ³)	Irrigação / Criação animal (R\$/m ³)	Aquicultura (R\$/m ³)
Baía da Ilha Grande	0,05850	0,05850	0,05850
Guandu	0,04891	0,04891	0,04891
Médio Paraíba do Sul	0,05850	0,00147	0,00117
Piabanha	0,05850	0,05850	0,05850
Baía de Guanabara	0,04891	0,04891	0,04891
Lagos de São João	0,04891	0,00117	0,00093
Rios Dois Rios	0,09359	0,00234	0,00188
Macaé e das Ostras	0,05850	0,05850	0,05850
Baixo Paraíba do Sul e Itapaboana	0,005850	0,00147	0,00117

Fonte: Resolução INEA nº 243/2021.

Em Minas Gerais, entre as bacias hidrográficas que já possuem cobrança implantada, foram coletados alguns exemplos de valores de cobrança, bem como as respectivas deliberações normativas vigentes, assim como exposto abaixo (Tabela 206).

Tabela 206 - Valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais.

Comitê de Bacia Hidrográfica	Normativa de Cobrança Vigente	Captação de água bruta (R\$/m ³)	Consumo de água bruta (R\$/m ³)	Lançamento (R\$/kg DBO)
CBH Rio das Velhas	DN nº03/2020 CBH RIO DAS VELHAS (2020)	0,0183	0,0366	0,1281
CBH PJ1	DN nº21/2008 CBH PJ1 (2008)	0,01	0,02	0,10
CBH - Araguari	DN nº12/2009 CBH-ARAGUARI (2009)	0,01	0,02	0,10
CBH Preto e Paraibuna	DN nº02/2014 CBH PS1 (2014)	0,01	0,02	0,07
CBH Pomba e Muriaé	DN nº37/2014 CBH COMPÉ (2014)	0,01	0,02	0,07
CBH Rio Pará	DN nº24/2013 CBH RIO PARÁ (2013)	0,018	0,034	0,119

Fonte: Ver referências na tabela.

Ainda em Minas Gerais, foram estabelecidos valores de Preços Públicos Unitários (PPUs) mínimos para o Estado, conforme Deliberação Normativa (DN) CERH-MG nº 68/2021 (CERH-MG, 2021). Os comitês de bacia têm autonomia para deliberar sobre a metodologia e preços públicos, mas devem levar em consideração os valores mínimos apresentados na referida Deliberação, assim como expõe o § 2º do Art. 1º. Aponta-se que os valores são divididos em algumas categorias, considerando 4 zoneamentos distintos, assim como segue:

Art. 6º – Os preços serão diferenciados por zona, considerando a condição de criticidade:

I – Zona A: áreas de conflito (DAC) associadas a bacias de contribuição a cursos d'água de Classe Especial e Classe 1; II – Zona B: áreas de conflito (DAC); III – Zona C: bacias de contribuição a cursos d'água de Classe Especial e Classe 1 ou captação subterrânea; IV – Zona D: demais áreas.

Parágrafo único – As zonas a que se referem o caput serão definidas considerando as bases de enquadramento e de áreas de conflito disponibilizadas para o público no IDE-Sisema.

Abaixo são expostos os valores de PPUs definidos na DN nº 68/2021 para o Estado de Minas Gerais.

Tabela 207 - Valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais conforme Deliberação Normativa nº 68/2021.

Finalidade	Zona	PPUcap	PPUlanç
Abastecimento público	A	0,032	0,21
	B	0,032	0,19
	C	0,032	0,175
	D	0,032	0,16
Agropecuária	A	0,0042	-
	B	0,0038	-
	C	0,0035	-
	D	0,0032	-
Demais finalidades	A	0,042	0,21
	B	0,038	0,19
	C	0,035	0,175
	D	0,032	0,16

Fonte: Deliberação Normativa nº 68/2021 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais.

Já para o Estado do Ceará, os valores praticados em 2021 foram estabelecidos por meio do Decreto Estadual nº 33.920/2021 (CEARÁ, 2021). Diferente dos outros estados, no Ceará a determinação pelo referido Decreto é válida para todo o Estado, independente da Bacia Hidrográfica. A seguir encontra-se o compilado dos valores e as respectivas categorias (Tabela 208).

Tabela 208 - Valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos no Estado do Ceará.

Categoria/subcategoria	Valor 1000m ³	Valor m ³
Abastecimento humano região metropolitana de Fortaleza	R\$ 195,36	R\$ 0,19536
Abastecimento humano interior	R\$ 64,50	R\$ 0,06450
Abastecimento humano (adução COGERH)	R\$ 590,61	R\$ 0,59061
Indústria (adução COGERH)	R\$ 2.932,08	R\$ 2,93208
Indústria (adução própria)	R\$ 852,32	R\$ 0,85232
Piscicultura tanque escavado (adução própria)	R\$ 5,93	R\$ 0,00593
Piscicultura tanque escavado (adução COGERH)	R\$ 24,77	R\$ 0,02477
Piscicultura tanque-rede	R\$ 70,67	R\$ 0,07067
Carcinicultura tanque escavado (adução própria)	R\$ 8,89	R\$ 0,00889
Carcinicultura tanque escavado (adução COGERH)	R\$ 184,71	R\$ 0,18471
H2O Mineral Potável (adicionada de Sais)	R\$ 852,32	R\$ 0,85232
Irrigação 1.440 a 18.999 (adução própria)	R\$ 1,91	R\$ 0,00191
Irrigação > 19.000 (adução própria)	R\$ 5,76	R\$ 0,00576
Irrigação 1.440 a 46.999 (adução COGERH)	R\$ 16,58	R\$ 0,01658
Irrigação > 47.000 (adução COGERH)	R\$ 28,36	R\$ 0,02836
Serviço e comércio (adução própria)	R\$ 334,17	R\$ 0,33417
Serviço e comércio (adução COGERH)	R\$ 668,34	R\$ 0,66834
Demais categorias (adução própria)	R\$ 195,99	R\$ 0,19599
Demais categorias (adução COGERH)	R\$ 592,49	R\$ 0,59249

Fonte: Decreto Estadual do Ceará nº 33.920/2021.

No Estado de São Paulo também são expostos alguns exemplos de valores cobrados pelo uso de recursos hídricos referentes aos Preços Unitários Básicos (PUBs), assim como ser visto abaixo (Tabela 209).

Tabela 209 - Valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos no Estado de São Paulo.

Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos	Normativa de Cobrança Vigente	Captação, extração e derivação (R\$/m ³)	Consumo de água bruta (R\$/m ³)	Lançamento de carga orgânica (DBO 5,20) R\$/kg DBO
PCJ Cobrança Estadual	Decreto Estadual nº 61.430/2015 (SÃO PAULO, 2015a)	0,0127	0,0255	0,1274
Rios Sorocaba e Médio Tietê	Decreto Estadual nº 55.008/2009 (SÃO PAULO, 2009)	0,0110	0,0290	0,1300
Alto Paranapanema	Decreto Estadual nº 63.263/2018 (SÃO PAULO, 2018)	0,0090	0,0200	0,0900
Litoral Norte	Decreto Estadual nº 64.292/2019 (SÃO PAULO, 2019)	0,0110	0,0250	0,0770
Turvo/Grande	Decreto Estadual nº 61.346/2015 (SÃO PAULO, 2015b)	0,0100	0,0200	0,1000
Mogi-Guaçu	Decreto Estadual nº 58.791/2012 (SÃO PAULO, 2012a)	0,0100	0,0200	0,1000
Sapucaí Mirim/Grande	Decreto Estadual nº 58.772/2012 (SÃO PAULO, 2012b)	0,0100	0,0200	0,1000

Fonte: Ver referências na tabela.

Aponta-se também sobre as cobranças pelo uso de recursos hídricos de domínio da união, as quais tiveram seus preços unitários atualizados para o exercício de 2021 conforme a Resolução nº 57/2020 (ANA, 2020) (Tabela 210). Pontua-se que os valores apresentados para o CBH-Doce já estão atualizados para o ano de 2022 conforme Deliberação Normativa nº 93/2021 (CBH-Doce, 2021).

Tabela 210 - Valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos em recursos hídricos da União.

CBH	Captação de água bruta superficial e subterrânea (R\$/m ³)	Consumo de água bruta (R\$/m ³)	Lançamento
CBH São Francisco	0,0128	0,0256	R\$ 0,0013/m ³
PCJ Cobrança Federal	0,0145	0,0292	R\$ 0,1458/ Kg de DBO
CBH Rio Doce	0,0430 + variação do IPCA 2021	-	R\$ 0,2291 + variação do IPCA 2021/kg
CBH Paraíba do Sul	0,0249	0,0499	R\$ 0,1746/kg de DBO

Fonte: Resolução ANA nº 57/2020.

Independente de serem denominados de Preço Unitário Básico ou Preços Públicos Unitários, tais valores unitários devem refletir obrigatoriamente o valor econômico da água, assim como próprio objetivo do instrumento da cobrança pelo uso de recursos hídricos. Ou seja, o valor apresentado deve considerar o tipo de uso, a relação uso-produção e demais fatores que caracterizem o contexto usuário-água e a criticidade atual da BH.

Com base nisso, é válido mencionar que, conforme a Lei nº 12.183/2005 (SÃO PAULO, 2005), a qual institui a cobrança nos rios de domínio estadual no Estado de São Paulo, existem tetos de cobrança para valores de captação, extração e derivação bem como para lançamento de efluentes, Art. 12 e 15, respectivamente, os quais não apresentam justificativa técnica, nem relação direta com o uso da água e fatores água-produção, o que pode influenciar na dissociação da cobrança pelo uso de recursos hídricos com seu efetivo valor econômico. Assim, mesmo da necessidade de se cobrar mais pelo uso da água em determinadas situações, o instrumento legal do Estado acaba por dificultar a operacionalização completa da própria Lei de Recursos Hídricos.

Esse contexto é corroborado pela adoção de valores iniciais padrão de R\$ 0,01/m³ para captação, R\$ 0,02/m³ para consumo e R\$ 0,10/kg de DBO para lançamento, os quais, do mesmo modo, não apresentam embasamento técnico quanto ao valor econômico da água, sua relação com os usuários, a capacidade de pagamento de cada tipo de usuário, localização destes no contexto da bacia, balanço hídrico etc. Mesmo embora esse valor sofra interferências posteriores com as demais variáveis da fórmula, a unidade de valor (R\$) por m³ não retrata a realidade do uso da água pelo usuário, o que acaba por uniformizar de forma indiscriminada a relação de uso do recurso pelos mais distintos tipos de usuários existentes nas Bacias Hidrográficas do Estado e com isso reduzir a aderência e relação de causalidade entre a cobrança e os setores usuários. Esse contexto também foi possível observar em algumas BHs de Minas Gerais, assim como exposto anteriormente.

Por fim, reflete-se que a determinação do valor do Preço Unitário Básico (PUB) é o fundamento crucial para garantir maior equilíbrio e equanimidade na cobrança pelo uso de recursos hídricos, devendo ser embasada em critérios técnicos que retratem o contexto exclusivo da Bacia Hidrográfica alvo do estudo.

9.3.2. *Simulações de cobrança no Grande com outros mecanismos*

As simulações da cobrança com base no mecanismo proposto especificamente para as interferências de domínio da União no Rio Grande ensejam uma comparação com os valores balizadores praticados em outras bacias hidrográficas. Trata-se de exercício meramente comparativo, pois se sabe que não há resguardo técnico em aplicar os valores da cobrança em de uma bacia hidrográfica em outra sem bases técnicas para tal. Não obstante, uma vez que as práticas existentes de cobrança remontam ao ano de 2003 para os Comitês Interestaduais, criam um registro histórico que enseja tal comparação.

Estas simulações são então realizadas sob a mesma base de outorgas, substituindo o mecanismo ora proposto pelos de referência. Adotou-se, para simplificação, a mesma linha de corte para as outorgas pequenas (cujo valor de cobrança é igual ou menor de R\$ 500), passando-se então a isentar essas interferências de preço, uma vez que esse mecanismo não é verificado nas demais bacias de comparação.

Simulações detalhadas

Caso a cobrança interestadual do Rio Grande adotasse o mecanismo prescrito pela Deliberação Normativa nº 68/2021 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de

Minas Gerais (considerando-se, de forma simplificada, os valores para a zona D da referida deliberação, que não são as áreas críticas), o valor arrecadado total seria de R\$ 28,21 milhões, menor em 10,0% que o valor-objetivo do cenário mais próximo (Cenário 5). Os resultados dessa simulação são apresentados na Tabela 211.

Tabela 211: Resultados da simulação da cobrança com base nos valores da Deliberação Normativa nº 68/2021 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais.

Setor usuário agregado	Captação		Lançamento		Total
	R\$/m³ ponderado	Arrecadação R\$	R\$/m³ ponderado	Arrecadação R\$	Arrecadação R\$
Ab. Humano	0,0320	7.987.543	0,1600	1.123.582	9.111.125
Indústria	0,0320	12.309.363	0,1600	1.127.376	13.436.739
Irrigação	0,0032	3.362.050	-	-	3.362.050
Criação Animal	0,0032	80.985	0,1600	4.417	85.402
Mineração	0,0320	1.017.331	0,1600	0	1.017.331
Consumo Humano	0,0320	814.751	0,1600	1.745	816.496
Outros	0,0320	381.725	0,1600	0	381.725
TOTAL	0,0144	25.953.749	0,1600	2.257.119	28.210.868

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Já para a equiparação da cobrança interestadual no Rio Grande com a cobrança estadual para Turvo/Grande e Mogi-Guaçu (respectivamente, Decreto Estadual nº 61.346/2015 e Decreto Estadual nº 58.791/2012, o valor arrecadado total seria de R\$ 8,34 milhões, menor em 52% que o valor-objetivo do cenário de menor arrecadação prescrito para o Grande (Cenário 6), insuficiente, portanto, para a cobertura do mínimo necessário para implantar a gestão dos recursos hídricos. Os resultados dessa simulação são apresentados na Tabela 212.

Tabela 212: Resultados da simulação da cobrança com base nos valores das bacias paulistas afluentes Turvo/Grande e Mogi-Guaçu.

Setor usuário agregado	Captação		Lançamento		Total
	R\$/m³ ponderado	Arrecadação R\$	R\$/m³ ponderado	Arrecadação R\$	Arrecadação R\$
Ab. Humano	0,0100	2.494.970	0,1000	700.924	3.195.894
Indústria	0,0100	3.837.187	0,1000	702.827	4.540.015
Irrigação	0,0000	0	-	-	0
Criação Animal	0,0000	0	0,1000	2.307	2.307
Mineração	0,0100	256.355	0,1000	0	256.355
Consumo Humano	0,0100	241.637	0,1000	0	241.637
Outros	0,0100	107.090	0,1000	0	107.090
TOTAL	0,0039	6.937.240	0,1000	1.406.058	8.343.298

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Caso a cobrança interestadual no Rio Grande fosse equiparada à cobrança estadual na bacia do Médio Paraíba do Sul, segundo a Resolução INEA nº 243/2021, o valor arrecadado total seria de R\$ 43,00 milhões, praticamente idêntico ao valor-objetivo do Cenário 4, muito embora com uma distribuição bastante distinta entre os setores usuários agregados. Os resultados dessa simulação são apresentados na Tabela 213.

Tabela 213: Resultados da simulação da cobrança com base nos valores das bacias estaduais cariocas (Resolução INEA nº 243/2021).

Setor usuário agregado	Captação		Lançamento		Total
	R\$/m³ ponderado	Arrecadação R\$	R\$/m³ ponderado	Arrecadação R\$	Arrecadação R\$
Ab. Humano	0,0585	14.602.227	0,0000	0	14.602.227
Indústria	0,0585	22.508.818	0,0000	0	22.508.818
Irrigação	0,0015	1.459.708	-	-	1.459.708
Criação Animal	0,0015	34.656	0,0000	0	34.656
Mineração	0,0585	1.883.418	0,0000	0	1.883.418
Consumo Humano	0,0585	1.499.795	0,0000	0	1.499.795
Outros	0,0585	710.908	0,0000	0	710.908
TOTAL	0,0237	42.699.529	0,0000	0	42.699.529

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Uma das bases tarifárias mais altas identificadas no item é a praticada pelo estado do Ceará. Caso a cobrança interestadual no Rio Grande fosse a ela equiparada, o valor arrecadado total seria de R\$ 370,83 milhões, montante 3,5 vezes maior do que o Cenário 1, que é o de maior arrecadação. Os resultados dessa simulação são apresentados na Tabela 214, que utiliza dos valores de adução própria (não sendo adução COGERH) descritos no Decreto Estadual do Ceará nº 33.290/2021.

Tabela 214: Resultados da simulação da cobrança com base nos valores cearenses (Decreto Estadual do Ceará nº 33.290/2021).

Setor usuário agregado	Captação		Lançamento		Total
	R\$/m³ ponderado	Arrecadação R\$	R\$/m³ ponderado	Arrecadação R\$	Arrecadação R\$
Ab. Humano	0,0645	16.099.891	0,0000	0	16.099.891
Indústria	0,8523	327.988.357	0,0000	0	327.988.357
Irrigação	0,0038	4.056.712	-	-	4.056.712
Criação Animal	0,1960	5.357.717	0,0000	0	5.357.717
Mineração	0,1960	6.327.873	0,0000	0	6.327.873
Consumo Humano	0,3342	8.597.185	0,0000	0	8.597.185
Outros	0,1960	2.400.300	0,0000	0	2.400.300
TOTAL	0,2047	370.828.036	0,0000	0	370.828.036

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Nota-se que como o decreto traz uma subdivisão de preços para a captação de irrigação em função do porte, utilizou-se como simplificação a média simples entre estes.

Em ainda outra simulação, equipara-se a cobrança interestadual no Rio Grande com os valores definidos pela Deliberação Conjunta nº 02/2019 dos Comitês de Bacia Hidrográfica dos rios Maranhão-DF, Paranaíba-DF e Preto-DF, que dispõe sobre os mecanismos e valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio do Distrito Federal. Nesse caso, o valor arrecadado total seria de R\$ 39,64 milhões, montante inferior em 7,2% daquele objetivado pelo Cenário 4. Os resultados dessa simulação são apresentados na Tabela 215.

Tabela 215: Resultados da simulação da cobrança com base nos valores do Distrito Federal (Deliberação Conjunta nº 02/2019).

Setor usuário agregado	Captação		Lançamento		Total
	R\$/m³ ponderado	Arrecadação R\$	R\$/m³ ponderado	Arrecadação R\$	Arrecadação R\$
Ab. Humano	0,0280	6.989.100	0,1400	983.134	7.972.234
Indústria	0,0560	21.546.412	0,1400	985.072	22.531.484
Irrigação	0,0060	6.404.318	-	-	6.404.318
Criação Animal	0,0060	157.499	0,1400	3.865	161.363
Mineração	0,0560	1.802.446	0,1400	0	1.802.446
Consumo Humano	0,0280	708.748	0,0000	0	708.748
Outros	0,0060	61.765	0,0000	0	61.765
TOTAL	0,0209	37.670.288	0,1398	1.972.070	39.642.359

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A penúltima simulação equipara a cobrança interestadual no Rio Grande com os valores definidos pela Deliberação Normativa nº 93/2021 do Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Doce para o ano de 2022, também em seus valores praticados nos rios federais. Nesse caso, o valor arrecadado total seria de R\$ 32,60 milhões, montante superior em 7,2% daquele objetivado pelo Cenário 5. Os resultados dessa simulação são apresentados na Tabela 216.

Tabela 216: Resultados da simulação da cobrança com base nos valores do CBH Doce (Deliberação Normativa nº 93/2021).

Setor usuário agregado	Captação		Lançamento		Total
	R\$/m³ ponderado	Arrecadação R\$	R\$/m³ ponderado	Arrecadação R\$	Arrecadação R\$
Ab. Humano	0,0430	10.733.261	0,2291	1.609.489	12.342.750
Indústria	0,0430	16.544.174	0,2291	1.618.504	18.162.678
Irrigação	0,0002	84.019	-	-	84.019
Criação Animal	0,0002	3.625	0,2291	6.324	9.950
Mineração	0,0430	1.382.235	0,2291	0	1.382.235
Consumo Humano	0,0430	1.100.206	0,2291	3.010	1.103.217
Outros	0,0430	517.282	0,2291	0	517.282
TOTAL	0,0169	30.364.802	0,2291	3.237.328	33.602.129

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A última simulação (Tabela 217) equipara a cobrança interestadual no Rio Grande com os valores definidos pela Resolução nº 57/2020 (ANA, 2020) para os rios de domínio da União na bacia mineira e paulista dos rios PCJ. Nesse caso, o valor arrecadado total seria de R\$ 10,93 milhões, montante inferior em 37,1% ao valor-objetivo do Cenário 6, provando-se insuficiente para a cobertura do mínimo necessário para implantar a gestão dos recursos hídricos interfederal.

Tabela 217: Resultados da simulação da cobrança com base nos valores do CBH PCJ (Resolução ANA nº 57/2020).

Setor usuário agregado	Captação		Lançamento		Total
	R\$/m³ ponderado	Arrecadação R\$	R\$/m³ ponderado	Arrecadação R\$	Arrecadação R\$
Ab. Humano	0,0145	3.619.320	0,0292	205.963	3.825.283
Indústria	0,0145	5.580.160	0,0292	215.808	5.795.969
Irrigação	0,0000	383.000	-	-	383.000
Criação Animal	0,0000	16.250	0,0292	8.250	24.500
Mineração	0,0145	460.456	0,0292	2.750	463.206
Consumo Humano	0,0145	375.764	0,0292	6.250	382.014
Outros	0,0000	35.250	0,0292	17.750	53.000
TOTAL	0,0055	10.470.200	0,0292	456.772	10.926.972

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Resultados comparativos

As sete comparações realizadas de cobrança no Rio Grande com outros mecanismos de cobrança permitem identificar a ausência de padrão para a determinação dos valores e das participações relativas de cada setor na composição final da cobrança, pois esse resultado é dependente do perfil de usuário circunscritos à bacia em questão. A Tabela 218 apresenta a comparação dos resultados totais de arrecadação nas simulações com os demais mecanismos de cobrança, notando-se a grande variação entre os valores que seriam arrecadados e também entre os setores usuários que mais contribuiriam.

Tabela 218: Comparação dos resultados totais de arrecadação nas simulações com outros mecanismos de cobrança.

Setores	Ref. MG ¹	Ref. SP ²	Ref. RJ ³	Ref. CE ⁴	Ref. DF ⁵	Ref. Doce ⁶	Ref. PCJ ⁶
Ab. Humano	9,11	3,20	14,60	16,10	7,97	12,34	3,82
Indústria	13,44	4,54	22,51	327,99	22,53	18,16	5,77
Irrigação	3,36	0,00	1,46	4,06	6,40	0,08	0,00
Criação Animal	0,09	0,00	0,03	5,36	0,16	0,01	0,00
Mineração	1,02	0,26	1,88	6,33	1,80	1,38	0,42
Consumo Humano	0,82	0,24	1,50	8,60	0,71	1,10	0,36
Outros	0,38	0,11	0,71	2,40	0,06	0,52	0,00
TOTAL	28,21	8,34	42,70	370,83	39,64	33,60	10,36
Cenário mais próximo*	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 4	Cenário 1	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6

(1) Deliberação Normativa n. 68/2021 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais, considerando-se os valores para a zona D. (2) cobrança estadual paulista para as bacias afluentes ao Rio Grande Turvo/Grande e Mogi-Guaçu, respectivamente Decreto Estadual SP n. 61.346/2015 e Decreto Estadual SP n. 58.791/2012. (3) Cobrança estadual carioca na bacia do Médio Paraíba do Sul, segundo a Resolução INEA n. 243/2021. (4) Resultados para valores de cobrança com adução própria (não sendo adução COGERH), segundo Decreto Estadual do Ceará n. 33.290/2021 (como o decreto traz uma subdivisão de preços para a captação de irrigação em função do porte, utilizou-se a média simples entre estes). (5) Deliberação Conjunta n. 02/2019 dos Comitês de Bacia Hidrográfica dos rios Maranhão-DF, Paranaíba-DF e Preto-DF. (6) Resolução ANA n. 57/2020 para valores de captação (retirada), sendo os valores do Doce atualizados para 2022, conforme Deliberação Normativa do CBH-Doce n. 93/2021.

Nota: *Ao do mecanismo proposto em valor total. Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Tabela 219 apresenta a participação relativa dos diversos setores usuários na composição dos valores totais, comparados aos mesmos percentuais do mecanismo proposto (Tabela 220), apresentados para cada um dos seis cenários de cobrança.

Tabela 219: Comparação da participação relativa dos setores usuários na arrecadação total das simulações com outros mecanismos de cobrança.

Setores	Ref. MG	Ref. SP	Ref. RJ	Ref. CE	Ref. DF	Ref. Doce	Ref. PCJ
Ab. Humano	32,3%	38,3%	34,2%	4,3%	20,1%	36,7%	36,9%
Indústria	47,6%	54,4%	52,7%	88,4%	56,8%	54,1%	55,7%
Irrigação	11,9%	0,0%	3,4%	1,1%	16,2%	0,3%	0,0%
Criação Animal	0,3%	0,0%	0,1%	1,4%	0,4%	0,0%	0,0%
Mineração	3,6%	3,1%	4,4%	1,7%	4,5%	4,1%	4,0%
Consumo Humano	2,9%	2,9%	3,5%	2,3%	1,8%	3,3%	3,4%
Outros	1,4%	1,3%	1,7%	0,6%	0,2%	1,5%	0,0%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Tabela 220: Comparação da participação relativa dos setores usuários na arrecadação total das simulações entre os cenários de cobrança.

Setores	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Ab. Humano	14,23%	14,55%	14,57%	14,55%	14,48%	14,49%
Indústria	45,31%	45,34%	45,34%	45,31%	45,30%	45,17%
Irrigação	33,73%	33,43%	33,40%	33,42%	33,47%	33,48%
Criação Animal	1,01%	1,01%	1,01%	1,01%	1,02%	1,04%
Mineração	3,49%	3,46%	3,46%	3,47%	3,46%	3,45%
Consumo Humano	1,47%	1,46%	1,46%	1,47%	1,47%	1,51%
Outros	0,75%	0,75%	0,76%	0,78%	0,80%	0,87%

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

Observa-se que nenhuma das referências apresenta uma contribuição tão relevante do setor agropecuário como o faz o mecanismo proposto, muito embora os mecanismos estaduais de Minas Gerais e do Distrito Federal sejam os que mais se aproximam. Nota-se, ainda, uma certa consistência na participação relativa do setor

industrial, que acaba sendo o setor contribuinte de maior peso em todas as simulações de mecanismos.

O papel do setor de saneamento é também variável entre as simulações, sendo que no mecanismo cearense apresenta a menor participação relativa. O mecanismo proposto para a cobrança nos corpos d'água de domínio da União da BH-Grande também apresenta uma participação relativa menor desse setor em relação aos demais mecanismos comparados, fruto do embasamento via estudos econômicos.

10. ENCAMINHAMENTOS DO ESTUDO

Este capítulo encerra o Estudo de Subsídio à Implementação da Cobrança de Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, contratado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e elaborado pelo Consórcio EnvEx-Ferma entre junho de 2021 e março de 2022. O estudo é previsto no Programa 07 do Componente Estratégico de Instrumentos de Gestão dos Recursos Hídricos do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Grande (PIRH-Grande), elaborado em 2017 e aprovado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Grande (CBH-Grande, <https://www.cbhgrande.org.br>).

O item 10.1.2 apresenta a estratégia de implementação da cobrança e desenho dos mecanismos de monitoramento propostos para a cobrança. Já o item 10.2 apresenta as considerações finais do estudo. Por fim, o item 10.3 apresenta uma minuta simplificada de deliberação para o CBH-Grande dispor sobre o mecanismo e valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos nos rios de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

10.1. Estratégia de implementação da cobrança e mecanismos de monitoramento

Para que um programa ou política pública tenha sucesso, é fundamental que suas ações tenham a execução acompanhada ao longo do tempo e seus resultados sejam verificados quanto ao atendimento a objetivos e metas esperados. Seguindo as metodologias de processo tradicionais, a exemplo do PDCA – *Plan, Do, Check, Act* (traduzindo para o português: planejar, executar, monitorar e agir), tem-se que, ao final do processo de planejamento, suas ações devem ser executadas e monitoradas. E, ao longo desse monitoramento, de acordo com seus resultados obtidos, devem ser

tomadas decisões quanto à necessidade de ajustes no planejamento ou na execução das ações.

A implementação do instrumento da cobrança pelo uso de recursos hídricos pode ser inserida nesse contexto, na medida que seu sucesso depende desse monitoramento e verificação de sua eficiência ao longo do tempo, bem como a realização de ajustes adequados, sempre que necessário. Nesse sentido, tem-se que o presente documento faz parte da etapa de planejamento, em que devem ser desenvolvidos estudos que fomentem a apreciação qualificada da temática pelos atores responsáveis pela sua implementação, notadamente o respectivo CBH - Comitê de Bacia Hidrográfica.

Após a devida discussão e internalização no CBH e aprovação da metodologia e valores selecionados, parte-se para a segunda etapa, que trata da implementação e aplicação da cobrança na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Tal como exposto acima, para que essa etapa de implementação tenha sucesso, é importante que seja devidamente monitorada quanto ao seu desempenho e obtenção de resultados esperados para a bacia. Aí enquadra-se o presente item, que trata da proposição dos mecanismos necessários para que o monitoramento seja também formalizado com sucesso.

Esse processo de implementação da metodologia segue o marco lógico exposto a seguir, com as seguintes etapas e atividades:

- 1) Definição dos objetivos da cobrança na bacia;
- 2) Aprovação dos mecanismos e valores de cobrança;
- 3) Construção do Plano de Ação Plurianual (PAP) com a seleção das ações e programas a serem implementados;
- 4) Proposição dos indicadores;

- 5) Estabelecimento das curvas de avanço previsto;
- 6) Construção do relatório de análise e painel de controle;
- 7) Estabelecimento dos prazos e responsabilidades de monitoramento;
- 8) Verificação dos resultados e das necessidades de revisão ou ajustes no processo.

10.1.1. Definição dos objetivos da cobrança na bacia

Para a definição dos objetivos da cobrança na Bacia Hidrográfica do Rio Grande é importante, inicialmente, lembrar das finalidades da cobrança de acordo com o previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída por meio da Lei Federal nº 9.433/1997. Nesse sentido, destaca-se aqui a necessidade de dar ao usuário a indicação do real valor da água e, com isso, incentivar a racionalização de seu uso, além de obter recursos para o financiamento de ações do respectivo plano de recursos hídricos. Ao longo deste documento, foram apresentadas algumas formas de atendimento a essas finalidades, por meio de objetivos mais focados com os interesses dos atores da bacia, mais especificamente o CBH Grande.

Para isso, importante lembrar que os recursos da cobrança deverão ser aplicados na implementação das ações previstas no PIRH-Grande. Nesse sentido, cabe apresentar, novamente, que o seu plano de ações foi construído por meio de programas baseados em três componentes estratégicos, como exposto na Tabela 221.

Tabela 221: Componentes estratégicos e programas do PIRH-Grande

Componente Estratégico	Programa
I - Instrumentos de Gestão dos Recursos Hídricos	Programa para Atualização dos Planos de Recursos Hídricos
	Programa para Fortalecimento da Fiscalização dos Usos de Recursos Hídricos
	Programa para Fortalecimento da Outorga – Critérios Técnicos
	Programa para Fortalecimento da Outorga – Procedimentos Administrativos
	Programa para Gestão do Banco de Dados da Bacia do Rio Grande no SNIRH
	Programa para Implementação da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos na Bacia do Rio Grande
	Programa para Implementação de Processos de Alocação de Água na Bacia
	Programa para Implementação do Enquadramento/Reenquadramento dos Corpos d'Água da Bacia
	Programa para Regularização dos Usos dos Recursos Hídricos na Bacia do Rio Grande
II - Conservação dos Recursos Hídricos	Programa de Conservação Hidroambiental
	Programa de Educação para Conservação e Gestão dos Recursos Hídricos
	Programa para Adequação da Rede de Monitoramento Quanti-Qualitativo dos Recursos Hídricos
	Programa para Compatibilizar os Balanços Hídricos Quantitativos
	Programa para Controle de Cargas Poluidoras
III – Governança	Programa para Acompanhamento da Implementação do PIRH-Grande
	Programa para Fortalecimento dos Comitês de Bacia
	Programa para Fortalecimento Institucional dos Órgãos Gestores de Recursos Hídricos
	Programa para Implantação de Agência de Bacia

Fonte: PIRH-Grande (ANA, 2017).

A partir da análise desses componentes e programas previstos no PIRH-Grande, foram construídos os cenários relacionados às ambições e ao foco que o CBH deseja seguir com o aproveitamento dos recursos da cobrança, sendo lembrados a seguir:

1. Foco nos rios federais;
2. Foco nas prioridades específicas de cada atividade;
3. Foco nas áreas críticas em qualidade e quantidade;

4. Foco nas áreas críticas em quantidade;
5. Foco nas áreas críticas em qualidade;
6. Sem recursos disponíveis para orçamentos associados.

Dessa forma, para cada um dos seis cenários propostos no presente documento, foram realizadas diferentes estimativas em termos de valores necessários a serem arrecadados e dispendidos ao longo do tempo em função dos programas e ações específicos e que deverão ser focados. Assim, de acordo com o foco a ser escolhido pelo CBH para o próximo horizonte temporal, serão definidos os valores a serem considerados como metas para serem arrecadados e, a partir daí, poderão ser indicadas as ações e os programas a serem implementados.

A primeira atividade do marco lógico proposto de monitoramento trata, então, da definição dos objetivos que o CBH Grande quer para a cobrança na bacia, o que dará subsídio à formalização da metodologia e valores de cobrança a serem aplicados na bacia.

10.1.2. Aprovação dos mecanismos e valores de cobrança

A partir da definição dos objetivos e do foco do CBH para a bacia, deve-se partir para a etapa de discussões formais visando à aprovação propriamente dita e formalização dos mecanismos e valores a serem aplicados pela cobrança. Trata-se de etapa fundamental do processo em que o CBH deve internalizar e maturar as informações e resultados do presente estudo, de forma que seus membros possam tomar as decisões acertadas quanto à aprovação formal da cobrança na bacia.

Nesse sentido, o CBH deve realizar discussões baseadas nas propostas aqui apresentadas em termos de mecanismos, valores e procedimentos, de forma a selecionar a mais adequada aos interesses relacionados aos objetivos estabelecidos na etapa anterior. Cabe lembrar que de acordo com a Política Nacional de Recursos

Hídricos, cabe ao CBH estabelecer os mecanismos de cobrança e sugerir os valores a serem cobrados, que deverão ser posteriormente aprovados pelo respectivo Conselho de Recursos Hídricos. No presente caso, considerando tratar de corpos hídricos de domínio da União, a aprovação final será do CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Com base nos mecanismos e valores aprovados, pode partir-se para a etapa seguinte do processo, de seleção dos programas e ações a serem implementados no horizonte temporal estabelecido para a cobrança.

10.1.3. Construção do PAP com a seleção das ações e programas a serem implementados

Seguindo o marco lógico proposto para a implementação da cobrança na bacia, cabe ao CBH a construção de seu PAP – Plano de Aplicação Plurianual, com a seleção dos programas e ações a serem implementados no horizonte temporal estabelecido. Nesse sentido, de acordo com os mecanismos e valores aprovados, será possível revisar as estimativas relacionadas ao montante esperado para ser arrecadado na bacia. Com base nessas expectativas, tem-se, preliminarmente, a definição do valor limite estabelecido para o financiamento da estrutura da Entidade Delegatária, limitado ao 7,5% do montante total arrecado com a cobrança na bacia. De forma complementar, tem-se o valor correspondente aos 92,5% restantes como disponível para financiamento dos programas e ações a serem executados na bacia.

Assim, a partir desse montante esperado e do foco estabelecido pelo CBH com a definição dos objetivos previstos para a cobrança dentre os cenários propostos ou outros interesses para a bacia, o CBH deverá discutir e formalizar a aprovação do respectivo PAP em que constarão os programas e ações a serem implementados ao longo do seu período de vigência. Cabe lembrar que os programas e ações a serem

selecionados para constarem do PAP deverão estar dentre aqueles aprovados no plano de ações do PIRH-Grande, conforme já exposto anteriormente neste documento.

Ao mesmo tempo, indica-se nesta etapa que, com base nas ações e programas selecionados, o CBH também deverá realizar definição sobre metas previstas e que estejam relacionadas ao foco estabelecido. Assim, como exemplo, caso seja selecionado o cenário 3 aqui proposto em que o foco das ações deverá ocorrer nas áreas críticas em qualidade e quantidade, espera-se que sejam estabelecidas, pelo CBH, metas finalísticas relacionadas à melhoria dos balanços hídricos quali-quantitativos nas áreas críticas e a minimização de conflitos pelo uso da água nas respectivas sub-bacias. O item final do apêndice apresenta a listagem dos municípios considerados em cada um dos cenários de cobrança, de forma a facilitar a identificações dos locais priorizados e suas consequentes metas. Tal estabelecimento das metas é importante para a construção dos indicadores de monitoramento, como será exposto no próximo subitem.

10.1.4. Proposição dos indicadores

A etapa seguinte do processo de implementação do processo de monitoramento trata da definição dos indicadores a serem aplicados ao longo do tempo. Para isso, considera-se a necessidade de utilização de indicadores de desempenho e resultados e sua integração de forma a prever um índice consolidado de implementação das ações previstas com recursos da cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Para que os indicadores possam ser comparados entre si ou agregados para a obtenção do índice consolidado, indica-se que seja utilizada a mesma escala para todos, sendo proposta de forma percentual, variando entre 0 e 100%, o que permite um melhor entendimento do leitor sobre o nível de implementação de cada ação.

Tratando da verificação da execução propriamente dita do PAP, propõe-se a construção de um indicador de desempenho para cada uma das ações previstas no documento aprovado, estabelecendo percentuais parciais relacionados ao cumprimento de etapas que irão levar ao cumprimento integral da ação. Assim, tem-se, como exemplo, que uma ação de execução de determinado estudo técnico, possui etapas intermediárias relacionadas à busca e obtenção de recursos, elaboração de um termo de referência, contratação, mobilização e desenvolvimento do estudo propriamente dito. Assim, a cada uma dessas etapas pode ser atribuído um valor percentual que culminará com o atingimento do 100% ao concluir a execução da ação.

Além disso, para cada ação considerada no PAP, propõe-se um segundo indicador também com a mesma escala percentual, relacionando o valor previsto para ser gasto e o valor já gasto no momento da análise. Esse indicador deverá ser avaliado em conjunto com o indicador de desempenho, permitindo correlacionar o percentual gasto em cada ação em relação ao valor previsto com o percentual efetivamente executado ao longo do tempo. Dessa forma, ações que estejam gastando mais que o previsto para determinada execução, poderão sofrer ajustes em termos de orçamento ou forma de implementação.

No que se refere à verificação dos resultados obtidos para a bacia, propõe-se que seja utilizada a mesma escala de monitoramento, mas nesse caso o acompanhamento deverá ser realizado a partir da meta estabelecida em termos do foco selecionado para a definição cenário que levou aos mecanismos e valores de cobrança. Nesse sentido, considerando um exemplo hipotético em que a meta é ligada à redução do comprometimento do balanço hídrico quantitativo de determinada sub-bacia, pode-se estabelecer um indicador em que a nota zero é dada para o balanço crítico verificado no PIRH como acima do limite legal e a nota 100% será obtida quando tal balanço atingir ao limite esperado (75%, digamos). Assim, notas intermediárias poderão ser dadas no caminho entre o balanço crítico e o atingimento à meta.

Dessa forma, será possível identificar indicadores de desempenho e de resultados, sendo todos aplicados na mesma escala de gradação, o que possibilitará a comparação entre seus resultados e, conseqüentemente, indicação das ações que estarão com maior ou menor dificuldade de cumprimento.

10.1.5. Estabelecimento das curvas de avanço previsto

A partir da definição dos indicadores de desempenho e resultados, será possível construir suas respectivas curvas de avanço previsto ao longo do tempo. Para isso, é fundamental que todas as ações aprovadas no PAP tenham seus prazos finais de cumprimento estabelecido, o que possibilitará a definição da data limite em que deverá ser atingido o limite de 100% de cumprimento. Dessa forma, com base nas atividades intermediárias e prazos necessários para seu atendimento, será possível construir uma curva de avanço previsto para cada uma das ações. Essas curvas são importantes, uma vez que permitem uma leitura visual e melhor acompanhamento do interessado sobre o que está previsto para execução de determinada ação e quais os prazos esperados tanto de forma intermediária quanto o final de cumprimento.

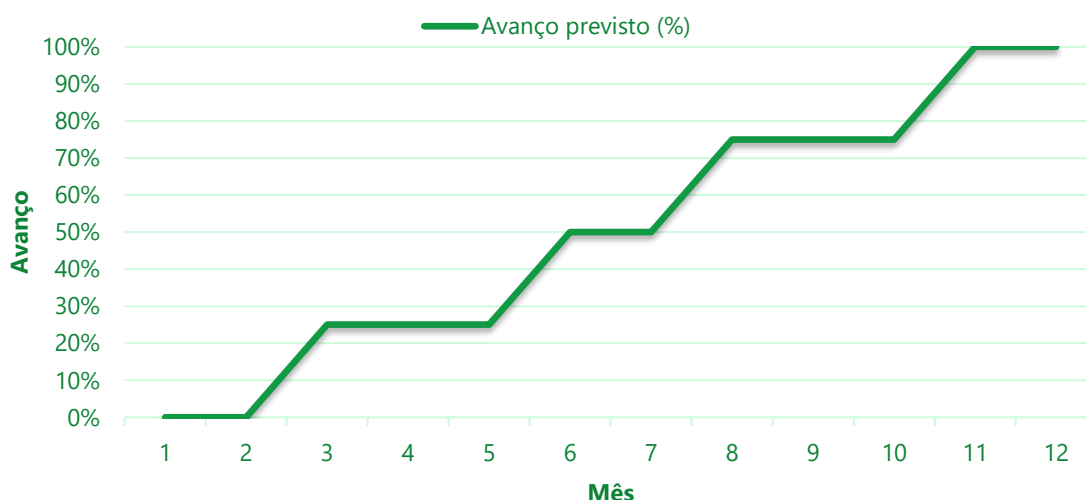


Figura 52: Exemplo hipotético de curva de avanço previsto para uma ação a ser implementada do PAP.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Figura 52 apresenta um exemplo hipotético de uma curva de avanço previsto para determinada ação que tem um horizonte temporal de cumprimento em 12 meses. Nesse momento do processo de monitoramento, é fundamental construir uma curva de avanço previsto para cada uma das ações aprovadas no PAP, de acordo com os tempos estimados para seu cumprimento, com base nos recursos aprovados para serem arrecadados de cobrança e dispendidos naquele tema.

10.1.6. Construção do relatório de análise e painel de controle

A etapa seguinte do processo de monitoramento trata da elaboração do relatório técnico de monitoramento, para o qual se propõe a adoção de uma forma bastante visual, objetivando facilitar a compreensão do leitor. Nesse sentido, propõe-se a elaboração de um modelo de painel de controle básico para a cada ação executada, com a apresentação de um gráfico cotejando a curva de avanço previsto com o efetivamente executado.

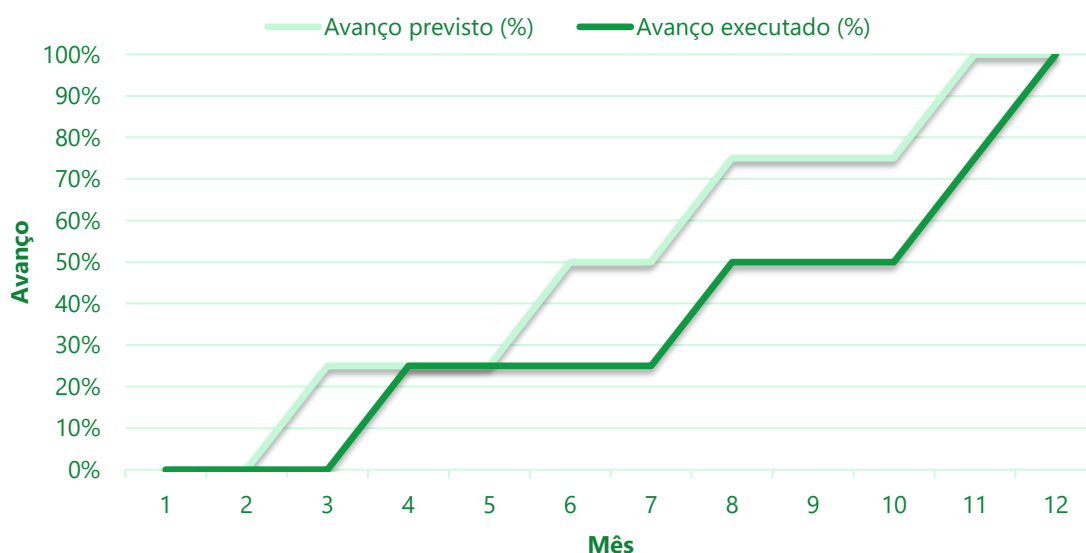


Figura 53: Exemplo hipotético de curva de avanço previsto x curva de avanço executado para uma ação a em implementação do PAP.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

A Figura 53 mostra um exemplo hipotético de gráfico de acompanhamento de uma ação específica, cotejando a curva de avanço previsto com o executado, permitindo a visualização de possíveis atrasos ou se a ação está sendo cumprida de acordo com o prazo previsto.

Nesse sentido, destaca-se que, considerando que a presente proposta trata do monitoramento das ações executadas com os recursos da cobrança pelo uso de recursos hídricos, deverão ser elaborados os gráficos em questão para as ações previstas no PAP aprovado.

Como modelo de painel de controle para cada ação, propõe-se que logo abaixo do gráfico seja incluído um texto com a informação objetiva de status da ação: está sendo executada no prazo? corre algum risco identificado quanto a sua execução? e se estiver atrasada, quais os problemas identificados até o momento e possíveis ações que podem ser desenvolvidas para retornar o processo de execução para o prazo adequado?

10.1.7. Estabelecimento dos prazos e responsabilidades de monitoramento

Para que o monitoramento leve aos resultados esperados para o processo de execução das ações previstas com os recursos da cobrança e dê subsídio à obtenção de melhorias para as condições da bacia, é fundamental que ele seja executado na frequência adequada e que os atores responsáveis participem do processo. Assim, é fundamental deixar claras as responsabilidades por cada uma das atividades de monitoramento e, inclusive, pela elaboração de relatórios e sua disponibilização para a sociedade.

Nesse sentido, considerando que a contratação das ações com recursos da cobrança será realizada pela Entidade Delegatária, propõe-se também que ela seja

responsável pela realização do cálculo de cada indicador e elaboração dos gráficos com as curvas de avanço.

Na sequência da elaboração das curvas de avanço e do respectivo painel de controle com os possíveis problemas identificados em cada ação, propõe-se que sejam unificados em um relatório integrando os indicadores de desempenho e os resultados obtidos de momento para cada uma delas. Esse relatório deve ser discutido na câmara técnica do CBH que tenha responsabilidades específicas relacionadas ao acompanhamento da execução das ações do plano.

Quanto à frequência de elaboração desses relatórios, propõe-se que sejam anuais, com base nos resultados do monitoramento da execução das ações no período anterior. De forma complementar, ao final do horizonte temporal do PAP, propõe-se que seja feita uma discussão mais profunda do CBH dos resultados obtidos com a implementação das ações com recursos da cobrança, de forma a verificar necessidades de revisão ou ajustes em alguma etapa do processo, o que será melhor discutido no próximo subitem.

10.1.8. Verificação dos resultados e das necessidades de revisão ou ajustes no processo

Seguindo a metodologia proposta, é fundamental que todo o processo de cobrança seja avaliado quanto ao desempenho e resultados levados para a Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Nesse sentido, a última etapa trata da avaliação dos resultados obtidos da aplicação da metodologia proposta e tomada de decisão quanto à necessidade de ajustes. De uma forma geral, considera-se que os resultados da aplicação da metodologia de acompanhamento e monitoramento poderão indicar as seguintes necessidades de ajustes:

- Repactuação de programas e ações do PIRH: de acordo com os resultados das ações implementadas para atendimento ao foco estabelecido pelo CBH para o horizonte temporal em questão, é possível que seja verificada a necessidade de construção de novos programas ou indicação de ações não previstas inicialmente. Da mesma forma, é possível que seja verificado que alguma ação ou programa não esteja levando a resultados positivos para a bacia e, com isso, tenha a necessidade de ser desconsiderado do próprio plano. Assim, é possível que os resultados indiquem a necessidade de revisão do próprio plano de ações do PIRH em função de alguma ação ou programa não ser mais viável de ser implementado ou da necessidade de construção de algum novo programa para a solução de algum problema identificado ao longo do tempo;
- Repactuação do PAP: é possível que os resultados do monitoramento indiquem que as ações selecionadas dentro do rol previsto do PIRH não estejam sendo suficientes ou adequadas para o cumprimento das metas estabelecidas para o horizonte temporal. Nesse sentido, o próprio CBH pode verificar a necessidade de revisão do PAP com a inclusão ou exclusão de alguma ação já prevista no PIRH, mas que não havia sido, anteriormente, selecionada para ser executada no período em questão;
- Revisão dos mecanismos e valores de cobrança: em função dos resultados obtidos com a implementação das ações, é possível que seja verificada a necessidade de revisão da metodologia de cobrança em qualquer de seus aspectos, seja para o incremento ou redução dos valores arrecadados, bem como na atualização dos locais críticos, que podem eventualmente deixar de sê-lo (enquanto novos poderão surgir). Nesse sentido, o CBH pode retomar as discussões sobre o tema e aprovar formalmente os ajustes a serem realizados;

- Revisão das metas estabelecidas para as melhorias das condições da bacia: com base nos resultados obtidos ao longo do tempo e verificados no processo de monitoramento, é possível que seja considerada a inviabilidade ou dificuldade de atingimento de determinada meta ou, de forma inversa, a necessidade de incremento da meta, pelo fato de ter sido atingida de forma antecipada ou facilitada. Assim, tais ajustes deverão ser propostos e formalizados pelo CBH com base nos resultados do processo de monitoramento.

Dessa forma, considera-se essa última etapa do processo de implementação e acompanhamento da cobrança fundamental para o seu sucesso, uma vez que dará subsídios à realização de ajustes de rota, caso seja verificada a necessidade. Tais ajustes deverão ser discutidos e formalizados pelo CBH, de forma a fazer com que a continuidade da cobrança siga com melhores resultados para a bacia.

10.2. Considerações finais

O objetivo do presente estudo foi a proposição de mecanismo de cobrança pelo uso de recursos hídricos nos rios de domínio da União, mediante a definição de objetivos a serem perseguidos e vinculação com a solução de problemas identificados pelo PIRH-Grande. Os mecanismos de cobrança propostos partiram do estabelecimento de um nexo entre os objetivos do PIRH-Grande e os objetivos da cobrança, explicitando o propósito desse importante instrumento de gestão dos recursos hídricos e permitindo o acompanhamento tanto dos montantes arrecadados quando da aplicação de seus proventos.

Dada sua escassez em quantidade e/ou qualidade, a água deve ter seu valor econômico devidamente reconhecido, sendo a cobrança um dos instrumentos para a

gestão do recurso hídrico devidamente prevista na Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997). Segundo o diploma legal, a cobrança tem por objetivos:

- O reconhecimento da água como bem econômico, dando ao usuário uma indicação de seu real valor;
- O incentivo à racionalização do uso da água; e
- A obtenção dos recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

Importante lembrar que não compete somente ao instrumento da cobrança assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões adequados aos respectivos usos, sendo esse o objetivo da Política Nacional de Recursos Hídricos. A cobrança atua, portanto, de forma integrada e articulada com os planos de recursos hídricos, enquadramento dos corpos de água, outorga dos direitos de uso e sistema de informações.

A cobrança não é um imposto, e sim uma remuneração pelo uso de um bem público, cujo preço é fixado a partir da participação dos usuários da água, da sociedade civil e do poder público no âmbito dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Importante destacar que a cobrança pelo uso de recursos hídricos é de responsabilidade dos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs).

Nesse contexto, o presente estudo subsidia o CBH-Grande em sua deliberação qualificada sobre a temática, por meio da proposição e simulação de 6 cenários alternativos de implementação. Os cenários, graduais em sua ambição e correspondente nível de cobrança e arrecadação, consideram um ciclo de 10 anos que endereça as áreas quali-quantitativamente críticas da bacia e a situação diagnosticada e prognosticada no PIRH-Grande.

Evidencia-se, assim, que o mecanismo proposto atende aos fatores críticos de sucesso elencados por ANA (2019) e OECD (2017), trazendo eficiência na função arrecadatória (em função do cenário de cobrança) e respeitando a capacidade de

pagamento dos usuários, que são incitados a reconhecer o valor econômico do recurso natural sem, no entanto, comprometerem as atividades econômicas subjacentes.

Todos os cenários de cobrança aqui propostos estabelecem um nexo claro entre os objetivos do PIRH-Grande e os objetivos da cobrança, explicitando o propósito deste importante instrumento de gestão dos recursos hídricos e permitindo o acompanhamento tanto dos montantes arrecadados quando da aplicação de seus proventos. De fundamental importância para que o Comitê de Bacia tenha capacidade de execução de suas funções de gestão e de fomento à agenda setorial, está a criação da Agência da Bacia ou Entidade Delegatária.

O processo de criação de tal instituição deve ser iniciado por solicitação do CBH com posterior aprovação pelos conselhos de recursos hídricos (CNRH ou CERHs), estando condicionado à comprovação da viabilidade financeira assegurada pela cobrança pelo uso de recursos hídricos, até o limite de 7,5% do valor arrecadado. Dessa forma, todos os cenários de cobrança englobam os recursos mínimos necessários para a implementação do Plano de Bacia e também os custos de transação envolvidos, notadamente o financiamento da Entidade Delegatária.

Além de contemplar a arrecadação mínima com vistas à implementação dos instrumentos de gestão e ao fortalecimento institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), os cenários de cobrança de 1 a 5 apresentam graduação crescente de ambição quanto ao papel do CBH-Grande e da Entidade Delegatária no financiamento do resultado de estudos e de ações a serem desenvolvidos no âmbito da própria execução do Plano de Bacia, tais como:

- Implantação de estruturas de barramento para regularização de vazões para uso em irrigação;
- Implantação de estruturas compartilhadas de tratamento de efluentes industriais, promovendo ganhos de escala para os envolvidos;
- Prestação de assistência e apoio técnico aos irrigantes visando maior eficiência no manejo da irrigação;

- Implantação de banhados construídos (*wetlands*) para redução de cargas poluidoras em áreas com corpos receptores com pequena capacidade de assimilação das cargas remanescentes; e
- Recuperação e conservação de nascentes em áreas de recarga de aquíferos.

Adicionalmente, o PIRH-Grande apresenta a denominada “Agenda Setorial”, que contempla programas de execução finalística de elevada dependência de articulação com um ou vários setores usuários. Muito embora o CBH não seja exclusivamente responsável pelo andamento dessa agenda, certamente é um de seus essenciais fomentadores, podendo vir a articular os atores envolvidos e a financiar as análises socioeconômicas de custo-benefício para priorizar investimentos e alternativas estratégicas, projetos básicos e executivos, estudos ambientais (exceto custos ambientais e licenciamentos) e outros serviços técnicos especializados de engenharia e de planejamento.

Da agenda setorial, destacam-se as inversões de universalização do esgotamento sanitário, o controle de perdas na distribuição de água, o reúso de água e a promoção da conservação hidroambiental. Estas quatro atividades refletem parte significativa do que é prescrito pelo componente estratégico de conservação dos recursos hídricos do PIRH-Grande.

Pode-se, inclusive, realizar o exercício de contrastar os resultados dos benefícios potencialmente auferidos pela consecução dos objetivos finalísticos da Agenda Setorial do PIRH-Grande - que podem vir a ser viabilizados e fomentados pela cobrança - e o nível de arrecadação associado a cada cenário. Antes de se realizar essa grosseira comparação entre os benefícios socioeconômicos potenciais e os montantes disponibilizados via cobrança, no entanto, cabem duas fundamentais ressalvas:

- A cobrança pelo uso de recursos hídricos é um instrumento da política nacional de fundamental importância para a instrumentação da gestão das águas, independente da consecução dos orçamentos associados que geram os benefícios aqui estimados. Destaca-se, assim, que parte dos

custos dos 6 cenários são idênticos e rígidos, pois englobam os recursos mínimos necessários para a implementação do Plano de Bacias e também os custos de transação envolvidos, notadamente o financiamento da Entidade Delegatária (Cenário 6). Dessa forma, estes custos são aqui desconsiderados;

- O presente exercício não é, claramente, uma aplicação da metodologia de análise custo-benefício²⁹, mas sim uma forma de trazer à luz as ordens de grandeza envolvidas com os orçamentos associados que ao Comitê de Bacia cabem viabilizar e fomentar, de acordo com o papel assumido pela cobrança para tal, conforme abordado no capítulo 4.

Dadas as ressalvas, a Tabela 222 apresenta a comparação entre os valores-objetivo de cada cenário para os orçamentos associados, ou seja, o montante arrecadado em cada cenário, e os benefícios socioeconômicos por eles potencialmente viabilizados e fomentados.

Tabela 222: Comparação entre os valores-objetivos de cada cenário e os benefícios por eles potencialmente promovidos pela viabilização e fomento da Agenda Setorial.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Benefício socioeconômico potencial da Agenda Setorial associada a cada cenário de cobrança (R\$, mil)	596.837	613.177	273.150	147.821	107.473	0
Valores-objetivos dos orçamentos associados a cada cenário de cobrança (R\$, mil)	79.074	47.340	37.716	21.064	9.708	0
Diferença entre os benefícios e a arrecadação necessária para sua viabilização e fomento via cobrança (R\$, mil)	517.763	565.837	235.435	126.756	97.765	0
Razão entre os benefícios e a arrecadação necessária para sua viabilização e fomento via cobrança	7,55	12,95	7,24	7,02	11,07	-

Fonte: Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma (2021).

²⁹ Para mais detalhes sobre a metodologia de avaliação socioeconômica de projetos de infraestrutura, ver: Guia geral de análise socioeconômica de custo-benefício de projetos de investimento em infraestrutura [Brasil, 2021a] e Manual de análise socioeconômica de custo-benefício de projetos de infraestrutura hídrica [Brasil, 2021b].

Caso o CBH-Grande e sua Entidade Delegatária viabilizem e fomentem, via recursos da cobrança, a execução da Agenda Setorial prescrita pelo Cenário 2 de cobrança, o retorno à sociedade que se pode esperar supera os valores cobrados em 12,95 vezes (diferença de R\$ 565,84 milhões por ano).

Em raciocínio similar, porém voltado aos resultados do Cenário 5, a potencial conversão de arrecadação para benefício apresenta uma razão de 11,07, embora o montante total gerado seja 17,3% do benefício auferido pelo Cenário 2 (R\$ 97,77 contra R\$ 565,84 milhões). A grande diferença entre os cenários 2 e 5 advém da capacidade arrecadatória de cada um, que correspondem a maior ou menor capacidade do CBH-Grande e da Entidade Delegatária em viabilizarem e fomentarem a Agenda Setorial. O Cenário 2 é mais ambicioso na viabilização e fomento à Agenda Setorial, demandando para tal um maior nível de arrecadação. Além dos destacados Cenários 2 e 5, verifica-se que todos os demais (Cenários 1, 3 e 4) também são potencialmente geradores de benefícios que se apresentam em mais de 7 vezes superiores aos montantes arrecadados.

Demonstra-se, conclusivamente e de forma bastante evidente, que a cobrança pelo uso de recursos hídricos, aplicada de acordo com os pressupostos e orientações do Plano de Bacia Hidrográfica, retorna valores positivos à sociedade. Essa conclusão, que é remetida apenas aos orçamentos associados, deve ser ainda acrescida dos benefícios da própria qualificação da gestão dos recursos hídricos, que visam garantir a sustentabilidade de uso aos próprios usuários.

10.3. Minuta simplificada de deliberação sobre a cobrança

Deliberação Normativa CBH-Grande nº XX/XXXX

Dispõe sobre mecanismos e valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

Artigo 1. Ficam estabelecidos os mecanismos e valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande nos termos desta deliberação.

Artigo 2. A cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande será implementada considerando os seguintes parâmetros:

- a) Volume captado ($Volume_{cap}$) = volume derivado, captado e extraído, medido ou outorgado, em m^3/ano .
- b) Volume lançado ($Volume_{lanç}$) = volume lançado de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, medido ou outorgado, em m^3/ano .
- c) Carga lançada ($Carga_{lanç}$) = carga lançada em Kg/ano.

§1. Os volumes captados e lançados, referidos no *caput* deste artigo serão aqueles que constarem das outorgas de direito de uso de recursos hídricos ou das medições efetuadas pelos próprios usuários realizadas no exercício anterior, declaradas na Declaração Anual de Uso de Recursos Hídricos - DAURH, considerados para fins de cobrança da seguinte forma:

- a) Caso o usuário apresente medição ou estimação coerente de volume captado, devidamente declarada na DAURH, o $Volume_{cap}$ é dado pela média aritmética entre o volume medido e o volume outorgado $((Volume_{medido} + Volume_{outorgado}) / 2)$; caso contrário, o $Volume_{cap}$ é dado pelo volume outorgado.

b) Caso o usuário apresente medição ou estimação coerente de volume lançado, devidamente declarada na DAURH, esta será considerada como $Volume_{lan\grave{c}i}$; caso contrário, o $Volume_{lan\grave{c}}$ é dado pelo volume outorgado.

§2º. O valor da concentração da $DBO_{5,20}$ para o cálculo do total anual de carga orgânica lançada no corpo hídrico, será aquele que constar das:

- a)** Medições efetuadas pelos órgãos ambientais dos Estados de São Paulo ou Minas Gerais, conforme a localização do lançamento efetuado;
- b)** Medições efetuadas pelos próprios usuários, por meio de metodologias recomendadas pelos órgãos ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Grande;
- c)** Licenças ambientais emitidas na Bacia Hidrográfica do Rio Grande ou das informações declaradas pelos usuários no processo de regularização de usos na Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

Artigo 3. A cobrança pelo uso de recursos hídricos será feita de acordo com a seguinte equação:

$$Valor (R\$/ano) = (Volume_{cap} * PU_{cap} (usuário)) + (Carga_{lan\grave{c}} * PU_{lan\grave{c}})$$

Na qual:

Valor (R\$/ano) = Valor anual total de cobrança da interferência outorgada, expresso em R\$/ano;

$Volume_{cap}$ = Volume derivado, captado e extraído medido ou outorgado, expresso em m^3/ano ;

$Carga_{lan\grave{c}}$ = carga lançada de $DBO_{5,20}$, expressa em Kg/ano, obtida por:

$$Carga_{lan\grave{c}} = Volume_{lan\grave{c}} * DBO_{5,20}$$

$PU_{cap} (usuário)$ = Preço unitário (PU) de captação, definido para cada categoria de usuário de recursos hídricos, expresso em R\$/ m^3 ;

$PU_{lan\grave{c}}$ = Preço unitário (PU) de lançamento definido para todas as categorias de usuário de recursos hídricos, expresso em R\$/KgDBO_{5,20}.

Artigo 4. A cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande será implementada considerando os seguintes preços unitários (PU):

§1. Os preços unitários (PU) são assim definidos [cenário a critério do Comitê de Bacia]:

Preços unitários de lançamento R\$/kgDBO _{5,20}						
Categoria para cobrança única	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Locais não críticos	0,3100	0,2600	0,2200	0,1500	0,1100	0,0600
Locais críticos	0,3875	0,3250	0,2750	0,1875	0,1375	0,0750

Preços unitários de captação R\$/m ³ - Locais não críticos						
Categoria para cobrança	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Ab. Humano	0,0474	0,0324	0,0271	0,0189	0,0138	0,0077
Criação Animal	0,0385	0,0263	0,0220	0,0153	0,0112	0,0062
Indústria (Alto)	0,1302	0,0891	0,0746	0,0519	0,0381	0,0211
Indústria (Médio)	0,1125	0,0770	0,0644	0,0448	0,0329	0,0182
Indústria (Baixo)	0,0947	0,0648	0,0542	0,0378	0,0277	0,0154
Irrigação (culturas temporárias)	0,0296	0,0203	0,0170	0,0118	0,0087	0,0048
Irrigação (culturas permanentes)	0,0326	0,0223	0,0186	0,0130	0,0095	0,0053
Irrigação (l. de c. temp. e perm.)	0,0326	0,0223	0,0186	0,0130	0,0095	0,0053
Mineração	0,1125	0,0770	0,0644	0,0448	0,0329	0,0182
Outros	0,0592	0,0405	0,0339	0,0236	0,0173	0,0096

Preços unitários de captação R\$/m ³ - Locais críticos						
Categoria para cobrança	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Ab. Humano	0,0830	0,0567	0,0474	0,0331	0,0242	0,0135
Criação Animal	0,0674	0,0460	0,0385	0,0268	0,0196	0,0109
Indústria (Alto)	0,2279	0,1559	0,1306	0,0908	0,0667	0,0369
Indústria (Médio)	0,1969	0,1348	0,1127	0,0784	0,0576	0,0319
Indústria (Baixo)	0,1657	0,1134	0,0949	0,0662	0,0485	0,0270
Irrigação (Irrig. culturas temporárias)	0,0518	0,0355	0,0298	0,0207	0,0152	0,0084
Irrigação (Irrig. culturas permanentes)	0,0571	0,0390	0,0326	0,0228	0,0166	0,0093
Irrigação (l. de c. temp. e perm.)	0,0571	0,0390	0,0326	0,0228	0,0166	0,0093
Mineração	0,1969	0,1348	0,1127	0,0784	0,0576	0,0319
Outros	0,1036	0,0709	0,0593	0,0413	0,0303	0,0168

§3. Caso o resultado da aplicação da formulação, ou seja, o Valor (R\$/ano), seja igual ou inferior a R\$ 500,00, o valor cobrado passa a ser fixo em R\$ 250,00/ano.

§4. O critério de arredondamento do PU menor que a unidade monetária será realizado à quarta decimal pelo critério de arredondamento prescrito pela Norma ABNT NBR 5891.

Artigo 5. Os preços unitários (PU) de captação e lançamento definidos para a cobrança pelo uso de recursos hídricos nos rios de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Grande serão atualizados anualmente com base na variação do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo - IPCA do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE ou de índice que vier a sucedê-lo, conforme a Resolução nº 192, de 2017, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Artigo 6. Os locais críticos (LC) devem ser atualizados seguindo as revisões ou atualizações do PIRH-Grande, identificados por critérios técnicos equiparados aos dos arquétipos qualitativos ou quantitativos de classe 5 e 6 do Cenário do Plano.

11. REFERÊNCIAS

- ADB - Asian Development Bank. Demand Analysis and Forecasting. In: ADB (Ed.). **Handbook for the economic analysis of water supply projects**. 1999.
- ADLER, M.D.; POSNER, E.A. Rethinking Cost-Benefit Analysis. Chicago John M. **Olin Law & Economics Working Paper no. 72** (2d series), 1999.
- AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. **Plano De Aplicação Plurianual (PAP-PCJ) 2017-2020: Relatório de Execução 2017 e Programação para 2018 a 2020**. Piracicaba: Agência das Bacias PCJ, 2018.
- ALVES, D. C. O. et al. **Estimação da elasticidade-preço da demanda dos clientes comerciais e industriais da SABESP**. FIPE - Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas de São Paulo. 2009.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil); IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (Brasil). **Contas Econômicas Ambientais da Água no Brasil 2013-2017**. IBGE, Contas Nacionais n. 72 ISSN 1415-9813, Brasília, 2020.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Água na indústria: uso e coeficientes técnicos**. 37 p. Brasília: ANA, 2017.
- _____. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 86 p. Brasília: ANA, 2017.
- _____. **Atlas de Vulnerabilidade a Inundações**. 20 p. Brasília: ANA, 2014.
- _____. **Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos: Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos**. Brasília: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR), 2014.
- _____. **Cobrança pelo uso dos recursos hídricos. 2019**. Encarte ao Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos. Brasília.
- _____. **Histórico da Cobrança. 2018**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/gestao-da-agua/cobranca/historico-da-cobranca>>. Acesso em: 28 mai. 2021.
- _____. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. 75 p. Brasília: ANA, 2019.
- _____. Mapa Interativo do Sobrevo. **Fotografias aéreas para o PIRH-Grande**. Brasília: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR), 2014.
- _____. Nota Informativa. **Background Report da ANA para a OCDE**. 2018. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sas/arquivos-cobranca/documentos-relacionados/nota-informativa-no-5-2018-cscob-sas>>. Acesso maio de 2021.
- _____. **Nota técnica nº 06/2010/SAG-ANA: cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio São Francisco**. Brasília: ANA, 2010.
- _____. **Painel Gerencial da cobrança. 2019**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/gestao-da-agua/cobranca/historico-da-cobranca>>. Acesso em: 28 maio. 2021.
- _____. **Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Grande (PIRH-Grande)**. Relatório Final, 310 p. Brasília: ANA, 2017.
- _____. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. 116 p. Brasília: ANA, 2019.
- _____. **Polos Nacionais de Agricultura Irrigada**. 26 p. Brasília: ANA, 2020.

_____. Resolução nº 57, de 14 de dezembro de 2020.

_____. **Conjuntura Brasil - Recursos Hídricos 2020**. 77 fl. ANA (Brasil): 2021.

ANDREAZZI, M. A. R.; BARCELLOS, C.; HACON, S. Velhos indicadores para novos problemas: a relação entre saneamento e saúde. **Rev Panam Salud Publica**. 2007;22(3):000–00.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Nota técnica nº 368/2010 SER/ANEEL, de 7 de dezembro de 2010**. Vidas úteis de bens e instalações do setor elétrico: Metodologia aplicada aos agentes outorgados de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Brasília, 2010.

AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. **Sistema de Informações Geográficas e Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – SIGA CEIVAP**. 2020. Disponível em: <<http://sigaceivap.org.br/siga-ceivap/projetos>>. Acesso em: 07 jul. 2021.

ATKINSON, G. et al. **Environmental Valuation and Benefit-Cost Analysis in U.K.** Policy. Journal of Benefit-Cost Analysis, v. 9, n. 1, p. 97–119, 2018.

AUSTRALIA, I. Assessment Framework for initiatives and projects to be included in the Infrastructure Priority List. **Sydney: Infrastructure Australia**, 2018.

AZEVEDO, L. Workshop sobre Monitoramento Hidroambiental da Bacia do Ribeirão Pipiripau. **Modelagem de Serviços Ambientais – Modelo InVEST**. Distrito Federal. Set. 2012

BANCO MUNDIAL. Impactos e Externalidades Sociais da Irrigação no Semiárido Brasileiro – 1ª edição – Brasília – 2004. 132p. ISBN: 85-88192-11-x.

_____. Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil: 1995 – 2019. **Banco Mundial: Global Facility for Disaster Reduction and Recovery**. Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. [Organização Rafael Schadeck] – 2. ed. – Florianópolis: FAPEU, 2020.

BARRETO M. L., et al. Impact of a citywide sanitation program in Northeast Brazil on intestinal parasites infection in young children. **Environ Health Perspect**. 2010 Nov;118(11):1637-42.

BATHIA, R. C. R.; WINPENNY, J. Water conservation and reallocation: best practice cases in improving economic efficiency and environmental quality. **World Bank**; ODI. 1995.

BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento. **Análise Econômica do Programa de Despoluição do Rio Tietê, 4ª Etapa. Documentos do Projeto BR-L1492, preparado por Kleber Machado (INE/WSA) com insumos de Paulo Borba de Moraes**. IADB, 2018.

BJORNLUND, H.; MCKAY, J. **Aspects of water markets for developing countries: Experiences from Australia, Chile, and the US**. Environment and Development Economics, n. 7, 2002.

BORGES, et. al. **Vulnerabilidade natural: a perda de solo da bacia do rio Carinhanha (MG/BA) usando uma abordagem qualitativa da equação universal de perda de solos**. 2003. Universidade Federal Fluminense.

BORSELLI, L.; BORSELLI, L.; CASSI, P.; TORRI, D. **Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment numerical assessment**. Catena, v. 75, n. 3, p. 268–277, 2008. Elsevier B.V.

BOS, E. J.; VLEUGEL, J.M. **Incorporating Nature Valuation In Cost-benefit Analysis**. WIT Transactions on Ecology and the Environment. Vol. 81, Pages 10 (2005).

BRASIL (2021a). Ministério da Economia. Secretaria Especial de Produtividade e Competitividade. Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura. **Guia geral de análise socioeconômica de custo-benefício de projetos de investimento em infraestrutura**. Versão 2, outubro de 2021.

BRASIL (2021b). Ministério da Economia. Secretaria Especial de Produtividade e Competitividade. Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura. **Manual de análise socioeconômica de custo-benefício de projetos de infraestrutura hídrica**. Relatório de Consultoria entregue no âmbito do Projeto PNUD/BRA/19/015, novembro 2021.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da lei nº 8001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7990 de 28 de dezembro de 1989**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm. Acesso em: 20 mai. 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Análise Territorial para o Desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil Plano de Ação Imediata da Agricultura Irrigada no Brasil para o período 2020-2023**. 156 fl. Brasília: MDR, 2020.

BRAUMAN, K. A.; DAILY, G. C.; DUARTE, T. K.; MOONEY, H. A. The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 32, p. 67-98, 2007.

BRITO, P. L. C. Avaliação da Eficiência da Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos no Brasil: O Caso da Bacia do Rio São Francisco. **Tese (Doutorado em Engenharia Civil)** apresentado à Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

BROUWER, R.; PEARCE, D. **Cost-Benefit Analysis and Water Resources Management**. I ed. Bodmin, Cornwall: Edward Elgar, 2005.

CALDER, I. R. **Land use impacts on water resources**. Land Use and Water Resources Research, 2000.

CARRERA-FERNANDEZ, J.; PEREIRA, R. **A cobrança pelo uso da água em bacias de domínio da União: O caso da Bacia de Vaza-Barris**. VII Encontro Regional de Economia da ANPEC. 2002.

CARRERA-FERNANDEZ, J.; PEREIRA, R. **A cobrança pelo uso da água na Bacia do Rio Pirapama. Companhia Pernambucana de Meio Ambiente (CPRH)**; Department for International Development. Recife. 2000.

CBH COMPÉ. DELIBERAÇÃO NORMATIVA Nº 37, DE 20 DE FEVEREIRO DE 2014. 2014. Disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/images/DN_37.2014_PS2.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2021.

CBH PJ1. DELIBERAÇÃO NORMATIVA Nº 021, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2008. 2008. Disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/images/DN_21.2008_PJ1.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2021.

CBH PS1. DELIBERAÇÃO NORMATIVA Nº 02, DE 10 DE ABRIL DE 2014. 2014. Disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/images/DN_02.2014_PS1.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2021.

CBH RIO DAS VELHAS. DELIBERAÇÃO NORMATIVA Nº 03, DE 03 DE AGOSTO DE 2020. 2020. Disponível em: <<https://cdn.agenciapeixe vivo.org.br/media/2020/08/003-2020-DELIBERACAO-CBH-RIO-DAS-VELHAS-ATUALIZA%C3%87%C3%83O-PPU.pdf>>. Acesso em: 09 dez. 2021.

CBH RIO PARÁ. DELIBERAÇÃO NORMATIVA Nº 24, DE 27 DE FEVEREIRO DE 2013. 2013. Disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/images/01-Deliberacao_CBH-Para_nr_24_13.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2021.

CBH-ARAGUARI. RESOLUÇÃO Nº 12, DE 25 DE JUNHO DE 2009. 2009. Disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/images/DN12.2009_PN2.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2021.

CBH-DOCE. DELIBERAÇÃO NORMATIVA Nº 93, DE 13 DE MAIO DE 2021. 2021. Disponível em: <http://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2021/05/DN-93_2021-Atualizacao-dos-valores-de-cobranca-na-Bacia-do-Rio-Doce-.pdf>. Acesso em: 09 dez. de 2021.

CBHSF. DELIBERAÇÃO NORMATIVA Nº 94, DE 25 DE AGOSTO DE 2017. 2017. Disponível em: <<https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/2017//box/uploads/2017/06/DELIBERACAO-CBHSF-No-94-2017-METODOLOGIA-DE-COBRANCA7A-E-PPU-PARA-A-BHSF.pdf>>. Acesso em: 09 dez. 2021.

CBHSF. **Plano de Aplicação Plurianual (PAP) 2021-2025**. 2021. Disponível em: <<https://siga.cbhsaofrancisco.org.br/acompanhamento-acoes-pap.html>>. Acesso em: 09 jul. 2021.

CEARÁ (Estado). Decreto nº 33.920, de 03 de fevereiro de 2021. **Dispõe sobre a cobrança pelo uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos de domínio do estado do Ceará ou da união por delegação de competência, e dá outras providências**. Fortaleza, CE. Disponível em: <<https://www.srh.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/90/2021/02/DECRETO-No-33.920-DE-03-DE-FEVEREIRO-DE-2021-DISPOE-SOBRE-A-COBRANCA-PELO-USO-DOS-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIAIS-E-SUBTERRANEOS-DE-DOMINIO-DO-ESTADO-DO-CEARA-OU-DA-UNIAO..pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2021.

CERH-MG. DELIBERAÇÃO NORMATIVA CERH-MG Nº 68, DE 22 DE MARÇO DE 2021. 2021. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=53592>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

CHAVES, H. M. L. **Avaliação econômica e socioambiental do retorno do investimento da implantação do Projeto Produtor de Água na Bacia do Ribeirão Pipiripau (DF/GO)**. Universidade Nacional de Brasília. 2012.

CHILE. **Metodología de General de Preparación y Evaluación de Proyectos**. Santiago, 2013c.

CNI - Confederação Nacional da Indústria. **Água, Indústria e Sustentabilidade**. CNI; GEMAS. Brasília. 2013.

COMITÊ ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS – CERH-MG. Deliberação Normativa nº 68, de 22 de março de 2021. Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=53592>>. Acesso em: 15 jul. 2021.

COMITÊS DISTRITO FEDERAL. Comitê da Bacia Hidrográfica Maranhão, Comitê de Bacia Hidrográfica Paranaíba e Comitê de Bacia Hidrográfica Rio Preto. Deliberação Conjunta nº 02/2019. **Dispõe sobre mecanismos e valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio do Distrito Federal**. Distrito Federal, Brasília. 2019.

COMITÊS PCJ. Minuta de Deliberação dos Comitês PCJ nº 366/21. **Altera o Plano de Ação e o Programa de Investimentos - PA/PI para a gestão dos recursos hídricos nas Bacias PCJ para o quadriênio 2020 a 2023**. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1OIP9gBsbHm2fYhXp4UA47nNDz0vzc-cJ/view>>. Acesso em: 08 jul. 2021.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de Produção Agrícola: A metodologia da CONAB**. Brasília/DF. 2010.

CONCEIÇÃO, J. R. da. **Metodologia para identificação de áreas prioritárias para redução da erosão hídrica em bacias de mananciais de abastecimento público do Paraná: Estudo de caso Bacia do Passaúna**. 2014, Curitiba, PR.

CRUZ, F. P; OLIVEIRA, B. F. **Análise dos Determinantes do Consumo de Água nos Municípios Brasileiros, 2010 a 2015**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, Vol. 8, n. 4, p. 57-79, 2019.

CRUZ, K. E. A.; RAMOS, F. S. **A importância da universalização do saneamento básico e de políticas socioeconômicas para redução de internações por infecções gastrointestinais**. In: XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013, Goiânia-GO.

CUNHA, B. G.; JUNIOR, E. B. M.; PEDROTTI, A. **Erodibilidade dos solos do entorno do reservatório da barragem Jaime Umbelino de Souza, São Cristovão, Sergipe**. Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 7, 2019.

CURRY, S.; WEISS, J. **Project Analysis in Developing Countries**. 2. ed. Hapshire, 2000.

DE GROOT, R.; BRANDER, L.; PLOEG, S.; COSTANZA, R.; BERNARD, F.; BRAAT, L.; CRHRISTIE, M.; CROSSMAN, N.; GHERMANDI, A.; HEIN, L.; HUSSAIN, S.; KUMAR, P.; McVITTIE, A.; PORTELA, R.; RODRIGUEZ, L.; BRINK, P.; BEUKERING, P. **Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units**. Ecosystem Services, v.1, n.1, 2012, p. 50-61.

EC - EUROPEAN COMISSION. **Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities**. European Commission, 2015

_____. **Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects: Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020**. Bruxelas, 2014.

EIB - European Investment Bank. **The Economic Appraisal of Investment Projects at the EIB. Luxemburgo**, 2013.

ESREY, S.A. **Water, Waste, and Well-Being: A Multicountry Study**. American Journal of Epidemiology, 143(6), pp. 608–623, 1996.

FELTRAN-BARBIERI, R., S. OZMENT, P. HAMEL, E. GRAY, H. MANSUR, T. VALENTE, J. RIBEIRO, and M. MATSUMOTO. **Infraestrutura Natural para Água no Sistema Guandu, Rio de Janeiro**. São Paulo: World Resources Institute-Brasil, 2018.

FELTRAN-BARBIERI, R.; OZMENT, S.; MATSUMOTO, M.; GRAY, E.; SILVA, T. B.; OLI-VEIRA, M. **Infraestrutura natural para água na região metropolitana da grande Vitória**. Espírito Santo: World Resources Institute-Brasil, 2021.

FERES, J.; REYNAUD, A. **Demanda por água e custo de controle da poluição hídrica nas indústrias da Bacia do Rio Paraíba do Sul**. IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2005.

FEWTRELL, L., et al. **Water, Sanitation, and Hygiene Interventions to Reduce Diarrhoea in Less Developed Countries: A Systematic Review and Meta-Analysis**. Lancet Infect Dis; 5: 42–52, 2005.

FUNARBE – FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE VIÇOSA. **Desenvolvimento da Matriz de Coeficientes técnicos para recursos hídricos no Brasil**. 2011. Disponível em: <https://mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao21032012055532.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2022.

GIZ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Agência Alemã de Cooperação Internacional). **Integração de Serviços Ecológicos ao Planejamento do Desenvolvimento: Uma abordagem passo-a-passo para profissionais** (2ª edição Manual ISE). Brasília, DF: GIZ.

GÓMEZ, J. D. P. Estimativa de erosão pela Equação Universal de Perda de Solo (USLE) e transferência de sedimentos para todo o território Brasileiro. 59 f. **Dissertação (Mestrado em Ciências)** – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura, Piracicaba, 2012.

GUIMARÃES, J.L.B.; THÁ, D.; SAAD, S.Y. **Soluções Baseadas na Natureza para aumento da resiliência hídrica: quantificação e valoração dos benefícios da infraestrutura natural no município de São Bento do Sul (SC)**. Curitiba-PR: Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza, 2018.

GUIMARÃES, J.L.B.; THÁ, D. **Plano de Negócios para a Conservação, Recuperação e Restauração de Áreas Estratégicas para as Águas do Alto Iguaçu-PR**. The Nature Conservancy, 2017.

GUIMARÃES, J.L.B.; THÁ, D. **Restauração florestal e consequentes modificações de processos de infiltração e armazenamento de água em bacias estratégicas do Alto Iguaçu**. In: Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017.

GVces - Fundação Getúlio Vargas Centro de Estudos em Sustentabilidade. **Análise Custo-Benefício de medidas de adaptação às mudanças climáticas na bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ)**. Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas. São Paulo, 2014.

GVces e ANA. Fundação Getúlio Vargas Centro de Estudos em Sustentabilidade. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Análise de custo-benefício de medidas de adaptação à mudança do clima: trajetórias da aplicação na bacia hidrográfica dos rios Piancó-Piranhas-Açu**. Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas e Agência Nacional de Águas. São Paulo e Brasília, 2018.

GVces e ANA. Fundação Getúlio Vargas Centro de Estudos em Sustentabilidade. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Instrumentos Econômicos aplicados à Gestão de Recursos Hídricos: caminhos para sua adoção em situações de conflito pelo uso da água no Brasil**. Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas e Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. São Paulo e Brasília. 2018.

HALLER, L.; HUTTON, G.; BARTRAM, J. Estimating the costs and health benefits of water and sanitation improvements at global level. *Journal of Water and Health*, v. 5, n. 4, p. 467–480, 2007.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS - **Contas de ecossistemas: Valoração do serviço do ecossistema de provisão de água azul, 2013-2017**. IBGE, Coordenação de Contas Nacionais, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 2021.

_____. **Banco de dados agregados**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA.

INEA. RESOLUÇÃO INEA Nº 243 DE 05 DE NOVEMBRO DE 2021. 2021. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/11/SEI_ERJ-24454341-Resolu%C3%A7%C3%A3o_243-NI.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2021.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE - INEA. **Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/cobranca/>>. Acesso em: 08 jul. 2021.

INSTITUTO TRATA BRASIL (FREITAS, F. G. et al). **Benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento no Brasil. Instituto Trata Brasil**. São Paulo: Ex Ante Consultoria Econômica, 2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL (FREITAS, F. G.; MAGNABOSCO, A. L.) **As Despesas das Famílias Brasileiras com Água Tratada e Coleta de Esgoto**. Instituto Trata Brasil. São Paulo: Ex Ante Consultoria Econômica, 2021.

IWA - INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION. **Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures**. The Blue Pages. Ed. A. Lambert e W. Hirner, (IWA), 2000.

LANNA, A. E., Hidroeconomia. In: Rebouças, A. da C., Braga, B. e Tundisi, J. G. (org.), **Águas Doces no Brasil - Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo, Escrituras Editora, 1999.

LIMA, P.M.P. **Índices de erodibilidade diretos e indiretos para dois Latossolos no município de Lavras – MG**. Ciência e Prática. Lavras, v. 15, n. 2, p. 186-193, 1991.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. **Erodibilidade de solos paulistas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1975. (Boletim Técnico, 27).

- MEDEIROS, P. C.; RIBEIRO, M. M. R. **Elasticidade-preço da demanda por água na bacia hidrográfica do rio Paraíba**. VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. 2012.
- MORAIS, R. C. de S. & SALES, M. C. L. **Estimativa do Potencial Natural de Erosão dos Solos da Bacia hidrográfica do Alto Gurguéia, Piauí-Brasil, com uso de Sistema de Informação Geográfica**. Caderno de Geografia - PUC Minas, v. 27, n. 1. 2017.
- MOTTA, R. S.; RUITENBEEK, J.; HUBER, R. **Uso de instrumentos econômicos na gestão ambiental da América Latina e Caribe: lições e recomendações**. IPEA. Rio de Janeiro. 1996.
- NZ - New Zealand, **The Treasury. CBAX Tool User Guidance - Guide for departments and agencies using Treasury's CBAX tool for cost benefit analysis**. Wellington, New Zealand, 2020.
- OCDE. **Cobranças pelo uso de recursos hídricos no Brasil: Caminhos a seguir**. 2017. Disponível em: <https://read.oecd-ilibrary.org/environment/cobrancas-pelo-uso-de-recursos-hidricos-no-brasil_9789264288423-pt#page1>. Acesso em abril de 2021.
- OECD. **Water and Climate Change Adaptation: Policies to Navigate Uncharted Waters**. OECD, Studies on Water, OECD Publishing, Paris, 2013.
- OLMSTEAD, S. M.; HANEMMAN, W. M.; STAVINS, R. N. **Does price structure matter? Household water demand under increasing-block and uniform prices**. School of Forestry and Environmental Studies Yale University, 2003.
- OLSEN, A. et.al; 2015. **Comparing Methods of Calculating Expected Annual Damage in Urban Pluvial Flood Risk Assessments**. *Water* 2015, 7, 255-270; doi:10.3390/w7010255
- ONU. The Right to Water. United Nations Human Rights (UN-HR); **Office of the High Commissioner for Human Rights (OHCHR)**; United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT); World Health Organization (WHO). Genebra, CH, p. 61. 2010.
- OZMENT, S., R. FELTRAN-BARBIERI, E. GRAY, P. HAMEL, J. BALADELLI RIBEIRO, S. ROIPHE BARRETO, A. PADOVEZI, and T. PIAZZETTA VALENTA. **Natural Infrastructure in São Paulo's Water System**. Washington, DC: World Resources Institute, 2018.
- PAIVA, R. F. P. S.; SOUZA, M. F. P. **Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil**. Cad. Saúde Pública n. 34(1), 2018.
- PANICHI, J. de A.V.; BACIC, I. L. Z.; NETO, J. A. L.; CHANIN, Y. M. A.; SEIFFERT, N. F.; VIEIRA, H. J. **Metodologia para inventário das terras em microbacias hidrográficas**. Florianópolis: Epagri, 1994.
- PEDRAS, E. S. V.; MAGALHÃES, P. C.; SOARES, J. P. A. **Avaliação do impacto da Cobrança pelo uso da Água em alguns setores industriais da bacia do rio Paraíba do Sul**. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais. Curitiba, Paraná, 2003.
- PEREIRA, L. C.; TÔSTO, S. G.; ROMEIRO, A. R. (2019). **Uso das terras - Perdas de solo por erosão e valoração econômica (pp 929:943)**. *Terra - Mudanças Climáticas e Biodiversidade*. ISBN: 978-85-68066-83-6.
- PRICE, J. I.; HEBERLING, M. T. (2018) **The Effects of Source Water Quality on Drinking Water Treatment Costs: A Review and Synthesis of Empirical Literature**. *Ecological Economics* 151 (2018) 195-209.
- RASELLA D. **Impacto do Programa Água para Todos (PAT) sobre a morbimortalidade por diarreia em crianças do Estado da Bahia, Brasil**. Cad. Saúde Pública n. 29:40-50, 2013.

RN - Governo do Estado do Rio Grande do Norte. **Macrozoneamento Econômico-Ecológico da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu - Cartilha do MZEE**. Natal, 2021.

ROUWENDAL, J. **Indirect Effects in Cost-Benefit Analysis**. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, v. 3, n. 1, p. 1–27, 2012.

ROLOF, G; DENARDIN, J.E. Estimativa simplificada da erodibilidade do solo. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 10, Florianópolis, 1994.

RUDD, M. A.; ANDRES, S.; KILFOIL, M. **Non-use Economic Values for Little-Known Aquatic Species at Risk: Comparing Choice Experiment Results from Surveys Focused on Species, Guilds, and Ecosystems**. *Environ Manage*. 2016; 58: 476–490.

SÃO PAULO. DECRETO Nº 55.008, DE 10 DE NOVEMBRO DE 2009. 2009. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2009/decreto-55008-10.11.2009.html>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

SÃO PAULO (2012a). DECRETO Nº 58.791, DE 21 DE DEZEMBRO DE 2012. Disponível em: <<http://dobuscadireta.imprensaoficial.com.br/default.aspx?DataPublicacao=20121222&Caderno=DOE-I&NumeroPagina=3>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

SÃO PAULO (2012b). DECRETO Nº 58.772, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2012. Disponível em: <<http://dobuscadireta.imprensaoficial.com.br/default.aspx?DataPublicacao=20121221&Caderno=DOE-I&NumeroPagina=7>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

SÃO PAULO. DECRETO Nº 61.346, DE 06 DE JULHO DE 2015. 2015b. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2015/decreto-61346-06.07.2015.html>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

SÃO PAULO. DECRETO Nº 61.430, DE 17 DE AGOSTO DE 2015. 2015a. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2015/decreto-61430-17.08.2015.html>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

SÃO PAULO. DECRETO Nº 63.263, DE 09 DE MARÇO DE 2018. 2018. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2018/decreto-63263-09.03.2018.html>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

SÃO PAULO. DECRETO Nº 64.292, DE 18 DE JUNHO DE 2019. 2019. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2019/decreto-64292-18.06.2019.html>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

SÃO PAULO. LEI Nº 12.183, DE 29 DE DEZEMBRO DE 2005. 2005. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2005/compilacao-lei-12183-29.12.2005.html>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

SCRIPTORE, J. S. Impactos do saneamento sobre saúde e educação: uma análise espacial. **Tese (Doutorado em Economia)** apresentado à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SILVA, A. M. da; ALVARES, C. A. **Levantamento de informações e estruturação de um banco dados sobre a erodibilidade de classes de solos no estado de São Paulo**. 2005. Laboratório de Ecologia Isotópica, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP.

SILVA, R. B. da; POLISELI, P. C.; VIEIRA, E. Avaliação da perda de solos na Microbacia hidrográfica Lajeado dos Fragosos – Município de Concórdia – SC. 2016. **(Tese de Conclusão de Cursos)**. Universidade Federal de Santa Catarina, SC.

- SILVA, R. M.; PAIVA, F. M. de L.; SANTOS, C. A. G. **Análise do grau de erodibilidade e perdas de solo na bacia do rio Capiá baseado em SIG e sensoriamento remoto**. 2009. RBGF- Revista Brasileira de Geografia Física. Pernambuco, Recife.
- SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO – SIGRH-SP. **Cobrança pelo Uso da Água**. São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<https://sigrh.sp.gov.br/cobrancapelousodaagua>>. Acesso em: 09 jul. 2021.
- SOUSA JÚNIOR, W.C. **Análise econômica da relação entre uso do solo e custos de tratamento de água no Estado de São Paulo**. SMA-SP, 2011.
- TEIXEIRA J. C.; GUILHERMINO, R. L. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados Indicadores e Dados Básicos para a Saúde – IDB 2003. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental** n. 11:277-82, 2006.
- UK - United Kingdom, **Environment Agency. Updating the National Water Environment Benefit Survey values: summary of the peer review**. London, UK, 2013.
- UK - United Kingdom, **Environment Agency. Flood and coastal defence: develop a project business case**. London, UK, 2015.
- UN-WATER - Agência das Nações Unidas para a Água. **Soluções Baseadas na Natureza para a gestão da água. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2018**. UNESCO/ World Water Assessment Program, 2018.
- UNIVERSIDADE STANFORD. Ferramenta computacional. **Software InVEST® versão 3.9.0, Stanford, CA. 2021**. Disponível em: <<http://naturalcapitalproject.org/download.html>>. Acesso em: 10/12/2021.
- VILELA, T.; GASPARINETTI, P. Análise Custo-Benefício da Construção da Usina Hidrelétrica Castanheira. **Conservação Estratégica - Documento de Trabalho, 2018**.
- VON SPERLING, M.; SALAZAR, B.L. **Determination of capital costs for conventional sewerage systems (collection, transportation and treatment) in a developing country**. Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development, (2013) 3 (3): 365–374.
- WADDINGTON, H., et al. **Water, Sanitation and Hygiene Interventions to Combat Childhood Diarrhea in Developing Countries**. International Initiative for Impact Evaluation, Synthetic Review 001, New Delhi, India. 2009.
- WARD, F. A. Cost – benefit and water resources policy: **A survey**. **Water Policy**, v. 14, p. 250–280, 2012.
- WORLD BANK. **Cost-Benefit Analysis in World Bank Projects**. Washington: The World Bank, 2010.
- Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning**. Washington, DC, USDA, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537)
- Wischmeier, W.H.; Johnson, C.B.; Cross, B.V. A soil erodibility nomogram for farmland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**. Ankeny, v. 26, n. 5, p. 189-193. 1971
- YOUNG, C.E.F.; MEDEIROS, R. (Organizadores) **Quanto vale o verde: a importância econômica das unidades de conservação brasileiras**. Rio de Janeiro: Conservação Internacional, 2018. 180p.
- YOUNG, R. A. **Determining the Economic Value of Water: Concepts and Methods**. 1. ed. Washington: Resources for the Future, 2004.

APÊNDICES

PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO GRANDE

Este apêndice apresenta os detalhes da metodologia e as conclusões da modelagem de serviços ecossistêmicos realizada no âmbito da quantificação dos benefícios potencialmente gerados pelos investimentos em infraestrutura natural.

Conforme abordado no presente relatório, as Soluções Baseadas na Natureza (SbN), relacionadas à conservação ou recuperação de florestas, são importantes medidas para estimular o aumento da entrada de água da chuva nos solos de uma bacia hidrográfica, com consequências positivas para a recarga hídrica, melhoria da qualidade da água e maiores níveis de retenção de sedimentos.

A presença de vegetação arbórea na superfície contribui para minimização das alterações do ciclo hidrológico local, potencializando processos hidrológicos responsáveis pela redução da velocidade e da quantidade dos escoamentos superficiais como a infiltração e percolação da água no solo, e a interceptação da água pelas plantas. Tais processos, conforme ilustrado na Figura 54, são capazes de amenizar a força dos processos erosivos, diminuindo a perda de solo e seus nutrientes, a turbidez da água, o assoreamento dos corpos hídricos e a instabilidade dos taludes.

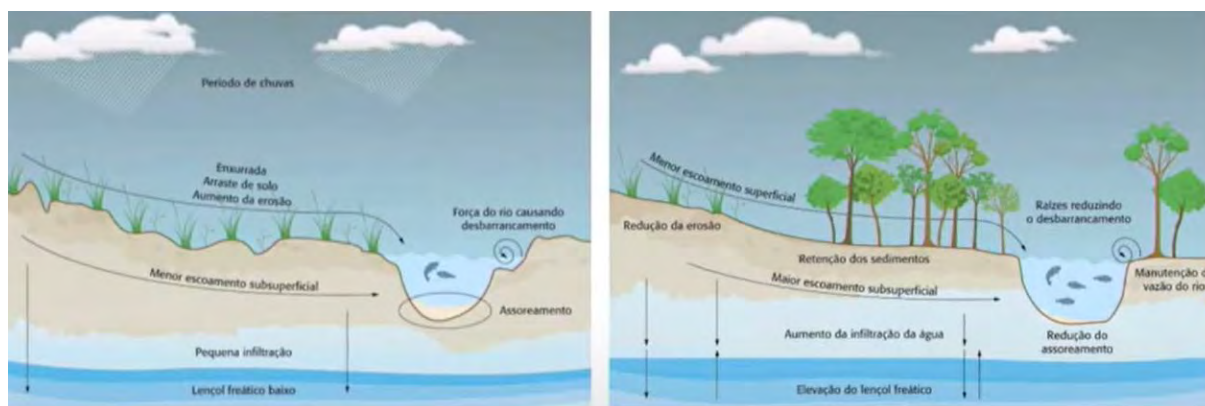


Figura 54: Processos hidrológicos em áreas com e sem vegetação arbórea.

Fonte: Adaptado de ANA (2021).

Nesse sentido, o desenvolvimento e implementação de projetos focados na restauração florestal de áreas prioritárias, visando maior produção hídrica e redução das perdas causadas pelos processos erosivos, é uma importante estratégia a ser implementada e financiada no âmbito da gestão das bacias hidrográficas, com benefícios diretos e indiretos para todos os usos da água.

Apresentação do modelo

Para estimar a produção de sedimentos em diferentes cenários de uso e ocupação na Bacia Hidrográfica do Rio Grande (BHG), utilizou-se ferramentas da plataforma *Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs* (InVEST), desenvolvidos pelo Projeto Capital Natural (*Natural Capital Project*), da Universidade de Stanford, em colaboração com a Plataforma de Fundos de Água da América Latina. O InVEST é um conjunto de modelos de uso livre que operam em diferentes escalas, utilizando dados espaciais de uso e ocupação da terra, de variáveis climatológicas, de tipologias de solos, de topografia, de demandas de serviços ambientais, entre outros.

Um dos modelos do InVEST é o *Sediment Delivery Ratio* (SDR), utilizado para calcular a geração, retenção e entrega de sedimentos na paisagem e em corpos hídricos. Para estas funções, o SDR baseia-se na abordagem proposta por Borselli *et al.* (2008), na qual, analisa-se cada pixel do conjunto de dados inserido, primeiramente pelo cálculo da quantidade de perda anual de solo em cada pixel, para então calcular a taxa de entrega de sedimentos (SDR), a qual representa a proporção da perda de solo que realmente atinge o ponto de interesse.

Especificamente, a metodologia (Figura 55) adota os seguintes passos gerais: cálculo da taxa anual de erosão por pixel utilizando a Equação Universal de Perdas de

Solo Revisada (RUSLE); cálculo do índice de conectividade³⁰ para cada pixel; cálculo da taxa de entrega de sedimentos por pixel; cálculo da carga de sedimentos por pixel, e por fim, a carga de sedimento total da bacia. Destaca-se que a taxa de entrega de sedimento para cada pixel é dada em função da área de inclinação ascendente, caminho de fluxo descendente e fatores de gerenciamento dados pelas diferentes coberturas do solo.

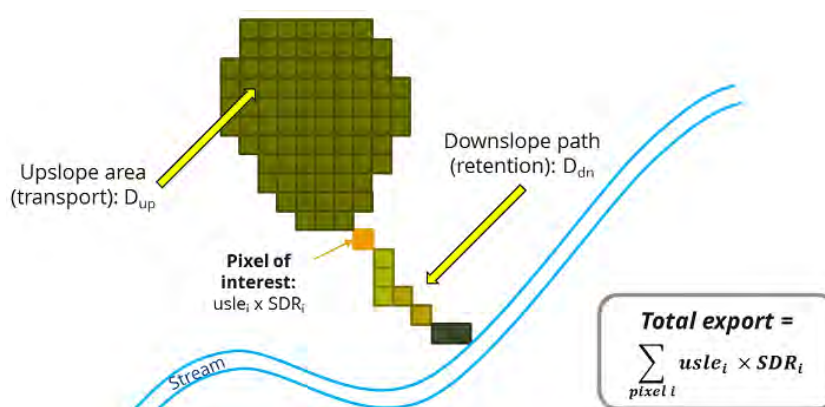


Figura 55: Representação conceitual do SDR.

Fonte: InVEST (2019)

Como resultado da metodologia, o modelo gera planos de informações espaciais contendo resultados finais e intermediários, tais como: perda potencial total de solo por pixel na cobertura original da terra; quantidade total de sedimento exportado de cada pixel que atinge o fluxo.

Além dos planos espaciais, o modelo gera uma tabela contendo os valores biofísicos para cada bacia hidrográfica, com campos como: quantidade total de sedimentos exportados para corpos hídricos; quantidade total de perda potencial de solo em cada bacia hidrográfica; diferença na quantidade de sedimento entregue pela bacia hidrográfica atual e uma bacia hidrográfica hipotética onde todos os tipos de

³⁰ O IC descreve a ligação hidrológica entre fontes de sedimentos (da paisagem) e sumidouros (como corpos hídricos), onde valores mais altos indicam que a origem da erosão tem mais probabilidade de chegar a um sumidouro (ou seja, é mais conectada), o que acontece, por exemplo, quando há vegetação esparsa ou declive mais alto. Valores mais baixos de (ou seja, menor conectividade) estão associados a mais áreas com vegetação e declives mais baixos.

uso da terra foram convertidos em solo descoberto; e quantidade total de sedimento depositado na paisagem em cada bacia hidrográfica.

Diante do exposto e considerando a ampla utilização do modelo em trabalhos técnicos e científicos voltados a análise da produção de sedimentos em bacias hidrográficas de várias regiões do país (Feltran-Barbieri et al., 2021; RN, 2020; Feltran-Barbieri et al., 2018; Guimarães e Thá, 2018; Ozmet *et al.*, 2018; Lattari. P. G., 2018; Silva, Poliesi e Vieira, 2016), optou-se pela utilização do SDR para estimar a produção de sedimentos na BHG, cujos dados e procedimentos adotados serão apresentados na sequência.

Dados de entrada

A primeira etapa para implementação do SDR consiste na organização e preparação dos dados de entrada do modelo, quais sejam:

- **Modelo Digital de Elevação (MDE):** obtido pela plataforma *Earth Explorer* do *United States Geological Survey* (USGS), o MDE utilizado, foi o da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), de 30 metros de resolução espacial. O MDE fornece os atributos topográficos primários e secundários utilizados pelo SDR, como: declividade, direção de fluxo e fluxo acumulado;
- **Índice de Erosividade da Chuva (Fator R):** a partir do mapeamento da precipitação existente na base cartográfica do PIRH-Grande, fornecida pela ANA, os índices de pluviometria foram multiplicados pela equação proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), obtendo os Fatores R. A erosividade expressa a capacidade da chuva em causar erosão no solo sem cobertura vegetal, ou seja, é o potencial que a água tem de desagregar e transportar o solo;
- **Erodibilidade do Solo (Fator K):** a partir do mapeamento de solos, existente na base cartográfica do PIRH-Grande, fornecida pela ANA, as classes de solo receberam fatores K, encontrados na literatura e apresentados na Tabela 223. A erodibilidade do solo é uma medida da suscetibilidade das partículas do solo ao desprendimento e transporte por agentes intempéricos, tais como vento, temperatura e água.

- **Cobertura da Terra:** obtido pela plataforma MapBiomas, o *raster* com 30 metros de resolução espacial, apresenta a espacialização da cobertura da terra em toda bacia do Rio Grande. Para cada uma das 19 classes encontradas, foram atribuídos índices de proteção, perda e capacidade de retenção do solo, obtidos na literatura. A Tabela 224 apresenta os índices adotados para as classes de cobertura da terra;
- **Limite de Acumulação de Fluxo:** com base no MDE supracitado, esse parâmetro foi calculado por técnicas de geoprocessamento (ferramenta *Flow Accumulation*) do software *ArcView* 10.5, resultado em um valor de 356.005. O limite de acumulação de fluxo relaciona-se diretamente com o cálculo do índice de conectividade hidrológica. Como forma de calibrar o valor resultante, o SDR traz, dentre os seus resultados intermediários, o fluxo acumulado gerado, o qual foi comparado com a hidrografia principal, revelando-se satisfatoriamente condizente;
- **Bacias Hidrográficas:** a partir do mapeamento das Unidades de Gestão Hídrica (UGH), existente na base cartográfica do PIRH-Grande, fornecida pela ANA, cada bacia recebeu uma codificação correspondente para ser utilizada como recorte de análise da modelagem. É com base neste plano de informação que o SDR monta os quantitativos resultantes da modelagem;
- **Outros parâmetros:** os demais parâmetros (índice de conectividade hidrológica; taxa de entrega de sedimentos; e fração das partículas da camada superficial do solo mais finas do que a areia grossa) são, reconhecidamente, de difícil obtenção. Por isso, a documentação do SDR, sugere como *default*, os respectivos valores: 2; 0,5; e 0,8.

A Figura 5, apresenta a espacialização ilustrativa dos dados espaciais de entrada do modelo. Todos esses planos espaciais foram obtidos ou convertidos em formato matricial, de resolução espacial de 30 metros, com exceção do *shapefile* "Bacias Hidrográficas", de formato obrigatoriamente vetorial.

Destaca-se que, como será abordado na sequência, a cobertura da terra será o plano de informação responsável pela caracterização e alteração de cenários de comparação da produção de sedimentos na BHG.

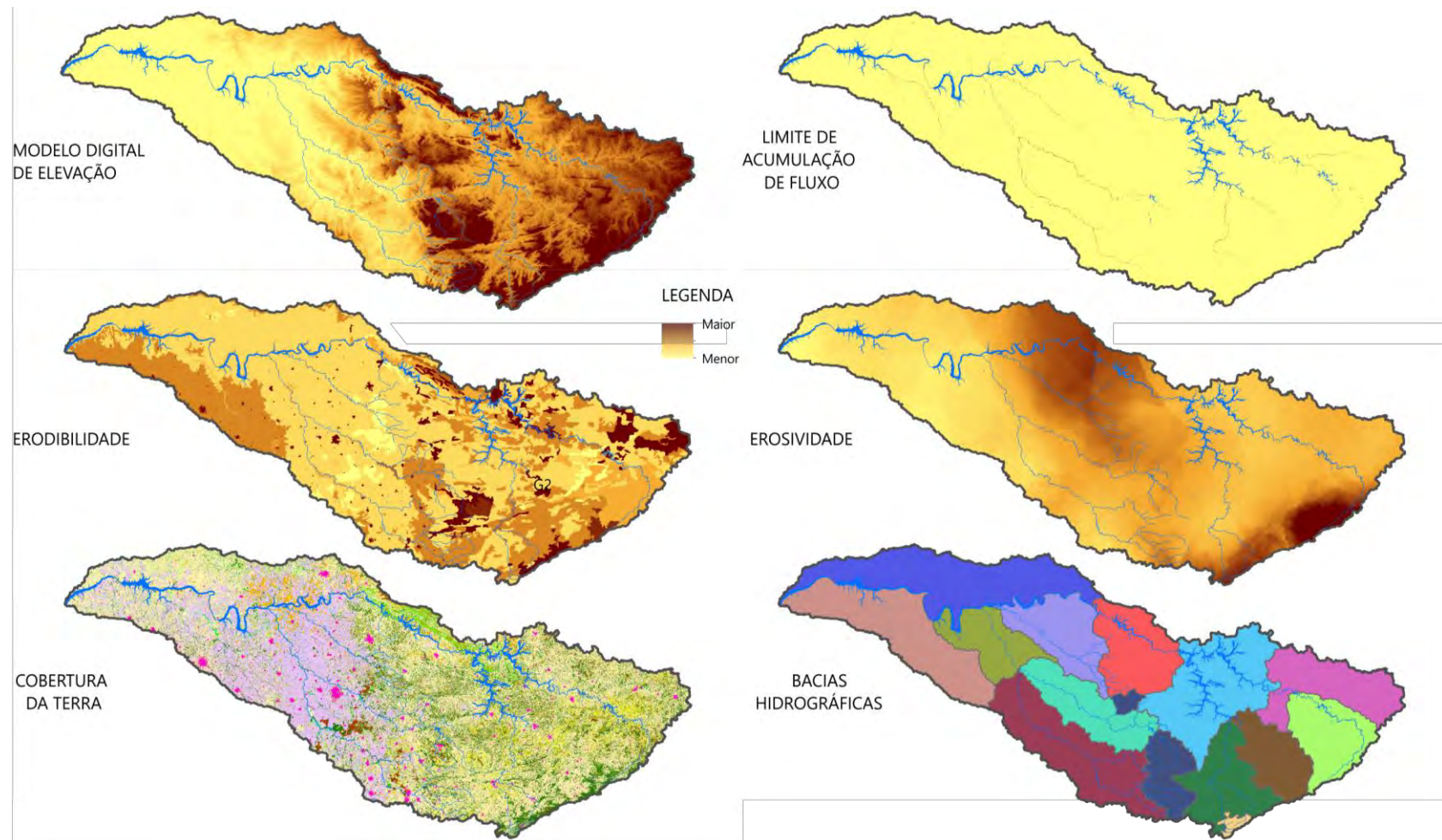


Figura 56: Espacialização dos dados de entrada espaciais do modelo.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

Em complementação aos mapas e a explicação anterior sobre os dados de entrada, a Tabela 223 apresenta o Fator K adotado para cada classe de solo.

Tabela 223: Fator K adotado para cada classe de solo.

Cód	Classe	Fator K	Referência
CH	Cambissolo húmico	0,0600	Lima <i>et. al</i> (1990)
CX	Cambissolo háplico	0,0700	Lima <i>et. al</i> (1990)
FT	Plintossolo argilúvico	0,0438	Morais e Sales (2017)
GM	Gleissolo melânico	0,0320	Conceição (2014)
GX	Gleissolo háplico	0,0310	Conceição (2014)
LA	Latossolo amarelo	0,0200	Lima <i>et. al</i> (1990)
LB	Latossolo bruno	0,0200	Lima <i>et. al</i> (1990)
LV	Latossolo vermelho	0,0200	Lima <i>et. al</i> (1990)
LVA	Latossolo vermelho-amarelo	0,0200	Borges <i>et. al</i> (2003)
NV	Nitossolo vermelho	0,0238	Gomez (2012)
NX	Nitossolo háplico	0,0238	Gomez (2012)
PVA	Argissolo vermelho-amarelo	0,0425	Silva & Alvares (2005)
RL	Neossolo litólico	0,0350	Borges <i>et. al</i> (2003)
RQ	Neossolo quartzarênico	0,0078	Borges <i>et. al</i> (2003)
RU	Neossolo flúvico	0,0470	Borges <i>et. al</i> (2003)

Elaborado pelo Consórcio EnvEx Engenharia (2021).

Do mesmo modo, a Tabela 224 apresenta os índices de proteção, perda e retenção do solo para cada classe de cobertura da terra. O termo "usle_c" refere-se à proteção do solo. Já o termo "usle_p", refere-se a perda de solo. Por fim, o termo "sedret.eff" refere-se à capacidade da cobertura vegetal de reter os sedimentos.

Tabela 224: Índices obtidos na literatura para cada classe de cobertura da terra.

LC	LULC	usle_c	usle_p	sedret_eff	Referência
3	Formação Florestal	0.001	1	0.88	Silva, Poliseli, Vieira (2016)
4	Formação Savânica	0.01	1	0.77	Silva, Poliseli, Vieira (2016)
9	Floresta Plantada	0.01	1	0.77	Azevedo (2012) e Panichi (1994)
11	Campo Alagado e Área Pantanosa	0.001	1	0.88	Conceição (2014)
12	Formação Campestre	0.01	1	0.77	Silva, Poliseli, Vieira (2016)

15	Pastagem	0.4	1	0.5	Conceição (2014)
20	Cana	0.2	0.5	0.77	Silva, Polisel, Vieira (2016)
21	Mosaico de Agricultura e Pastagem	0.4	1	0.5	Conceição (2014)
24	Área Urbanizada	0.9	0	0.5	Conceição (2014)
25	Outras Áreas não vegetadas	0.25	1	0.11	Azevedo (2017)
29	Afloramento Rochoso	0.25	1	0.11	Conceição (2014)
30	Mineração	1,00	0	0.05	Conceição (2014)
33	Rio, Lago e Oceano	0,00	1	1,00	Silva, Polisel, Vieira (2016)
39	Soja	0.2	0.5	0.77	Silva, Polisel, Vieira (2016)
41	Outras Lavouras Temporárias	0.2	0.5	0.77	Silva, Polisel, Vieira (2016)
46	Café	0.2	0.5	0.77	Silva, Polisel, Vieira (2016)
47	Citrus (beta)	0.2	0.5	0.77	Silva, Polisel, Vieira (2016)
48	Outras Lavouras Perenes	0.2	0.5	0.77	Silva, Polisel, Vieira (2016)

Elaborado pelo Consórcio EnvEx Engenharia (2021).

Uma vez inseridos os dados espaciais já ajustados e/ou acompanhados com as especificações supracitadas, o SDR realiza os cálculos e sobreposições necessárias, gerando resultados espaciais e numéricos sobre a produção de sedimentos, os quais serão apresentados na sequência.

Resultados do cenário atual

O cenário atual consiste nos resultados da modelagem tendo como base os dados de cobertura da terra atual da BHG, mapeados pelo MapBiomas, referente ao ano de 2019. A Tabela 225 apresenta a área de cada classe e o percentual de cada classe em relação a área total da bacia. Na tabela também são apresentados os quantitativos de cada classe em área de preservação permanente (APP) de corpos hídricos e o percentual de cada classe em relação a área total de APPs dessa natureza na bacia.

Tabela 225: Área de cada cobertura na bacia e nas APPs da bacia.

Classes de Cobertura da Terra	Área Total da BH		Área das APPs	
	Hectares	%	Hectares	%
Pastagem	3.407.707	23,83%	214.796	15,07%
Mosaico de Agricultura e Pastagem	3.208.758	22,44%	386.202	27,10%
Cana	2.761.995	19,31%	10.242	0,72%
Formação Florestal	2.207.124	15,43%	685.441	48,10%
Outras Lavouras Temporárias	515.835	3,61%	16.011	1,12%
Café (beta)	390.728	2,73%	8.493	0,60%
Rio, Lago e Oceano	325.387	2,28%	11.092	0,78%
Soja	298.437	2,09%	905	0,06%
Silvicultura	232.767	1,63%	5.136	0,36%
Área Urbanizada	224.128	1,57%	7.750	0,54%
Formação Campestre	210.771	1,47%	14.367	1,01%
Formação Savânica	208.319	1,46%	21.496	1,51%
Citrus (beta)	131.686	0,92%	1.098	0,08%
Campo Alagado e Área Pantanosa	128.838	0,90%	40.485	2,84%
Outras Lavouras Perenes	21.812	0,15%	480	0,03%
Outras Áreas Não Vegetadas	17.407	0,12%	694	0,05%
Afloramento Rochoso	7.860	0,05%	346	0,02%
Mineração	1.909	0,01%	113	0,01%
Total Geral	14.301.467	100,00%	1.425.148	100,00%

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021), a partir dos dados de MapBiomas e FBDS.

A delimitação das APPs de corpos hídricos provém da junção dos dados da Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável (FBDS), mapeados por meio da classificação supervisionada de imagens *RapidEye*, ano base 2013, na escala de visualização de 1:10.000, para os 393 municípios situados na Bacia do Rio Grande. Destaca-se que da base da FBDS, foram utilizados apenas os polígonos que delimitam as APPs, sendo que a cobertura da terra dessas áreas teve como base os dados do MapBiomas, referente ao ano de 2019. O mapa da Figura 57 espacializa a cobertura da terra em toda a BHG e o mapa da Figura 58 apresenta a cobertura da terra nas APPs de corpos hídricos classificadas em tipologias naturais e antrópicas, como forma de facilitar a visualização do estado das APPs.

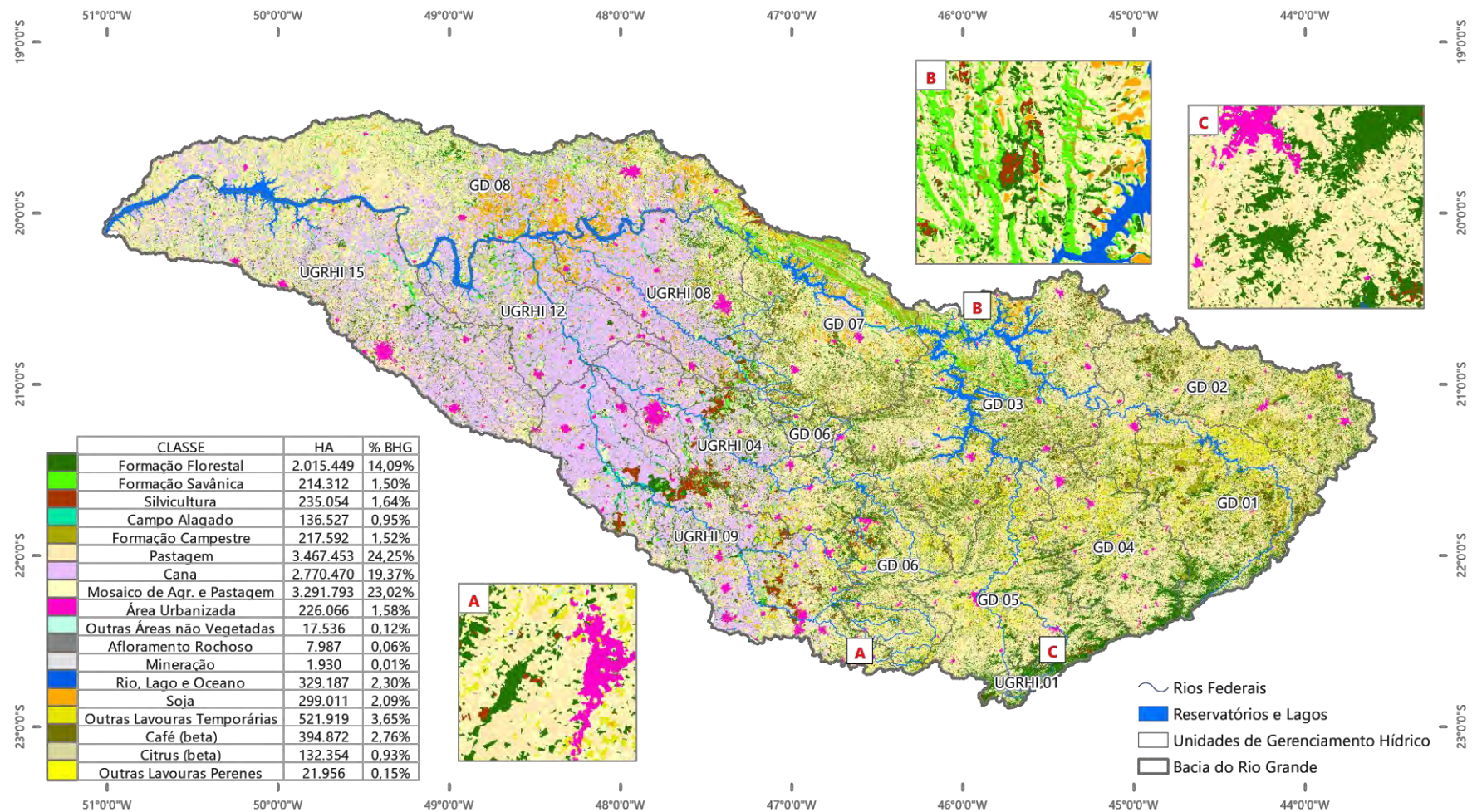


Figura 57: Cobertura da terra atual na BHG.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021)

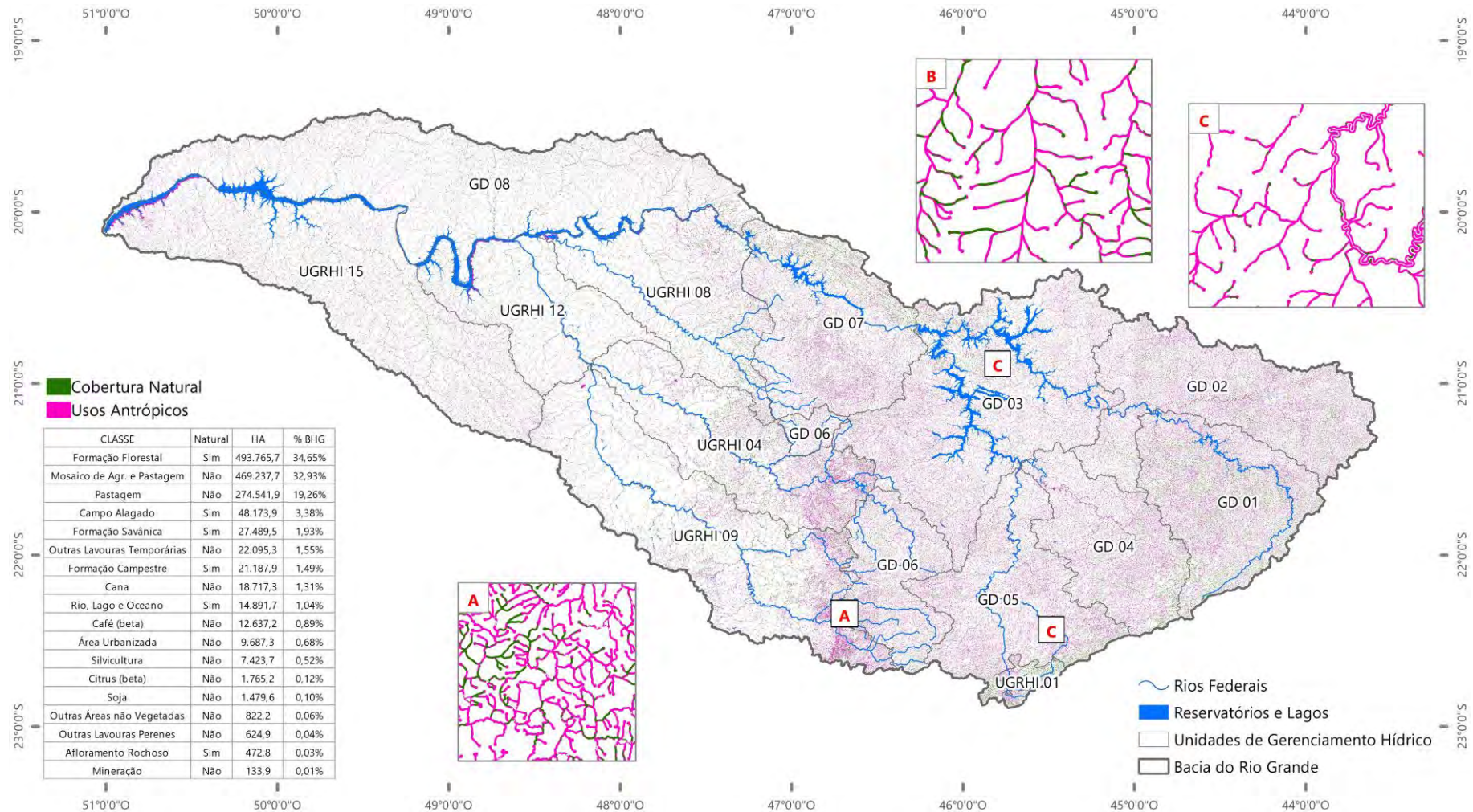


Figura 58: Cobertura da terra atual nas APPs de corpos hídricos da BHG.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

Após a implementação do modelo, obteve-se os resultados da produção de sedimentos para o cenário atual. A leitura dos números relativos, isto é, a produção estimada de sedimento por hectare, apresentados na Tabela 226, demonstra que no cenário atual a produção média de sedimentos em toda BHG é de 0,009 t/ano/ha de sedimentos exportados para os rios e 3,724 t/ano/ha depositados na paisagem. Na perspectiva por UGH, os dados demonstram que a GD-05 e a GD-04 são as que apresentam as maiores taxas, tanto para exportação de sedimentos para os cursos hídricos, como para deposição de sedimentos na paisagem. O modelo aponta ainda que a GD-05 é responsável por quase 25% da produção de sedimentos exportados para os rios de toda BHG.

Tabela 226: Quantidade de sedimentos exportados para rios e depositados na paisagem no cenário atual.

ID	SIGLA	Exportados para rios			Depositados na paisagem		
		t/ano	t/ano/ha	%BHG	t/ano	t/ano/ha	%BHG
1	GD 01	9.196	0,010	6,9%	4.854.042	5,469	9,1%
2	GD 02	15.829	0,015	11,9%	4.673.333	4,393	8,7%
3	GD 03	15.182	0,009	11,4%	8.139.503	4,885	15,2%
4	GD 04	16.662	0,024	12,6%	6.452.002	9,269	12,0%
5	GD 05	32.643	0,037	24,6%	9.359.183	10,494	17,5%
6	GD 06	9.964	0,017	7,5%	1.804.166	3,014	3,4%
7	GD 07	7.636	0,008	5,8%	3.938.421	3,993	7,4%
8	GD 08	3.876	0,002	2,9%	1.758.697	0,939	3,3%
9	UGRHI 01	1.330	0,020	1,0%	23.074	0,341	0,0%
10	UGRHI 04	7.204	0,008	5,4%	4.521.155	5,049	8,4%
11	UGRHI 08	2.708	0,003	2,0%	1.432.282	1,556	2,7%
12	UGRHI 09	6.598	0,004	5,0%	3.941.937	2,614	7,4%
13	UGRHI 12	537	0,001	0,4%	306.713	0,425	0,6%
14	UGRHI 15	3.390	0,002	2,6%	2.339.361	1,460	4,4%
BHG		132.757	0,009	100,0%	53.543.870	3,724	100,0%

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

A Figura 59, apresenta a espacialização da produção de sedimentos na BHG no cenário atual.

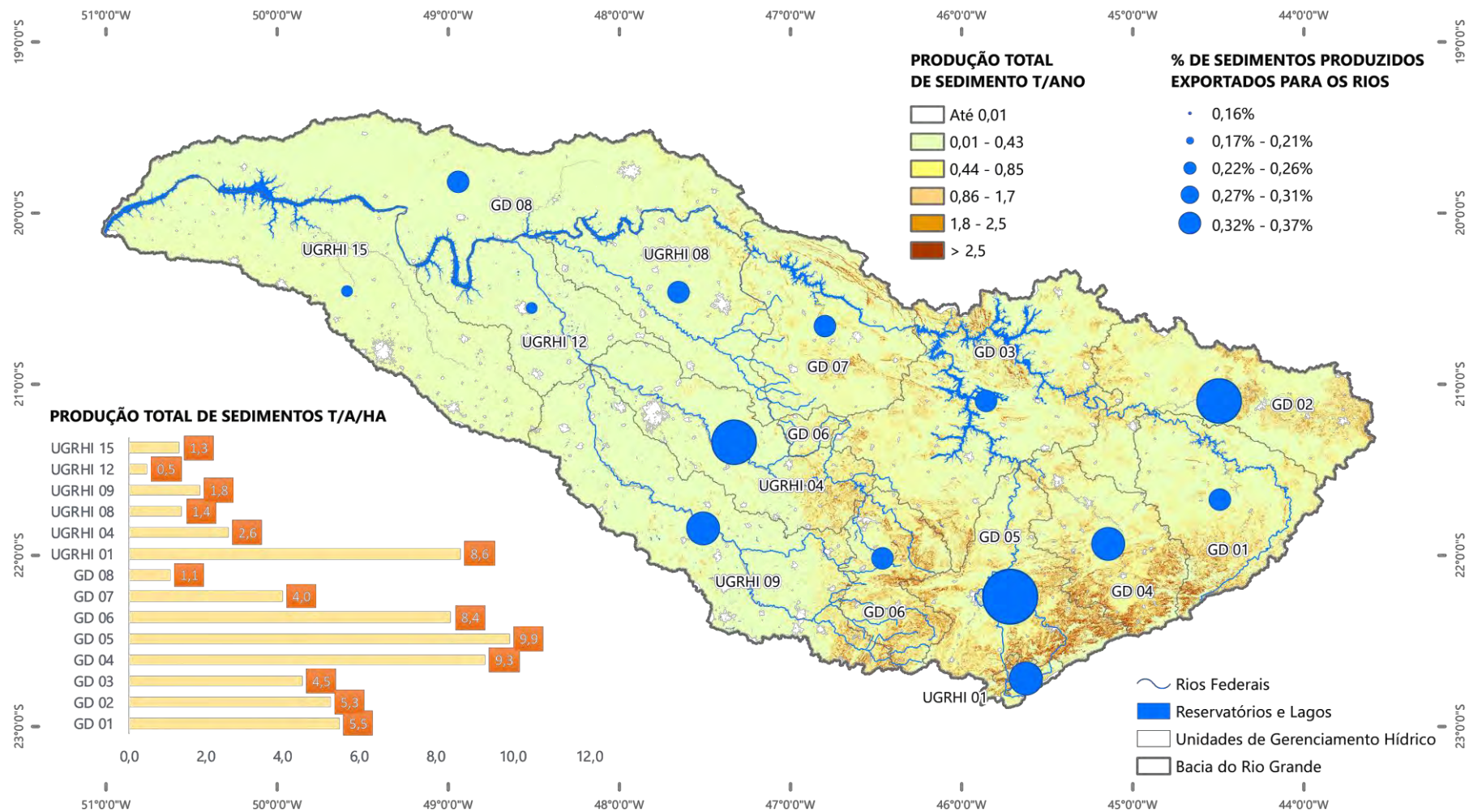


Figura 59: Produção de sedimentos no cenário atual.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021)

Cenários de comparação

Partindo dos resultados obtidos pelo cenário atual de uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, foram elaborados para fins de comparação da produção de sedimentos na bacia, mais dois cenários futuros, sendo um considerado bastante ambicioso e outro mais plausível.

O cenário ambicioso pressupõe que todas as APPs de cursos hídricos (matas ciliares e entorno de nascentes) serão restauradas mediante ao plantio de espécies arbóreas nativas. Embora intitulado como ambicioso, esse cenário espelha o previsto pelo Código Florestal (Lei nº12.651/2012), o qual estabelece-se que as faixas de APPs devem ter “a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”. Sendo assim, a restauração florestal de faixas atualmente cobertas por tipologias não florestais é uma ação necessária para recompor as funções ambientais que justificam o próprio conceito e existência das APPs.

Já o cenário plausível pressupõe que somente as APPs de nascentes e dos cursos hídricos de maior hierarquia fluvial, isto é, aquelas em que a legislação prevê APPs com 50 metros ou mais, serão restauradas mediante ao plantio de espécies arbóreas nativas. Adicionalmente, o cenário plausível considera que as áreas de maior produção de sedimento atual³¹ (porções de área de aproximadamente 900 m² com produção acima de 2,5 t/a), ocupadas atualmente por pastagens, serão recuperadas. O mapa da Figura 60 apresenta a cobertura da terra esperada para o cenário ambicioso e o mapa da Figura 61 espacializa a cobertura da terra esperada para o cenário plausível.

³¹ As áreas de maior produção de sedimentos foram mapeadas pelo InVEST quando da implementação do modelo para o cenário atual. O valor referência de 2,5 t/a foi adotado a partir da classificação dos resultados por desvio padrão, seguido da análise visual do histograma de frequência, objetivando abranger um percentual de área próximo a 15% do estabelecido no cenário ambicioso.

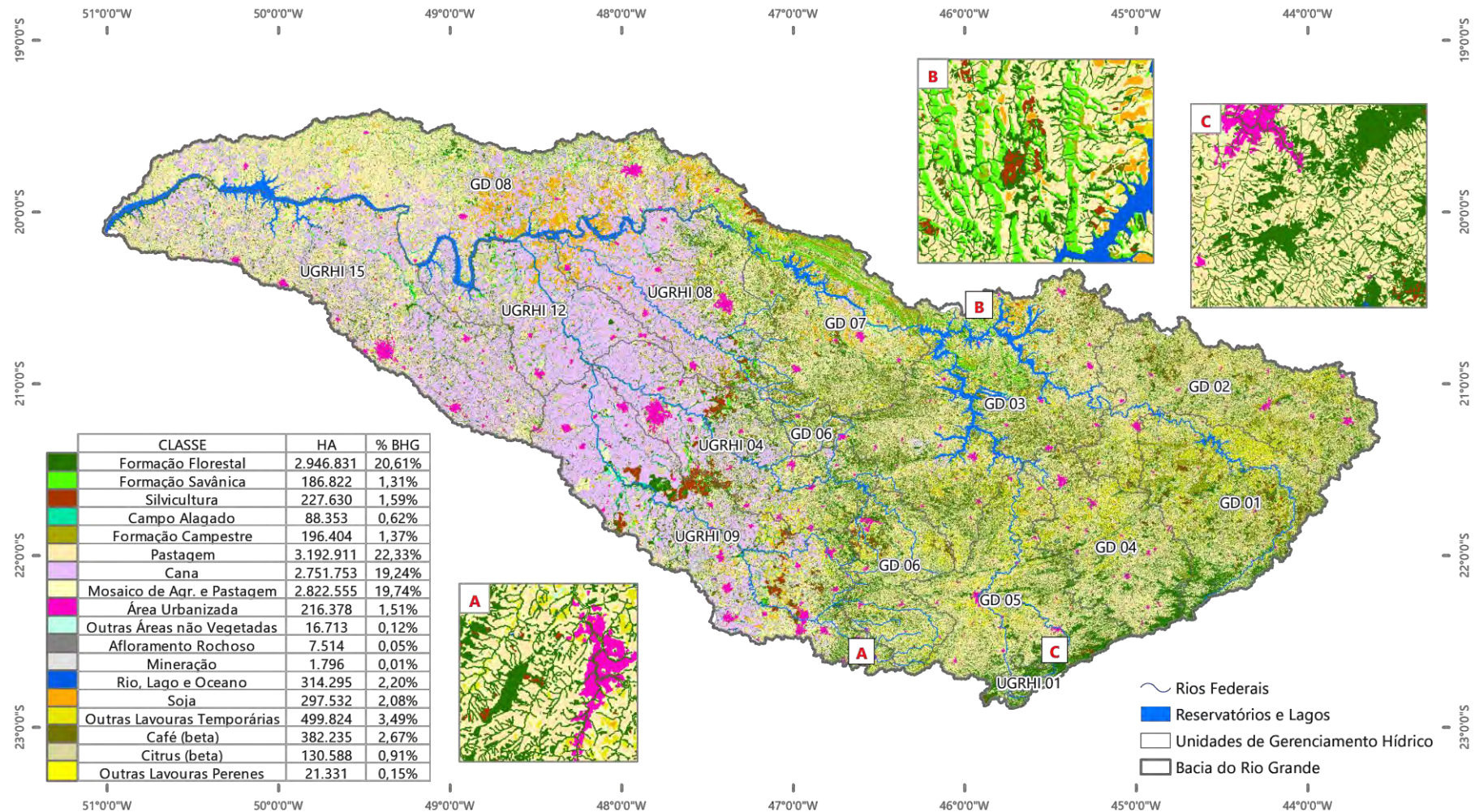


Figura 60: Cobertura da terra esperada para o cenário ambicioso.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

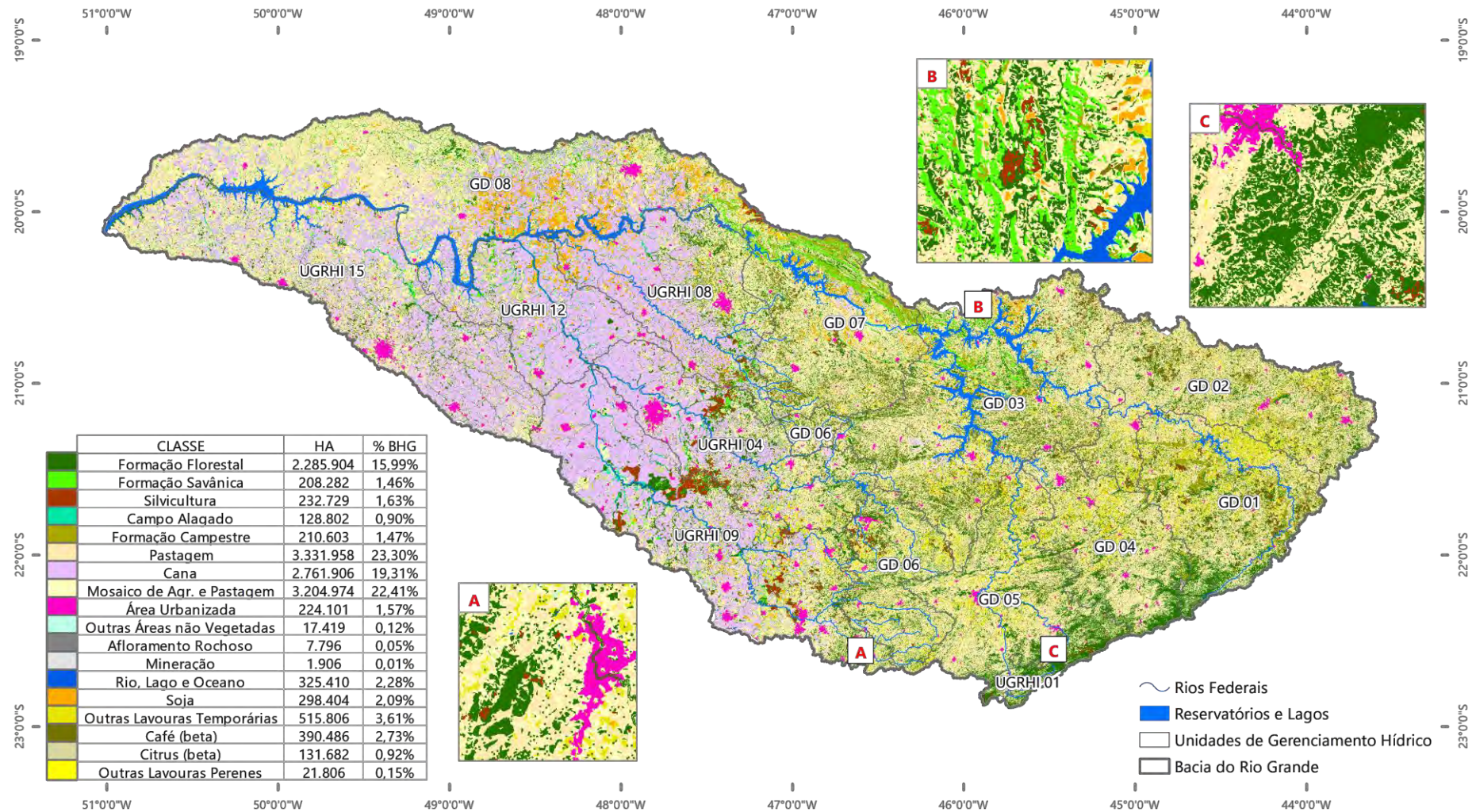


Figura 61: Cobertura da terra esperada para o cenário plausível.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

Após a inserção dos dados de cobertura da terra do cenário ambicioso, o SDR calculou a produção de sedimentos para a BHG e suas UGHs. A Tabela 227 apresenta os resultados, dos quais nota-se que produção estimada de sedimentos, seria de 0,006 t/ano/ha exportados para os rios e 3,124 t/ano/ha depositados na paisagem. Na perspectiva por UGH, os dados demonstram que a GD-05 e a GD-04 são as que apresentam as maiores taxas.

Tabela 227: Quantidade de sedimentos exportados para rios e depositados na paisagem para o cenário ambicioso.

ID	SIGLA	Exportados para rios			Depositados na paisagem		
		t/ano	t/ano/ha	%BHG	t/ano	t/ano/ha	%BHG
1	GD 01	6.246	0,007	7,3%	3.923.014	4,420	8,7%
2	GD 02	9.839	0,009	11,5%	3.919.104	3,684	8,7%
3	GD 03	11.913	0,007	13,9%	7.098.795	4,260	15,8%
4	GD 04	10.580	0,015	12,4%	5.351.283	7,688	11,9%
5	GD 05	16.883	0,019	19,8%	7.647.637	8,575	17,0%
6	GD 06	6.884	0,012	8,1%	1.495.178	2,498	3,3%
7	GD 07	5.811	0,006	6,8%	3.303.789	3,350	7,4%
8	GD 08	3.229	0,002	3,8%	1.629.979	0,871	3,6%
9	UGRHI 01	698	0,010	0,8%	12.704	0,188	0,0%
10	UGRHI 04	3.987	0,004	4,7%	3.706.275	4,139	8,3%
11	UGRHI 08	2.194	0,002	2,6%	1.279.901	1,391	2,8%
12	UGRHI 09	3.784	0,003	4,4%	3.103.815	2,058	6,9%
13	UGRHI 12	462	0,001	0,5%	288.518	0,400	0,6%
14	UGRHI 15	2.896	0,002	3,4%	2.152.153	1,343	4,8%
BHG		85.406	0,006	100,0%	44.912.143	3,124	100,0%

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Diante desse quadro, cabe analisar o quantitativo de áreas a serem restauradas por UGH e o impacto dessa restauração na redução do transporte de sedimentos em comparação com o cenário atual. Os dados da Tabela 228 demonstram que com a restauração de 819.166 hectares (5,7% da BHG), correspondente ao total de áreas de APPs de cursos hídricos ocupadas por tipologias não florestais, haveria uma redução de 47.350 t/ano de sedimentos exportados para os rios e 8.631.726 t/ano de sedimentos depositados na paisagem. Embora a GD-01 seja proporcionalmente a mais

necessitada em termos de restauração, a GD-05 possui a maior capacidade de redução da exportação de sedimentos tanto para os rios como na paisagem.

Tabela 228: Demanda por restauração florestal e comparativo da produção de sedimentos no cenário ambicioso em relação ao cenário atual.

ID	SIGLA	Restauração Florestal			Exportados para rios		Depositados na paisagem	
		ha	%UGH	%BHG	t/a	t/a/ha	t/a	t/a/ha
1	GD 01	90.513,4	10,2%	11,0%	-2.950,0	-0,003	-931.028,8	-1,049
2	GD 02	88.038,1	8,3%	10,7%	-5.989,6	-0,006	-754.229,6	-0,709
3	GD 03	117.391,1	7,0%	14,3%	-3.269,3	-0,002	-1.040.708,4	-0,625
4	GD 04	51.378,0	7,4%	6,3%	-6.082,2	-0,009	-1.100.719,1	-1,581
5	GD 05	65.786,7	7,4%	8,0%	-15.759,9	-0,018	-1.711.546,5	-1,919
6	GD 06	42.628,4	7,1%	5,2%	-3.079,7	-0,005	-308.987,3	-0,516
7	GD 07	74.984,6	7,6%	9,2%	-1.825,0	-0,002	-634.632,5	-0,643
8	GD 08	51.746,1	2,8%	6,3%	-647,8	0,000	-128.717,3	-0,069
9	UGRHI 01	5.303,0	7,8%	0,6%	-632,2	-0,009	-10.370,4	-0,153
10	UGRHI 04	49.484,8	5,5%	6,0%	-3.217,5	-0,004	-814.879,7	-0,910
11	UGRHI 08	28.787,7	3,1%	3,5%	-514,4	-0,001	-152.381,0	-0,166
12	UGRHI 09	69.194,8	4,6%	8,4%	-2.813,8	-0,002	-838.122,0	-0,556
13	UGRHI 12	17.253,8	2,4%	2,1%	-75,1	0,000	-18.195,4	-0,025
14	UGRHI 15	66.675,4	4,2%	8,1%	-493,6	0,000	-187.208,5	-0,117
BHG		819.166,1	5,7%	100,0%	-47.350,1	-0,003	-8.631.726,5	-0,600

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Com relação ao cenário plausível, a Tabela 229 apresenta os resultados da produção de sedimentos, onde nota-se uma redução de 0,007 t/ano/ha de sedimentos exportados para os rios e 3,346 t/ano/ha de sedimentos depositados na paisagem. Na perspectiva por UGH, a GD-05 e a GD-04 são as mais propensas, tanto para exportação de sedimentos para os cursos hídricos, como na paisagem.

Tabela 229: Quantidade de sedimentos exportados para rios e depositados na paisagem para o cenário plausível.

ID	SIGLA	Exportados para rios			Depositados na paisagem		
		t/ano	t/ano/ha	%BHG	t/ano	t/ano/ha	%BHG
1	GD 01	7.506	0,008	7,5%	4.430.930	4,992	9,2%
2	GD 02	12.610	0,012	12,5%	4.499.519	4,229	9,4%
3	GD 03	13.625	0,008	13,5%	7.687.108	4,613	16,0%
4	GD 04	11.579	0,017	11,5%	5.338.374	7,669	11,1%
5	GD 05	19.839	0,022	19,7%	7.568.890	8,486	15,7%
6	GD 06	7.551	0,013	7,5%	1.590.354	2,657	3,3%
7	GD 07	6.230	0,006	6,2%	3.383.158	3,430	7,0%
8	GD 08	3.578	0,002	3,6%	1.730.900	0,925	3,6%
9	UGRHI 01	848	0,013	0,8%	15.192	0,225	0,0%
10	UGRHI 04	5.809	0,006	5,8%	4.191.982	4,682	8,7%
11	UGRHI 08	2.513	0,003	2,5%	1.403.654	1,525	2,9%
12	UGRHI 09	5.222	0,003	5,2%	3.654.082	2,423	7,6%
13	UGRHI 12	508	0,001	0,5%	302.179	0,418	0,6%
14	UGRHI 15	3.267	0,002	3,2%	2.309.636	1,442	4,8%
BHG		100.685	0,007	100,0%	48.105.957	3,346	100,0%

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Assim como feito no cenário ambicioso, cabe analisar o quantitativo de áreas a serem restauradas por UGH e o impacto da restauração na redução do transporte de sedimentos em comparação com o cenário atual. Os dados da Tabela 230 demonstram que com a restauração de 303.764 hectares (2,1% da BHG), correspondente ao total de áreas de APPs com largura igual ou superior a 50 m atualmente cobertas por tipologias não florestais e de áreas de maior propensão a produção de sedimentos atualmente ocupadas por pastagem, haveria uma redução de 32.071 t/ano de sedimentos exportados para os rios e 5.437.912 t/ano de sedimentos depositados na paisagem. Novamente, a GD-05 aparece como relevante nesse contexto, pois além de ser a que proporcionalmente mais necessita de restauração, será a mais beneficiada em termos de redução de sedimentos exportados nos rios e depositados na paisagem.

Tabela 230: Demanda por restauração florestal e comparativo da produção de sedimentos no cenário plausível em relação ao cenário atual.

ID	SIGLA	Restauração Florestal			Exportados para rios		Depositados na paisagem	
		ha	%UGH	%BHG	t/a	t/a/ha	t/a	t/a/ha
1	GD 01	28.890,4	3,3%	9,5%	-1.689,9	-0,002	-423.112,6	-0,477
2	GD 02	26.918,6	2,5%	8,9%	-3.219,0	-0,003	-173.814,6	-0,163
3	GD 03	34.200,4	2,1%	11,3%	-1.557,5	-0,001	-452.395,2	-0,271
4	GD 04	31.589,8	4,5%	10,4%	-5.082,7	-0,007	-1.113.628,0	-1,600
5	GD 05	45.302,2	5,1%	14,9%	-12.804,1	-0,014	-1.790.293,1	-2,007
6	GD 06	17.278,4	2,9%	5,7%	-2.412,5	-0,004	-213.811,3	-0,357
7	GD 07	27.908,7	2,8%	9,2%	-1.406,7	-0,001	-555.263,9	-0,563
8	GD 08	10.064,0	0,5%	3,3%	-298,8	0,000	-27.796,5	-0,015
9	UGRHI 01	2.690,3	4,0%	0,9%	-482,6	-0,007	-7.882,2	-0,117
10	UGRHI 04	15.739,8	1,8%	5,2%	-1.395,0	-0,002	-329.173,5	-0,368
11	UGRHI 08	10.874,4	1,2%	3,6%	-194,9	0,000	-28.627,2	-0,031
12	UGRHI 09	24.948,6	1,7%	8,2%	-1.375,1	-0,001	-287.855,3	-0,191
13	UGRHI 12	6.967,7	1,0%	2,3%	-29,4	0,000	-4.534,5	-0,006
14	UGRHI 15	20.391,1	1,3%	6,7%	-123,0	0,000	-29.724,6	-0,019
BHG		303.764,3	2,1%	100,0%	-32.071,4	-0,002	-5.437.912,5	-0,378

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

De forma a enfatizar a comparação dos cenários e sintetizar os resultados, apresenta-se o comparativo em percentual da produção de sedimentos nos dois cenários futuros em relação ao cenário atual. A Tabela 231 demonstra que com a concretização do cenário ambicioso, haveria a redução de 35% de sedimentos exportados nos rios e redução de 16% de sedimentos depositados na paisagem. Já no cenário plausível as reduções seriam de 24% e 10% respectivamente. A GD-05 é a unidade com maior impacto de redução em ambos os cenários para a redução de sedimentos exportados para os rios.

Tabela 231: Comparação percentual da produção de sedimentos nos cenários futuros em relação ao cenário atual.

ID	SIGLA	Exportados para rios		Depositados na paisagem	
		Ambicioso	Plausível	Ambicioso	Plausível
1	GD 01	-32,1%	-18,4%	-19,2%	-8,7%
2	GD 02	-37,8%	-20,3%	-16,1%	-3,7%
3	GD 03	-21,5%	-10,3%	-12,8%	-5,6%
4	GD 04	-36,5%	-30,5%	-17,1%	-17,3%
5	GD 05	-48,3%	-39,2%	-18,3%	-19,1%
6	GD 06	-30,9%	-24,2%	-17,1%	-11,9%
7	GD 07	-23,9%	-18,4%	-16,1%	-14,1%
8	GD 08	-16,7%	-7,7%	-7,3%	-1,6%
9	UGRHI 01	-47,5%	-36,3%	-44,9%	-34,2%
10	UGRHI 04	-44,7%	-19,4%	-18,0%	-7,3%
11	UGRHI 08	-19,0%	-7,2%	-10,6%	-2,0%
12	UGRHI 09	-42,6%	-20,8%	-21,3%	-7,3%
13	UGRHI 12	-14,0%	-5,5%	-5,9%	-1,5%
14	UGRHI 15	-14,6%	-3,6%	-8,0%	-1,3%
BHG		-35,7%	-24,2%	-16,1%	-10,2%

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Outra métrica comparativa é a eficiência da restauração florestal, utilizada para representar o quanto cada hectare reflorestado é capaz de contribuir para a redução na de sedimento. A Tabela 232 mostra que a restauração de um hectare na BHG é capaz de reduzir 0,058 t/a de sedimentos depositados nos rios no cenário ambicioso e 0,106 t/a no cenário plausível. Em relação aos sedimentos depositados na paisagem, a diferença entre os cenários é ligeiramente menor, onde cada hectare restaurado na BHG é capaz de reduzir 10,537 t/a no cenário ambicioso e 17,902 t/a no cenário plausível.

Tabela 232: Comparativo da eficiência florestal nos cenários futuros.

ID	SIGLA	Exportados para rios		Depositados na paisagem	
		Cen 1	Cen 2	Cen 1	Cen 2
1	GD 01	-0,033	-0,058	-10,286	-14,645
2	GD 02	-0,068	-0,120	-8,567	-6,457
3	GD 03	-0,028	-0,046	-8,865	-13,228
4	GD 04	-0,118	-0,161	-21,424	-35,253
5	GD 05	-0,240	-0,283	-26,017	-39,519
6	GD 06	-0,072	-0,140	-7,248	-12,374
7	GD 07	-0,024	-0,050	-8,464	-19,896
8	GD 08	-0,013	-0,030	-2,487	-2,762
9	UGRHI 01	-0,119	-0,179	-1,956	-2,930
10	UGRHI 04	-0,065	-0,089	-16,467	-20,913
11	UGRHI 08	-0,018	-0,018	-5,293	-2,633
12	UGRHI 09	-0,041	-0,055	-12,112	-11,538
13	UGRHI 12	-0,004	-0,004	-1,055	-0,651
14	UGRHI 15	-0,007	-0,006	-2,808	-1,458
BHG		-0,058	-0,106	-10,537	-17,902

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Por fim, o mapa da Figura 62 espacializa a síntese da produção de sedimentos exportados para os cursos hídricos no cenário plausível.

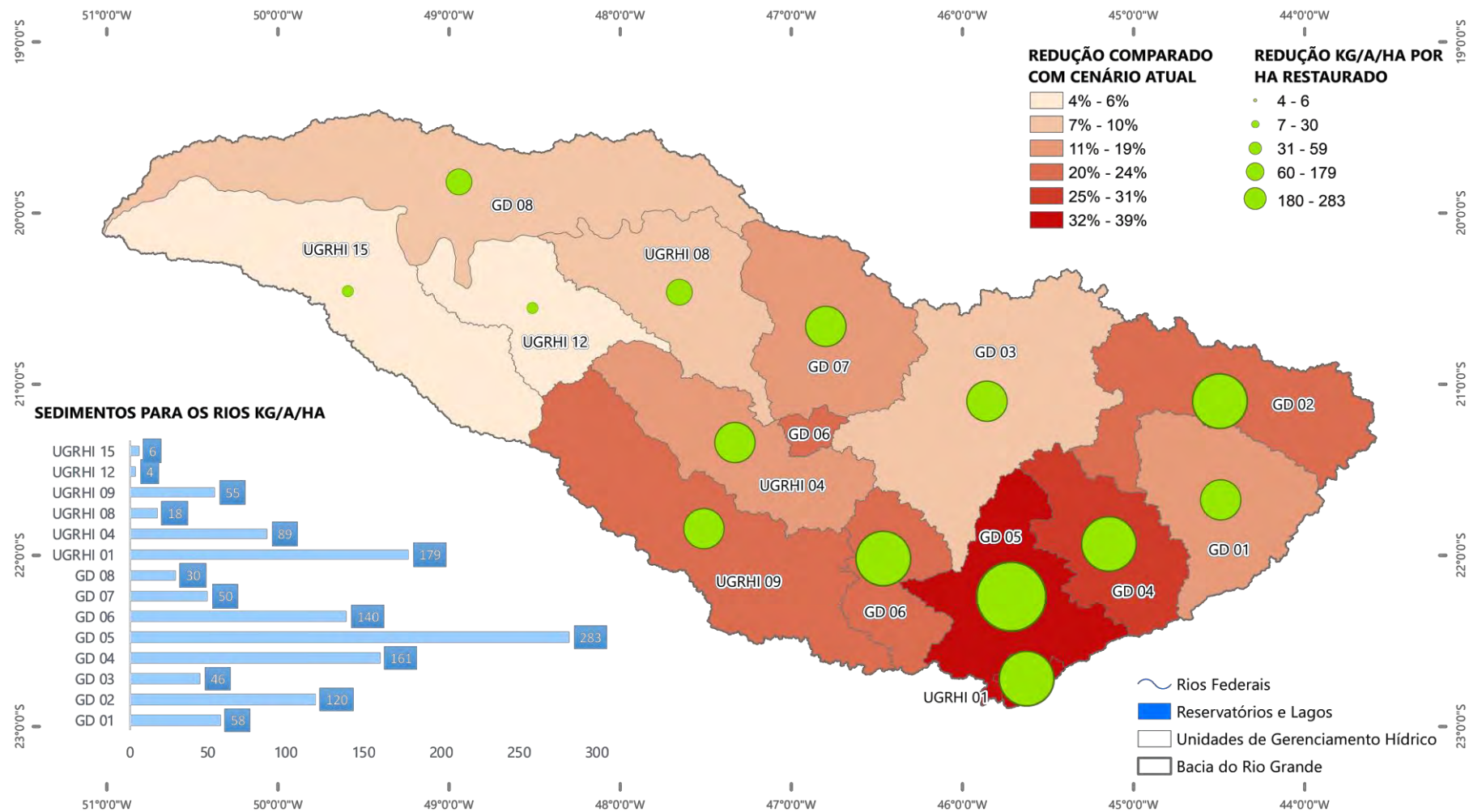


Figura 62: Produção de sedimento e eficiência florestal na produção de sedimentos exportados para os rios no cenário plausível.

Elaborado por Consórcio EnvEx-Ferma (2021).

Considerações finais

Embora o SDR apresente limitações técnicas como a não contemplação de processos erosivos específicos como erosão de margem e erosões causadas por escorregamentos e deslizamentos de massas, normalmente associados a eventos de precipitação intensa, seu principal ganho não é a estimativa precisa e quantitativa da produção de sedimentos, mas sim, a comparação dessa produção em diferentes cenários de uso e ocupação de uma mesma bacia hidrográfica. Nesse sentido, os quantitativos aqui apresentados, embora condizentes em termos de ordem de grandeza com outros trabalhos semelhantes, são indicativos da distância encontrada entre os cenários, até pela não calibração do modelo.

No caso do BHG, verificou-se uma grande variação da produção de sedimentos, tanto nos cenários comparativos, como nas próprias UGHs. Tal constatação, justificada pela ampla abrangência territorial e pela alta diversidade de características físicas e antrópicas existentes na bacia, evidencia a importância de se conhecer onde a aplicação dos recursos financeiros para implementação de ações de combate e minimização dos processos erosivos surtiriam os melhores efeitos.

Como resposta a esta demanda, o SDR apontou que as unidades UGRHI-01, GD-05, GD-04 e UGRHI-09, são as mais sensíveis as mudanças de uso e cobertura da terra, fazendo com que a gestão territorial deva priorizar a promoção e manutenção da vegetação florestal, principalmente em APPs e locais que reúnem aspectos favoráveis aos processos erosivos, tais como a maior incidência de chuva, presença de média e alta declividade e tipologias de solo de maior erodibilidade.

Além disso, o SDR mostrou que as unidades GD-05, UGRHI-01, GD-04, GD-06 e GD-07 são potencialmente mais capazes de responder, de forma assertiva e eficiente, aos investimentos a serem realizados no plantio florestal ou técnicas de regeneração

florestal. Na GD-05, por exemplo, um hectare plantado em APPs, pode ser responsável por uma redução de 0,240 a 0,283 t/a de sedimentos que chegam aos cursos hídricos.

VIABILIZAÇÃO E FOMENTO À AGENDA SETORIAL: MUNICÍPIOS SELECIONADOS EM CADA CENÁRIO DE COBRANÇA

Apresentam-se aqui os resultados da identificação dos municípios onde recaem as ações da Agenda Setorial, tal como abordada no capítulo 4. O Cenário 6, que não contempla ações de viabilização ou fomento à Agenda Setorial trazida pelo PIRH-Grande, é suprimido das tabelas abaixo para facilitar a visualização. As tabelas abordam a seleção de municípios para a Agenda Setorial de Universalização da coleta e tratamento de esgoto, Controle de perdas de água na distribuição e Promoção do reúso da água na agricultura irrigada. A Agenda Setorial de Infraestrutura Natural é apresentada no item anterior deste Apêndice, uma vez que sua lógica de espacialização é física e perpassa a identificação das áreas prioritárias para a geração de serviços ecossistêmicos.

Tabela 233: Municípios selecionados para viabilização e fomento da Agenda Setorial de universalização da coleta e tratamento de esgoto.

Município	Sub Bacia	Cen. 1	Cen. 2	Cen. 3	Cen. 4	Cen. 5
Aiuruoca - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Alagoa - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Andrelândia - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Arantina - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Bocaina de Minas - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Bom Jardim de Minas - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Carrancas - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Carvalhos - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Ingaí - MG	GD 01	-	Sim	Sim	-	Sim
Itumirim - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Itutinga - MG	GD 01	Sim	-	-	-	-

Liberdade - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Luminárias - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Madre de Deus de Minas - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Nazareno - MG	GD 01	-	Sim	Sim	-	Sim
Piedade do Rio Grande - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Santana do Garambéu - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
São Vicente de Minas - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Seritinga - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Serranos - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Alfredo Vasconcelos - MG	GD 02	-	Sim	-	-	-
Antônio Carlos - MG	GD 02	-	Sim	-	-	-
Barbacena - MG	GD 02	-	-	Sim	-	Sim
Carandaí - MG	GD 02	-	Sim	Sim	-	Sim
Carmo da Cachoeira - MG	GD 02	-	Sim	-	-	-
Coronel Xavier Chaves - MG	GD 02	-	Sim	-	-	-
Dores de Campos - MG	GD 02	-	Sim	-	-	-
Ibituruna - MG	GD 02	-	Sim	-	-	-
Lagoa Dourada - MG	GD 02	-	Sim	-	-	-
Lavras - MG	GD 02	Sim	-	Sim	-	Sim
Ressaquinha - MG	GD 02	-	Sim	-	-	-
Ribeirão Vermelho - MG	GD 02	Sim	Sim	-	-	-
Ritópolis - MG	GD 02	-	Sim	-	-	-
Santa Cruz de Minas - MG	GD 02	-	Sim	-	-	-
Santa Rita de Ibitipoca - MG	GD 02	-	Sim	-	-	-
Santana do Jacaré - MG	GD 02	-	Sim	-	-	-
São Bento Abade - MG	GD 02	-	Sim	-	-	-
São Francisco de Paula - MG	GD 02	-	Sim	-	-	-
Tiradentes - MG	GD 02	-	Sim	-	-	-
Aguanil - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Areado - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Camacho - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Campestre - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Campo Belo - MG	GD 03	-	-	Sim	-	Sim
Campo do Meio - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-

Campos Gerais - MG	GD 03	Sim	Sim	-	-	-
Candeias - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Capitório - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Carmo do Rio Claro - MG	GD 03	Sim	-	-	-	-
Conceição da Aparecida - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Cristais - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Divisa Nova - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Fama - MG	GD 03	Sim	Sim	-	-	-
Guapé - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Ilicínea - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Juruaia - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Monte Belo - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Muzambinho - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Nova Resende - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Perdões - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Poço Fundo - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Três Pontas - MG	GD 03	-	-	Sim	-	Sim
Cambuquira - MG	GD 04	-	Sim	Sim	-	Sim
Campanha - MG	GD 04	-	Sim	Sim	-	Sim
Carmo de Minas - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Conceição do Rio Verde - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Cristina - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Cruzília - MG	GD 04	-	Sim	Sim	-	Sim
Dom Viçoso - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Itamonte - MG	GD 04	Sim	Sim	-	-	-
Itanhandu - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Jesuânia - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Olímpio Noronha - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Passa Quatro - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Pouso Alto - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
São Sebastião do Rio Verde - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
São Thomé das Letras - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Soledade de Minas - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Virgínia - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-

Brazópolis - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Cachoeira de Minas - MG	GD 05	Sim	Sim	-	-	-
Cambuí - MG	GD 05	-	-	Sim	-	Sim
Careaçu - MG	GD 05	Sim	Sim	-	-	-
Conceição das Pedras - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Conceição dos Ouros - MG	GD 05	Sim	Sim	-	-	-
Congonhal - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Consolação - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Cordislândia - MG	GD 05	Sim	Sim	-	-	-
Córrego do Bom Jesus - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Delfim Moreira - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Espírito Santo do Dourado - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Estiva - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Heliodora - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Itajubá - MG	GD 05	Sim	-	-	-	-
Maria da Fé - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Marmelópolis - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Monsenhor Paulo - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Natércia - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Paraguaçu - MG	GD 05	Sim	-	-	-	-
Paraisópolis - MG	GD 05	Sim	Sim	-	-	-
Piranguçu - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Piranguinho - MG	GD 05	Sim	Sim	-	-	-
Santa Rita do Sapucaí - MG	GD 05	Sim	-	-	-	-
São Gonçalo do Sapucaí - MG	GD 05	Sim	Sim	Sim	-	Sim
São João da Mata - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
São José do Alegre - MG	GD 05	Sim	Sim	-	-	-
São Sebastião da Bela Vista - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Sapucaí-Mirim - MG	GD 05	Sim	Sim	-	-	-
Senador Amaral - MG	GD 05	Sim	Sim	-	-	-
Senador José Bento - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Silvianópolis - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Turvolândia - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Wenceslau Braz - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-

Albertina - MG	GD 06	-	Sim	-	-	-
Andradas - MG	GD 06	Sim	-	Sim	-	Sim
Arceburgo - MG	GD 06	-	Sim	-	-	-
Bandeira do Sul - MG	GD 06	-	Sim	-	-	-
Bom Repouso - MG	GD 06	Sim	-	-	-	-
Botelhos - MG	GD 06	Sim	Sim	Sim	-	Sim
Bueno Brandão - MG	GD 06	Sim	-	-	-	-
Caldas - MG	GD 06	-	Sim	-	-	-
Guaranésia - MG	GD 06	Sim	Sim	-	-	-
Guaxupé - MG	GD 06	Sim	-	Sim	-	Sim
Ibitiúra de Minas - MG	GD 06	Sim	Sim	-	-	-
Inconfidentes - MG	GD 06	-	Sim	-	-	-
Ipuiúna - MG	GD 06	Sim	Sim	-	-	-
Jacutinga - MG	GD 06	-	Sim	-	-	-
Monte Santo de Minas - MG	GD 06	-	Sim	-	-	-
Munhoz - MG	GD 06	Sim	Sim	-	-	-
Ouro Fino - MG	GD 06	-	Sim	-	-	-
Poços de Caldas - MG	GD 06	-	-	Sim	-	Sim
Santa Rita de Caldas - MG	GD 06	-	Sim	-	-	-
Tocos do Moji - MG	GD 06	-	Sim	-	-	-
Bom Jesus da Penha - MG	GD 07	-	Sim	-	-	-
Cássia - MG	GD 07	-	Sim	-	-	-
Claraval - MG	GD 07	-	Sim	-	-	-
Delfinópolis - MG	GD 07	Sim	Sim	-	-	-
Fortaleza de Minas - MG	GD 07	-	Sim	-	-	-
Ibiraci - MG	GD 07	Sim	Sim	-	-	-
Itamogi - MG	GD 07	Sim	Sim	-	-	-
Itaú de Minas - MG	GD 07	-	Sim	-	-	-
Jacuí - MG	GD 07	-	Sim	-	-	-
Pratápolis - MG	GD 07	-	Sim	Sim	-	Sim
São Pedro da União - MG	GD 07	-	Sim	-	-	-
São Sebastião do Paraíso - MG	GD 07	-	-	Sim	-	Sim
São Tomás de Aquino - MG	GD 07	-	Sim	-	-	-
Campo Florido - MG	GD 08	-	Sim	-	-	-

Conceição das Alagoas - MG	GD 08	-	Sim	-	-	-
Conquista - MG	GD 08	-	Sim	-	-	-
Delta - MG	GD 08	-	Sim	-	-	-
Fronteira - MG	GD 08	Sim	Sim	-	-	-
Itapagipe - MG	GD 08	Sim	Sim	Sim	-	Sim
Iturama - MG	GD 08	Sim	-	Sim	-	Sim
Pirajuba - MG	GD 08	-	Sim	-	-	-
São Francisco de Sales - MG	GD 08	-	Sim	-	-	-
Uberaba - MG	GD 08	-	-	Sim	-	Sim
Veríssimo - MG	GD 08	-	Sim	-	-	-
Campos do Jordão - SP	UGRHI 01	-	-	Sim	-	Sim
Santo Antônio do Pinhal - SP	UGRHI 01	Sim	-	-	-	-
Caconde - SP	UGRHI 04	Sim	Sim	-	-	-
Jardinópolis - SP	UGRHI 04	-	Sim	-	-	-
Mococa - SP	UGRHI 04	Sim	-	-	-	-
Sales Oliveira - SP	UGRHI 04	-	Sim	-	-	-
Santa Cruz da Esperança - SP	UGRHI 04	Sim	-	-	-	-
São José do Rio Pardo - SP	UGRHI 04	Sim	-	-	-	-
São Simão - SP	UGRHI 04	-	Sim	-	-	-
Serrana - SP	UGRHI 04	Sim	Sim	-	-	-
Tambaú - SP	UGRHI 04	Sim	-	-	-	-
Vargem Grande do Sul - SP	UGRHI 04	-	-	Sim	-	Sim
Aramina - SP	UGRHI 08	-	Sim	-	-	-
Guaíra - SP	UGRHI 08	Sim	-	-	-	-
Ituverava - SP	UGRHI 08	Sim	-	-	-	-
Patrocínio Paulista - SP	UGRHI 08	Sim	-	-	-	-
Pedregulho - SP	UGRHI 08	-	-	Sim	-	Sim
Rifaina - SP	UGRHI 08	Sim	-	-	-	-
São Joaquim da Barra - SP	UGRHI 08	-	Sim	-	-	-
Aguai - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Américo Brasiliense - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Araras - SP	UGRHI 09	Sim	-	Sim	-	Sim
Dumont - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Estiva Gerbi - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-

Itapira - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
Lindóia - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	-	-	-
Mogi Guaçu - SP	UGRHI 09	Sim	-	Sim	-	Sim
Pitangueiras - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	-	-	-
Porto Ferreira - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
Rincão - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Santa Rita do Passa Quatro - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
São João da Boa Vista - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
Socorro - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
Barretos - SP	UGRHI 12	-	-	Sim	-	Sim
Bebedouro - SP	UGRHI 12	-	-	Sim	-	Sim
Colômbia - SP	UGRHI 12	Sim	-	-	-	-
Orlândia - SP	UGRHI 12	-	-	Sim	-	Sim
Ariranha - SP	UGRHI 15	-	Sim	-	-	-
Cedral - SP	UGRHI 15	-	Sim	-	-	-
Palestina - SP	UGRHI 15	-	-	Sim	-	Sim
Paraíso - SP	UGRHI 15	-	Sim	-	-	-
São José do Rio Preto - SP	UGRHI 15	-	-	Sim	-	Sim
Uchoa - SP	UGRHI 15	-	Sim	-	-	-

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Tabela 234: Municípios selecionados para viabilização e fomento da Agenda Setorial de controle de perdas de água na distribuição.

Município	Sub Bacia	Cen. 1	Cen. 2	Cen. 3	Cen. 4	Cen. 5
Alagoa - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Bocaina de Minas - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Carrancas - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Luminárias - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Santana do Garambéu - MG	GD 01	-	Sim	-	-	-
Dores de Campos - MG	GD 02	-	Sim	-	-	-
Lavras - MG	GD 02	Sim	-	-	-	-
Ribeirão Vermelho - MG	GD 02	Sim	-	-	-	-

Santa Cruz de Minas - MG	GD 02	-	Sim	-	-	-
Alfenas - MG	GD 03	Sim	-	-	-	-
Boa Esperança - MG	GD 03	Sim	Sim	-	-	-
Campo do Meio - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Guapé - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Nepomuceno - MG	GD 03	-	Sim	-	-	-
Cambuquira - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Dom Viçoso - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Itamonte - MG	GD 04	Sim	-	-	-	-
Jesuânia - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Lambari - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Pouso Alto - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Soledade de Minas - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Três Corações - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Virgínia - MG	GD 04	-	Sim	-	-	-
Cambuí - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Conceição das Pedras - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Conceição dos Ouros - MG	GD 05	Sim	-	-	-	-
Córrego do Bom Jesus - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Delfim Moreira - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Paraisópolis - MG	GD 05	Sim	-	Sim	Sim	-
Piranguinho - MG	GD 05	Sim	-	-	-	-
Pouso Alegre - MG	GD 05	Sim	-	Sim	Sim	-
Santa Rita do Sapucaí - MG	GD 05	Sim	-	-	-	-
São Gonçalo do Sapucaí - MG	GD 05	Sim	-	-	-	-
São Sebastião da Bela Vista - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Senador José Bento - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Silvianópolis - MG	GD 05	-	Sim	-	-	-
Albertina - MG	GD 06	-	Sim	-	-	-
Andradas - MG	GD 06	Sim	Sim	-	-	-
Guaxupé - MG	GD 06	Sim	-	-	-	-
Ibitiúra de Minas - MG	GD 06	Sim	-	-	-	-
Jacutinga - MG	GD 06	-	Sim	-	-	-
Monte Sião - MG	GD 06	Sim	-	-	-	-

Poços de Caldas - MG	GD 06	-	Sim	-	-	-
Tocos do Moji - MG	GD 06	-	Sim	-	-	-
Ibiraci - MG	GD 07	Sim	-	-	-	-
Passos - MG	GD 07	Sim	-	Sim	Sim	-
Conceição das Alagoas - MG	GD 08	-	Sim	-	-	-
Delta - MG	GD 08	-	Sim	-	-	-
Fronteira - MG	GD 08	Sim	-	-	-	-
Itapagipe - MG	GD 08	Sim	-	-	-	-
Iturama - MG	GD 08	Sim	-	-	-	-
Uberaba - MG	GD 08	-	Sim	-	-	-
Santo Antônio do Pinhal - SP	UGRHI 01	Sim	-	-	-	-
Altinópolis - SP	UGRHI 04	-	Sim	-	-	-
Caconde - SP	UGRHI 04	Sim	Sim	-	-	-
Cravinhos - SP	UGRHI 04	-	Sim	-	-	-
Jardinópolis - SP	UGRHI 04	-	Sim	-	-	-
Mococa - SP	UGRHI 04	Sim	-	-	-	-
Ribeirão Preto - SP	UGRHI 04	-	Sim	-	-	-
Sales Oliveira - SP	UGRHI 04	-	Sim	-	-	-
Serrana - SP	UGRHI 04	Sim	Sim	-	-	-
Aramina - SP	UGRHI 08	-	Sim	-	-	-
Franca - SP	UGRHI 08	Sim	-	-	-	-
Guáira - SP	UGRHI 08	Sim	Sim	Sim	Sim	-
Guará - SP	UGRHI 08	-	Sim	-	-	-
Igarapava - SP	UGRHI 08	Sim	-	-	-	-
Ipuã - SP	UGRHI 08	-	Sim	-	-	-
Ituverava - SP	UGRHI 08	Sim	Sim	-	-	-
Patrocínio Paulista - SP	UGRHI 08	Sim	Sim	-	-	-
Santo Antônio da Alegria - SP	UGRHI 08	-	Sim	-	-	-
São Joaquim da Barra - SP	UGRHI 08	-	Sim	-	-	-
São José da Bela Vista - SP	UGRHI 08	-	Sim	-	-	-
Aguai - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Águas de Lindóia - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Américo Brasiliense - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Araras - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-

Conchal - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Dumont - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Engenheiro Coelho - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Espírito Santo do Pinhal - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
Estiva Gerbi - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Itapira - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	Sim	Sim	-
Jaboticabal - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Leme - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Lindóia - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
Luís Antônio - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Mogi Guaçu - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	Sim	Sim	-
Moji Mirim - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Motuca - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Pirassununga - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	-	-	-
Pitangueiras - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	-	-	-
Porto Ferreira - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
Pradópolis - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Rincão - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Santa Cruz da Conceição - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Santa Cruz das Palmeiras - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Santa Rita do Passa Quatro - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
São João da Boa Vista - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
Sertãozinho - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	-	-	-
Socorro - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
Taquaral - SP	UGRHI 09	-	Sim	-	-	-
Bebedouro - SP	UGRHI 12	-	Sim	-	-	-
Colina - SP	UGRHI 12	-	Sim	-	-	-
Colômbia - SP	UGRHI 12	Sim	Sim	-	-	-
Morro Agudo - SP	UGRHI 12	-	Sim	-	-	-
Orlândia - SP	UGRHI 12	-	Sim	-	-	-
Viradouro - SP	UGRHI 12	-	Sim	-	-	-
Ariranha - SP	UGRHI 15	-	Sim	-	-	-
Cedral - SP	UGRHI 15	-	Sim	-	-	-
Embaúba - SP	UGRHI 15	-	Sim	-	-	-

Guapiaçu - SP	UGRHI 15	-	Sim	-	-	-
Mirassolândia - SP	UGRHI 15	-	Sim	-	-	-
Monte Azul Paulista - SP	UGRHI 15	-	Sim	-	-	-
Novais - SP	UGRHI 15	-	Sim	-	-	-
Paraíso - SP	UGRHI 15	-	Sim	-	-	-
Pindorama - SP	UGRHI 15	-	Sim	-	-	-
Severínia - SP	UGRHI 15	-	Sim	-	-	-
Taiúva - SP	UGRHI 15	-	Sim	-	-	-
Uchoa - SP	UGRHI 15	-	Sim	-	-	-

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Tabela 235: Municípios selecionados para viabilização e fomento da Agenda Setorial de promoção do reúso da água na agricultura irrigada.

Município	Sub Bacia	Cen. 1	Cen. 2	Cen. 3	Cen. 4	Cen. 5
Minduri - MG	GD 01	Sim	-	-	-	-
Barbacena - MG	GD 02	Sim	Sim	Sim	Sim	-
Ibertioga - MG	GD 02	Sim	-	-	-	-
Ijaci - MG	GD 02	Sim	-	-	-	-
Lavras - MG	GD 02	Sim	Sim	-	-	-
Prados - MG	GD 02	Sim	Sim	-	-	-
Santo Antônio do Amparo - MG	GD 02	Sim	Sim	-	-	-
São João del Rei - MG	GD 02	Sim	Sim	Sim	Sim	-
Alfenas - MG	GD 03	Sim	-	-	-	-
Alterosa - MG	GD 03	Sim	-	-	-	-
Boa Esperança - MG	GD 03	Sim	-	-	-	-
Cabo Verde - MG	GD 03	Sim	-	Sim	Sim	-
Campo Belo - MG	GD 03	Sim	-	-	-	-
Cana Verde - MG	GD 03	Sim	Sim	-	-	-
Carmo do Rio Claro - MG	GD 03	Sim	-	-	-	-
Coqueiral - MG	GD 03	Sim	-	-	-	-
Machado - MG	GD 03	Sim	Sim	-	-	-
Nepomuceno - MG	GD 03	Sim	-	-	-	-

Pimenta - MG	GD 03	Sim	-	-	-	-
Santana da Vargem - MG	GD 03	Sim	-	-	-	-
Serrania - MG	GD 03	Sim	-	-	-	-
Três Corações - MG	GD 04	Sim	Sim	Sim	Sim	-
Varginha - MG	GD 04	Sim	Sim	-	-	-
Carvalhópolis - MG	GD 05	Sim	-	-	-	-
Gonçalves - MG	GD 05	Sim	Sim	-	-	-
Paraguaçu - MG	GD 05	Sim	-	Sim	Sim	-
Pedralva - MG	GD 05	Sim	-	-	-	-
Pouso Alegre - MG	GD 05	Sim	Sim	Sim	Sim	-
Santa Rita do Sapucaí - MG	GD 05	Sim	Sim	-	-	-
Andradas - MG	GD 06	Sim	Sim	-	-	-
Bom Repouso - MG	GD 06	Sim	Sim	-	-	-
Bueno Brandão - MG	GD 06	Sim	Sim	-	-	-
Poços de Caldas - MG	GD 06	Sim	Sim	Sim	Sim	-
Alpinópolis - MG	GD 07	Sim	-	-	-	-
Capetinga - MG	GD 07	Sim	-	-	-	-
Passos - MG	GD 07	Sim	-	Sim	Sim	-
São João Batista do Glória - MG	GD 07	Sim	Sim	Sim	Sim	-
São José da Barra - MG	GD 07	Sim	-	-	-	-
Água Comprida - MG	GD 08	Sim	-	-	-	-
Campina Verde - MG	GD 08	Sim	Sim	-	-	-
Comendador Gomes - MG	GD 08	Sim	-	-	-	-
Frutal - MG	GD 08	Sim	-	-	-	-
Planura - MG	GD 08	Sim	-	Sim	Sim	-
Sacramento - MG	GD 08	Sim	-	Sim	Sim	-
Uberaba - MG	GD 08	Sim	Sim	Sim	Sim	-
Santo Antônio do Pinhal - SP	UGRHI 01	Sim	-	-	-	-
Altinópolis - SP	UGRHI 04	Sim	-	-	-	-
Brodowski - SP	UGRHI 04	Sim	Sim	-	-	-
Casa Branca - SP	UGRHI 04	Sim	-	Sim	Sim	-
Cássia dos Coqueiros - SP	UGRHI 04	Sim	-	-	-	-
Itobi - SP	UGRHI 04	Sim	-	Sim	Sim	-
Santa Cruz da Esperança - SP	UGRHI 04	Sim	-	-	-	-

Santa Rosa de Viterbo - SP	UGRHI 04	Sim	Sim	-	-	-
São José do Rio Pardo - SP	UGRHI 04	Sim	Sim	-	-	-
Tambaú - SP	UGRHI 04	Sim	-	-	-	-
Tapiratiba - SP	UGRHI 04	Sim	Sim	-	-	-
Batatais - SP	UGRHI 08	Sim	Sim	-	-	-
Buritizal - SP	UGRHI 08	Sim	-	-	-	-
Cristais Paulista - SP	UGRHI 08	Sim	Sim	-	-	-
Guaíra - SP	UGRHI 08	Sim	-	Sim	Sim	-
Guará - SP	UGRHI 08	Sim	-	-	-	-
Itirapuã - SP	UGRHI 08	Sim	Sim	-	-	-
Ituverava - SP	UGRHI 08	Sim	Sim	-	-	-
Jeriquara - SP	UGRHI 08	Sim	-	-	-	-
Miguelópolis - SP	UGRHI 08	Sim	-	Sim	Sim	-
Nuporanga - SP	UGRHI 08	Sim	Sim	Sim	Sim	-
Patrocínio Paulista - SP	UGRHI 08	Sim	-	-	-	-
Pedregulho - SP	UGRHI 08	Sim	-	-	-	-
Restinga - SP	UGRHI 08	Sim	-	-	-	-
Ribeirão Corrente - SP	UGRHI 08	Sim	-	-	-	-
Rifaina - SP	UGRHI 08	Sim	Sim	-	-	-
Santo Antônio da Alegria - SP	UGRHI 08	Sim	-	-	-	-
Águas da Prata - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
Águas de Lindóia - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	-	-	-
Conchal - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	-	-	-
Engenheiro Coelho - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	-	-	-
Espírito Santo do Pinhal - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
Guariba - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	-	-	-
Guataporá - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
Itapira - SP	UGRHI 09	Sim	-	Sim	Sim	-
Jaboticabal - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	-	-	-
Leme - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
Luís Antônio - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	-	-	-
Pirassununga - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
Pontal - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	Sim	Sim	-
Porto Ferreira - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-

Santa Cruz da Conceição - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
Santa Cruz das Palmeiras - SP	UGRHI 09	Sim	-	-	-	-
Santa Lúcia - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	-	-	-
Santa Rita do Passa Quatro - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	-	-	-
São João da Boa Vista - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	-	-	-
Socorro - SP	UGRHI 09	Sim	Sim	-	-	-
Altair - SP	UGRHI 12	Sim	-	-	-	-
Colina - SP	UGRHI 12	Sim	-	Sim	Sim	-
Colômbia - SP	UGRHI 12	Sim	-	-	-	-
Guaraci - SP	UGRHI 12	Sim	-	-	-	-
Icém - SP	UGRHI 12	Sim	Sim	-	-	-
Jaborandi - SP	UGRHI 12	Sim	-	Sim	Sim	-
Aspásia - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Cajobi - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Cardoso - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Catanduva - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	Sim	Sim	-
Cosmorama - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	-	-	-
Dolcinópolis - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Embaúba - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Fernando Prestes - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Fernandópolis - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	-	-	-
Guapiaçu - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Guarani d'Oeste - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Macedônia - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Meridiano - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Mesópolis - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Mirassolândia - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	-	-	-
Monte Azul Paulista - SP	UGRHI 15	Sim	-	Sim	Sim	-
Nova Granada - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	Sim	Sim	-
Novais - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	-	-	-
Olímpia - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	-	-	-
Onda Verde - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	-	-	-
Orindiúva - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	-	-	-
Ouroeste - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	-	-	-

Palestina - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	-	-	-
Palmares Paulista - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Paranapuã - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Parisi - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	-	-	-
Paulo de Faria - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Pedranópolis - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Pindorama - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	-	-	-
Pontes Gestal - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Riolândia - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Santa Adélia - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Santa Albertina - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	-	-	-
Santa Clara d'Oeste - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	-	-	-
Santa Rita d'Oeste - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	-	-	-
São José do Rio Preto - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	-	-	-
Tabapuã - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Taiaçu - SP	UGRHI 15	Sim	-	-	-	-
Taiúva - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	-	-	-
Tanabi - SP	UGRHI 15	Sim	Sim	-	-	-

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

RESULTADOS DETALHADOS DA VALORAÇÃO DOS BENEFÍCIOS

Apresentam-se aqui os resultados da valoração dos benefícios potencialmente gerados pela Agenda Setorial do PIRH-Grande, contextualizada na medida de ação (viabilização e fomento) de cada um dos seis cenários de cobrança. Os resultados são pormenorizados por sub-bacia.

As próximas tabelas apresentam a compatibilização dos resultados do modelo SDR com os cenários de cobrança.

Tabela 236: Compatibilização dos resultados do modelo SDR com o Cenário 1 de cobrança.

Sub Bacia	Restauração florestal em áreas prioritárias (ha)	Variação na exportação de sedimentos aos corpos d'água (t/a)	Variação na exportação de sedimentos depositados na paisagem (t/a)

GD 01	27.278	-1.596	-399.491
GD 02	25.416	-3.039	-164.111
GD 03	32.291	-1.471	-427.139
GD 04	29.826	-4.799	-1.051.457
GD 05	42.773	-12.089	-1.690.345
GD 06	16.314	-2.278	-201.875
GD 07	26.351	-1.328	-524.265
GD 08	9.502	-282	-26.245
UGRHI 01	2.540	-456	-7.442
UGRHI 04	14.861	-1.317	-310.796
UGRHI 08	10.267	-184	-27.029
UGRHI 09	23.556	-1.298	-271.785
UGRHI 12	6.579	-28	-4.281
UGRHI 15	19.253	-116	-28.065
BHG	286.806	-30.281	-5.134.326

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Tabela 237: Compatibilização dos resultados do modelo SDR com os Cenário 2 e 3 de cobrança.

Sub Bacia	Restauração florestal em áreas prioritárias (ha)	Varição na exportação de sedimentos aos corpos d'água (t/a)	Varição na exportação de sedimentos depositados na paisagem (t/a)
GD 01	13.015	-761	-190.615
GD 02	12.127	-1.450	-78.304
GD 03	15.407	-702	-203.807
GD 04	14.231	-2.290	-501.696
GD 05	20.409	-5.768	-806.538
GD 06	7.784	-1.087	-96.323
GD 07	12.573	-634	-250.150
GD 08	4.534	-135	-12.522
UGRHI 01	1.212	-217	-3.551
UGRHI 04	7.091	-628	-148.295
UGRHI 08	4.899	-88	-12.897
UGRHI 09	11.239	-619	-129.680
UGRHI 12	3.139	-13	-2.043

UGRHI 15	9.186	-55	-13.391
BHG	136.848	-14.448	-2.449.811

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Tabela 238: Compatibilização dos resultados do modelo SDR com o Cenário 4 de cobrança.

Sub Bacia	Restauração florestal em áreas prioritárias (ha)	Variação na exportação de sedimentos aos corpos d'água (t/a)	Variação na exportação de sedimentos depositados na paisagem (t/a)
GD 01	5.353	-313	-78.394
GD 02	4.987	-596	-32.204
GD 03	6.337	-289	-83.820
GD 04	5.853	-942	-206.333
GD 05	8.394	-2.372	-331.705
GD 06	3.201	-447	-39.615
GD 07	5.171	-261	-102.879
GD 08	1.865	-55	-5.150
UGRHI 01	498	-89	-1.460
UGRHI 04	2.916	-258	-60.989
UGRHI 08	2.015	-36	-5.304
UGRHI 09	4.622	-255	-53.334
UGRHI 12	1.291	-5	-840
UGRHI 15	3.778	-23	-5.507
BHG	56.281	-5.942	-1.007.535

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Tabela 239: Compatibilização dos resultados do modelo SDR com o Cenário 5 de cobrança.

Sub Bacia	Restauração florestal em áreas prioritárias (ha)	Variação na exportação de sedimentos aos corpos d'água (t/a)	Variação na exportação de sedimentos depositados na paisagem (t/a)
GD 01	3.917	-229	-57.364
GD 02	3.650	-436	-23.565
GD 03	4.637	-211	-61.334
GD 04	4.283	-689	-150.981
GD 05	6.142	-1.736	-242.720
GD 06	2.343	-327	-28.988

GD 07	3.784	-191	-75.280
GD 08	1.364	-41	-3.769
UGRHI 01	365	-65	-1.069
UGRHI 04	2.134	-189	-44.628
UGRHI 08	1.474	-26	-3.881
UGRHI 09	3.382	-186	-39.026
UGRHI 12	945	-4	-615
UGRHI 15	2.765	-17	-4.030
BHG	41.183	-4.348	-737.248

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

As próximas tabelas trazem a valoração do benefício de melhor qualidade de água via a proxy da redução dos custos de tratamento de água.

Tabela 240: Benefício anual pela melhor qualidade da água no Cenário 1.

Sub Bacia	Despesas totais com tratamento de água (R\$, mil)	Variação na exportação de sedimentos aos corpos d'água (%)	Variação nos custos de tratamento de água com base na elasticidade (%)	Benefício da redução dos custos de tratamento de água (R\$, mil)
GD 01	16.199	-17,35%	-3,99%	646
GD 02	160.872	-19,20%	-4,42%	7.104
GD 03	120.940	-9,69%	-2,23%	2.694
GD 04	59.097	-28,80%	-6,62%	3.915
GD 05	109.775	-37,03%	-8,52%	9.351
GD 06	96.250	-22,86%	-5,26%	5.061
GD 07	71.301	-17,39%	-4,00%	2.852
GD 08	138.030	-7,28%	-1,67%	2.310
UGRHI 01	20.655	-34,25%	-7,88%	1.627
UGRHI 04	221.010	-18,28%	-4,20%	9.293
UGRHI 08	120.641	-6,80%	-1,56%	1.886
UGRHI 09	230.110	-19,68%	-4,53%	10.415
UGRHI 12	66.267	-5,18%	-1,19%	789
UGRHI 15	204.899	-3,43%	-0,79%	1.615

BHG	1.636.046	-22,81%	-5,25%	59.559

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Tabela 241: Benefício anual pela melhor qualidade da água nos Cenários 2 e 3.

Sub Bacia	Despesas totais com tratamento de água (R\$, mil)	Variação na exportação de sedimentos aos corpos d'água (%)	Variação nos custos de tratamento de água com base na elasticidade (%)	Benefício da redução dos custos de tratamento de água (R\$, mil)
GD 01	16.199	-8,28%	-1,90%	308
GD 02	160.872	-9,16%	-2,11%	3.390
GD 03	120.940	-4,62%	-1,06%	1.286
GD 04	59.097	-13,74%	-3,16%	1.868
GD 05	109.775	-17,67%	-4,06%	4.462
GD 06	96.250	-10,91%	-2,51%	2.415
GD 07	71.301	-8,30%	-1,91%	1.361
GD 08	138.030	-3,47%	-0,80%	1.102
UGRHI 01	20.655	-16,34%	-3,76%	776
UGRHI 04	221.010	-8,72%	-2,01%	4.434
UGRHI 08	120.641	-3,24%	-0,75%	900
UGRHI 09	230.110	-9,39%	-2,16%	4.970
UGRHI 12	66.267	-2,47%	-0,57%	376
UGRHI 15	204.899	-1,63%	-0,38%	770
BHG	1.636.046	-10,88%	-2,50%	28.418

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Tabela 242: Benefício anual pela melhor qualidade da água no Cenário 4.

Sub Bacia	Despesas totais com tratamento de água (R\$, mil)	Variação na exportação de sedimentos aos corpos d'água (%)	Variação nos custos de tratamento de água com base na elasticidade (%)	Benefício da redução dos custos de tratamento de água (R\$, mil)
GD 01	16.199	-3,40%	-0,78%	127
GD 02	160.872	-3,77%	-0,87%	1.394
GD 03	120.940	-1,90%	-0,44%	529
GD 04	59.097	-5,65%	-1,30%	768
GD 05	109.775	-7,27%	-1,67%	1.835
GD 06	96.250	-4,49%	-1,03%	993

GD 07	71.301	-3,41%	-0,79%	560
GD 08	138.030	-1,43%	-0,33%	453
UGRHI 01	20.655	-6,72%	-1,55%	319
UGRHI 04	221.010	-3,59%	-0,83%	1.824
UGRHI 08	120.641	-1,33%	-0,31%	370
UGRHI 09	230.110	-3,86%	-0,89%	2.044
UGRHI 12	66.267	-1,02%	-0,23%	155
UGRHI 15	204.899	-0,67%	-0,15%	317
BHG	1.636.046	-4,48%	-1,03%	11.688

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Tabela 243: Benefício anual pela melhor qualidade da água no Cenário 5.

Sub Bacia	Despesas totais com tratamento de água (R\$, mil)	Variação na exportação de sedimentos aos corpos d'água (%)	Variação nos custos de tratamento de água com base na elasticidade (%)	Benefício da redução dos custos de tratamento de água (R\$, mil)
GD 01	16.199	-2,49%	-0,57%	93
GD 02	160.872	-2,76%	-0,63%	1.020
GD 03	120.940	-1,39%	-0,32%	387
GD 04	59.097	-4,14%	-0,95%	562
GD 05	109.775	-5,32%	-1,22%	1.343
GD 06	96.250	-3,28%	-0,76%	727
GD 07	71.301	-2,50%	-0,57%	410
GD 08	138.030	-1,04%	-0,24%	332
UGRHI 01	20.655	-4,92%	-1,13%	234
UGRHI 04	221.010	-2,63%	-0,60%	1.334
UGRHI 08	120.641	-0,98%	-0,22%	271
UGRHI 09	230.110	-2,83%	-0,65%	1.496
UGRHI 12	66.267	-0,74%	-0,17%	113
UGRHI 15	204.899	-0,49%	-0,11%	232
BHG	1.636.046	-3,28%	-0,75%	8.552

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

As próximas tabelas trazem a valoração do benefício de menor assoreamento via a proxy do custo de dragagem evitado.

Tabela 244: Benefício anual pelo menor assoreamento no Cenário 1.

Sub Bacia	Varição promovida na exportação de sedimentos aos corpos d'água (t/a)	Varição promovida no assoreamento dos cursos d'água (m³)	Benefício do custo evitado de dragagem por menor assoreamento (R\$, mil)
GD 01	-1.596	-531,9	378
GD 02	-3.039	-1.013,1	720
GD 03	-1.471	-490,2	348
GD 04	-4.799	-1.599,7	1.137
GD 05	-12.089	-4.029,8	2.863
GD 06	-2.278	-759,3	539
GD 07	-1.328	-442,7	315
GD 08	-282	-94,0	67
UGRHI 01	-456	-151,9	108
UGRHI 04	-1.317	-439,0	312
UGRHI 08	-184	-61,3	44
UGRHI 09	-1.298	-432,8	307
UGRHI 12	-28	-9,3	7
UGRHI 15	-116	-38,7	28
BHG	-30.281	-10.093,6	7.172

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Tabela 245: Benefício anual pelo menor assoreamento nos Cenários 2 e 3.

Sub Bacia	Varição promovida na exportação de sedimentos aos corpos d'água (t/a)	Varição promovida no assoreamento dos cursos d'água (m³)	Benefício do custo evitado de dragagem por menor assoreamento (R\$, mil)
GD 01	-761	-253,8	180
GD 02	-1.450	-483,4	343
GD 03	-702	-233,9	166
GD 04	-2.290	-763,3	542
GD 05	-5.768	-1.922,8	1.366
GD 06	-1.087	-362,3	257

GD 07	-634	-211,2	150
GD 08	-135	-44,9	32
UGRHI 01	-217	-72,5	51
UGRHI 04	-628	-209,5	149
UGRHI 08	-88	-29,3	21
UGRHI 09	-619	-206,5	147
UGRHI 12	-13	-4,4	3
UGRHI 15	-55	-18,5	13
BHG	-14.448	-4.816,1	3.422

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Tabela 246: Benefício anual pelo menor assoreamento no Cenário 4.

Sub Bacia	Varição promovida na exportação de sedimentos aos corpos d'água (t/a)	Varição promovida no assoreamento dos cursos d'água (m³)	Benefício do custo evitado de dragagem por menor assoreamento (R\$, mil)
GD 01	-313	-104,4	74
GD 02	-596	-198,8	141
GD 03	-289	-96,2	68
GD 04	-942	-313,9	223
GD 05	-2.372	-790,8	562
GD 06	-447	-149,0	106
GD 07	-261	-86,9	62
GD 08	-55	-18,5	13
UGRHI 01	-89	-29,8	21
UGRHI 04	-258	-86,2	61
UGRHI 08	-36	-12,0	9
UGRHI 09	-255	-84,9	60
UGRHI 12	-5	-1,8	1
UGRHI 15	-23	-7,6	5
BHG	-5.942	-1.980,7	1.407

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Tabela 247: Benefício anual pelo menor assoreamento no Cenário 5.

Sub Bacia	Varição promovida na exportação de sedimentos aos corpos d'água (t/a)	Varição promovida no assoreamento dos cursos d'água (m³)	Benefício do custo evitado de dragagem por menor assoreamento (R\$, mil)
GD 01	-229	-76,4	54
GD 02	-436	-145,5	103
GD 03	-211	-70,4	50
GD 04	-689	-229,7	163
GD 05	-1.736	-578,6	411
GD 06	-327	-109,0	77
GD 07	-191	-63,6	45
GD 08	-41	-13,5	10
UGRHI 01	-65	-21,8	15
UGRHI 04	-189	-63,0	45
UGRHI 08	-26	-8,8	6
UGRHI 09	-186	-62,1	44
UGRHI 12	-4	-1,3	1
UGRHI 15	-17	-5,6	4
BHG	-4.348	-1.449,4	1.030

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

As próximas tabelas trazem a valoração do benefício de menor perda de solo na paisagem via a proxy do custo evitado de reposição de nutrientes em solo agrícola.

Tabela 248: Dados para a valoração do benefício de menor perda de nutrientes do solo agrícola por sub-bacia.

Sub Bacia	Área de agricultura por grupo de cultura (ha)			
	Cana-de-açúcar	Citros (laranja)	Culturas anuais (incl. horticultura)	Café e outras permanentes
GD 01	612	681	135.296	5.612
GD 02	715	380	117.551	35.353
GD 03	15.347	548	264.629	212.872
GD 04	370	854	90.745	40.445
GD 05	872	424	62.649	53.572

GD 06	3.892	232	33.917	49.995
GD 07	21.664	2.857	157.584	91.934
GD 08	296.146	9.065	327.189	2.122
UGRHI 01	0	0	209	1.029
UGRHI 04	271.148	21.354	78.033	37.579
UGRHI 08	352.828	6.562	140.718	49.155
UGRHI 09	523.599	56.387	146.831	26.374
UGRHI 12	361.544	33.200	47.982	667
UGRHI 15	564.184	36.593	58.391	9.305
BHG	2.412.921	169.136	1.661.725	616.014
Sub Bacia	Custo anual e hipotético de reposição de nutrientes (R\$, mil)			
	Cana-de-açúcar	Citros (laranja)	Culturas anuais (incl. horticultura)	Café e outras permanentes
GD 01	76,3	63,2	61.504,9	521,3
GD 02	89,2	35,3	53.438,1	3.284,1
GD 03	1.913,9	50,9	120.298,8	19.774,7
GD 04	46,1	79,2	41.252,0	3.757,1
GD 05	108,8	39,3	28.480,0	4.976,6
GD 06	485,4	21,5	15.418,5	4.644,2
GD 07	2.701,8	265,1	71.636,9	8.540,2
GD 08	36.933,2	841,3	148.738,3	197,1
UGRHI 01	0,0	0,0	95,0	95,6
UGRHI 04	33.815,7	1.982,0	35.473,2	3.490,9
UGRHI 08	44.002,2	609,1	63.969,5	4.566,2
UGRHI 09	65.299,6	5.233,4	66.748,6	2.450,0
UGRHI 12	45.089,3	3.081,4	21.812,3	62,0
UGRHI 15	70.361,1	3.396,3	26.544,0	864,4
BHG	300.922,7	15.698,0	755.410,1	57.224,3

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Tabela 249: Benefício anual pela menor perda de solo na paisagem no Cenário 1.

Sub Bacia	Variação promovida na exportação de sedimentos na paisagem (t/a)	Variação promovida na exportação de sedimentos na paisagem (%)	Benefício do custo evitado de reposição de nutrientes (R\$, mil)
GD 01	-399.491	-8,2%	5.116

GD 02	-164.111	-3,5%	1.996
GD 03	-427.139	-5,2%	7.454
GD 04	-1.051.457	-16,3%	7.355
GD 05	-1.690.345	-18,1%	6.069
GD 06	-201.875	-11,2%	2.302
GD 07	-524.265	-13,3%	11.068
GD 08	-26.245	-1,5%	2.786
UGRHI 01	-7.442	-32,3%	61
UGRHI 04	-310.796	-6,9%	5.139
UGRHI 08	-27.029	-1,9%	2.135
UGRHI 09	-271.785	-6,9%	9.634
UGRHI 12	-4.281	-1,4%	978
UGRHI 15	-28.065	-1,2%	1.214
BHG	-5.134.326	-9,6%	63.308

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Tabela 250: Benefício anual pela menor perda de solo na paisagem nos Cenários 2 e 3.

Sub Bacia	Variação promovida na exportação de sedimentos na paisagem (t/a)	Variação promovida na exportação de sedimentos na paisagem (%)	Benefício do custo evitado de reposição de nutrientes (R\$, mil)
GD 01	-190.615	-3,9%	2.441
GD 02	-78.304	-1,7%	952
GD 03	-203.807	-2,5%	3.557
GD 04	-501.696	-7,8%	3.510
GD 05	-806.538	-8,6%	2.896
GD 06	-96.323	-5,3%	1.098
GD 07	-250.150	-6,4%	5.281
GD 08	-12.522	-0,7%	1.329
UGRHI 01	-3.551	-15,4%	29
UGRHI 04	-148.295	-3,3%	2.452
UGRHI 08	-12.897	-0,9%	1.019
UGRHI 09	-129.680	-3,3%	4.597
UGRHI 12	-2.043	-0,7%	467
UGRHI 15	-13.391	-0,6%	579

BHG	-2.449.811	-4,6%	30.207

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Tabela 251: Benefício anual pela menor perda de solo na paisagem no Cenário 4.

Sub Bacia	Varição promovida na exportação de sedimentos na paisagem (t/a)	Varição promovida na exportação de sedimentos na paisagem (%)	Benefício do custo evitado de reposição de nutrientes (R\$, mil)
GD 01	-78.394	-1,6%	1.004
GD 02	-32.204	-0,7%	392
GD 03	-83.820	-1,0%	1.463
GD 04	-206.333	-3,2%	1.443
GD 05	-331.705	-3,5%	1.191
GD 06	-39.615	-2,2%	452
GD 07	-102.879	-2,6%	2.172
GD 08	-5.150	-0,3%	547
UGRHI 01	-1.460	-6,3%	12
UGRHI 04	-60.989	-1,3%	1.009
UGRHI 08	-5.304	-0,4%	419
UGRHI 09	-53.334	-1,4%	1.891
UGRHI 12	-840	-0,3%	192
UGRHI 15	-5.507	-0,2%	238
BHG	-1.007.535	-1,9%	12.423

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

Tabela 252: Benefício anual pela menor perda de solo na paisagem no Cenário 5.

Sub Bacia	Varição promovida na exportação de sedimentos na paisagem (t/a)	Varição promovida na exportação de sedimentos na paisagem (%)	Benefício do custo evitado de reposição de nutrientes (R\$, mil)
GD 01	-57.364	-1,2%	735
GD 02	-23.565	-0,5%	287
GD 03	-61.334	-0,8%	1.070
GD 04	-150.981	-2,3%	1.056
GD 05	-242.720	-2,6%	871
GD 06	-28.988	-1,6%	330
GD 07	-75.280	-1,9%	1.589

GD 08	-3.769	-0,2%	400
UGRHI 01	-1.069	-4,6%	9
UGRHI 04	-44.628	-1,0%	738
UGRHI 08	-3.881	-0,3%	307
UGRHI 09	-39.026	-1,0%	1.383
UGRHI 12	-615	-0,2%	140
UGRHI 15	-4.030	-0,2%	174
BHG	-737.248	-1,4%	9.091

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).

A próxima tabela traz a somatória dos benefícios da infraestrutura natural, frutos da redução dos custos de tratamento de água, custo evitado de dragagem por menor assoreamento e custo evitado de reposição de nutrientes em solo agrícola.

Tabela 253: Benefício anual total pelo aporte de infraestrutura natural em todos os cenários, por sub-bacia (R\$, mil).

Sub Bacia	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
GD 01	6.141	2.930	2.930	1.205	882	0
GD 02	9.820	4.686	4.686	1.927	1.410	0
GD 03	10.496	5.008	5.008	2.060	1.507	0
GD 04	12.407	5.920	5.920	2.435	1.782	0
GD 05	18.283	8.724	8.724	3.588	2.625	0
GD 06	7.902	3.770	3.770	1.551	1.135	0
GD 07	14.235	6.792	6.792	2.793	2.044	0
GD 08	5.163	2.464	2.464	1.013	741	0
UGRHI 01	1.797	857	857	353	258	0
UGRHI 04	14.744	7.035	7.035	2.893	2.117	0
UGRHI 08	4.065	1.939	1.939	798	584	0
UGRHI 09	20.357	9.713	9.713	3.995	2.923	0
UGRHI 12	1.773	846	846	348	255	0
UGRHI 15	2.856	1.363	1.363	560	410	0
BHG	130.039	62.047	62.047	25.518	18.673	0

Elaborado pelo Consórcio EnvEx – Ferma Engenharia (2021).