

Análise e proposta da melhor alternativa de

# INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE

*considerando ações de regularização e transposição de vazões entre bacias,  
apresentadas em seu Plano de Recursos Hídricos (PRH — Verde Grande)*



Édio Malta / Banco de Imagens ANA

Agência Peixe Vivo: Ato Convocatório nº 003/2019 — Contrato de Gestão ANA nº 083/ANA/2017 — Prestação de Serviços nº 004/2019

## RELATÓRIO FINAL

*Revisão 02*

DEZEMBRO DE 2020

Execução técnica



Acompanhamento



Realização





Ato Convocatório nº: 003/2019 – Contrato de Gestão ANA nº: 083/ANA/2017

Prestação de Serviços nº: 004/2019

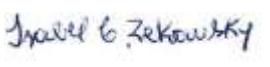
**ANÁLISE E PROPOSTA DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA  
OFERTA HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE,  
CONSIDERANDO AÇÕES DE REGULARIZAÇÃO E TRANSPOSIÇÃO DE  
VAZÕES ENTRE BACIAS, APRESENTADAS EM SEU PLANO DE RECURSOS  
HÍDRICOS (PRH-VERDE GRANDE)**

**RELATÓRIO FINAL**

Dezembro/2020



### **Equipe Técnica responsável pela elaboração do produto:**

Profissional	Cargo na Equipe	Assinatura
Eng. Sidnei Gusmão Agra	Coordenador Geral	
Eng. Henrique Bender Kotzian	Hidrólogo	
Eng. Bruna Serafini Paiva	Apoio à Coordenação	
Eng. Carlos Ronei Bortoli	Especialista em Rec. Hídricos	
Geog. Isabel Cristiane Rekowsky	SIG	
Neomar Fraga de Oliveira	Auxiliar Administrativo	
Vinícius Bogo	Auxiliar Administrativo	
Karina Galdino Agra	Relatório Final	

Revisão	Data	Descrição Breve	Autor	Supervisão	Aprovação
02	11/12/2020	Revisão atendendo às solicitações da Agência Peixe Vivo	KG	HK	SA
01	10/12/2020	Revisão atendendo às solicitações da Agência Peixe Vivo	KG	HK	SA
00	03/12/2020	Emissão Inicial	KG	HK	SA

**ANÁLISE E PROPOSTA DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA NA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE, CONSIDERANDO AÇÕES DE REGULARIZAÇÃO E  
TRANSPOSIÇÃO DE VAZÕES ENTRE BACIAS, APRESENTADAS EM SEU PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS  
(PRH-VERDE GRANDE)**

**Relatório Final**

Elaborado por:	Karina Galdino	Supervisionado por:	Henrique Kotzian
----------------	----------------	---------------------	------------------

Aprovado por:	Sidnei Agra	Revisão:	Finalidade:	Data:
		02	03	11/12/2020

Legenda Finalidade: [1] Para Informação      [2] Para comentário      [3] Para Aprovação

## APRESENTAÇÃO

A PROFILL Engenharia e Ambiente S.A. vem, por meio deste, apresentar a revisão 02 do **Relatório Final** do Contrato nº 004/2019 Agência Peixe Vivo, referente à **Análise e Proposta da Melhor Alternativa de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, considerando as ações de regularização e transposição de vazões entre bacias, apresentadas em seu plano de recursos hídricos.**

O presente produto tem por base a proposta técnica apresentada no processo licitatório realizado junto a Agência Peixe Vivo e está orientado de modo a atender o Plano de Trabalho apresentado como primeiro produto do Ato Convocatório nº 003/2019.

Dezembro de 2020.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Produtos e Atividades Previstos no Estudo de Incremento da Oferta Hídrica (IOH) ....	23
Quadro 4.1 - Sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. ....	25
Quadro 5.1 - Demandas totais consideradas para o estudo. ....	31
Quadro 5.2 - Taxas de crescimento das demandas. ....	40
Quadro 6.1 - Ajustes Locacionais nos Barramentos/Reservatórios. ....	44
Quadro 6.2 - Características Principais dos Reservatórios. ....	44
Quadro 6.3 - Resultados das Simulações Operacionais dos Reservatórios – Incremento das Ofertas Hídricas. ....	63
Quadro 6.4 - Resultados das Simulações Operacionais dos Reservatórios – Características Básicas dos Reservatórios. ....	64
Quadro 6.5 - Relações Dimensionais nos Vales e Tipos de Maciços Selecionados para os Barramentos. ....	65
Quadro 6.6 - Volumes e Principais Características dos Maciços dos Barramentos.....	65
Quadro 6.7 - Resumo dos Custos e Custo Global dos Barramentos e Reservatórios.....	68
Quadro 6.8 - Indicadores Técnicos Calculados para os Barramentos/Reservatórios. ....	70
Quadro 6.9 - Indicadores Financeiros Calculados para os Barramentos/Reservatórios. ....	71
Quadro 6.10 - Indicadores Sociais Calculados para os Barramentos/Reservatórios. ....	72
Quadro 6.11 - Indicador Ambiental Calculado para os Barramentos/Reservatórios. ....	73
Quadro 6.12 - Indicadores de Segurança Calculados para os Barramentos/Reservatórios. ....	74
Quadro 6.13 - Síntese da Classificação dos Empreendimentos Através dos Indicadores de Desempenho – Abordagem Preliminar. ....	75
Quadro 7.1 - Principais características da barragem Congonhas (Engesoft, 2014). ....	80
Quadro 7.2 - Principais características da Transposição Congonhas-Juramento.....	80
Quadro 7.3 - Principais características da Transposição Jaíba.....	85
Quadro 7.4 – Quadro Síntese dos Custos das Transposições.....	88
Quadro 7.5 - Custo Unitário da Água Transposta.....	89
Quadro 7.6 - Transposição Jaíba – Locais e Vazões de Lançamentos .....	90
Quadro 8.1 – Locais Identificados com Potencial de Regularização de Vazões e Áreas de Contribuição. ....	92
Quadro 8.2 – Resultados das Simulações Operacionais dos Reservatórios Inventariados.....	98
Quadro 8.3 – Principais Características Físicas dos Barramentos Inventariados.....	101
Quadro 8.4 – Custo Global dos Barramentos Inventariados. ....	102
Quadro 8.5 – Indicadores Técnicos Calculados para os Barramentos Inventariados.....	104
Quadro 9.1 – Elementos da Metodologia de Hierarquização das Soluções. ....	107
Quadro 9.2 – Síntese dos Resultados da Primeira Oficina Conforme a Abordagem Estatística Utilizada. ....	108
Quadro 9.3 - Prioridades de Implantação Definidas nos Grupos – Barragens Propostas. ....	112
Quadro 9.4 - Hierarquização dos Demais Barramentos Propostos no PRH Verde Grande. ....	113
Quadro 9.5 - Cálculo do Desempenho Global – Transposições de Vazões. ....	114
Quadro 9.6 - Desempenhos Globais dos 13 Barramentos Inventariados. ....	114

Quadro 9.7 - Análise de Sensibilidade – Comparação de Resultados para os Barramentos Água Limpa e Suçuapara .....	116
Quadro 9.8 - Resumo dos potenciais benefícios trazidos por cada intervenção, ou conjunto delas, no incremento da oferta hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande no cenário futuro (2040). ....	128
Quadro 9.9 - Cronograma de Implantação do Barramento Água Limpa. ....	131
Quadro 9.10 - Cronograma de Implantação do Barramento Sítio Novo.....	133
Quadro 9.11 - Cronograma de Implantação do Barramento São Domingos.....	135
Quadro 9.12 - Cronograma de Implantação do Barramento Suçuapara. ....	137
Quadro 9.13 - Cronograma Integrado de Implantação dos Barramentos Selecionados.....	139
Quadro 9.14 - Cronograma de Atividades para os Barramentos Selecionados no Inventário.....	142
Quadro 9.15 - Cronograma de Implantação da Transposição Jaíba.....	143
Quadro 9.16 - Cronograma de Implantação da Transposição Congonhas-Juramento.....	144

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Organograma da Agência Peixe Vivo .....	20
Figura 2.2 – Organograma da Diretoria Executiva da Agência Peixe Vivo .....	20
Figura 2.3 – Organograma da Plenária do CBH Verde Grande .....	21
Figura 5.1 - Demandas totais consideradas para o estudo para a bacia do rio Verde Grande. ....	31
Figura 5.2 - Projeções de demandas totais. ....	40
Figura 6.1 - Eixo e Área Alagada do Barramento Peixe .....	49
Figura 6.2 - Eixo e Área Alagada do Barramento Sítio. ....	50
Figura 6.3 - Eixo e Área Alagada do Barramento Pedras.....	51
Figura 6.4 - Eixo e Área Alagada do Barramento Prata. ....	52
Figura 6.5 - Eixo e Área Alagada do Barramento Verde. ....	53
Figura 6.6 - Eixo e Área Alagada do Barramento Canoas.....	54
Figura 6.7 - Eixo e Área Alagada do Barramento Cerrado. ....	55
Figura 6.8 - Eixo e Área Alagada do Barramento Tábua. ....	56
Figura 6.9 - Eixo e Área Alagada do Barramento Suçuapara.....	57
Figura 6.10 - Eixo e Área Alagada do Barramento Água Limpa.....	58
Figura 6.11 - Eixo e Área Alagada do Barramento Cocos. ....	59
Figura 6.12 - Eixo e Área Alagada do Barramento Sítio Novo.....	60
Figura 6.13 - Eixo e Área Alagada do Barramento MamonaS. ....	61
Figura 7.1 – Localização da barragem Congonhas e da transposição Congonhas-Juramento.....	79
Figura 7.2 – Configuração da Transposição Congonhas-Juramento .....	81
Figura 7.3 – Situação e Localização do Projeto Jaíba e suas Etapas de Implantação .....	84
Figura 8.1 – Identificação de Cursos de Água com Área de Contribuição Superior a 50 km <sup>2</sup> .....	93
Figura 8.2 - Localização dos Barramentos MEVG04 – Rio Arapoim, MDGB01 – Serra Branca e MDGB04 – Córrego Boqueirão do Encantado. ....	100
Figura 9.1 – Mapa de Intensidade de Demandas. ....	110

 AGÊNCIA <b>peixe vivo</b>	Tipo de Documento: Relatório Técnico  RELATÓRIO FINAL	 <b>comitê do Rio Grande</b>
<b>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE</b>		

Figura 9.2 – Mapa de Localização dos Barramentos. ....	111
Figura 9.3 – Balanço hídrico no cenário atual - 2018 (a) e no cenário futuro - 2040 (b). ....	119
Figura 9.4 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com a inclusão dos quatro barramentos (b); e diferenças entre os dois cenários (c). ....	121
Figura 9.5 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão das quatro barragens: Água Limpa, São Domingos, Sítio Novo e Suçupara. ....	122
Figura 9.6 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com as transposições Jaíba e Congonhas-Juramento simultaneamente (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c). ....	123
Figura 9.7 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão da transposição Jaíba e Congonhas-Juramento simultaneamente. ....	124
Figura 9.8 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções (a), no cenário com as transposições e todas as barragens selecionadas (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c). ....	126
Figura 9.9 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o no cenário com as transposições e todas as barragens selecionadas simultaneamente. ....	127
Figura 9.10 – Profundidade do Nível de Água nos Aquíferos como Indicativo de Fluxo de Água....	150

## LISTA DE MAPAS

Mapa 4.1 – Divisão das Sub-bacias que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.....	27
Mapa 5.1 – Demandas superficiais consideradas para o estudo. ....	33
Mapa 5.2 – Demandas subterrâneas consideradas para o estudo. ....	35
Mapa 5.3 – Demandas totais consideradas para o estudo.....	37
Mapa 5.4 – Projeções de demandas totais.....	41
Mapa 6.1 – Barragens projetadas e existentes.....	47
Mapa 7.1 – Arranjo espacial da Transposição Jaíba. ....	87
Mapa 8.1– Locais Identificados com Potencial de Regularização de Vazões.....	95
Mapa 9.1 – Soleiras Vertentes na calha do rio Verde Grande. ....	147

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>2 CONTEXTUALIZAÇÃO .....</b>	<b>19</b>
2.1 Agência Peixe Vivo.....	19
2.2 Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande .....	21
2.3 Fonte de Financiamento do Projeto.....	21
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>23</b>
<b>4 A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE E SUAS SUB-BACIAS .....</b>	<b>25</b>
<b>5 ESTUDOS DE DEMANDAS HÍDRICAS .....</b>	<b>29</b>
5.1 Objetivos .....	29
5.2 Metodologia e Fontes de Informação .....	29
5.3 Demandas Atuais .....	30
5.4 Demandas Futuras .....	39
<b>6 BARRAMENTOS ESTUDADOS NO PRH VERDE GRANDE .....</b>	<b>43</b>
6.1 Objetivos .....	43
6.2 Base Cartográfica Adotada e Consolidação da Localização dos Barramentos .	43
6.3 Simulação dos Reservatórios e Estimativa das Vazões Regularizadas .....	62
6.4 Estimativa das Dimensões Básicas dos Barramentos .....	64
6.5 Estimativa dos Custos Associados aos Barramentos e Reservatórios .....	66
6.6 Definição dos Indicadores de Desempenho .....	69
<b>7 TRANSPOSIÇÕES DE VAZÕES.....</b>	<b>77</b>
7.1 Objetivos .....	77
7.2 Transposição Congonhas-Juramento.....	78
7.3 Transposição Jaíba .....	82
7.4 Estimativa de Custos .....	88
7.5 Questões Institucionais e Operacionais Associadas das Alternativas de Transposição .....	88
7.6 Indicadores de Desempenho.....	89
<b>8 INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS .....</b>	<b>91</b>
8.1 Objetivos .....	91
8.2 Metodologia para o Inventário de Novos Locais de Barramentos .....	91
8.3 Locais de Barramentos/Reservatórios Identificados .....	92
8.4 Dimensionamento dos Reservatórios e Determinação das Vazões Regularizadas .....	97
8.5 Características Dimensionais das Barragens .....	99
8.6 Custos Associados .....	102

8.7	Indicadores de Desempenho .....	102
<b>9</b>	<b>AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLANTAÇÃO DAS INTERVENÇÕES .....</b>	<b>105</b>
9.1	Objetivos .....	105
9.2	Hierarquização .....	106
9.3	Relatos da Oficinas – Incremento da Oferta Hídrica (IOH) Verde Grande.....	107
9.4	Seleção e Hierarquização das Intervenções .....	112
9.5	Balanço Hídrico das Intervenções Selecionadas.....	117
9.6	Cronograma de Implantação das Intervenções Selecionadas e Priorizadas ...	129
9.7	Soleiras Vertentes .....	145
<b>10</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>151</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>153</b>

## LISTA DE SIGLAS

**APV:** Agência Peixe Vivo

**ANA:** Agência Nacional de Águas

**CBH Verde Grande:** Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande

**CERTOH:** Certificado de Avaliação de Sustentabilidade da Obra Hídrica

**CNARH:** Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos

**CODEVASF:** Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba

**COPASA:** Companhia de Saneamento de Minas Gerais

**CTC:** Câmara Técnica Consultiva

**DIJ:** Distrito de Irrigação Jaíba

**DIJ2:** Distrito de Irrigação Jaíba – Etapa 2.

**DNOCS:** Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

**DPA:** Dano Potencial Associado

**IEH:** Índice de Estresse Hídrico

**IGAM:** Instituto Mineiro de Gestão das Águas

**IOH:** Incremento da Oferta Hídrica

**MDG:** Margem Direita do Médio-Baixo Gorutuba

**MEV:** Margem Esquerda do Médio Verde Grande

**MG:** Minas Gerais

**MGB-IPH:** Modelo de Grandes Bacias

**MVG:** Médio Verde Grande

**NT:** Nota Técnica

**O&M:** Operação e manutenção

**PRH - Verde Grande:** Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande

**PT:** Plano de Trabalho

**PTE:** Plano de Trabalho Específico

**SEAPA:** Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação

**SSD:** Sistema de Suporte à Decisão

**TR:** Termo de Referência

**UF:** Unidade Federativa

**VEMA:** Volume Evaporado Médio Anual

**WARM-GIS:** Water Resources Management GIS Integrated Tools

## 1 INTRODUÇÃO

Este relatório consiste no Relatório Final, previsto no contrato de **Análise e Proposta da Melhor Alternativa de Incremento da Oferta Hídrica (IOH) na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, considerando ações de regularização e transposição de vazões entre bacias, apresentadas em seu Plano de Recursos Hídricos (PRH-VERDE GRANDE).**

O relatório apresenta uma visão sintética e integradora, contendo todos os estudos realizados no âmbito do presente contrato (atividades A2 a A9), incluindo relato sobre a dinâmica e o histórico de decisões resultantes da realização das duas Oficinas de Trabalho com os atores estratégicos da bacia.

O produto está estruturado em dez capítulos, incluindo esta introdução. O segundo capítulo traz uma apresentação do contexto do contrato, com a descrição da Agência Peixe Vivo, do Comitê de Bacia Hidrográfica do Verde Grande e das fontes de financiamento do projeto, visando atender as premissas do Termo de Referência. Em seguida, o terceiro capítulo apresenta brevemente os objetivos do trabalho de Estudo de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia do Verde Grande. O quarto capítulo descreve a bacia do Verde Grande e sua divisão em sub-bacias, conforme estabelecido no PRH Verde Grande.

A partir daí, cada capítulo apresenta a síntese de um dos produtos elaborados ao longo do Estudo de IOH. O capítulo 5 trata do estudo de demandas hídricas, com base em dados secundários, traçando um panorama atual e futuro para os diversos usos consuntivos na bacia.

O capítulo 6 apresenta os resultados dos estudos desenvolvidos para os barramentos previstos no PRH Verde Grande, num total de 14 locais pré-selecionados. De modo semelhante, o capítulo 7, apresenta uma avaliação das duas transposições estudadas: Jaíba e Congonhas – Juramento. O Capítulo 8 refere-se aos estudos de inventário de novos locais para barramento, na margem esquerda do rio Verde Grande e na margem direita do rio Gorutuba.

O capítulo 9, por sua vez, corresponde a um dos objetivos finalístico deste trabalho: a seleção, hierarquização e proposição de cronograma para o conjunto de alternativas estudadas. O último capítulo apresenta as considerações finais e recomendações do trabalho.

 AGÊNCIA <b>peixe vivo</b>	Tipo de Documento: Relatório Técnico  RELATÓRIO FINAL	 Comitê do Verde <b>Grande</b>
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE		

## 2 CONTEXTUALIZAÇÃO

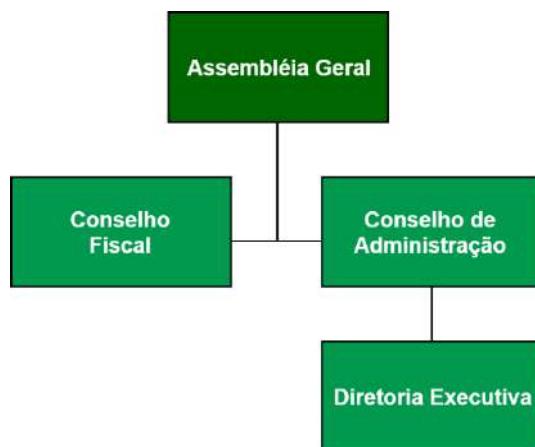
Neste item são apresentadas informações referentes à Agência Peixe Vivo, responsável pela fiscalização do contrato, ao Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (CBH Verde Grande), bem como da fonte de financiamento do Projeto em questão.

### 2.1 Agência Peixe Vivo

A Agência Peixe Vivo é uma associação civil, pessoa jurídica de direito privado, composta por empresas usuárias de recursos hídricos e organizações da sociedade civil, tendo como objetivo a execução da Política de Recursos Hídricos deliberada pelos Comitês de Bacia Hidrográfica. Criada em 15 de setembro de 2006, foi indicada no ano de 2015 à Agência de Águas do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande através de suas deliberações nº 54/2015 e 56/2016. Esta indicação do CBH Verde Grande foi aprovada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos através de sua resolução nº 187/2016 (A\* → &Peixe Vivo, 2019).

Após negociações e trâmites necessários o Contrato de Gestão nº 083/2017 foi assinado, no dia 29 de dezembro de 2017, entre a Agência Nacional de Águas (ANA) e a Agência Peixe Vivo, com a interveniência do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, para o exercício de funções de agência de água da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. O referido Contrato tem prazo de vigência até 31 de dezembro de 2020, podendo ser prorrogado mediante celebração de termo aditivo específico (AB Peixe Vivo, 2019).

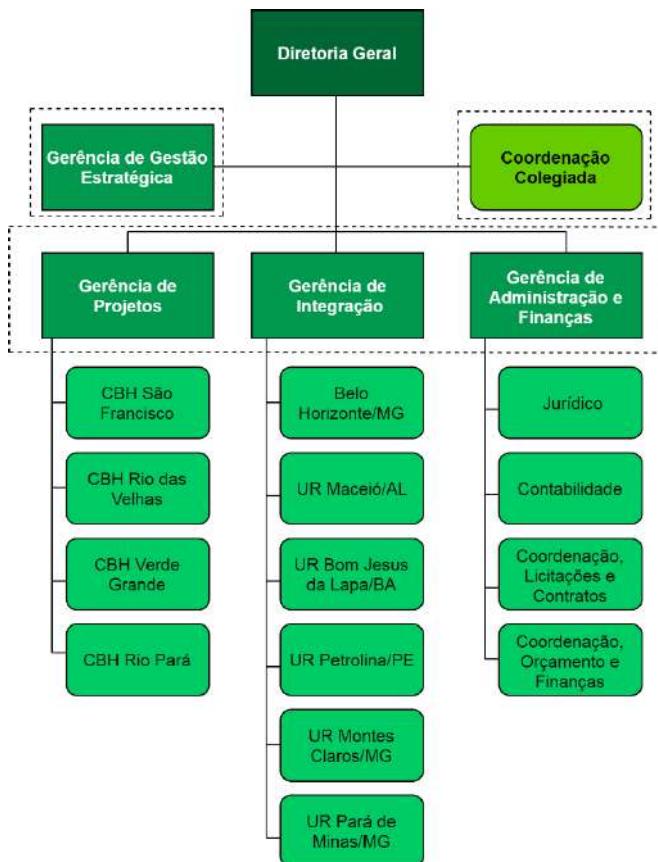
Com relação à estrutura da Agência Peixe Vivo, de acordo com a Figura 2.1, é composta por quatro setores a saber: (i) Assembleia Geral, órgão soberano da Agência Peixe Vivo, constituída por empresas usuárias de recursos hídricos e organizações da sociedade civil; (ii) Conselho Fiscal, órgão fiscalizador e auxiliar da Assembleia Geral, do Conselho de Administração e da Diretoria Executiva da Agência Peixe Vivo; (iii) Conselho de Administração, órgão de deliberação superior da Agência Peixe Vivo define as linhas gerais das políticas, diretrizes e estratégias, orientando a Diretoria Executiva no cumprimento de suas atribuições; e (iv) Diretoria Executiva, órgão executor das ações da Agência Peixe Vivo.



Fonte: Adaptado de Agência Peixe Vivo (2019)

Figura 2.1 – Organograma da Agência Peixe Vivo

Complementarmente, a Figura 2.2 apresenta a estrutura da Diretoria Executiva da Agência Peixe Vivo.

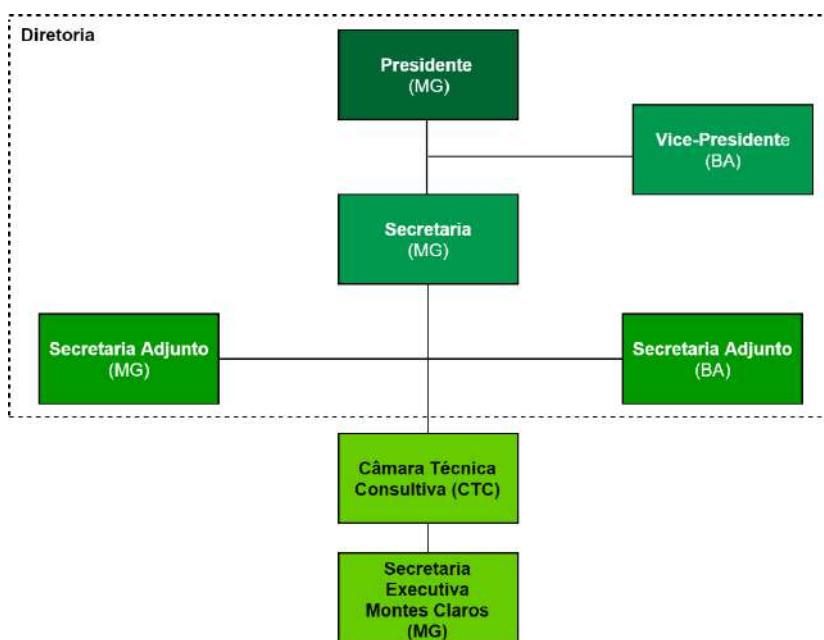


Fonte: Adaptado de Agência Peixe Vivo (2019)

Figura 2.2 – Organograma da Diretoria Executiva da Agência Peixe Vivo

## 2.2 Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande

O CBH Verde Grande foi criado através do Decreto de 3 de dezembro de 2003 o qual é composto por 80 membros, representantes da União, dos Estados de Minas Gerais e da Bahia, dos municípios, dos usuários das águas de sua área de atuação e das entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na bacia (Figura 2.3). O referido Comitê possui uma Câmara Técnica Consultiva (CTC), criada através da Deliberação nº 28/2009, composta por 20 (vinte) membros, indicados pelos representantes titulares que compõem o CBH-Verde Grande. Complementarmente, também fazem parte do Comitê as Comissões Gestoras de Reservatórios, criadas através da Deliberação nº 09/2005 (CBH Verde Grande, 2019).



Fonte: CBH Verde Grande (2019)  
 Figura 2.3 – Organograma da Plenária do CBH Verde Grande

## 2.3 Fonte de Financiamento do Projeto

O Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (PRH – Verde Grande) foi aprovado pelo Comitê através da Deliberação nº 37/2011. O programa de ações do PRH-Verde Grande é composto por quatro componentes, a saber: (i) Gestão de Recursos Hídricos e Comunicação Social; (ii) Racionalização dos Usos e Conservação de Solo e Água; (iii) Incremento da Oferta e Saneamento; (iv) Gestão de Águas Subterrâneas. No âmbito da Componente III do PRH - Incremento da oferta hídrica e saneamento, está previsto o Programa III.2 – Incremento da oferta de água, bem como as Ações III.2.1 – Regularização de vazões e III.2.2 – Transposição de vazão entre bacias.

Dessa forma, visando possibilitar o atendimento das ações supracitadas, a fonte de financiamento para este Estudo de IOH está prevista no Plano de Trabalho Específico (PTE) do Contrato de Gestão nº 083/2017, firmado entre a Agência Peixe Vivo e a ANA. Portanto o recurso é proveniente da ANA (fonte 0183) e foi repassado à Agência Peixe Vivo.

### 3 OBJETIVOS

O objetivo específico deste Relatório Final é apresentar o resultado da Atividade 10 do Plano de Trabalho: Elaboração do Relatório Final e Apresentação em Plenária do CBH Verde Grande. Assim, o produto apresenta o relatório final com a síntese dos estudos realizados das atividades A2 a A9 (Quadro 3.1), incluindo relatos da dinâmica e o histórico de decisões resultantes das duas Oficinas de Trabalho realizadas com atores estratégicos da bacia.

Quadro 3.1 – Produtos e Atividades Previstos no Estudo de Incremento da Oferta Hídrica (IOH)

Plano de Trabalho / Termo de Referência			
Nº	Atividade	Nº de acordo com o TR	Produto
1	Planejamento Inicial	1	Plano de Trabalho
2	Mapeamento das demandas de uso da água atuais e futuras	2	Estudo de Demandas
3	Consolidação das disponibilidades hídricas	3	Estudo de Oferta Hídrica - Barragens projetadas
4	Proposição de sistema de suporte à decisão e configuração de balanço hídrico		
5	Avaliação do incremento de oferta hídrica (IOH) na bacia através da instalação dos reservatórios	4	Estudo de Oferta Hídrica - Transposições planejadas
6	Avaliação do incremento de oferta hídrica (IOH) na bacia através da transposição de vazões		
7	Realização de inventários de novos locais para implantação de barramentos	5	Realização de inventário de novos locais para barramentos
8	Avaliação conjunta das soluções abordadas	6	Avaliação conjunta das soluções abordadas, definição de cronograma para implementação e apresentação da versão final consolidada
9	Definição de Cronograma para Implantação das obras		
10	Elaboração do Relatório Final e Apresentação em Plenária do CBH Verde Grande	7	Apresentação do produto final em Plenária do CBH Verde Grande
11	Realização das Oficinas de Trabalho	-	-

Sendo assim, o resultado final desta atividade constitui o **Relatório Final – Melhor Alternativa de Incremento Hídrico na Bacia do Rio Verde Grande.**

#### 4 A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE E SUAS SUB-BACIAS

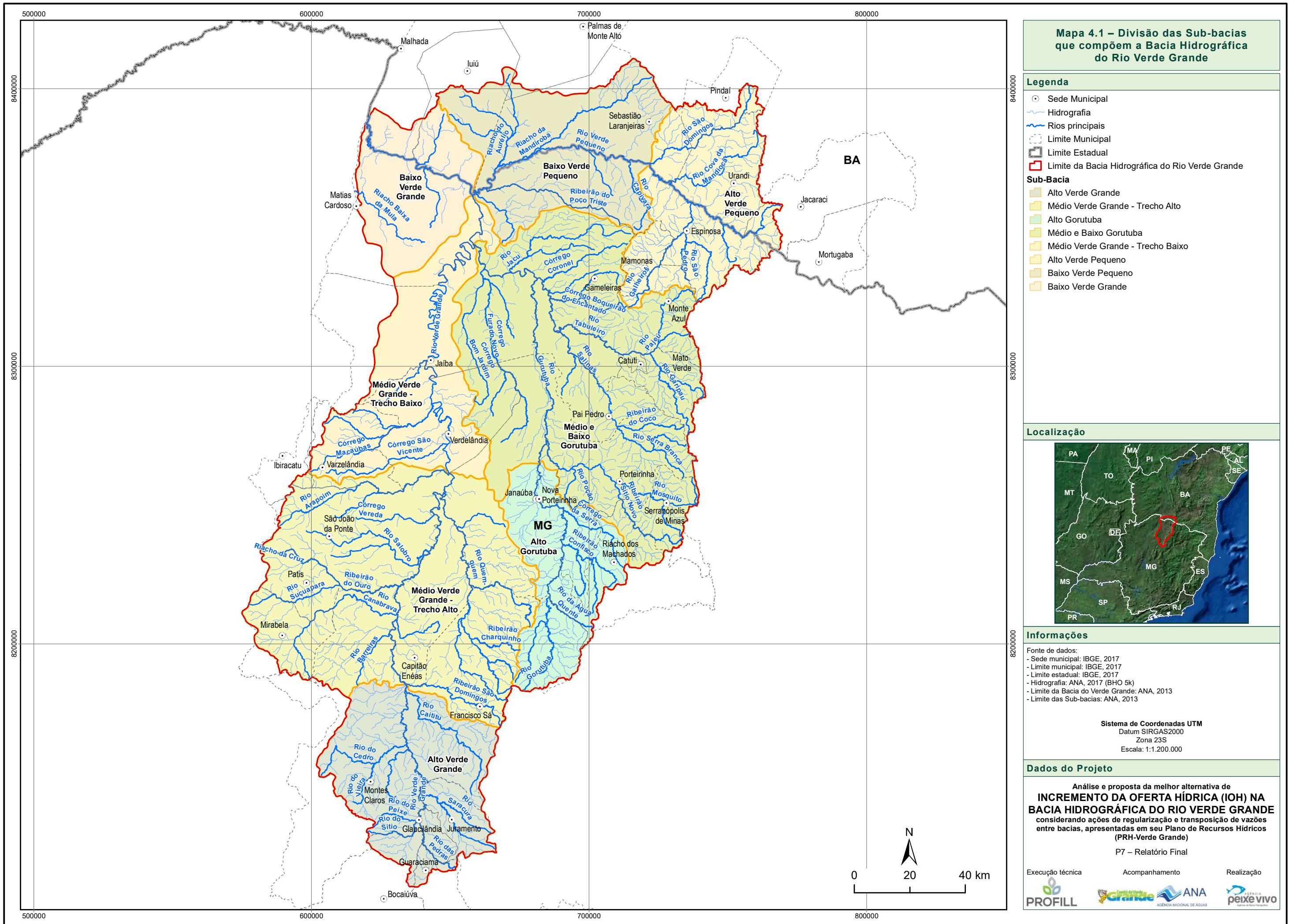
Conforme o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (ANA, 2013), o rio Verde Grande é um importante afluente da margem direita do rio São Francisco que constitui, em parte de seu curso, o limite entre os estados da Bahia e de Minas Gerais. Por esse motivo, assim como seu afluente, o rio Verde Pequeno, é considerado um rio de domínio federal.

Sua bacia tem área aproximada de 31.437,62 km<sup>2</sup> abrangendo oito municípios na Bahia (13% da área total) e 27 municípios em Minas Gerais (87% da área total). O rio Verde Grande tem como principais afluentes os seguintes rios situados na margem direita: o rio Gorutuba (área de drenagem de 9.855,49 km<sup>2</sup>), que é de domínio estadual (Minas Gerais), e o rio Verde Pequeno (área de drenagem de 5.303,34 km<sup>2</sup>), que forma a divisa estadual entre Minas Gerais e Bahia, constituindo, também, um rio de domínio federal.

Para avaliação dos resultados das demandas, a bacia foi dividida em oito sub-bacias, conforme descrito no Quadro 4.1 e ilustrado no Mapa 4.1.

Quadro 4.1 - Sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

Sub-bacia	Área	
	km <sup>2</sup>	%
Alto Verde Grande	3.102,14	9,87
Médio Verde Grande - Trecho Alto	7.107,87	22,61
Alto Gorutuba	2.134,34	6,79
Médio e Baixo Gorutuba	7.721,15	24,56
Médio Verde Grande - Trecho Baixo	3.161,27	10,06
Alto Verde Pequeno	2.907,51	9,25
Baixo Verde Pequeno	3.369,23	10,72
Baixo Verde Grande	1.934,11	6,15
<b>Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande</b>	<b>31.437,62</b>	<b>100,00</b>



 <b>AGÊNCIA peixe vivo</b>	Tipo de Documento: Relatório Técnico  RELATÓRIO FINAL	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE		

## 5 ESTUDOS DE DEMANDAS HÍDRICAS

### 5.1 Objetivos

O estudo de demandas hídricas é resultado da Atividade 2 – Mapeamento das Demandas de Usos da Água atuais e Futuras, apresentado no P2 com a determinação e espacialização das demandas de água atuais e futuras na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, tanto superficiais, como subterrâneas.

### 5.2 Metodologia e Fontes de Informação

O procedimento utilizado para o mapeamento das demandas e projeção das demandas futuras utilizou quatro fontes de dados, a saber: (a) Bases de dados geoespaciais de Usos Consuntivos da Água no Brasil; (b) Bases de dados geoespaciais das Outorgas federais e por UF disponibilizadas no Portal de Metadados da Agência Nacional de Águas; (c) Base de dados geoespaciais das Outorgas estaduais emitidas pelo Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM); e o (d) Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH40).

As informações foram apresentadas em três agrupamentos: (i) Usos Consuntivos de Água, (ii) Bases de dados de Outorgas e (iii) Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH). Para cada fonte foi realizada uma análise crítica das informações disponíveis e foram apresentadas as vazões médias anuais por sub-bacia para o ano de referência das informações.

A consolidação de demandas foi realizada a partir da seleção de informações da base de dados considerada no estudo de incremento da oferta hídrica. A saber:

- Bases de dados geoespaciais Usos Consuntivos da Água no Brasil
  - Dados de demandas captadas, consumidas e retornadas, publicada pela ANA em março de 2019, com dados de 2018;
  - Projeções de demandas captadas, consumidas e retornadas, publicada pela ANA em março de 2019, com projeções para 2025 e 2030.
- Bases de dados geoespaciais das outorgas federais e por UF disponibilizadas no Portal de Metadados da ANA:
  - Outorgas federais atualizadas continuamente;
  - Outorgas por Unidade da Federação (UF), atualizadas até o ano de 2017 e compiladas pela ANA a partir das informações disponibilizadas pelos órgãos gestores estaduais;

	Tipo de Documento: Relatório Técnico  RELATÓRIO FINAL	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE		

- Base de dados geoespaciais das outorgas estaduais emitidas pelo Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM);
- Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH40).

As projeções de demandas futuras utilizaram como ponto de partida a projeção realizada pela ANA para demandas superficiais no estudo de Usos Consuntivos da Água, para 2025 e 2030. A partir das taxas de crescimento calculadas pela ANA, as demandas superficiais são projetadas até 2040, e as mesmas taxas são aplicadas nas projeções de demandas subterrâneas. Por fim, tem-se o resultado geral dos dados analisados, de outros estudos e as próximas etapas a serem seguidas.

### 5.3 Demandas Atuais

Neste item é apresentado o diagnóstico das demandas hídricas da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Foi realizada a consistência e comparação entre as demandas indicadas em diversas fontes, a saber: estudos de usos consuntivos da ANA (ANA 2019a); bases de dados de outorgas estaduais e da União; e CNARH40. A partir daí, foram escolhidas as fontes que irão compor as bases de dados oficiais para o estudo de incremento da oferta hídrica.

#### Demandas Totais

As demandas definidas como oficiais para o estudo de incremento da oferta hídrica seguem um padrão bastante semelhante ao que está indicado no CNARH40, acrescidas das demandas para evaporação líquida de reservatórios.

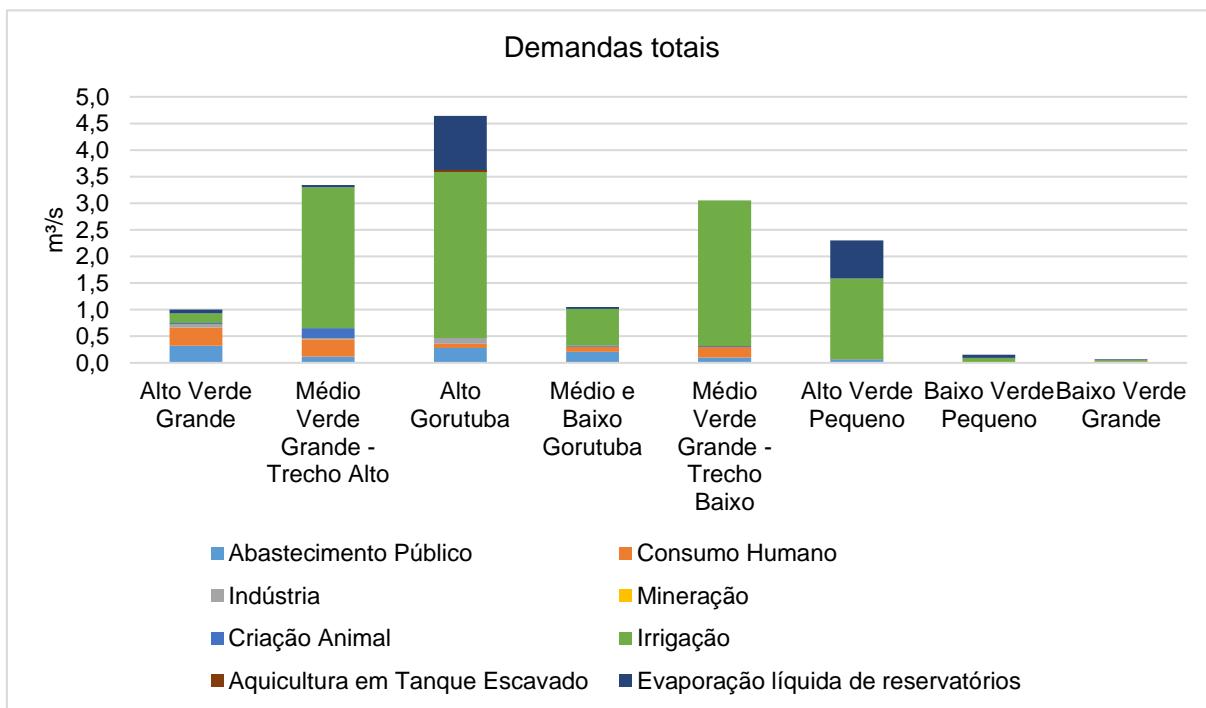
A seguir estão apresentadas as demandas totais, sendo também discriminadas por sub-bacia.

Destaca-se a demanda para irrigação na bacia, a mais expressiva em todas as sub-bacias, à exceção do Alto Verde Grande. A evaporação nos reservatórios é a segunda maior demanda, seguida do abastecimento público e consumo humano. Observa-se valores pouco expressivos para a criação animal, indústria e mineração (Quadro 5.1 e Figura 5.1).

Quadro 5.1 - Demandas totais consideradas para o estudo.

Sub-bacia	Demanda total (m³/s)								Total
	Abastecimento Público	Consumo Humano	Indústria	Mineração	Criação Animal	Irrigação	Aquicultura em Tanque Escavado	Evaporação líquida de reservatórios	
Alto Verde Grande	0,324	0,340	0,064	0,000	0,020	0,180	0,000	0,075	1,003
Médio Verde Grande - Trecho Alto	0,120	0,322	0,019	0,000	0,191	2,648	0,000	0,046	3,344
Alto Gorutuba	0,279	0,079	0,107	0,000	0,004	3,123	0,031	1,020	4,643
Médio e Baixo Gorutuba	0,205	0,098	0,002	0,001	0,020	0,690	0,000	0,034	1,050
Médio Verde Grande - Trecho Baixo	0,102	0,197	0,000	0,000	0,020	2,735	0,000	0,000	3,053
Alto Verde Pequeno	0,065	0,000	0,003	0,000	0,000	1,516	0,000	0,719	2,304
Baixo Verde Pequeno	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,095	0,000	0,057	0,154
Baixo Verde Grande	0,008	0,017	0,000	0,000	0,001	0,028	0,000	0,012	0,066
<b>Total</b>	<b>1,104</b>	<b>1,053</b>	<b>0,195</b>	<b>0,001</b>	<b>0,256</b>	<b>11,014</b>	<b>0,031</b>	<b>1,961</b>	<b>15,616</b>

Fonte: ANA (2019a, 2019c)



Fonte: ANA (2019a, 2019c)

Figura 5.1 - Demandas totais consideradas para o estudo para a bacia do rio Verde Grande.

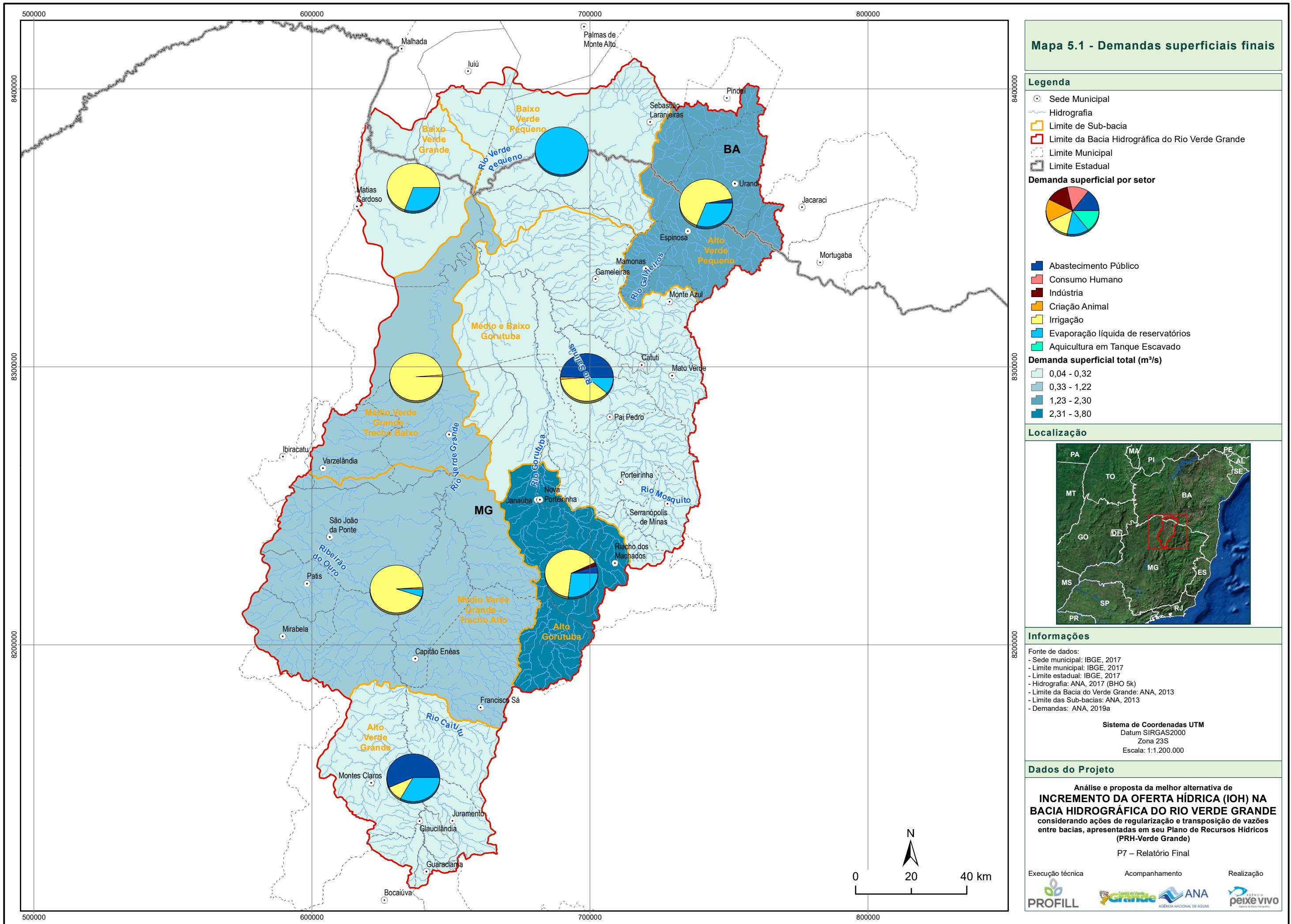
A Resolução ANA nº 584/2017 e a Resolução Conjunta ANA/IGAM nº 1.564/2017 estabelecem Marcos Regulatórios sobre os usos da água no rio Gorutuba e nos reservatórios Bico de Pedra, Estreito e Cova da Mandioca. A primeira estabelece limites para a vazão média anual outorgável nos reservatórios Estreito e Cova da Mandioca de 0,610 m³/s e 1,006 m³/s, respectivamente, e a segunda estabelece limites de 2,164 m³/s e 0,663 m³/s para o reservatório Bico de Pedra e o rio Gorutuba, respectivamente.

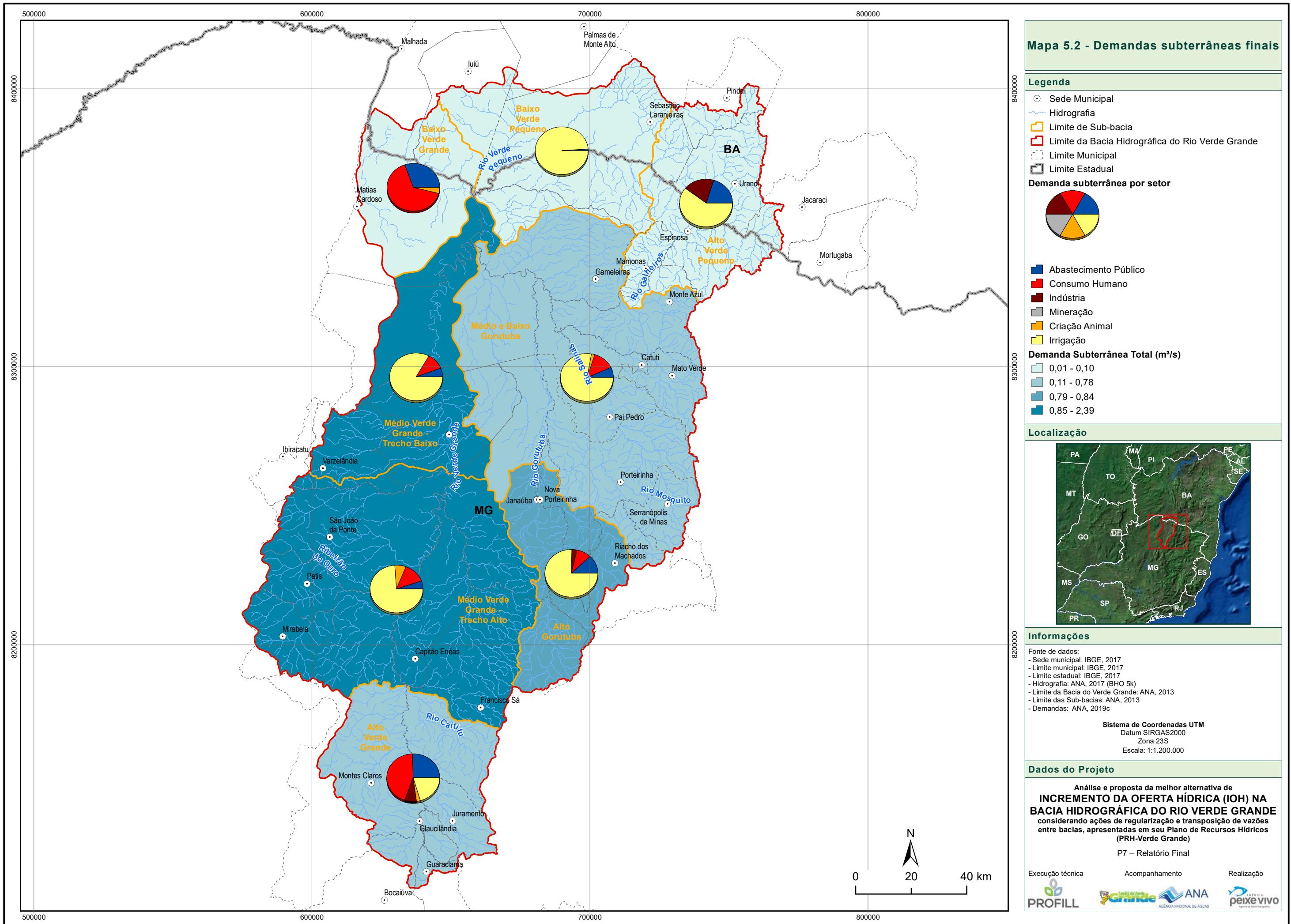
Os reservatórios Estreito e Cova da Mandioca estão situados na sub-bacia do Alto Verde Pequeno e o reservatório Bico de Pedra está localizado na sub-bacia do Alto Gorutuba. Somando as vazões definidas como limite em cada um dos Marcos Regulatórios há um total de 1,616 m<sup>3</sup>/s no primeiro MR, na sub-bacia do Alto Verde Pequeno e 2,164 m<sup>3</sup>/s no segundo, na sub-bacia do Alto Gorutuba.

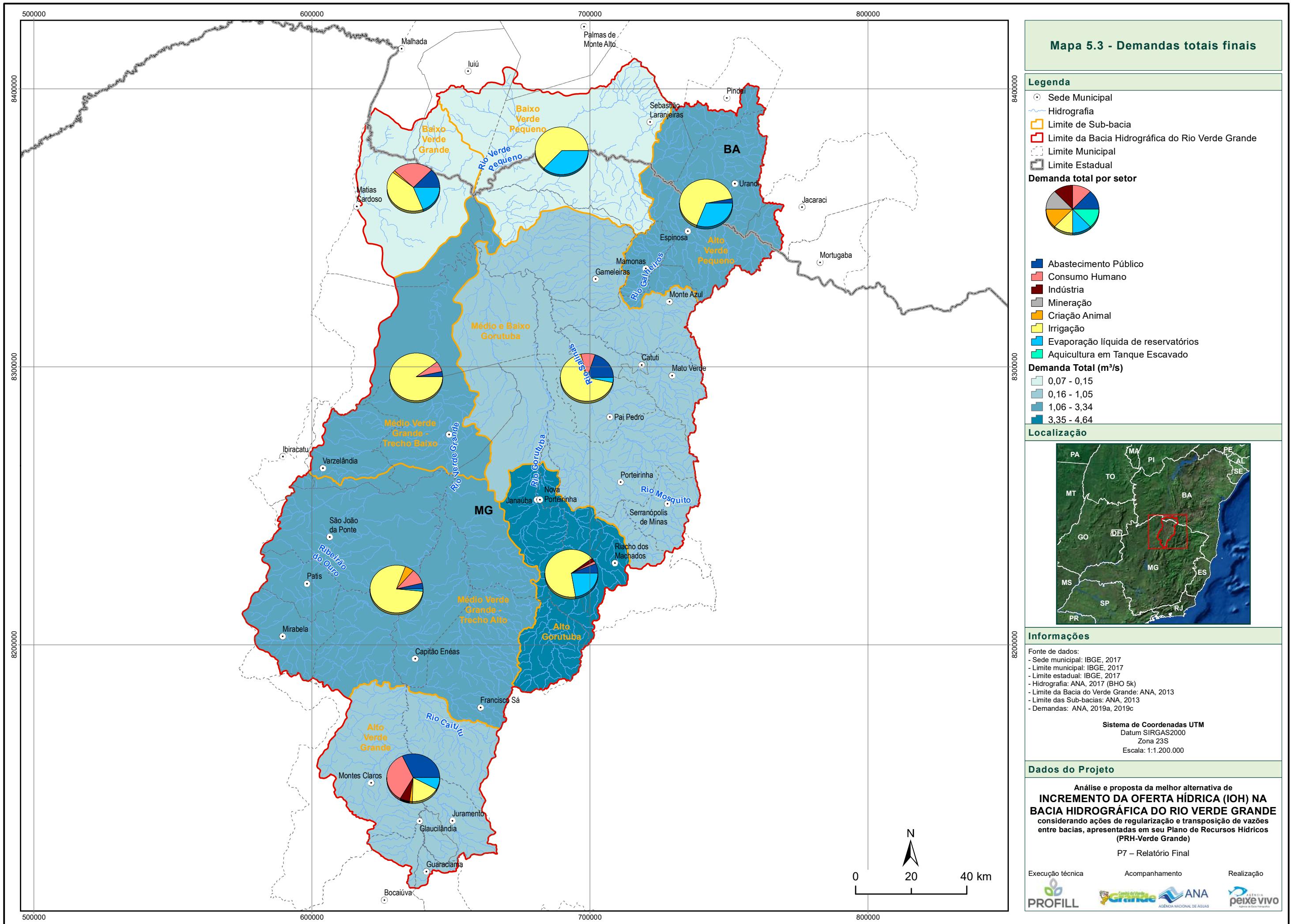
No caso da sub-bacia do Alto Verde Pequeno a demanda total de usos consuntivos é de 1,585 m<sup>3</sup>/s, subtraindo-se o valor estimado de evaporação. Este valor mostra-se coerente com o valor adotado no Marco Regulatório.

No caso do reservatório de Bico da Pedra e rio Gorutuba, a demanda estimada, com base nos resultados da análise, foi de 3,623 m<sup>3</sup>/s subtraindo-se o consumo pela evaporação dos espelhos d'água. Nessa situação, verifica-se que o valor é bastante superior ao limite estabelecido no Marco Regulatório. Ressalta-se que esse é o objetivo do estabelecimento de um Marco Regulatório: definir limites para a utilização dos recursos hídricos em bacias sujeitas a conflitos de usos da água.

As demandas consideradas para este estudo de águas superficiais, subterrâneas e totais estão apresentadas no Mapa 5.1, Mapa 5.2 e Mapa 5.3, respectivamente.







 AGÊNCIA <b>peixe vivo</b>	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 <b>comitê do Rio Grande</b>
	RELATÓRIO FINAL	

ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE

## 5.4 Demandas Futuras

A projeção das demandas até 2030 foi realizada pela ANA no estudo de Usos Consuntivos de Água, para os anos de 2025 e 2030. A partir das taxas de crescimento entre 2025 e 2030 as demandas superficiais foram projetadas de 2030 a 2040, e a partir das taxas para os mesmos períodos as demandas subterrâneas foram projetadas de 2018 a 2040.

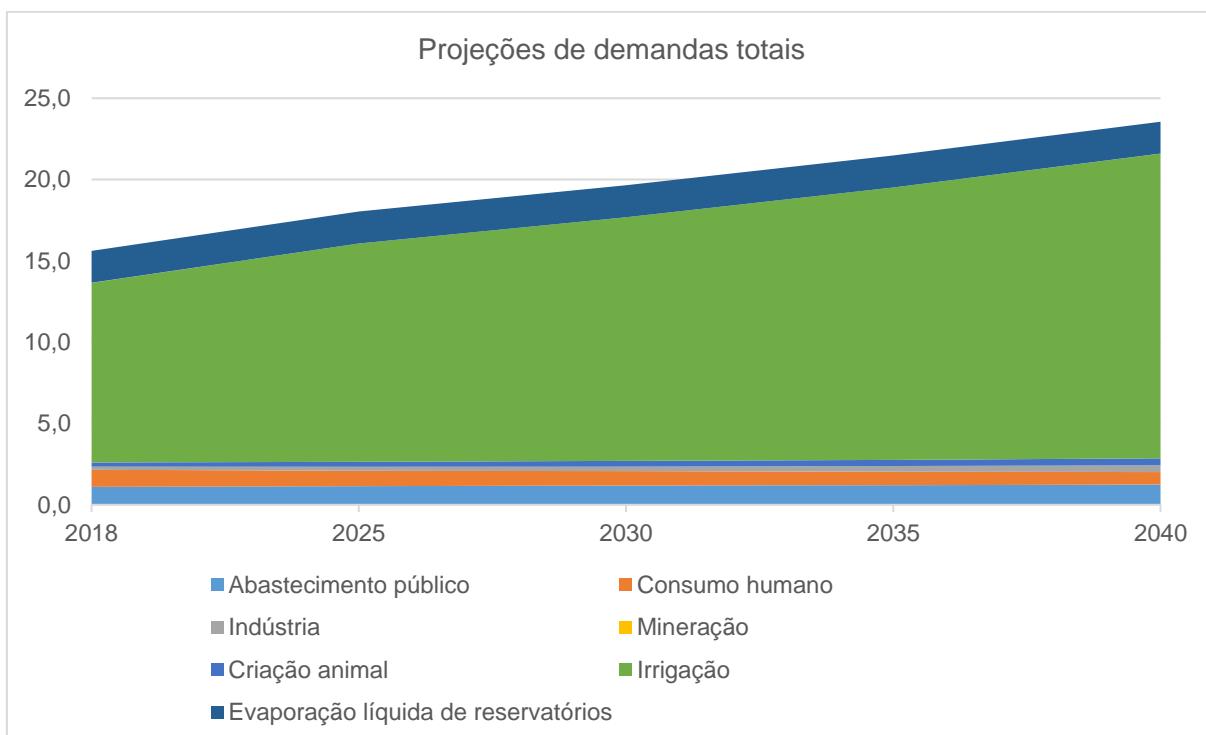
Os setores que apresentaram maiores taxas de crescimento foram o da indústria (107,55%) e mineração (203,1%), porém, como são demandas pouco expressivas na bacia, mesmo com esse crescimento suas projeções continuam com baixos valores no horizonte de 2040.

O único setor que apresentou diminuição na demanda é o de consumo humano (26,38%), o que é compreensível considerando a tendência de migração da população rural para ambientes urbanos.

O setor de abastecimento público foi o que menos cresceu, com um aumento de 12,34% de 2018 a 2040, e os setores de criação animal e irrigação tiveram taxas parecidas, de 69,97% e 69,62%, respectivamente.

O crescimento total das demandas na bacia foi de 50,84%, chegando a um total de 23,554 m<sup>3</sup>/s em 2040, dos quais 18,736 m<sup>3</sup>/s são para irrigação. Especificamente para validação das projeções de irrigação, que são as maiores da bacia, foram consultadas as informações do potencial de expansão de áreas para agricultura irrigada, disponível no Atlas de Irrigação da ANA (ANA, 2017), que estimam como área máxima irrigável na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande 136.750 hectares. Considerando os coeficientes de demanda unitária para agricultura irrigada, disponíveis no estudo de Coeficientes Técnicos para Agricultura Irrigada (ANA, 2019d), de 0,164 L/s/ha (esse valor corresponde ao coeficiente unitário médio para culturas permanentes no Estado de Minas Gerais) a vazão total de 18,736 m<sup>3</sup>/s equivale a uma área de 114.243 ha, dentro da área máxima irrigável estimada.

Na Figura 5.2 e no Quadro 5.2 estão apresentadas as projeções e taxas de crescimento das demandas nos horizontes estudados.



Fonte: ANA (2019a, 2019c)

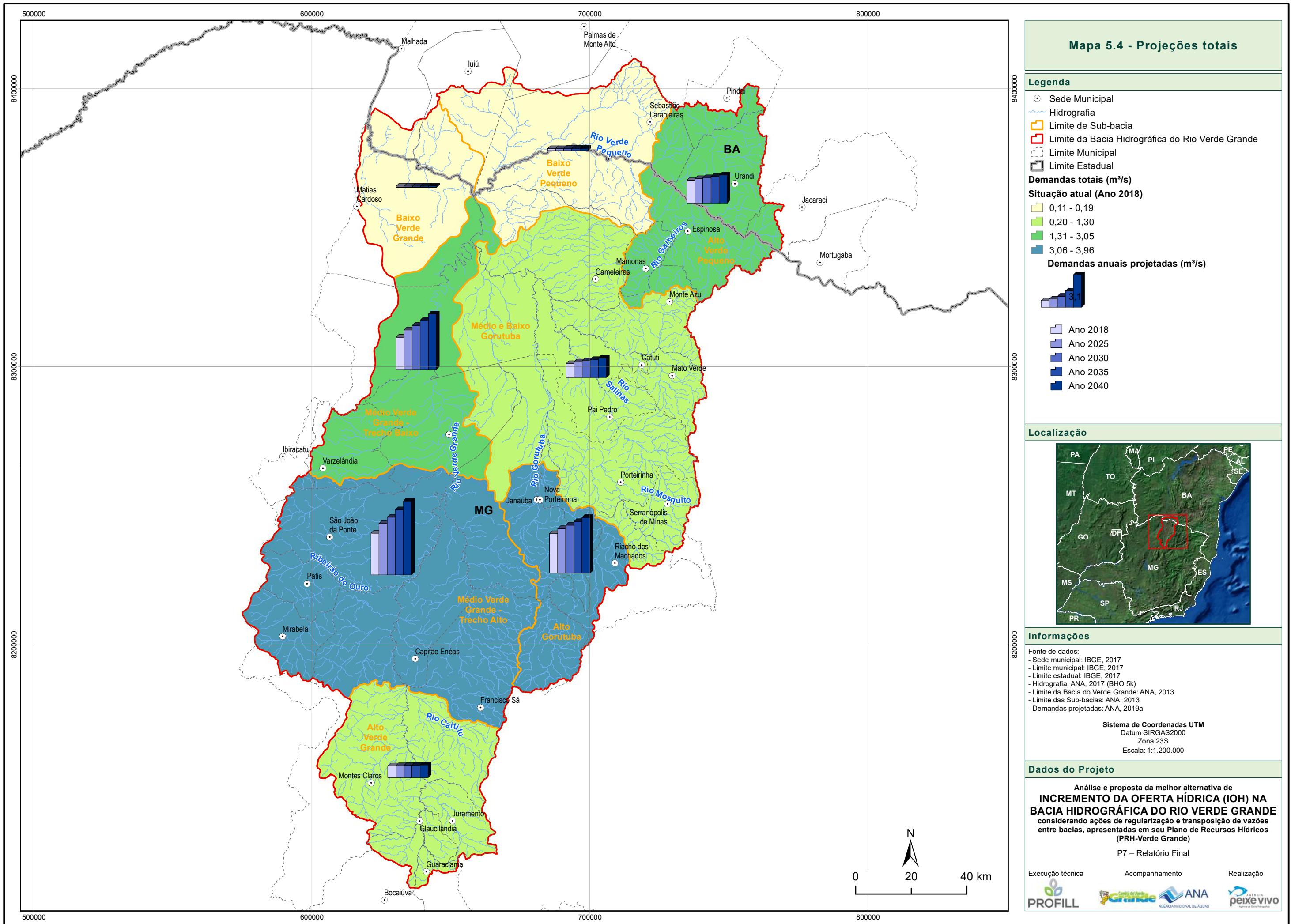
Figura 5.2 - Projeções de demandas totais.

Quadro 5.2 - Taxas de crescimento das demandas.

Setor	2018	2025	2030	2035	2040
Abastecimento público	0,64%	0,49%	0,50%	0,56%	12,34%
Consumo humano	-1,48%	-1,27%	-1,23%	-1,20%	-26,38%
Indústria	3,50%	3,71%	4,05%	4,88%	107,38%
Mineração	8,07%	4,93%	5,54%	9,23%	203,10%
Criação animal	2,93%	2,43%	2,58%	3,18%	69,97%
Irrigação	3,08%	2,32%	2,50%	3,16%	69,62%
<b>Total</b>	<b>2,21%</b>	<b>1,79%</b>	<b>1,99%</b>	<b>2,31%</b>	<b>50,84%</b>

Fonte: ANA (2019a, 2019c)

No Mapa 5.4 estão apresentadas as projeções para demandas totais.



## 6 BARRAMENTOS ESTUDADOS NO PRH VERDE GRANDE

### 6.1 Objetivos

O estudo de Oferta Hídrica – Barragens Projetadas, resultado da Atividade 5, refere-se ao Produto 3 (P3) deste trabalho e compreende uma apresentação das informações gerais sobre reservação de água na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande e das suas sub-bacias. Nesse sentido, os próximos subitens deste capítulo apresentam uma breve descrição da base cartográfica adotada para o desenvolvimento dos estudos e a consolidação da localização dos 14 barramentos inicialmente propostos no Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (ANA, 2013), bem como os principais resultados dos estudos.

Para a determinação das características básicas dos reservatórios, foi realizada uma simulação operacional, com destaque para as respectivas vazões regularizadas. A partir dos resultados obtidos, foram determinadas as dimensões básicas dos barramentos necessários à formação dos reservatórios anteriormente dimensionados.

O estudo também compreendeu a estimativa dos custos associados aos empreendimentos, com base nas dimensões básicas dos barramentos e reservatórios, abrangendo aqueles relacionados à implantação, aos estudos e projetos necessários, às desapropriações, às compensações ambientais e à operação e manutenção.

Por fim, foram apresentados indicadores para expressar o desempenho das barragens/reservatórios, sob diversas óticas ou naturezas: técnica, financeira, social, ambiental e de segurança. Esses indicadores apresentam os elementos a serem considerados nas atividades seguintes do Plano de Trabalho, notadamente na Atividade 8 (Avaliação Conjunta das Soluções Abordadas), com vistas à definição das intervenções a serem selecionadas e/ou hierarquizadas para o incremento de água na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

### 6.2 Base Cartográfica Adotada e Consolidação da Localização dos Barramentos

Essa etapa consistiu na consolidação das características e condições locacionais, topográficas e hidrológicas do conjunto de 14 barramentos propostos pelo Plano de Recursos Hídricos Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (Quadro 6.1 e Quadro 6.2), sendo realizada a geração da base cartográfica através da modelagem digital do terreno, a identificação de inconsistências locacionais em alguns casos e a determinação dos

principais parâmetros necessários à simulação da operação (vazões afluentes aos reservatórios/alternativas metodológicas e série de precipitações e evaporações médias mensais - série dos últimos 30 anos, de 1989 a 2018).

Quadro 6.1 - Ajustes Locacionais nos Barramentos/Reservatórios.

Reservatório	Curso d'Água	Município	Coordenadas*		Bacia Hidrogr. Calculada (km <sup>2</sup> )	Bacia Hidrogr. PRH Verde Grande (km <sup>2</sup> )
			X	Y		
Peixe	Rio Mimoso	Montes Claros	634.932	8.138.367	41,4	40
Sítio	Rio do Sítio	Montes Claros/Bocaiúva	630.010	8.132.440	40,6	38
Pedras	Rio das Pedras	Bocaiúva/Glaucilândia	639.436	8.134.124	246,5	250
Prata	Rio Juramento	Juramento	653.116	8.132.297	50,9	48
Verde	Rio Verde Grande	Montes Claros/Glaucilândia	639.008	8.139.951	576,0	646
Canoas	Rio Saracura	Juramento	647.660	8.142.864	122,1	120
Cerrado	Córrego dos Bois	Montes Claros	613.994	8.152.718	41,9	35
Tábua	Rio Tábua	Montes Claros	629.976	8.173.510	152,2	156
Suçuapara	Rio Suçuapara	Patis	608.421	8.220.624	400,4	415
Água Limpa	Rio Canabrava	Montes Claros	609.004	8.213.811	444,2	474
Cocos	Rio Mosquito	Porteirinha	716.717	8.253.829	242,3	500
Sítio Novo	Ribeirão Sítio Novo	Porteirinha	713.452	8.247.285	286,6	250
Mamonas	Rio Galheiros	Mamonas/Espinosa	723.363	8.335.049	174,4	172
São Domingos	Rio São Domingos	Urandi	737.338	8.378.672	403,0	403

Nota: Sistema UTM, SIRGAS, 2000.

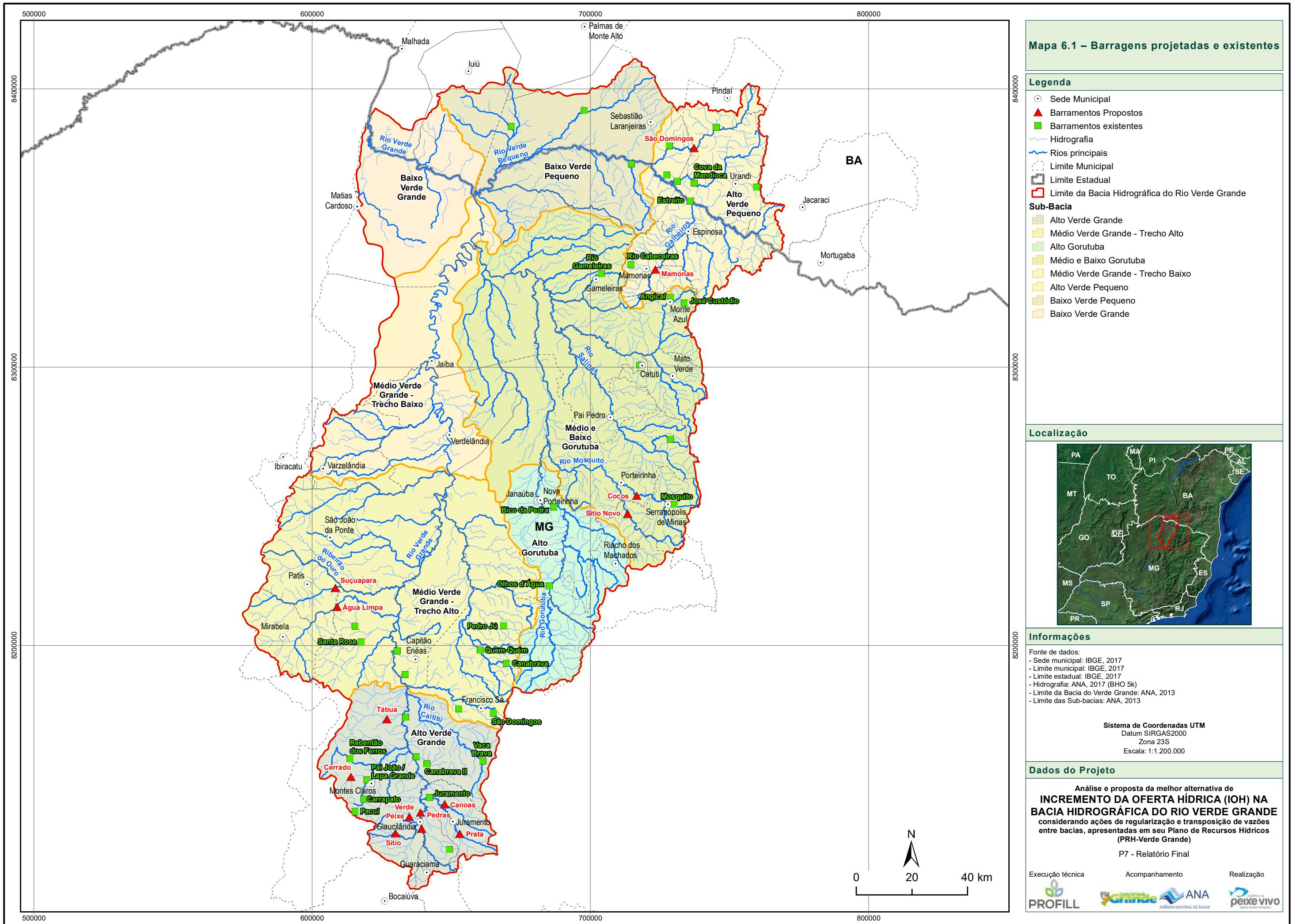
Quadro 6.2 - Características Principais dos Reservatórios.

Reservatório	Calculado IOH		PRH Verde Grande	
	Área (ha)	Vol. Acum. (Hm <sup>3</sup> )	Área (ha)	Vol. Acum. (Hm <sup>3</sup> )
Peixe	155	12,50	144	17,60
Sítio	135	12,00	190	24,50
Pedras	250	13,20	80	5,00
Prata	70	6,50	114	16,00
Verde	440	25,00	330	22,00
Canoas	145	10,00	177	10,00
Cerrado	50	6,50	126	18,00
Tábua	110	10,50	73	6,00
Suçuapara	80	11,20	85	11,10
Água Limpa	105	12,00	146	12,00
Cocos	240	10,40	5	0,30
Sítio Novo	780	72,00	936	60,00
Mamonas	420	25,00	206	15,00
São Domingos	618	73,75	618	73,75

Uma vez definida a posição do eixo do barramento, para cada caso, foram determinadas as condições de acumulação dos respectivos reservatórios. Inicialmente foram determinadas as áreas alagadas para diferentes níveis de água de acumulação, posteriormente, foram calculados os volumes acumulados e, consequentemente, as respectivas curvas cota-área-volume.

A macrolocalização dos 14 barramentos estudados, bem como os ajustes microlocacionais efetuados são apresentados no Mapa 6.1 a seguir.

Já as Figuras a seguir (Figura 6.1 a Figura 6.13) apresentam as situações quanto à localização de cada um dos barramentos, após os ajustes procedidos. Ressalta-se que no caso de São Domingos não houve necessidade de ajuste locacional, pelo fato de o anteprojeto desenvolvido em 2009 já indicar o local adequado. Também estão apresentados os reservatórios e suas áreas alagadas para diversos níveis de água. Para o reservatório da barragem de São Domingos foram assumidos os valores provenientes do anteprojeto.



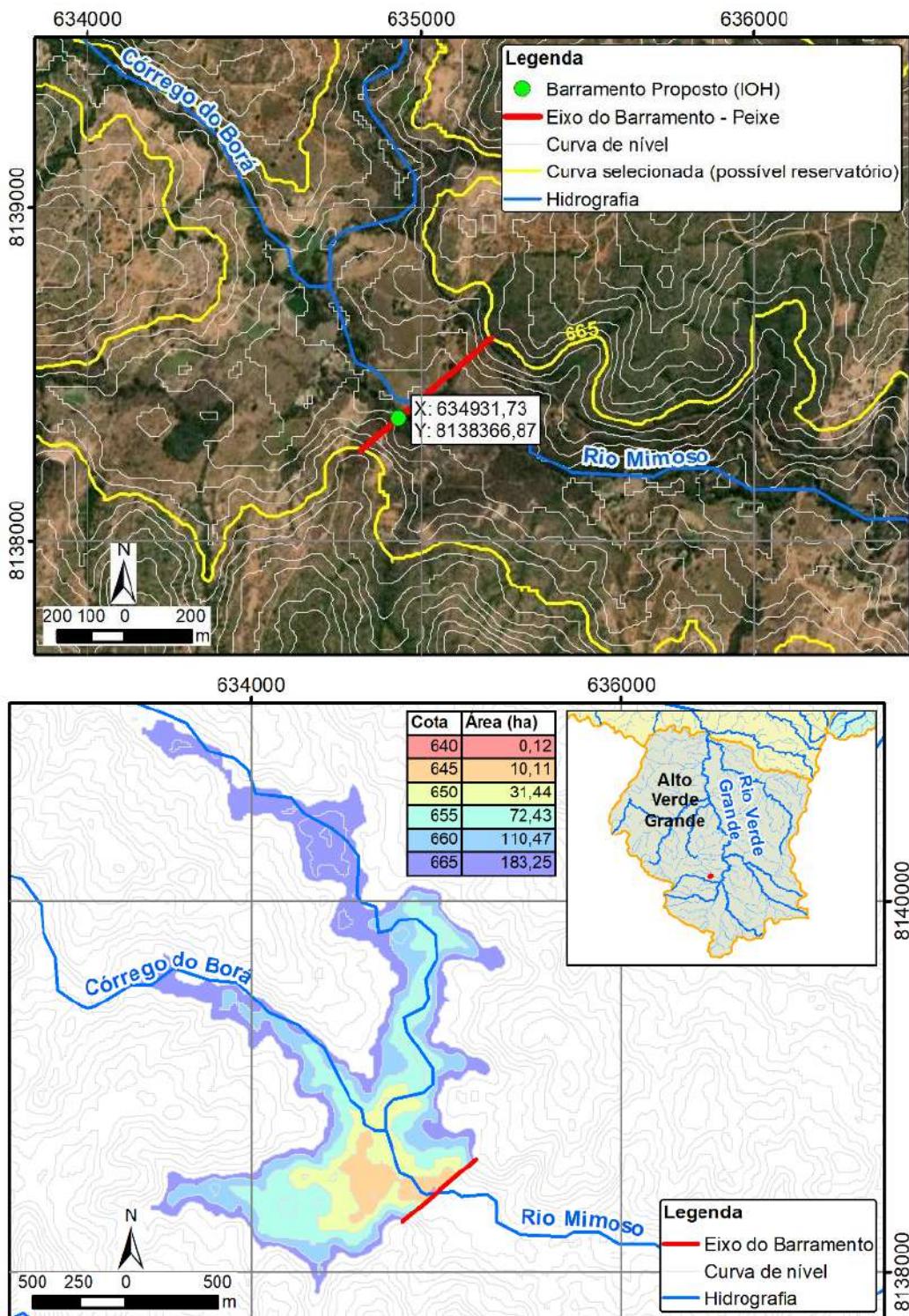


Figura 6.1 - Eixo e Área Alagada do Barramento Peixe

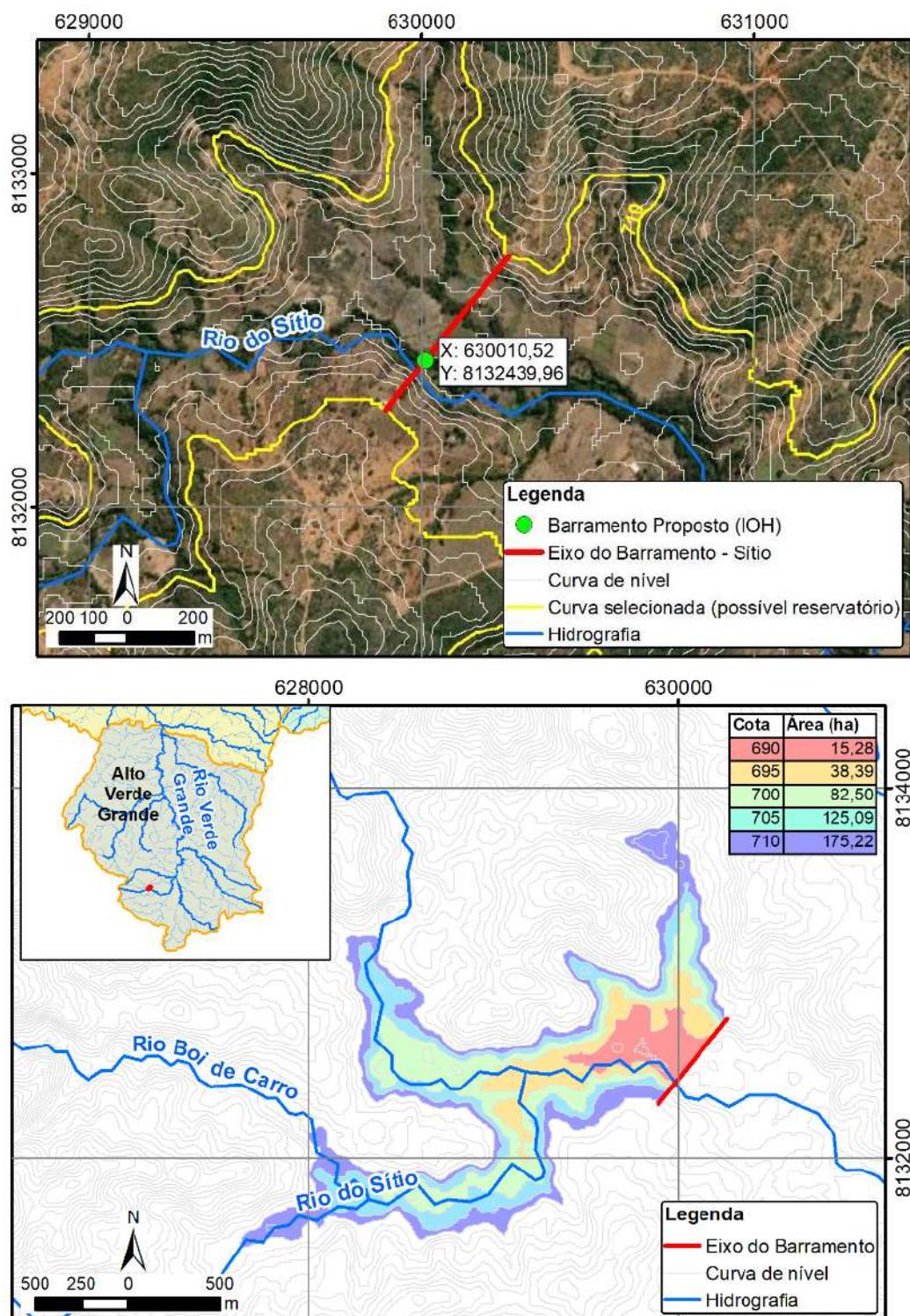


Figura 6.2 - Eixo e Área Alagada do Barramento Sítio.

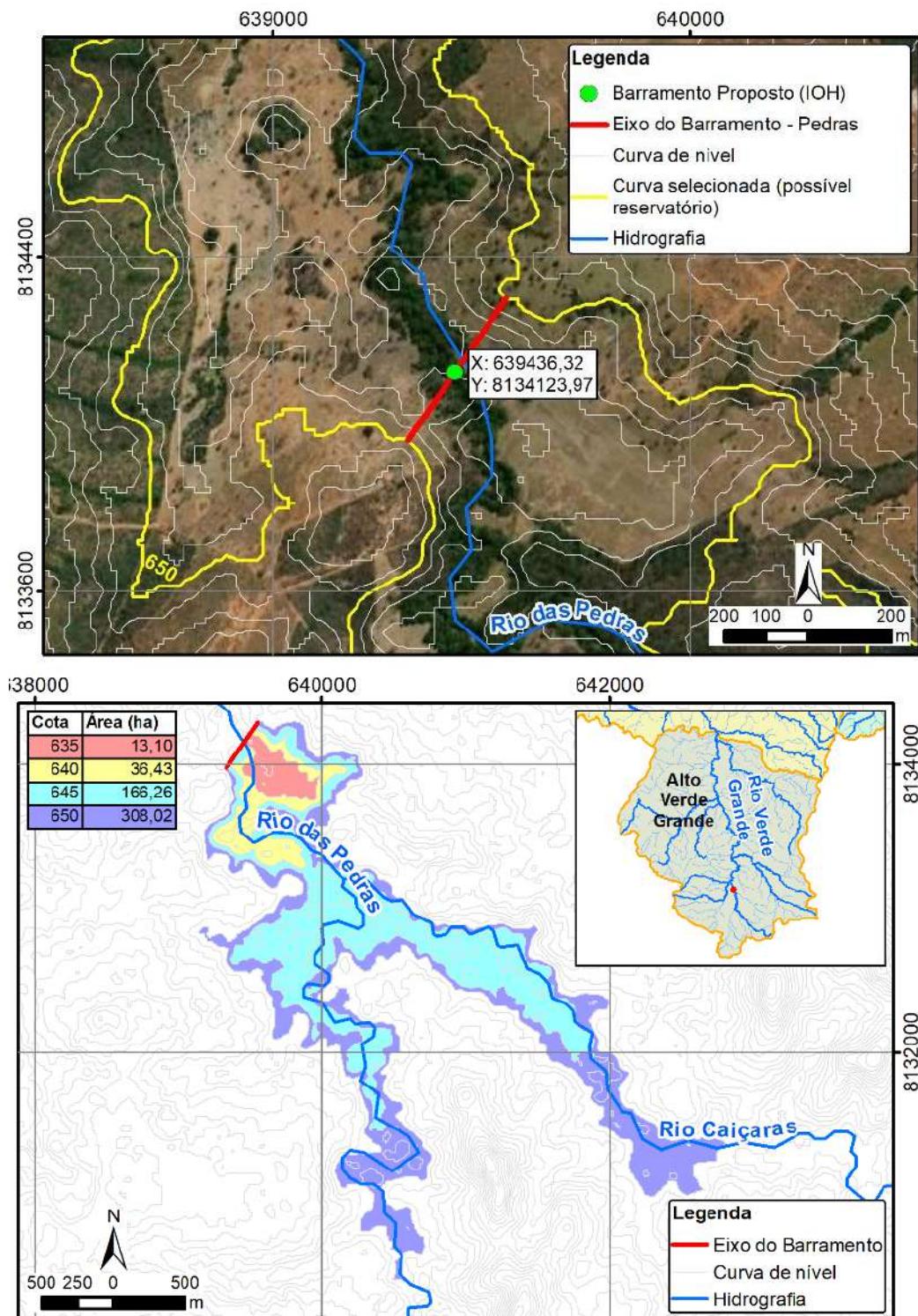


Figura 6.3 - Eixo e Área Alagada do Barramento Pedras.

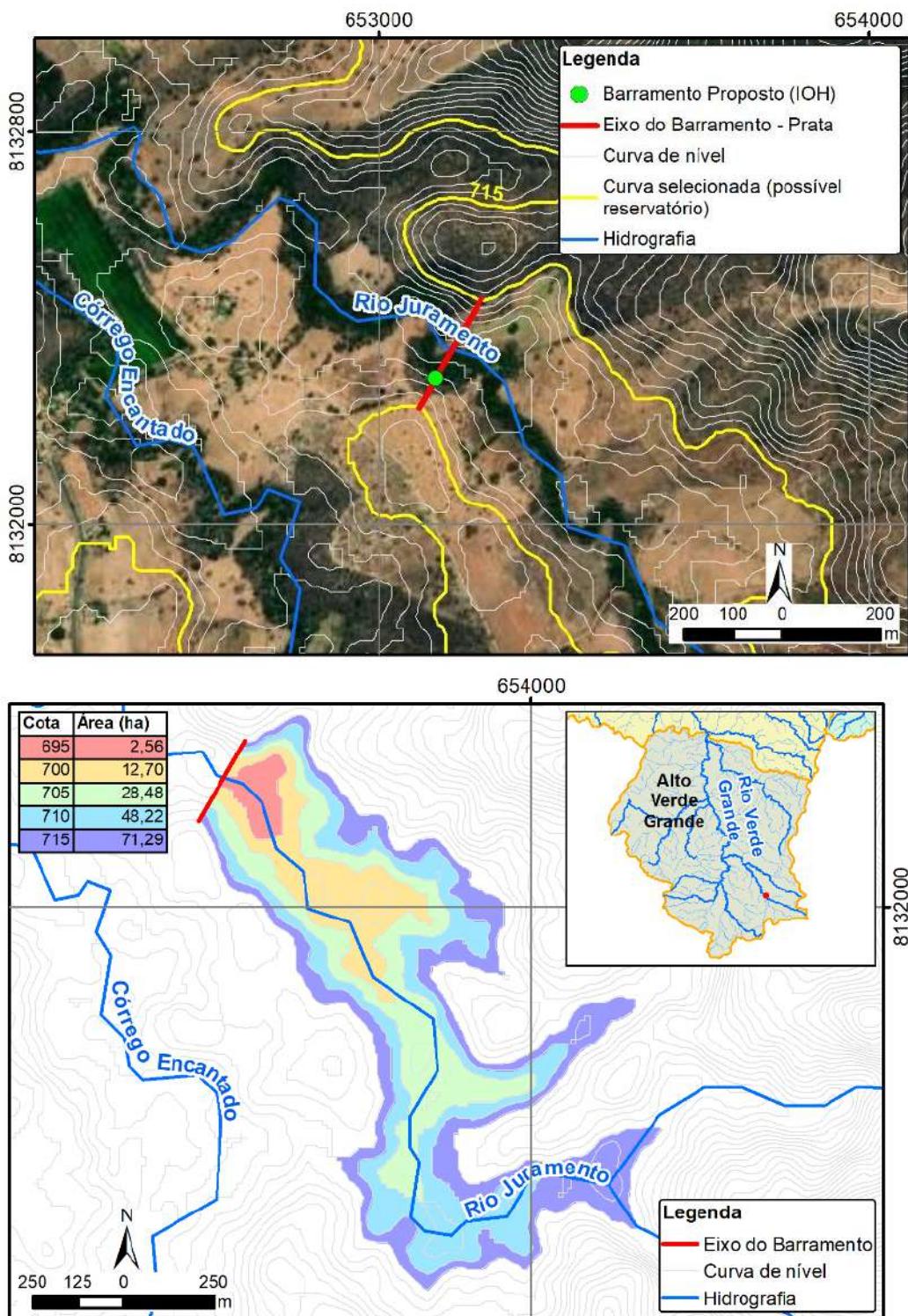


Figura 6.4 - Eixo e Área Alagada do Barramento Prata.

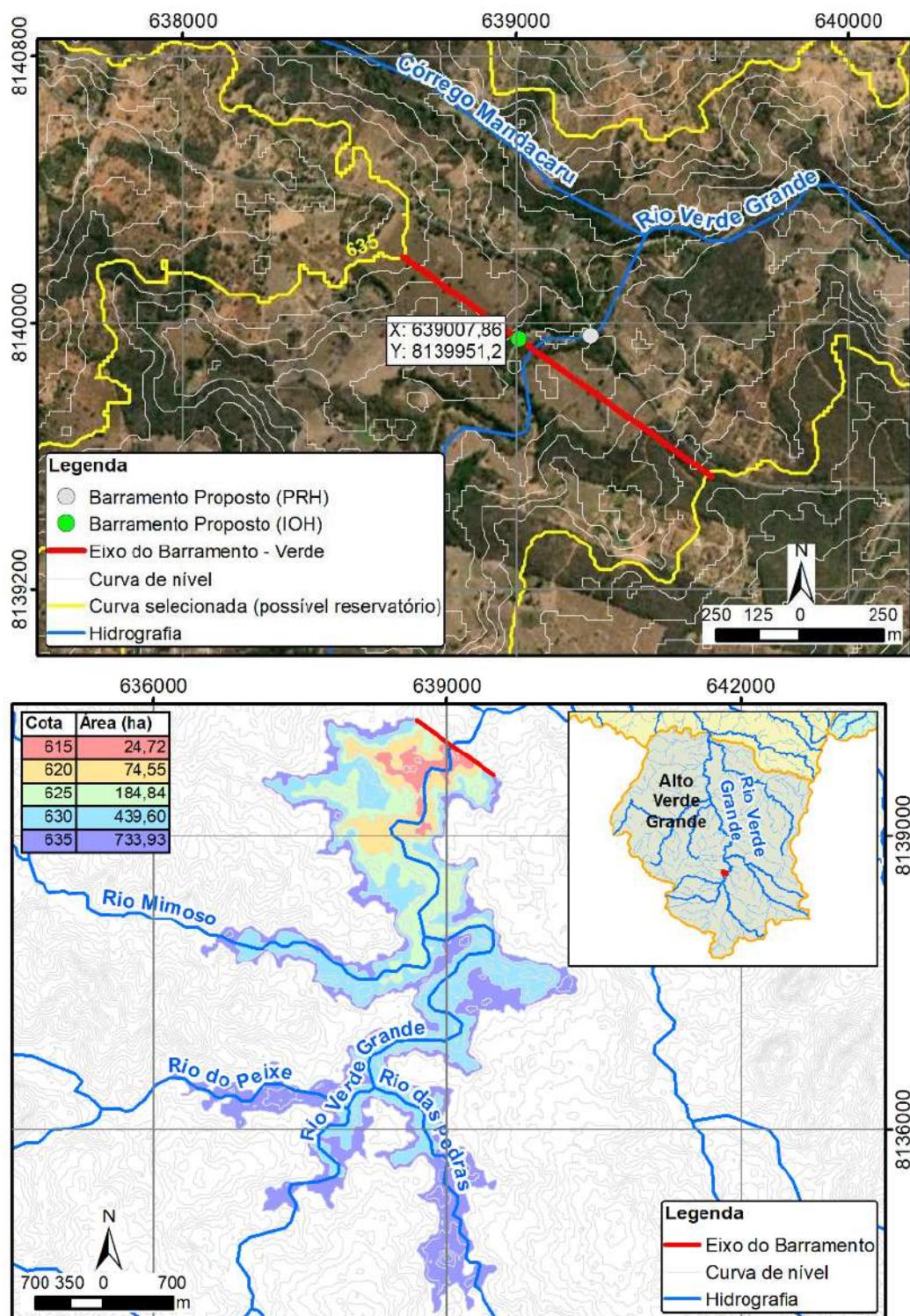


Figura 6.5 - Eixo e Área Alagada do Barramento Verde.

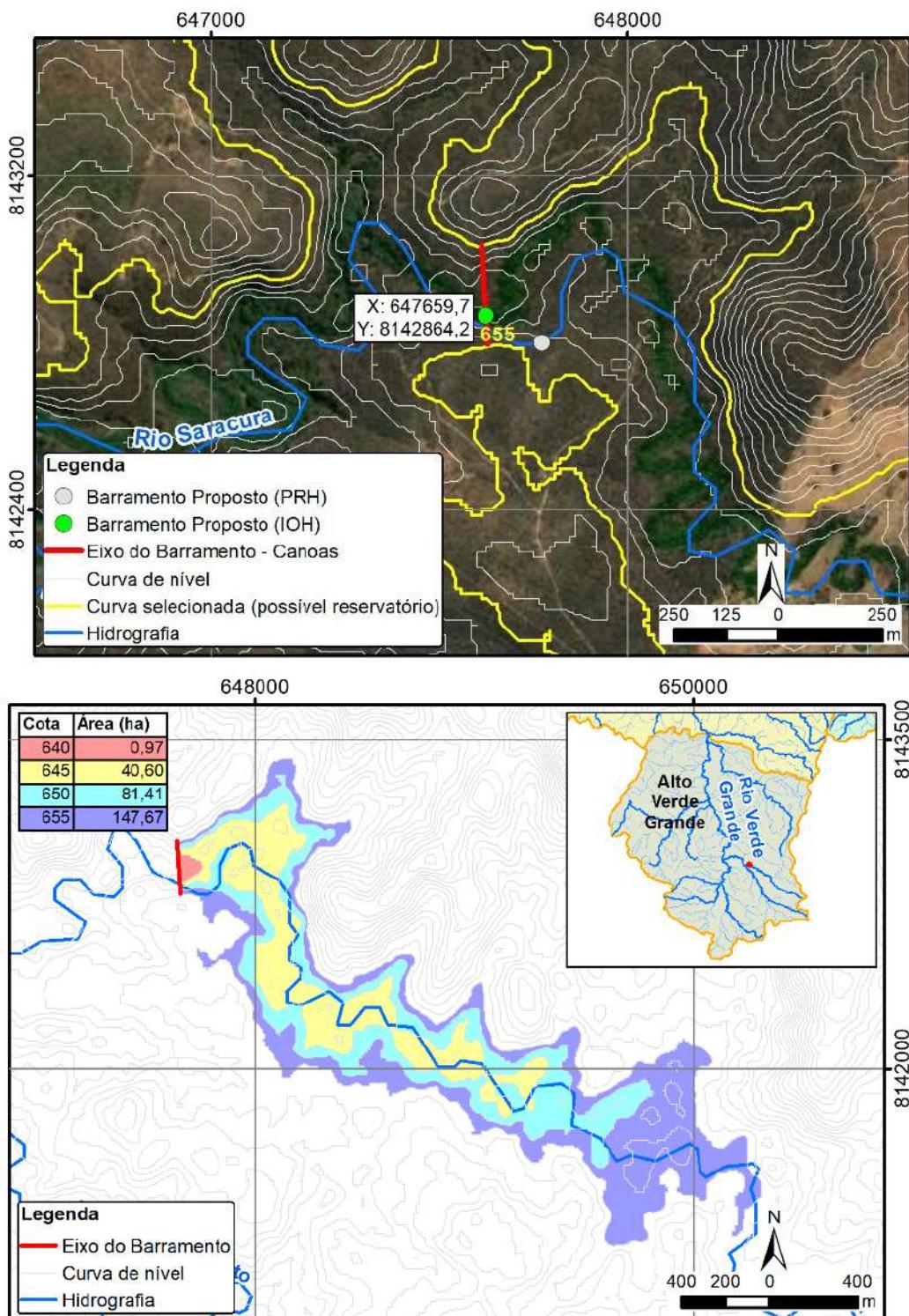


Figura 6.6 - Eixo e Área Alagada do Barramento Canoas.

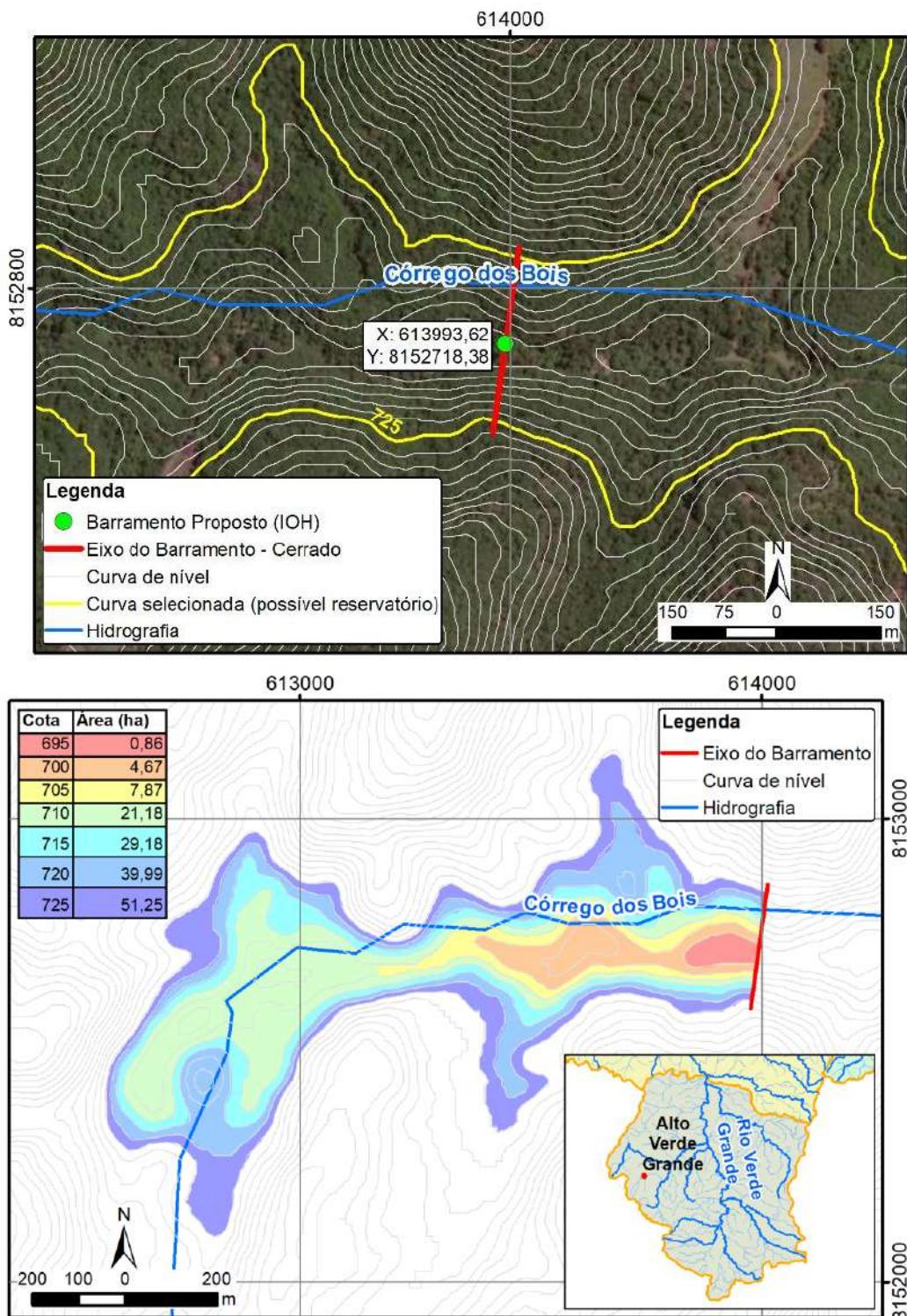
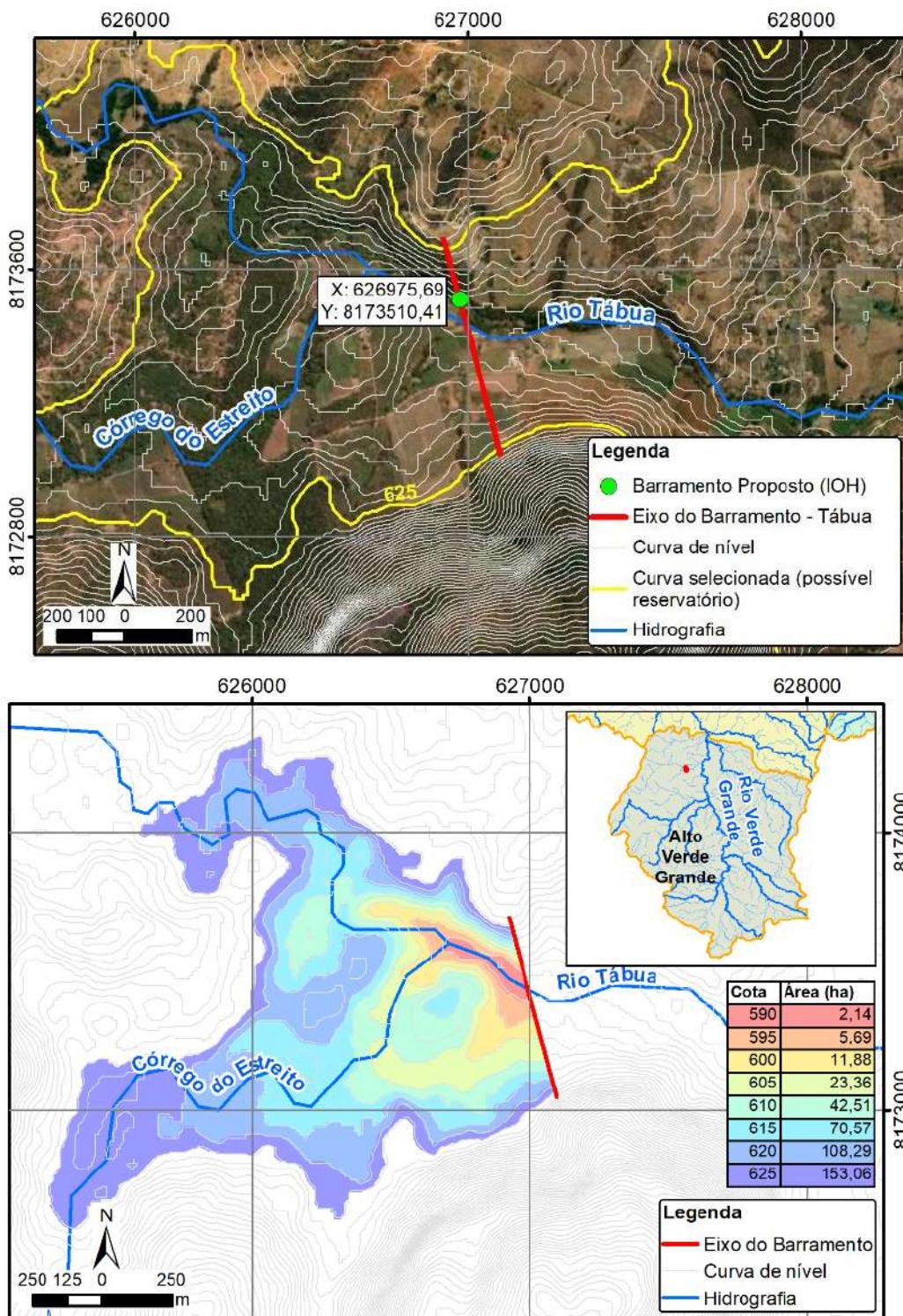


Figura 6.7 - Eixo e Área Alagada do Barramento Cerrado.



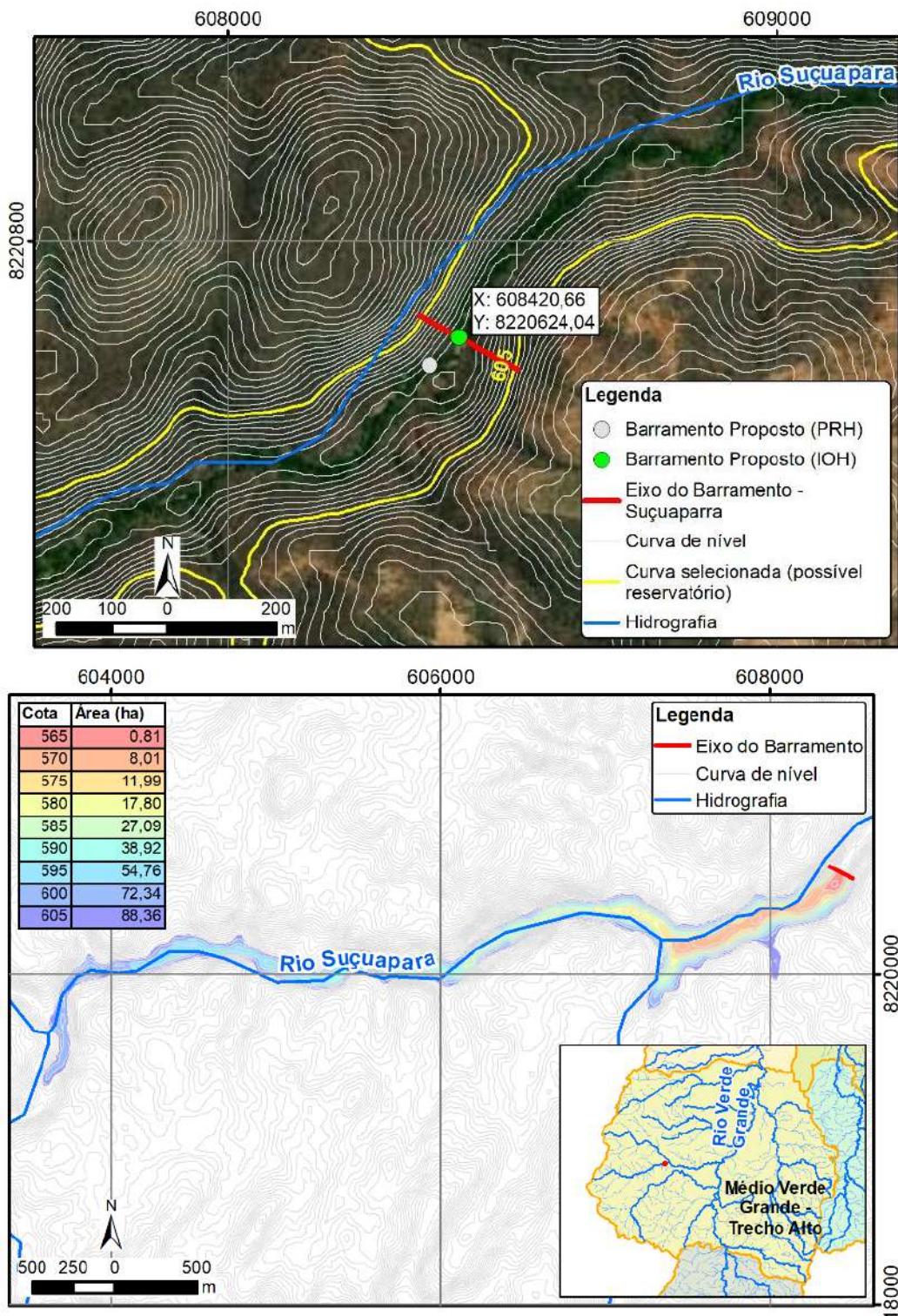


Figura 6.9 - Eixo e Área Alagada do Barramento Suçuapara.

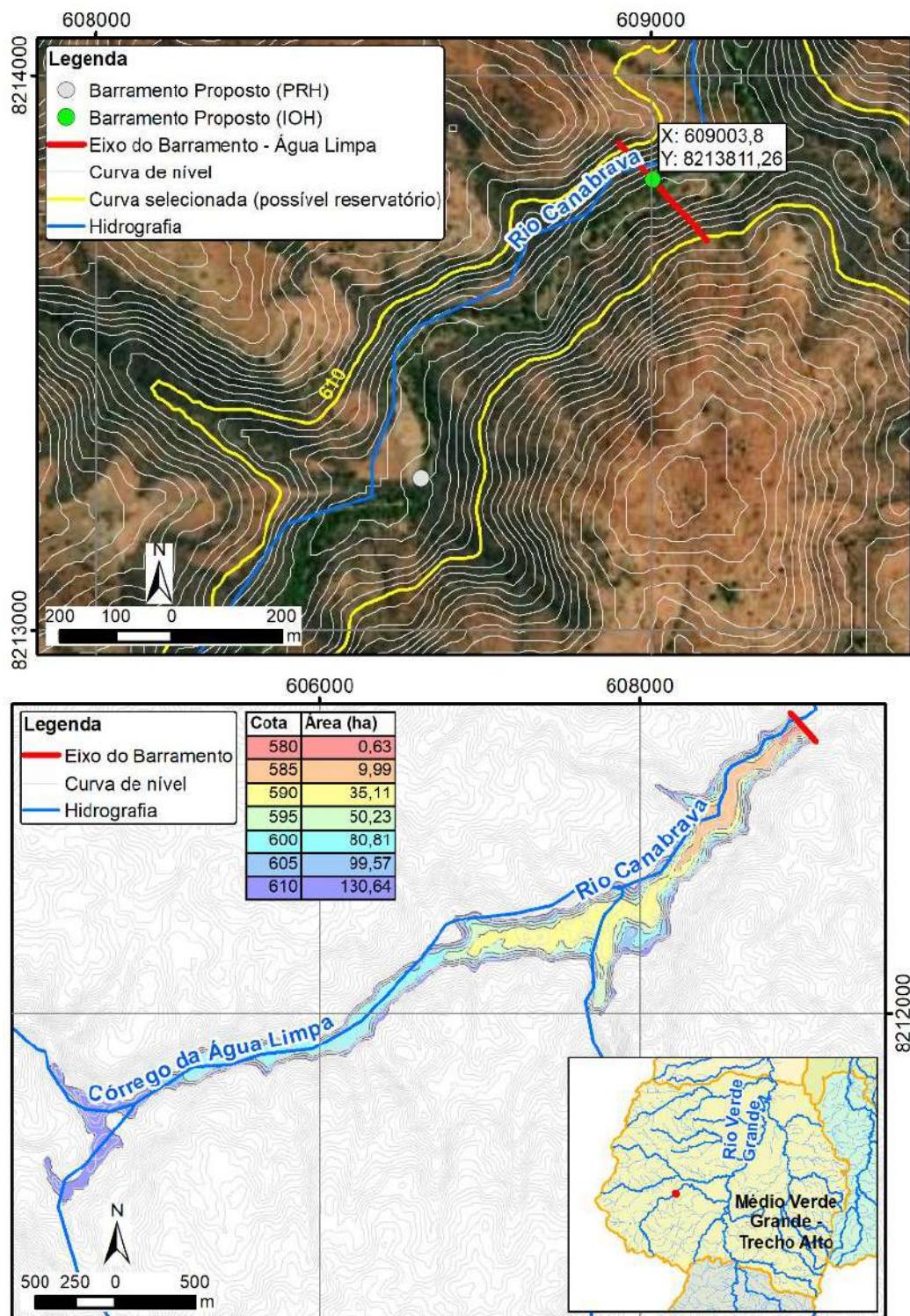


Figura 6.10 - Eixo e Área Alagada do Barramento Água Limpa.

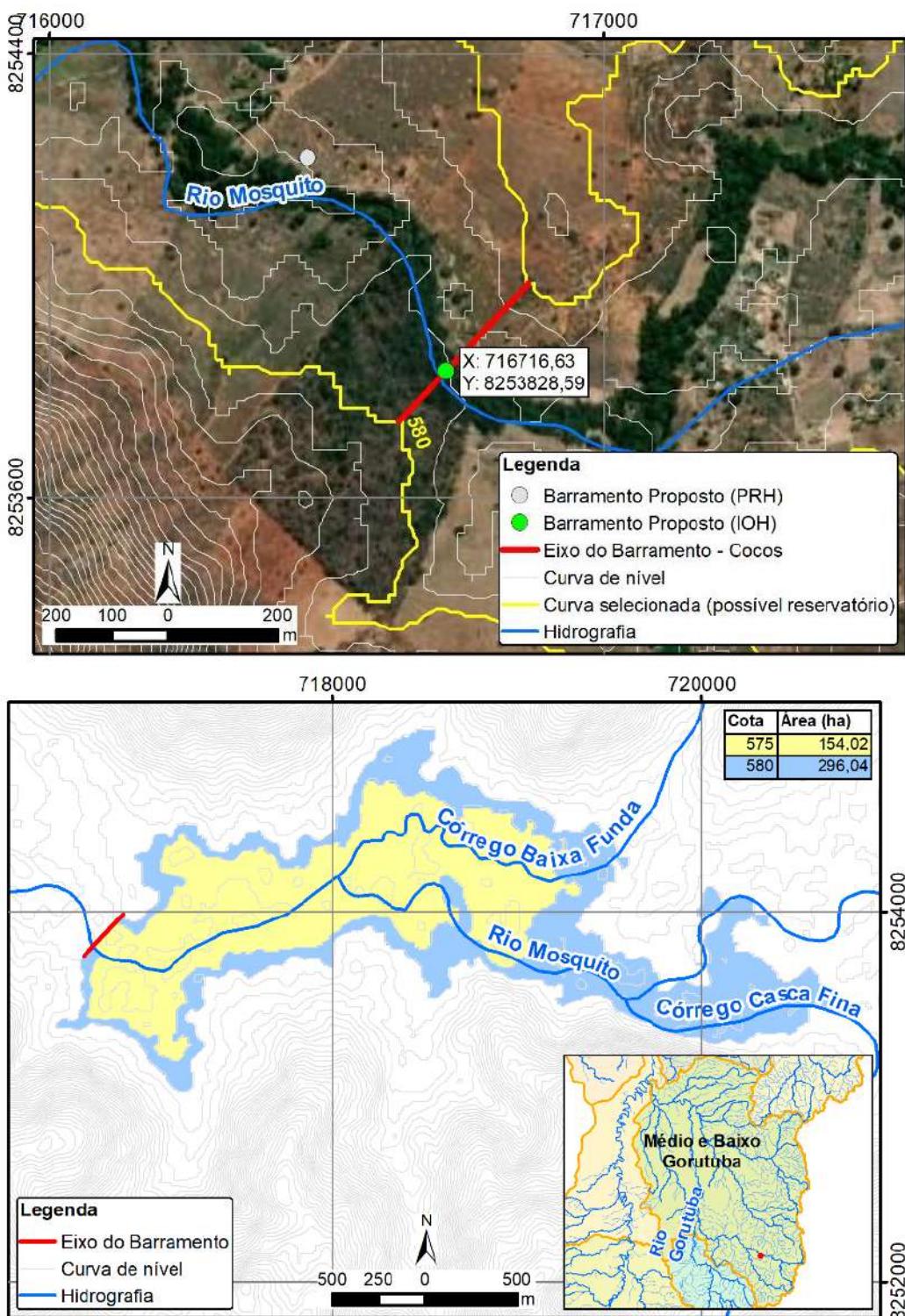


Figura 6.11 - Eixo e Área Alagada do Barramento Cocos.

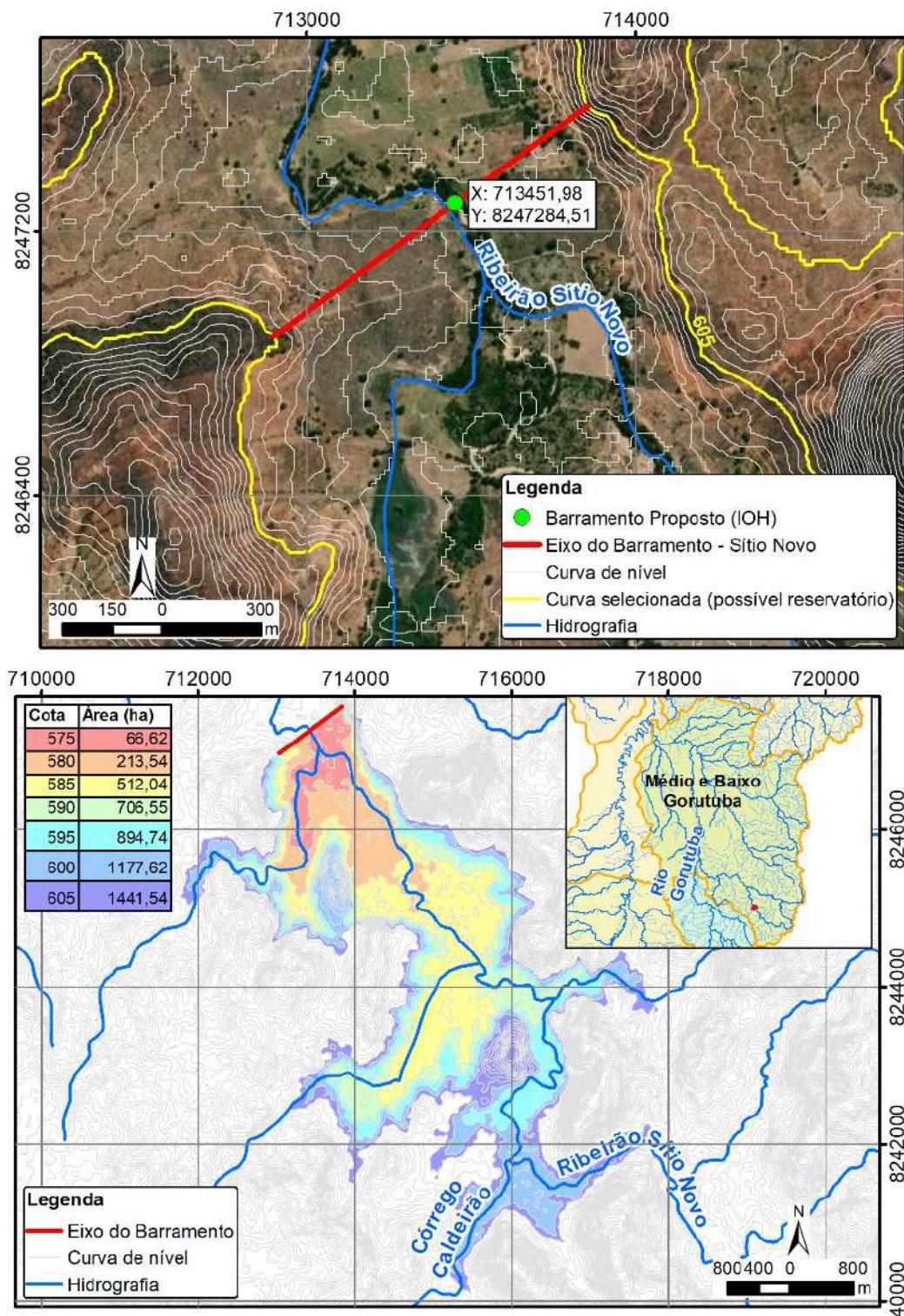


Figura 6.12 - Eixo e Área Alagada do Barramento Sítio Novo.

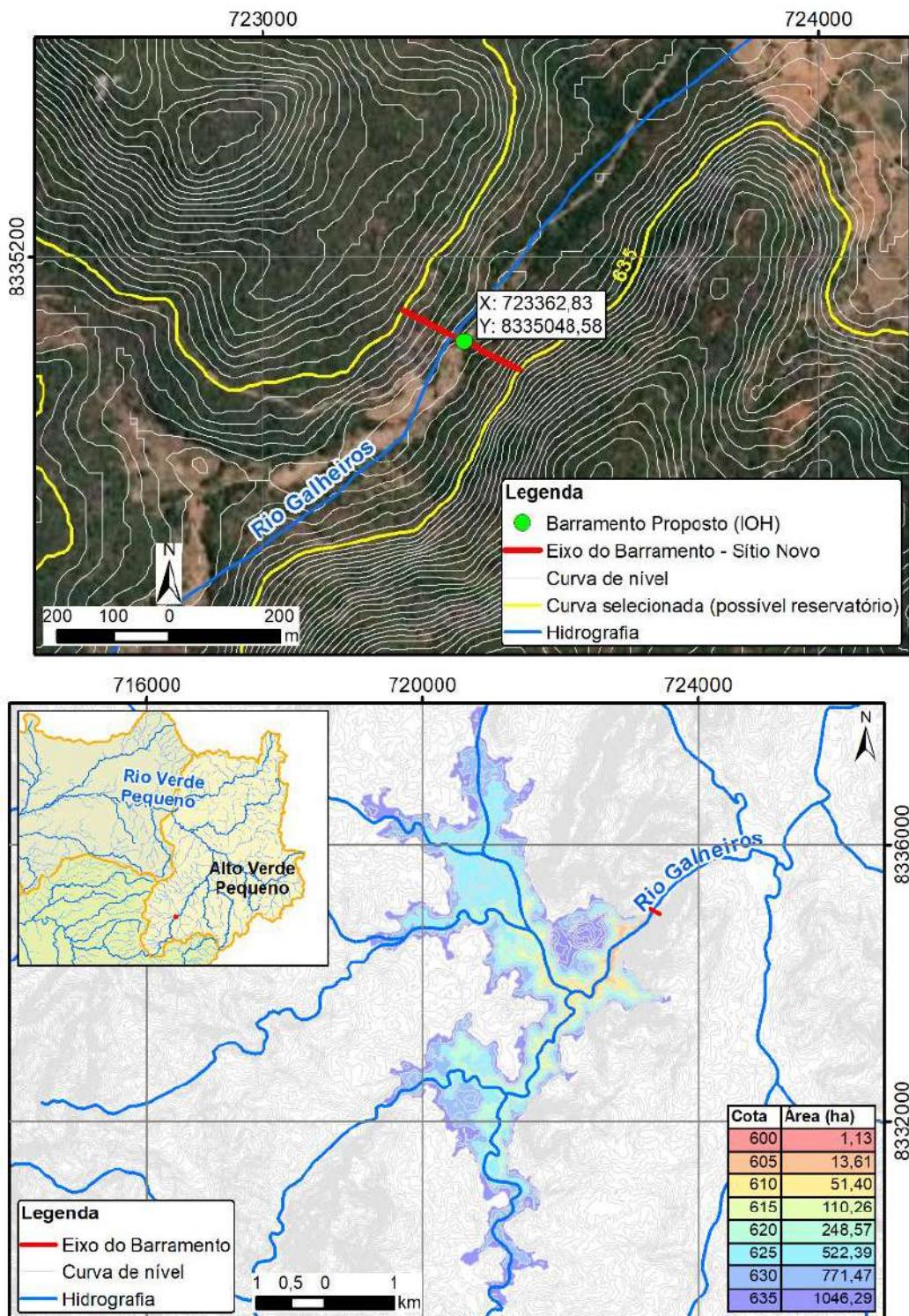


Figura 6.13 - Eixo e Área Alagada do Barramento Mamona.

### 6.3 Simulação dos Reservatórios e Estimativa das Vazões Regularizadas

Para a estimativa das vazões regularizadas com determinada garantia, foram realizadas simulações de regularização e vazão dos reservatórios. As simulações consistiram em balanços hídricos mensais, ao longo de uma série de anos pré-determinada, confrontando as afluências hídricas com as demandas de água (no caso as vazões regularizadas). A contabilização de falhas mensais no atendimento das demandas (ou das vazões regularizadas almejadas) indica o grau de garantia. Para cada reservatório foram simuladas situações buscando obter as vazões regularizadas para garantias no tempo de 85%, 90% e 95%, este último o percentual adotado para o dimensionamento dos reservatórios.

O Quadro a seguir apresenta as principais informações resultantes das simulações dos reservatórios, cotejando as vazões naturais e regularizadas para garantias de 95%, 90% e 85% nos pontos dos barramentos. A diferença entre essas vazões foi considerada como o incremento de oferta hídrica (ou seja, o ganho hídrico fornecido pelo reservatório). Na sexta coluna apresentam-se os valores originalmente informados no PRH Verde Grande, para fins de comparação.

Quadro 6.3 - Resultados das Simulações Operacionais dos Reservatórios – Incremento das Ofertas Hídricas.

Reservatório	Garantia Atendimento (%)	Qnat (m <sup>3</sup> /s)	Qreg (m <sup>3</sup> /s)	Qreg-Qnat (m <sup>3</sup> /s)	Increm. PRH Verde Grande (m <sup>3</sup> /s)
Peixe	85	0,020	0,098	0,078	N/D
	90	0,018	0,091	0,073	N/D
	95	0,015	0,083	<b>0,068</b>	0,060
Sítio	85	0,020	0,101	0,081	N/D
	90	0,017	0,094	0,077	N/D
	95	0,015	0,084	<b>0,069</b>	0,090
Pedras	85	0,104	0,410	0,306	N/D
	90	0,091	0,370	0,279	N/D
	95	0,068	0,320	<b>0,252</b>	0,040
Prata	85	0,028	0,130	0,102	N/D
	90	0,025	0,122	0,097	N/D
	95	0,022	0,108	<b>0,086</b>	0,070
Verde	85	0,267	0,630	0,363	N/D
	90	0,227	0,580	0,353	N/D
	95	0,189	0,490	<b>0,301</b>	0,150
Canoas	85	0,065	0,274	0,209	N/D
	90	0,056	0,243	0,187	N/D
	95	0,048	0,207	<b>0,159</b>	0,050
Cerrado	85	0,020	0,094	0,074	N/D
	90	0,018	0,087	0,069	N/D
	95	0,015	0,074	<b>0,059</b>	0,060
Tábua	85	0,061	0,227	0,166	N/D
	90	0,054	0,204	0,150	N/D
	95	0,044	0,181	<b>0,137</b>	0,050
Suçuapara	85	0,173	0,439	0,266	N/D
	90	0,149	0,386	0,237	N/D
	95	0,115	0,292	<b>0,177</b>	0,090
Água Limpa	85	0,197	0,541	0,344	N/D
	90	0,171	0,507	0,336	N/D
	95	0,142	0,390	<b>0,248</b>	0,090
Cocos	85	0,066	0,210	0,144	N/D
	90	0,040	0,180	0,140	N/D
	95	0,019	0,146	<b>0,127</b>	0,050
Sítio Novo	85	0,115	0,631	0,516	N/D
	90	0,079	0,562	0,483	N/D
	95	0,054	0,510	<b>0,456</b>	0,200
Mamonas	85	0,00052	0,224	0,223	N/D
	90	0,00034	0,200	0,200	N/D
	95	0,00017	0,174	<b>0,174</b>	0,110

Reservatório	Garantia Atendimento (%)	Qnat (m³/s)	Qreg (m³/s)	Qreg-Qnat (m³/s)	Increm. PRH Verde Grande (m³/s)
São Domingos	85	0,00005	0,708	0,708	N/D
	90	0,00003	0,645	0,645	N/D
	95	0,00001	0,580	0,580	0,420
<b>Total Garantia 95%</b>				<b>2,893</b>	<b>1,530</b>

Nota: N/D – não disponível.

O Quadro 6.4 apresenta as características básicas dos reservatórios para as situações finais de simulação, bem como o volume médio anual perdido por evaporação.

Quadro 6.4 - Resultados das Simulações Operacionais dos Reservatórios – Características Básicas dos Reservatórios.

Barragem	Volume Acum. (m³)	Área Alag. (ha)	Altura Lâmina Água (m)	Cota NA (m)	VEMA (m³/ano)
Peixe	10.000.000	130	22	661	1.337.400
Sítio	12.800.000	145	22	707	1.455.500
Pedras	6.500.000	166	13	645	1.799.700
Prata	5.600.000	60	20	714	664.900
Verde	18.000.000	340	16	628	3.642.800
Canoas	6.500.000	120	15	652	1.360.000
Cerrado	4.180.000	40	28	720	478.900
Tábuia	3.200.000	43	20	610	498.900
Suçuapara	4.250.000	39	28	590	596.800
Água Limpa	8.800.000	85	24	602	1.269.400
Cocos	8.400.000	225	7	577	3.224.400
Sítio Novo	48.000.000	640	17	589	8.192.900
Mamonas	12.000.000	220	20	618	2.777.400
São Domingos	73.750.000	618	30	581	7.696.230

VEMA = Volume Evaporado Médio Anual.

#### 6.4 Estimativa das Dimensões Básicas dos Barramentos

A partir da definição das características principais dos reservatórios, foram estimadas as principais dimensões dos barramentos necessários à formação dos reservatórios simulados.

Inicialmente, foi definido o tipo de maciço (em aterro compactado ou em concreto). Posteriormente, foram definidas as dimensões básicas dos maciços (altura máxima e extensão) e, na sequência, calculados os respectivos volumes dos maciços. Essas informações estão relacionadas nos Quadros a seguir.

**Quadro 6.5 - Relações Dimensionais nos Vales e Tipos de Maciços Selecionados para os Barramentos.**

Barragem	Lâmina d'Água (m)	NA (m)	Folga (m)	Altura Máx. Mac. (m)	Comprim. (m)	Relação Compr./Alt Máx. (m)	Tipo de Maciço
Peixe	22	661	3	25	500	20,0	Terra
Sítio	22	707	3	25	590	23,6	Terra
Pedras	13	645	3	16	390	24,4	Terra
Prata	20	714	3	23	270	11,7	Terra
Verde	16	628	5	21	1.100	52,4	Terra
Canoas	15	652	3	18	260	14,4	Terra
Cerrado	28	720	3	31	225	7,3	Concreto
Tábua	20	610	3	23	490	21,3	Terra
Suçuapara	28	590	5	33	150	4,5	Concreto
Água Limpa	24	602	5	29	195	6,7	Concreto
Cocos	7	577	3	10	330	33,0	Concreto
Sítio Novo	14	589	3	17	1.000	58,8	Terra
Mamonas	20	618	3	23	170	7,4	Concreto
São Domingos	30	581	5	35	540	15,4	Terra

**Quadro 6.6 - Volumes e Principais Características dos Maciços dos Barramentos.**

Barragem	Alt Máx. Maciço (m)	Comprimento do Maciço (m)	Tipo de Maciço	Volume Maciço (m³)
Peixe	27	510	Terra	598.932
Sítio	27	590	Terra	720.435
Pedras	18	390	Terra	167.226
Prata	25	270	Terra	266.986
Verde	23	1.100	Terra	848.650
Canoas	20	260	Terra	166.945
Cerrado	33	225	Concreto	46.637
Tábua	25	490	Terra	481.259
Suçuapara	35	150	Concreto	40.483
Água Limpa	31	195	Concreto	41.528
Cocos	12	330	Concreto	10.938
Sítio Novo	22	1.000	Terra	920.513
Mamonas	25	170	Concreto	25.328
São Domingos	37	540	Terra	1.644.000

## 6.5 Estimativa dos Custos Associados aos Barramentos e Reservatórios

Diversos custos estão associados à implantação de um barramento e seu respectivo reservatório: custos de implantação, com a elaboração de estudos, com o desenvolvimento de projetos e licenciamento ambiental, com a desapropriação das áreas alagadas pelos reservatórios e custos necessários às compensações ambientais.

Ainda, é importante associar os custos com operação e manutenção, necessários para manter os barramentos em condições adequadas, tanto do ponto de vista operacional, quanto de segurança e integridade física. O somatório desses custos resultará no valor total a ser investido para a implantação do conjunto barramento/reservatório.

A partir do conhecimento das dimensões principais dos barramentos, notadamente dos tipos de maciços e dos seus volumes, foi possível estimar os custos associados às suas implantações. Igualmente, ao se conhecer as características das áreas a serem alagadas pelos respectivos reservatórios também é possível estimar os custos associados à desapropriação.

O procedimento adotado para a estimativa dos custos considerados baseia-se no conhecimento de valores referenciais unitários, que multiplicados pelos valores dimensionais anteriormente definidos, dão suporte à estimativa dos custos em questão. Essa é uma prática bastante usual em estudo de natureza similar ao IOH Verde Grande, até porque o nível de detalhe dos elementos dimensionais envolvidos limita a adoção de outros procedimentos mais complexos.

O ponto inicial para a estimativa dos custos, então, consiste em avaliar os valores unitários referenciais a serem adotados. Posteriormente, com base nesses valores, são calculados os custos para cada barramento/reservatório e, ao término, o custo global.

Esses custos foram definidos com base nas seguintes variáveis: (a) Implantação dos barramentos (maciços); (b) Elaboração de estudos, projetos e licenciamento ambiental; (c) Desapropriação das áreas alagadas pelos reservatórios; (d) Compensações ambientais decorrentes da formação dos reservatórios; e (e) Operação e manutenção dos barramentos.

Ressalta-se que os custos ora determinados são compatíveis com o nível de conhecimento e detalhamento que um estudo desta natureza apresenta, ou seja, um estudo compatível com um estudo de viabilidade. Destaca-se que não se procurou, neste

 <b>AGÊNCIA</b> <b>peixe vivo</b>	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 <b>comitê do Rio Grande</b>
	RELATÓRIO FINAL	

ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE

momento, e pelos objetivos específicos do presente estudo, definir os valores absolutos, mas, sim, demonstrar as relações entre custos que permitam comparar os diversos barramentos e respectivos reservatórios entre si.

O Quadro 6.7 a seguir apresenta os custos específicos e os custos globais dos barramentos e reservatórios.

Elaborado por:



Nº da revisão:

02

Código do Documento:

AGBPV\_VERDEGRANDE\_EHID\_relatorio  
final\_Rev02

67/153



Tipo de Documento:

Relatório Técnico

RELATÓRIO FINAL



ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE

Quadro 6.7 - Resumo dos Custos e Custo Global dos Barramentos e Reservatórios.

Barragem	Tipo de Maciço	Volume Maciço (m³)	Custos (R\$)					
			Construção	Projetos, Estudos e Licenc. Ambiental	Desapropriações	Compensação Ambiental	Operação & Manut.	TOTAL
Peixe	Terra	598.932	51.292.536,48	5.129.253,65	780.000,00	1.538.776,09	8.596.629,11	<b>67.337.195,34</b>
Sítio	Terra	720.435	61.698.053,40	6.169.805,34	870.000,00	1.850.941,60	10.340.593,75	<b>80.929.394,09</b>
Pedras	Terra	167.226	14.321.234,64	1.432.123,46	996.000,00	429.637,04	2.400.238,93	<b>19.579.234,07</b>
Prata	Terra	266.986	22.864.681,04	2.286.468,10	360.000,00	685.940,43	3.832.120,54	<b>30.029.210,12</b>
Verde	Terra	848.650	72.678.386,00	7.267.838,60	2.040.000,00	2.180.351,58	12.180.897,49	<b>96.347.473,67</b>
Canoas	Terra	166.945	14.297.169,80	1.429.716,98	720.000,00	428.915,09	2.396.205,66	<b>19.272.007,53</b>
Cerrado	Concreto	46.637	47.170.527,28	4.717.052,73	240.000,00	1.415.115,82	7.905.780,37	<b>61.448.476,20</b>
Tábua	Terra	481.259	41.215.020,76	4.121.502,08	258.000,00	1.236.450,62	6.907.637,48	<b>53.738.610,94</b>
Suçupara	Concreto	40.483	40.946.125,52	4.094.612,55	234.000,00	1.228.383,77	6.862.570,64	<b>53.365.692,47</b>
Água Limpa	Concreto	41.528	42.003.080,32	4.200.308,03	510.000,00	1.260.092,41	7.039.716,26	<b>55.013.197,02</b>
Cocos	Concreto	10.938	11.063.130,72	1.106.313,07	1.350.000,00	331.893,92	1.854.180,71	<b>15.705.518,42</b>
Sítio Novo	Terra	920.513	78.832.733,32	7.883.273,33	3.840.000,00	2.364.982,00	13.212.366,10	<b>106.133.354,76</b>
Mamonas	Concreto	25.328	25.617.752,32	2.561.775,23	1.320.000,00	768.532,57	4.293.535,29	<b>34.561.595,41</b>
São Domingos	Terra	1.644.000	140.792.160,00	14.079.216,00	3.708.000,00	4.223.764,80	23.596.766,02	<b>186.399.906,82</b>
<b>Total</b>			<b>664.792.591,60</b>	<b>66.479.259,16</b>	<b>17.226.000,00</b>	<b>19.943.777,75</b>	<b>111.419.238,35</b>	<b>879.860.866,86</b>

 AGÊNCIA <b>peixe vivo</b>	Tipo de Documento: Relatório Técnico  RELATÓRIO FINAL	 Comitê do Rio Grande
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE		

## 6.6 Definição dos Indicadores de Desempenho

A avaliação quanto ao desempenho de cada barramento/reservatório considerado neste estudo, de forma comparativa, pode ser materializada por meio de indicadores, que permitem comparações diretas entre empreendimentos em função de critérios predefinidos. Assim, podem se mostrar como uma eficiente ferramenta para o processo de hierarquização ou seleção daqueles que serão implantados e também servem para apontar aqueles empreendimentos que possuem baixa viabilidade e, consequentemente, poderão apresentar maiores dificuldades e empecilhos no caminho até a implantação.

No presente estudo, foram propostos indicadores de diferentes naturezas, buscando, no seu conjunto, expressar o desempenho ou viabilidade global do empreendimento. Assim, foram consideradas as seguintes naturezas de indicadores: técnicas, financeiras, sociais e ambientais. Também foram avaliados os desempenhos relativos à segurança dos barramentos/reservatórios, utilizando alguns conceitos baseados na Lei de Segurança de Barragens, tema bastante importante e atual.

### Indicadores Técnicos

Foram definidos sete indicadores técnicos, listados a seguir:

- Incremento hídrico, calculado a partir da vazão regularizada pelo reservatório com garantia de 95% (Qincr95);
- Relação entre a área alagada pelo reservatório e a Qincr95;
- Relação entre o volume acumulado no reservatório e a Qincr95;
- Relação entre o volume do maciço do barramento e a Qincr95;
- Relação entre Qincr95 e Qnat95, que indica a capacidade de incremento hídrico em relação à situação atual (sem barramento/reservatório);
- Relação entre o volume acumulado no reservatório e a área por ele alagada;
- Relação entre o volume acumulado no reservatório e o volume utilizado no maciço do barramento

O Quadro 6.8 apresenta os indicadores técnicos calculados para cada barramento/reservatório.

Quadro 6.8 - Indicadores Técnicos Calculados para os Barramentos/Reservatórios.

Barragem	Indicadores Técnicos						
	Q incr 95 [m <sup>3</sup> /s]	Área Alag. / Q incr [ha/m <sup>3</sup> /s]	Vol. Acum. / Q incr [Hm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> /s]	Vol. Mac. / Q incr [Hm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> /s]	Qincr / Qnat [m <sup>3</sup> /s/m <sup>3</sup> /s]	Vol. Acum. / Área Alag. [Hm <sup>3</sup> /ha]	Vol. Acum. / Vol. Mac. [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]
Condição do Indicador	Maior Melhor	Menor Melhor	Menor Melhor	Menor Melhor	Maior Melhor	Maior Melhor	Maior Melhor
Peixe	0,068	1.912	147,1	8,8	4,53	76,9	16,7
Sítio	0,069	2.101	185,5	10,4	4,60	88,3	17,8
Pedras	0,252	659	25,8	0,7	3,71	39,2	38,9
Prata	0,086	698	65,1	3,1	3,91	93,3	21,0
Verde	0,301	1.130	59,8	2,8	1,59	52,9	21,2
Canoas	0,159	755	40,9	1,0	3,31	54,2	38,9
Cerrado	0,059	678	70,8	0,8	3,93	104,5	89,6
Tábuia	0,137	314	23,4	3,5	3,11	74,4	6,6
Suçuapara	0,177	220	24,0	0,2	1,54	109,0	105,0
Água Limpa	0,248	343	35,5	0,2	1,75	103,5	211,9
Cocos	0,127	1.772	66,1	0,1	6,68	37,3	768,0
Sítio Novo	0,456	1.404	105,3	2,0	8,44	75,0	52,1
Mamonas	0,174	1.266	69,0	0,1	869,2	54,5	473,8
São Domingos	0,580	1.066	127,2	2,8	57.999	119,3	44,9

## Indicadores Financeiros

Foram definidos dois indicadores financeiros, a saber:

- O custo do incremento hídrico, calculado pela relação entre o custo total do empreendimento e incremento hídrico (Qincr95);
- O custo de acumulação de água, obtido pela relação entre o custo total do empreendimento e o volume acumulado no reservatório.

As grandezas consideradas nos cálculos e os valores obtidos para os indicadores financeiros são apresentados no Quadro 6.9.

Quadro 6.9 - Indicadores Financeiros Calculados para os Barramentos/Reservatórios.

Barragem	Indicadores Financeiros	
	Custo / Qincr 95	Custo / Vol. Acum.
Condição do Indicador	Menor Melhor	Menor Melhor
Peixe	990,25	6,73
Sítio	1.172,89	6,32
Pedras	77,70	3,01
Prata	349,18	5,36
Verde	320,09	5,35
Canoas	121,21	2,96
Cerrado	1.041,50	14,70
Tábua	392,25	16,79
Suçuapara	301,50	12,56
Água Limpa	221,83	6,25
Cocos	123,67	1,87
Sítio Novo	232,75	2,21
Mamonas	198,82	2,88
São Domingos	321,38	2,53

[10<sup>6</sup>R\$/m<sup>3</sup>/s][R\$/m<sup>3</sup>]

## Indicadores Sociais

Foram definidos dois indicadores sociais, a saber:

- Associação do incremento hídrico proporcionado pelo empreendimento com a efetiva necessidade de água. Para isso, foi considerada a intensidade de demanda de água na sub-bacia em que se encontra o empreendimento, sendo atribuída uma classificação (Muito Alta, Alta, Média e Baixa);
- Impacto social gerado com a implantação do reservatório. Para isto, foram gerados mapas para cada área alagada que apresentam a situação do terreno natural, após inspeção visual direta foi atribuída classificação:
  - Alto Impacto: presença de comunidades, estradas, benfeitorias e áreas produtivas;
  - Médio Impacto: presença de estradas, benfeitorias e áreas produtivas, de forma dispersa e pouco numerosa;
  - Baixo Impacto: inexistência de comunidades, estradas, benfeitorias e áreas produtivas.

Os resultados quanto aos indicadores sociais são apresentados no Quadro 6.10.

Quadro 6.10 - Indicadores Sociais Calculados para os Barramentos/Reservatórios.

Barragem	Indicadores Sociais	
	Atendimento Demandas	Impactos na Área Alagada
Condição do Indicador	Positivo: Alta e Muito Alta	Positivo: Baixo
Peixe	Média Demanda	Médio
Sítio	Média Demanda	Médio
Pedras	Média Demanda	Médio
Prata	Média Demanda	Médio
Verde	Média Demanda	Alto
Canoas	Média Demanda	Médio
Cerrado	Média Demanda	Alto
Tábua	Média Demanda	Alto
Suçuapara	Alta Demanda	Baixo
Água Limpa	Alta Demanda	Baixo
Cocos	Média Demanda	Alto
Sítio Novo	Média Demanda	Médio
Mamonas	Muito Alta Demanda	Alto
São Domingos	Muito Alta Demanda	Médio

### Indicadores Ambientais

Foi definido um indicador ambiental, a saber:

- Supressão de áreas vegetadas pelos alagamentos resultantes das formações dos reservatórios. Os mapas gerados com as informações de cada reservatório receberam classificação a partir de avaliação visual:
  - Alto Impacto: presença significativa de área vegetada;
  - Médio Impacto: presença não significativa de área vegetada;
  - Baixo Impacto: inexistência ou presença pouco significativa de área vegetada.

Os resultados da classificação estão apresentados no Quadro 6.11.

Quadro 6.11 - Indicador Ambiental Calculado para os Barramentos/Reservatórios.

Barragem	Supressão de Área Vegetada
Peixe	Médio Impacto
Sítio	Médio Impacto
Pedras	Médio Impacto
Prata	Médio Impacto
Verde	Médio Impacto
Canoas	Médio Impacto
Cerrado	Alto Impacto
Tábua	Médio Impacto
Suçuapara	Alto Impacto
Água Limpa	Médio Impacto
Cocos	Médio Impacto
Sítio Novo	Baixo Impacto
Mamonas	Médio Impacto
São Domingos	Baixo Impacto

## Indicadores de Segurança

Foram definidos dois indicadores de segurança, a saber:

- Risco de rompimento do barramento (denominado de Equivalente de Risco), sendo consideradas as grandezas de altura máxima do maciço e volume de água acumulado no reservatório. Classificação do indicar:
  - Alto Risco: se a altura máxima do maciço for superior a 25 m e o volume acumulado no reservatório for superior a 10 Hm<sup>3</sup>;
  - Médio Risco: se apenas uma das condições anteriores ocorrer; e
  - Baixo Risco: se nenhuma das condições ocorrer.
- Danos potenciais associados no caso do rompimento do barramento (denominado de Equivalente DPA). Foi considerada a existência de comunidades e estradas a jusante do barramento (até uma distância de 5 km), junto ou próximo às calhas dos cursos de água barrados. Com a seguinte escala:
  - Alto Dano Potencial Associado: ocupação localizada em distância de até 5 km a jusante do barramento;
  - Médio Dano Potencial Associado: existência de estradas em distância de até 5 km a jusante do barramento; e

- Baixo Dano Potencial Associado: inexistência de comunidades, residências e estradas junto ou próximas às calhas dos cursos de água barrados, em distância de até 5 km a jusante do barramento.

A classificação foi realizada de forma visual e direta sobre a base cartográfica e os resultados são apresentados no Quadro 6.12.

Quadro 6.12 - Indicadores de Segurança Calculados para os Barramentos/Reservatórios.

Barragem	Informações Referenciais			Indicadores de Segurança	
	Alt. Máx. (m)	Vol. Acum. (m <sup>3</sup> )	Presença Humana a Jusante Maciço	Equivalente Risco	Equivalente DPA
Peixe	27	10.000.000	residências/estradas	Alto	Alto
Sítio	27	12.800.000	residências/estradas	Alto	Alto
Pedras	18	6.500.000	residências/estradas	Baixo	Alto
Prata	25	5.600.000	residências/estradas	Médio	Alto
Verde	23	18.000.000	residências/estradas	Médio	Alto
Canoas	20	6.500.000	mont. Reserv. Juramento	Baixo	Médio
Cerrado	33	4.180.000	residências/estradas	Médio	Alto
Tábua	25	3.200.000	residências/estradas	Médio	Alto
Suçuapara	35	4.250.000	não	Médio	Baixo
Água Limpa	31	8.800.000	não	Médio	Baixo
Cocos	12	8.400.000	residências/estradas	Baixo	Alto
Sítio Novo	22	48.000.000	estradas	Médio	Médio
Mamonas	25	12.000.000	estradas	Alto	Médio
São Domingos	37	73.750.000	residências/estradas	Alto	Alto

## Síntese dos indicadores

Observando as informações da síntese dos indicadores, apresentada no Quadro 6.13 a seguir, é possível concluir, em uma abordagem preliminar, ainda sem aplicar ponderadores aos indicadores, que:

- Os empreendimentos com melhores desempenhos técnicos são: Pedras, Cerrado, Suçuapara, Água Limpa e Cocos.
- Os empreendimentos com melhores desempenhos financeiros são: Pedras, Cocos, Suçuapara e Água Limpa.
- Os empreendimentos com melhores desempenhos sociais são: Suçuapara e Água Limpa.
- Os empreendimentos com melhores desempenhos ambientais são: Sítio Novo e São Domingos.

- Os empreendimentos com melhores desempenhos de segurança são: Pedras, Canoas, Suçuapara, Água Limpa e Cocos.

Quadro 6.13 - Síntese da Classificação dos Empreendimentos Através dos Indicadores de Desempenho – Abordagem Preliminar.

Empreendimento	Indicadores Positivos					
	Técnicos	Financeiros	Sociais	Ambientais	Segurança	Global
Peixe	0	0	0	0	0	0
Sítio	0	0	0	0	0	0
Pedras	4	2	0	0	1	7
Prata	1	0	0	0	0	1
Verde	1	0	0	0	0	1
Canoas	2	1	0	0	1	4
Cerrado	4	0	0	0	0	4
Tábua	2	0	0	0	0	2
Suçuapara	5	0	2	0	1	8
Água Limpa	6	1	2	0	1	10
Cocos	4	2	0	0	1	7
Sítio Novo	2	2	0	1	0	5
Mamonas	3	2	1	0	0	6
São Domingos	3	1	1	1	0	6

## 7 TRANSPOSIÇÕES DE VAZÕES

### 7.1 Objetivos

O estudo de alternativas de transposições de vazões foi desenvolvimento na Atividade 6. Refere-se aos estudos relativos às duas transposições de vazões propostas no Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (ANA, 2013).

Conforme apresentado no PRH - Verde Grande, ainda que sejam implementados todos os 14 barramentos propostos, o incremento hídrico não seria suficiente para minimizar o *déficit* verificado na bacia, sendo fundamental a adoção de medidas adicionais. Essas medidas adicionais consistem nas infraestruturas de transposição de água, que aportam vazões de fontes externas à bacia.

O Plano propôs, inicialmente, a implementação de três projetos de transposição, dois deles utilizando o rio São Francisco como fonte de captação (Projeto Jaíba e Iuiú) e o outro utilizando o rio Jequitinhonha (Projeto Congonhas). O escopo do presente estudo define, no horizonte de planejamento considerado, apenas duas dessas transposições (Jaíba e Congonhas), uma vez que a alternativa de transposição de água para o Projeto Estreito IV, via Projeto Iuiú, foi descartada no estudo de viabilidade específico, recentemente concluído pela Codevasf (2018).

A avaliação dessas transposições e seus reflexos sobre o incremento hídrico comprehende: (a) Caracterização técnica das Transposições; (b) Determinação dos custos de implantação e operação; (c) Questões institucionais e operacionais associadas às transposições de vazões; e (d) Definição de indicadores de desempenho e configuração de cenário preliminar de comparação entre as transposições de vazões estudadas.

Embora ambos os empreendimentos tratem de transposições de vazões, por suas origens distintas, apresentam significativas diferenças, que resultam na necessidade de abordagens metodológicas específicas.

Enquanto a Transposição Congonhas-Juramento, inserida no âmbito da Barragem Congonhas, de iniciativa do DNOCS, é uma questão estudada há mais de década, a Transposição Jaíba ainda se encontra em fase de estudo conceitual e de viabilidade, tendo sido inicialmente concebida no PRH Verde Grande (2013).

Respeitando as particularidades de cada transposição, foi possível adotar, para ambas, o mesmo procedimento: (a) Caracterizar o sistema de transposição e estimar os principais elementos dimensionais; (b) Estimar os custos de implantação; (c) Estimar os

custos de operação e manutenção, com destaque para o custo de energia, visto que ambas transposições necessitam de bombeamentos; (c) Analisar a existência de custos de obtenção da vazão transposta (cobrança de tarifa da água); (d) Configurar indicadores de desempenho; e (e) Levantar questões estratégicas e institucionais associadas às transposições.

Destaca-se que as duas transposições beneficiam a bacia do rio Verde Grande em setores geográficos e hidrográficos distintos, sendo possível antever sobreposição de seus benefícios. Enquanto a Transposição Congonhas-Juramento incrementará água na porção alta da bacia, a Transposição Jaíba distribuirá a maior parte dos seus benefícios ao longo do trecho médio-baixo do rio Verde Grande. Assim, não é de se esperar algum grau de competição ou concorrência entre as transposições, mas sim de complementariedade. Ainda neste aspecto, a Transposição Congonhas-Juramento, por beneficiar considerável contingente populacional com água para o abastecimento público, mostra-se em situação distinta da Transposição Jaíba.

Em termos de indicadores de desempenho, foram considerados o custo da água transposta (em R\$/m<sup>3</sup>), a abrangência espacial dos benefícios da transposição (multiplicidade de usos e espacial) e o incremento hídrico nos Pontos de Controle estabelecidos pelo Marco Regulatório (em termos percentuais).

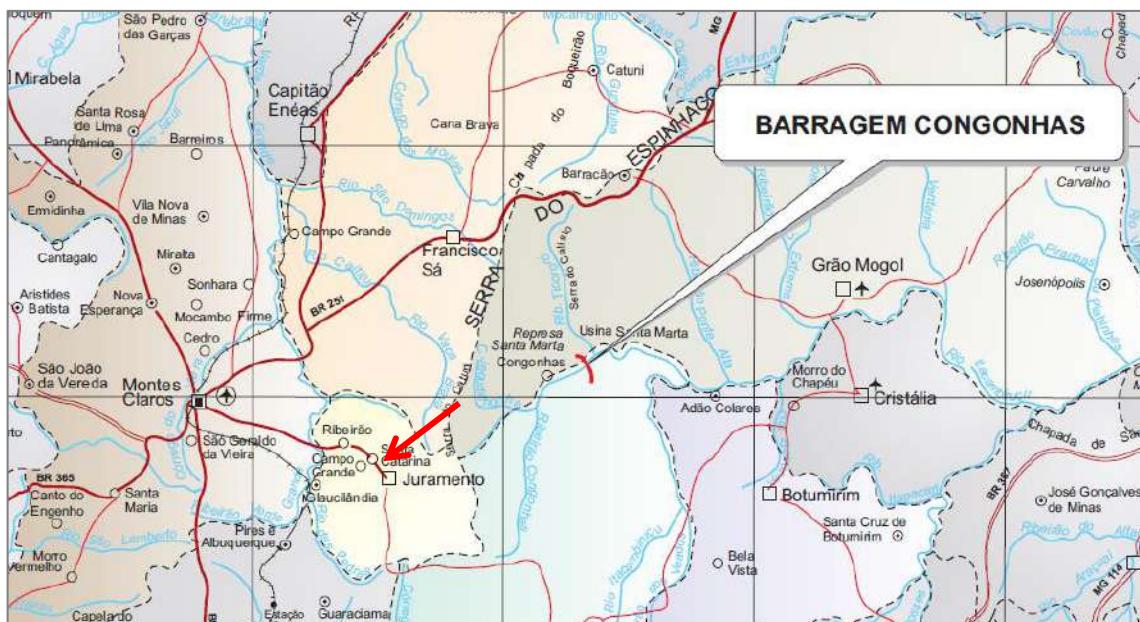
## 7.2 Transposição Congonhas-Juramento

As principais fontes de informação utilizadas para o detalhamento desse empreendimento foram as informações da revisão do Projeto Executivo (fev/2014), do CERTOH (2016), do estudo para obtenção de outorga (2006), bem como o relato atual do DNOCS quanto a alternativa prevista (Figura 7.1).

O objetivo principal do empreendimento (Barragem de Congonhas e transposição de águas para a Bacia do Verde Grande – Barragem Saracura) é o abastecimento da população da região de Montes Claros, no Estado de Minas Gerais. O empreendimento consistirá na construção da Barragem de Congonhas e posterior sistema de bombeamento e adução de água desse reservatório às Barragens de Saracura e Juramento, na Bacia do rio Verde Grande. Embora destinada prioritariamente para o abastecimento público, as águas transpostas contribuirão, diretamente, para o aumento da oferta hídrica ao longo do Verde Grande, a jusante da cidade de Montes Claros, minimizando os intensos conflitos existentes entre diversos setores de usuários de água

da bacia. Essa contribuição resultará do retorno da água de abastecimento transposta (através do esgotamento sanitário e, portanto, após seu uso pela população) à rede hidrográfica a jusante da cidade e, em termos, volumétricos, pode-se considerar uma quantidade de retorno equivalente a 80% do valor da vazão de abastecimento. Importante salientar que o esgotamento sanitário deve pressupor o devido tratamento dos efluentes, antes do seu lançamento na rede hidrográfica.

O empreendimento consiste na construção de um barramento para formação de reservatório no rio Congonhas, afluente pela margem esquerda do rio Itacambiruçu, contribuinte do rio Jequitinhonha, em áreas dos municípios mineiros de Grão Mogol e Itacambira.



Fonte: Revisão do Projeto Executivo da Barragem Congonhas, 2014.

Figura 7.1 – Localização da barragem Congonhas e da transposição Congonhas-Juramento.

No que se refere à regularização do reservatório, em 2016, a ANA emitiu Certificado de Avaliação de Sustentabilidade da Obra Hídrica - CERTOH (Resolução ANA nº 897/2016) e apontou a vazão de 3,65 m<sup>3</sup>/s para garantia de 100%. Embora a diferença de valores e garantias, entende-se que para fins da transposição a vazão mantém-se inalterada (2,9 m<sup>3</sup>/s), conforme revisão de projeto da Engesoft (2014).

Quadro 7.1 - Principais características da barragem Congonhas (Engesoft, 2014).

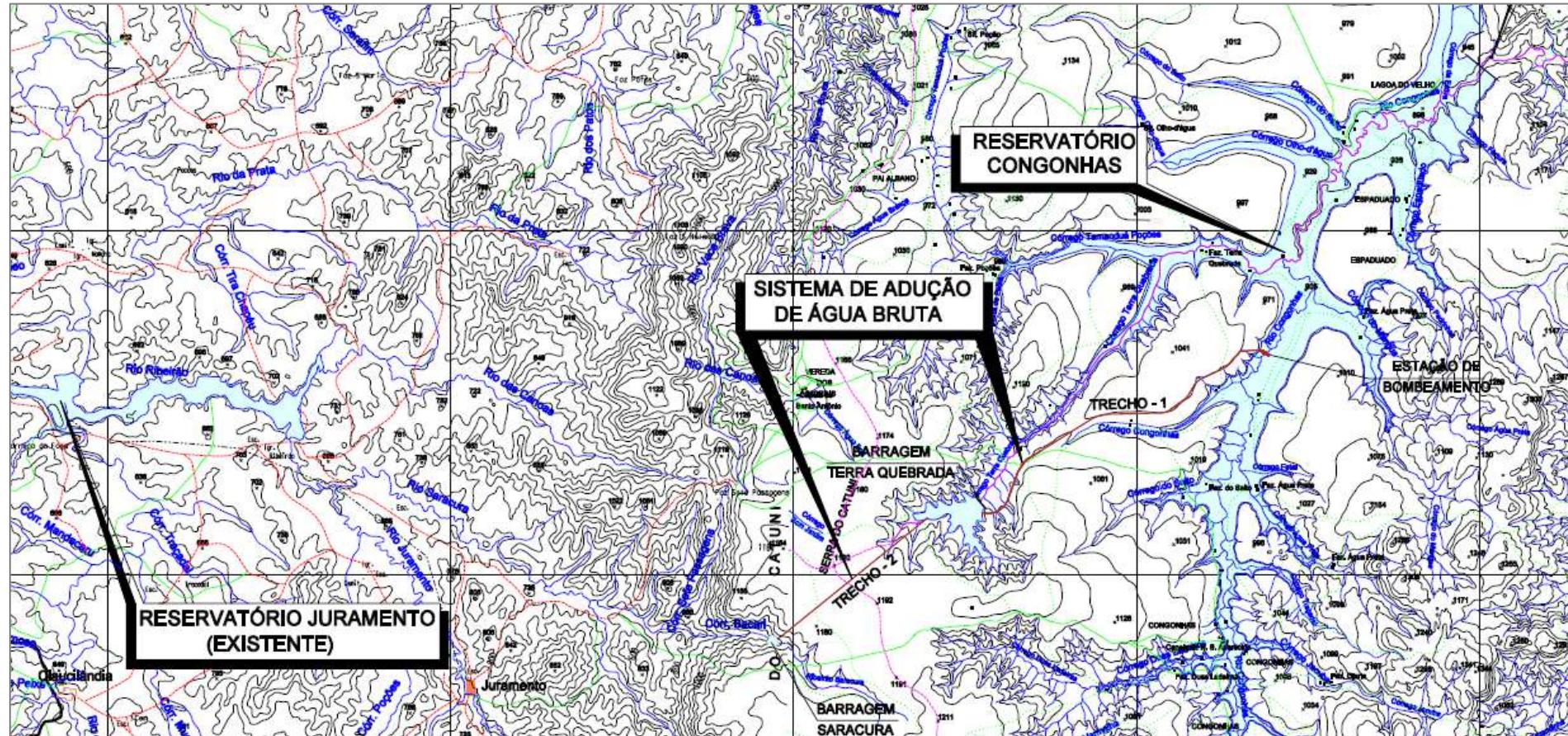
Característica	Quantitativo
Bacia de contribuição	577 km <sup>2</sup>
Volume acumulado no reservatório (cota 926 m)	574,5 Hm <sup>3</sup>
Volume morto (abaixo da conta 95 m)	103,8 Hm <sup>3</sup>
Área alagada (cota abaixo 926 m)	3.560 ha
Vazão regularizada (99%)	6 m <sup>3</sup> /s
Volume afluente médio anual	201,2 Hm <sup>3</sup>
<b>Maciço principal</b>	
Materiais	Terra, enrocamento e concreto compactado a rolo
Cota coroamento	940 m
Altura máxima	64,5 m
Extensão total	1.127 m

Associado à barragem Congonhas, foi concebido e projetado um sistema adutor com capacidade para 2,0 m<sup>3</sup>/s de água bruta a partir de captação no reservatório a ser formado, com entrega da vazão aduzida no rio Saracura, a montante da barragem de Juramento, no rio Juramento, em uma pequena barragem já existente e operada pela COPASA (Quadro 7.1). Após bombeamento, as vazões são conduzidas por gravidade, em canal revestido, por 9,4 km, até um reservatório intermediário, que alimentará um túnel de adução, com 5,7 km de extensão, que desaguará no reservatório de Saracura, afluente do rio Juramento.

Quadro 7.2 - Principais características da Transposição Congonhas-Juramento.

Característica	Quantitativo
Vazão	2,5 m <sup>3</sup> /s
Unidades de bombeamento	6
Horas de operação	20 h/dia
Demandada atendida	2,0 m <sup>3</sup> /s

O Quadro 7.2 apresenta as principais características e a Figura 7.2 a configuração da transposição Congonhas-Juramento.



Fonte: Documentação para Obtenção de Outorga de Uso de Água –Barragem Congonhas, 572-DNS-SUS-RT-P033, DNOCS-Engecorps, 2006

Figura 7.2 – Configuração da Transposição Congonhas-Juramento

	Tipo de Documento: Relatório Técnico  RELATÓRIO FINAL	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE		

### 7.3 Transposição Jaíba

A principal fonte de informação utilizada para o detalhamento desse empreendimento foi o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Verde Grande (ANA, 2013). Não foram identificados outros estudos sobre o assunto após o PRH Verde Grande, sendo ele retomado no âmbito do presente contrato. Como fonte hídrica para a Transposição Jaíba têm-se o Projeto Jaíba, a partir do seu canal adutor CP-3, tendo sido consultados os documentos de projeto dessa estrutura (CODEVASF, 2005). Foram verificadas as condições relacionadas à outorga de uso da água do Projeto Jaíba (Outorga de Direito de Uso de Água - Projeto Jaíba, Resolução ANA nº 0268/2017, de 09/02/2017), cuja captação ocorre no rio São Francisco, a montante da confluência do rio Verde Grande. A base cartográfica para o estudo de traçado e perfil do sistema adutor da transposição foi desenvolvida especificamente para esta atividade.

Informações complementares, sobre as questões operacionais, foram obtidas em contato com as gerências executivas do DIJ – Distrito de Irrigação Jaíba e DIJ2 – Distrito de Irrigação Jaíba – Etapa 2.

Esse é um empreendimento destinado à irrigação, que utiliza as águas do rio São Francisco para beneficiar uma área da ordem de 100.000 ha. Suas obras foram iniciadas na década de 1980, sendo a captação no rio São Francisco realizada através de uma estação de bombeamento com capacidade para 80 m<sup>3</sup>/s. O sistema projetado consiste em sucessivos bombeamentos, seguidos de canais principais de adução de água, alcançando os patamares topográficos na margem direita do São Francisco, a montante da confluência do rio Verde Grande.

A sequência de estruturas principais de adução consiste em: Estação de Bombeamento (EB)- 1 → Canal Principal (CP) 1 → Estação de Bombeamento 2 → Canal Principal 2 → Estação de Bombeamento 3 → Canal Principal 3. Em função das dimensões e porte das estruturas, a implantação do Projeto Jaíba foi sequenciada e setorizada em quatro etapas:

- **Trecho 1:** da captação junto à estrutura existente no término do canal CP-3 do Projeto Jaíba, até a sede do município de Jaíba, onde descarrega 1,50 m<sup>3</sup>/s no rio Verde Grande.

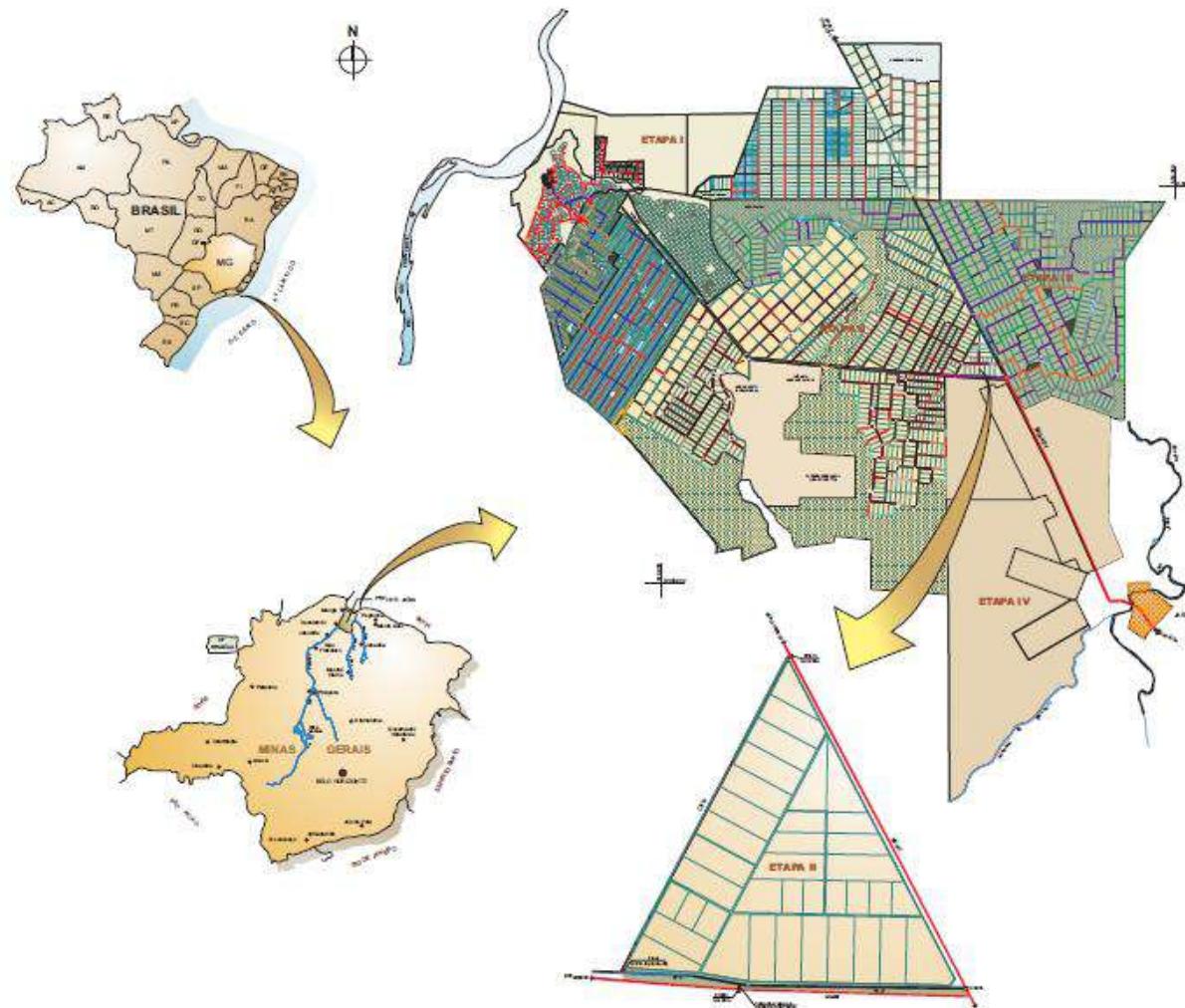
- **Trecho 2:** Da sede municipal da Jaíba até alcançar a sede municipal de Verdelândia, onde descarrega outros 1,50 m<sup>3</sup>/s no rio Verde Grande, logo a montante da captação de água da Copasa.
- **Trecho 3:** Este trecho inicia próximo à sede do município de Verdelândia e se entende até próximo da sede do município de Janaúba.
- **Trecho 4:** Inicia também em Verdelândia e acompanha o rio Verde Grande até próximo à foz do rio Quem-Quem.

Em termos físicos, o sistema adutor principal encontra-se implantado até uma estrutura terminal do canal CP-3 (após cruzamento da rodovia LMG-633). Nessa situação há condições de atendimento até a Etapa 3, sendo que a Etapa 4 encontra-se localizada deste ponto, em direção sul, acompanhando a rodovia MG-401.

A estrutura conta com 4 canais, com extensão total de 82 km, 2 estações de bombeamento (1.400 CV + 3.150 CV) e 1 tubulação em aço DN800, com extensão de 12,6 km.

O projeto tem como premissa básica, a disponibilidade potencial de água no sistema adutor (canal CP-3) de 5,1 m<sup>3</sup>/s, considerando a diferença entre a demanda específica da época do projeto original (década de 80), que era de 1,24 L/s/ha, e a realidade atual. As demandas específicas atuais são da ordem de 0,84 L/s/ha (Projeto Iuiú, 2018).

A Figura 7.3 apresenta a localização e situação do Projeto Jaíba e suas etapas de implantação, o Quadro 7.3 apresenta as principais características desta transposição e o Mapa 7.1 seu arranjo espacial.

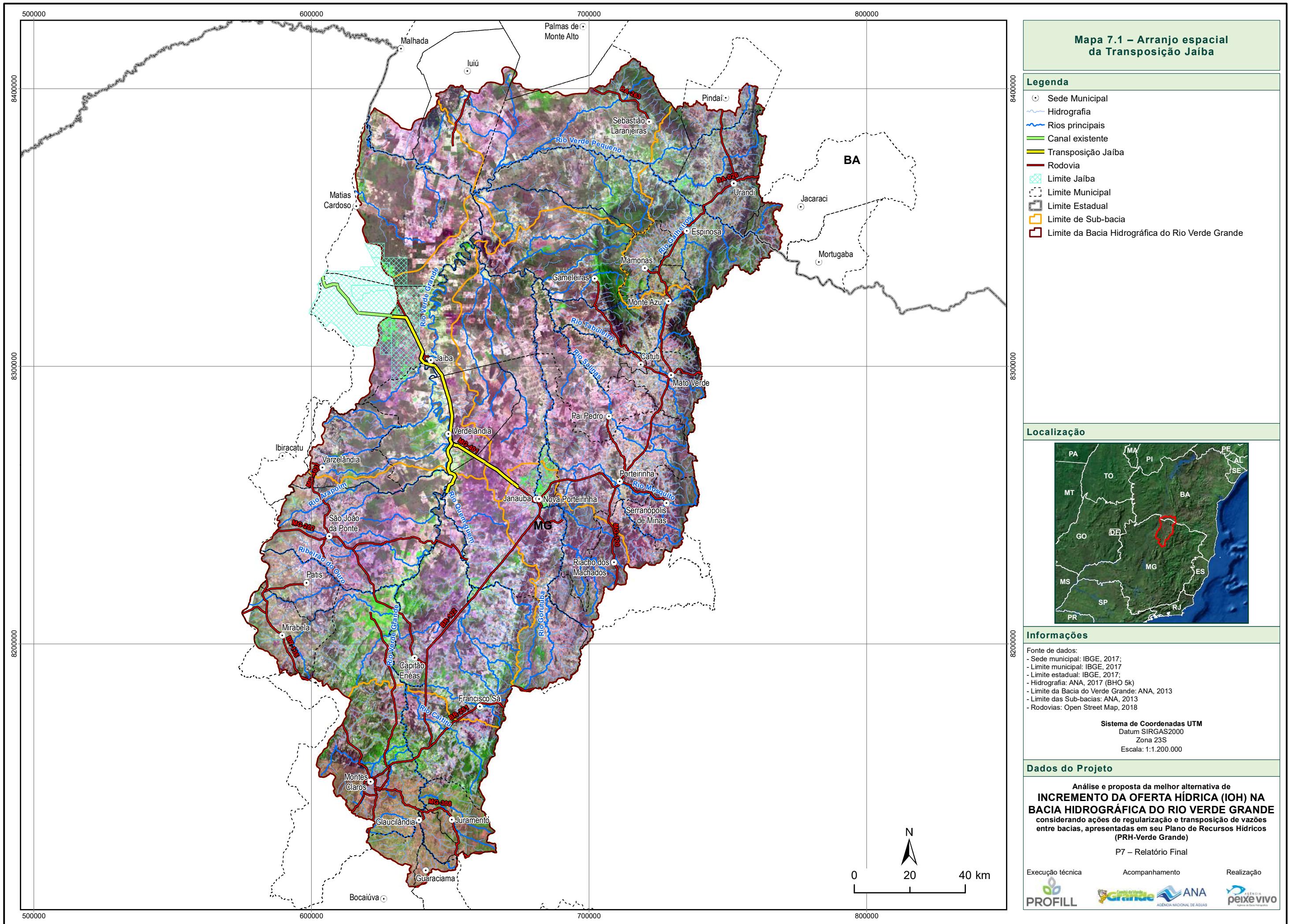


Fonte: Codevasf, 2005

Figura 7.3 – Situação e Localização do Projeto Jaíba e suas Etapas de Implantação

Quadro 7.3 - Principais características da Transposição Jaíba.

Trecho	Início	Final	Nome	Dimensão	Tipo	Vazão Aduzida (m³/s)	Vazão Entregue (m³/s)
1	CP-3	Jaíba	CPVG-1	21 km	Canal	4,50	1,50
2	Jaíba	Verdelândia	EBVG-1	(3+1) 1 m³/s	Est. Bomb.	3,00	1,50
			CPVG-2	27,5 km	Canal	3,00	
3	Verdelândia	Janaúba	EBVG-2.1	(2+1) 0,25 m³/s	Est. Bomb.	0,50	0,50
			Adutora	17,5 km	Adutora	0,50	
			CPVG-3	12,6 km	Canal	0,50	
4	Verdelândia	foz rio Quem-Quem	EBVG-2.2	(2+1) 0,50 m³/s	Est. Bomb.	1,00	1,00
			CPVG-4	21,2 km	Canal	1,00	



## 7.4 Estimativa de Custos

A estimativa do valor referencial do m<sup>3</sup> aduzido foi realizada considerando o custo atualizado de implantação do sistema de transposição, os custos de operação e manutenção e o custo anual com energia para acionamento dos conjuntos moto bombas (Quadro 7.4). Com esses valores foi realizado o cálculo financeiro a Valor Presente (para período de 30 anos e com taxa de desconto anual de 6%) e o resultado dividido pelo volume total aduzido nesses 30 anos, possibilitando, assim, determinar um valor referencial para o m<sup>3</sup> aduzido. Neste cálculo não foi considerado o valor da tarifa de água praticado pelo Projeto Jaíba, para captação no canal CP-3 (da ordem de R\$ 0,05/m<sup>3</sup>). O custo de implantação do sistema de adução foi estimado em R\$ 337.437.342,39.

Quadro 7.4 – Quadro Síntese dos Custos das Transposições.

Transposição	Custos Implantação (R\$)	Custo Anual Energia (R\$)	Custo m <sup>3</sup> aduzido (R\$/m <sup>3</sup> )	Fonte
<b>Congonhas-Juramento</b>				
Barragem	243.761.043,00			Projeto Executivo
Sistema Adutor	99.502.741,00	12.302.372,00	<b>0,194</b>	Estudo Outorga
<b>Jaíba</b>				
Sistema Adutor	337.437.342,39	9.632.457,15	<b>0,197</b>	Estudo atual

## 7.5 Questões Institucionais e Operacionais Associadas das Alternativas de Transposição

### Transposição Congonhas-Juramento:

- Envolve diretamente DNOCS e COPASA;
- Nível de estudos: Projeto executivo da barragem existente, mas há dúvidas quanto à concepção e anteprojeto do sistema de adução (transposição).
- Benefício principal: abastecimento de água (uso prioritário) de Montes Claros e região do Alto Verde Grande.

### Transposição Jaíba:

- Envolve diretamente DIJ/DIJ2, Codevasf e SEAPA/MG;
- O ponto de captação da transposição existe, porém, as condições operacionais ainda não permitem a captação de água nas condições propostas.

- Nível de estudos: estudo conceitual e anteprojeto.
- Benefício principal: usos múltiplos (destaque para irrigação). Tem capacidade de melhorar as condições ao longo da calha do Verde Grande (Marco Regulatório).

## 7.6 Indicadores de Desempenho

Para a determinação de indicadores de desempenho que pudessem ser verificados comparativamente para ambos os projetos de transposição estudados, foram considerados três indicadores:

### Custo da água transposta

Foi calculado o custo da água transportada para cada empreendimento (Quadro 7.5), considerando os custos de implantação, operação e manutenção, incluindo os custos de energia (R\$/m<sup>3</sup>). Foram obtidos valores para um período de 30 anos (a Valor Presente), com taxa de desconto de 6% ao ano.

Quadro 7.5 - Custo Unitário da Água Transposta.

Transposição	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	R\$/m <sup>3</sup>
Congonhas-Juramento	2,00	0,194
Jaíba	4,50	0,197

### Abrangência dos benefícios da transposição

Na composição deste indicador foram considerados dois aspectos, a multiplicidade de usos e a abrangência espacial. A multiplicidade de usos refere-se à quantidade e diversidade de usos da água atendidos pela transposição, também compreende o seu efetivo impacto positivo sobre o abastecimento público, uso prioritário e com maior capacidade de suporte financeiro.

A Transposição Congonhas-Juramento apresenta destaque, pois tem a totalidade da sua vazão voltada, primeiramente, ao abastecimento público de Montes Claros e cidades vizinhas. No trecho com usos rurais, como irrigação e dessedentação animal serão passíveis de atendimento. Devendo-se destacar a necessidade de tratamento desses efluentes do abastecimento antes de retornarem à rede hidrográfica.

Para a transposição Jaíba a maior parcela da vazão transposta destina-se ao reforço hídrico do rio Verde Grande, em áreas onde predomina a irrigação, mas podendo também ser utilizada para o abastecimento público e para a dessedentação animal.

Observando o beneficiamento de maior contingente populacional, comparativamente, a Transposição Congonhas-Juramento apresenta maior benefício, pelo atendimento da cidade de Montes Claros.

Quanto à abrangência espacial dos benefícios, é possível identificar luma leve vantagem para a Transposição Jaíba, inclusive por atender áreas com significativos déficits hídricos.

### **Incremento hídrico nos pontos de controle das sub-bacias do rio Verde Grande.**

A Transposição Jaíba tem vazões incrementadas em três pontos de lançamento, representando impacto local e instantâneo, visto que na medida em que essas vazões fluírem pela calha do rio, sofrerão alterações hidrodinâmicas e das próprias retiradas de água, modificando o impacto já mensurado.

No caso da Transposição Congonhas-Juramento, foi considerado o ponto de controle relativo à estação Capitão Enéas, que embora fique cerca de 20 km a jusante (ao longo da calha do rio Verde Grande) está localizado a jusante dos retornos das vazões de abastecimento de Montes Claros e possui informações hidrológicas observadas que permitem calcular vazão com garantia de 95%.

As transposições resultaram em incrementos hídricos significativos nos principais pontos de controle para a gestão hídrica da bacia do rio Verde Grande, com destaque para a Transposição Congonhas-Juramento, embora a Transposição Jaíba também apresente forte acréscimo de água, em região onde há considerável demanda, principalmente para irrigação (Quadro 7.6).

Quadro 7.6 - Transposição Jaíba – Locais e Vazões de Lançamentos

Local de Lançamento	Vazão (m <sup>3</sup> /s) [1]
1º Lançamento – Rio Verde Grande em Colônia Jaíba	1,25
2º Lançamento – Rio Verde Grande em Verdelândia	1,25
3º Lançamento – Rio Verde Grande montante Verdelândia	0,83

Obs.: Os restantes 0,41 m<sup>3</sup>/s após Verdelândia são destinados à Janaúba, não sendo considerados nesta análise.

[1] Valores corrigidos para 24h/dia.

## 8 INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS

### 8.1 Objetivos

No âmbito da Atividade 7 do Plano de Trabalho, foram desenvolvidos os estudos relativos ao Inventário de Novos Locais de Barramento (Produto 5 – P5). O estudo realizado consistiu em identificar potencial de reservação de água e consequente regularização de vazões em duas porções específicas da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande onde, na atual configuração, não estão contemplados barramentos. Essas porções são: margem esquerda do Médio Verde Grande e margem direita do Médio-Baixo Gorutuba.

Também foram dimensionados os respectivos reservatórios e calculadas as vazões regularizadas, bem como estimados os custos associados. Em seguida, foram configurados indicadores de desempenho que possibilitaram a consideração desses empreendimentos no âmbito do incremento hídrico na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

Os indicadores de desempenho, fruto desse estudo, permitiram o estabelecimento de um cenário inicial de hierarquização entre os barramentos inventariados e, posteriormente para comparação com aqueles previstos no PRH - Verde Grande. Esse cenário foi objeto de discussão em Oficina com atores estratégicos.

### 8.2 Metodologia para o Inventário de Novos Locais de Barramentos

Para a identificação dos Novos Locais para Barramentos nas duas áreas não inventariadas foi utilizado o seguinte roteiro metodológico:

- Realização de pesquisa de possíveis locais de barramento nos compartimentos alvo (utilizando a cartografia gerada para a bacia);
- Seleção dos cursos de água com bacia de contribuição superior a 50 km<sup>2</sup>;
- Pesquisa sobre a existência de condições topográficas favoráveis (ombreiras e reservação);
- Condições a montante do eixo barrável (não deveria abranger comunidades, rodovias, áreas produtivas ou significativamente vegetadas) para evitar custos sociais e ambientais significativos;
- A altura do barramento/reservatório foi estabelecida entre 10 e 30 m;
- Determinação das capacidades de acumulação;

- Os custos foram calculados com base na mesma metodologia utilizada para os barramentos propostos no PRH- Verde Grande (Relatório P3);
- A análise técnica das a análise técnica das Soleiras Vertentes, teve como base as informações do PRH - Verde Grande (ANA, 2013) e da Nota Técnica ANA nº 10/2018, complementadas por estudos específicos (Ex. comportamento hidrogeológico junto à calha do rio Verde Grande no seu trecho médio e baixo).

### 8.3 Locais de Barramentos/Reservatórios Identificados

O esforço de pesquisa de locais de barramento foi concentrado nos seguintes cursos de água (excluindo-se aqueles que já possuem barramento proposto no PRH - Verde Grade), o Quadro 8.1 e o Mapa 8.1 apresentam os locais identificados com potencial de regularização de vazões e áreas de contribuição:

- **Margem esquerda do Médio Verde Grande:** rio Barreiras, rio Salobro, córrego Vereda, rio Arapoim, córrego São Vicente e córrego Macaúbas.
- **Margem direita do Médio-Baixo Gorutuba:** rio Serra Branca, rio Salinas, rio Garipau, rio Pajeú, rio Tabuleiro, córrego Boqueirão do Encantado, córrego Coronel e rio Jacu.

Quadro 8.1 – Locais Identificados com Potencial de Regularização de Vazões e Áreas de Contribuição.

Compartimento	Código	Curso de Água	Área Contr. (km <sup>2</sup> )
<b>Margem Esquerda Médio Verde Grande</b>	MEVG01	Rio Barreiras	86,1
	MEVG02	Rio Salobro	236,4
	MEVG03	Córrego Vereda	209,3
	MEVG04	Rio Arapoim	593,0
	MEVG05	Córrego São Vicente	128,7
	MEVG06	Córrego Macaúbas	371,3
	<b>Total</b>		<b>1.624,8</b>
<b>Margem Direita Médio e Baixo Gorutuba</b>	MDGB01	Rio Serra Branca	553,9
	MDGB02	Córrego Furado Sujo	117,9
	MDGB03	Rio Garipau	91,1
	MDGB04	Córrego Boqueirão do Encantado	261,0
	MDGB05	Córrego Coronel	66,4
	MDGB06	Riacho Piranhas (montante Jacu)	72,3
	MDGB07	Rio Jacu	135,8
	<b>Total</b>		<b>1.298,4</b>
<b>TOTAL GERAL</b>			<b>2.923,2</b>

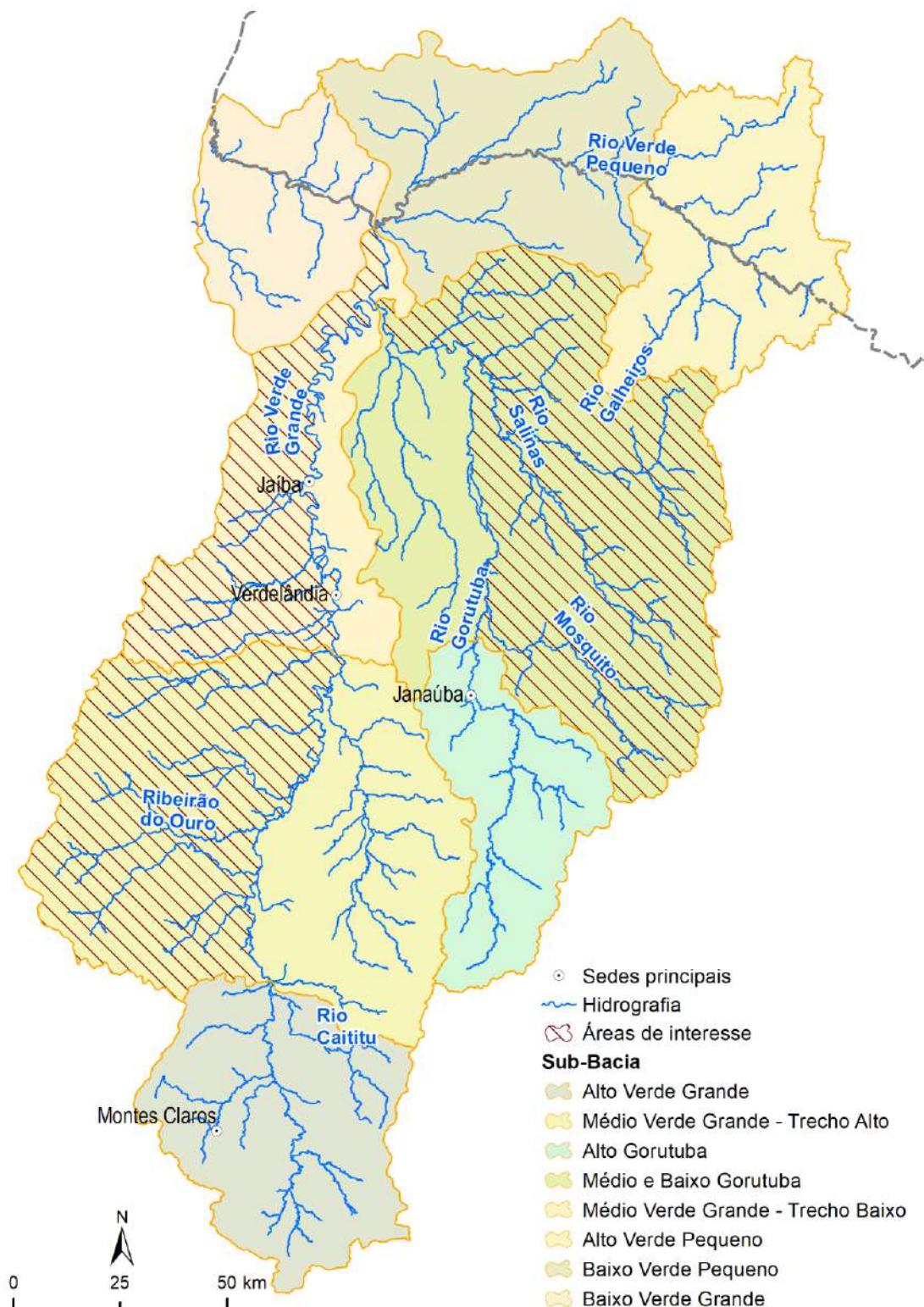
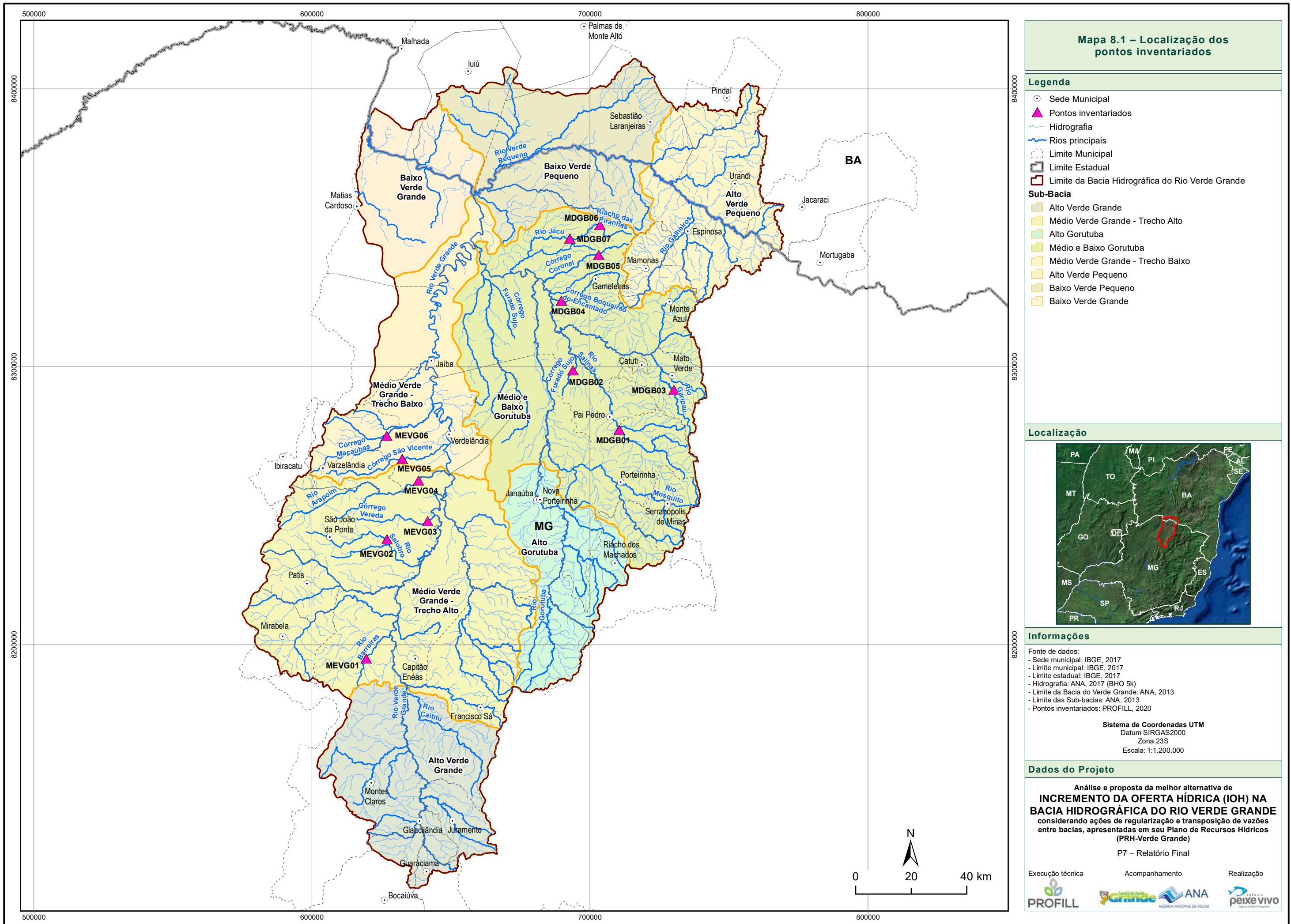


Figura 8.1 – Identificação de Cursos de Água com Área de Contribuição Superior a 50 km<sup>2</sup>



 AGÊNCIA <b>peixe vivo</b>	Tipo de Documento: Relatório Técnico  P7 – RELATÓRIO FINAL	 Comitê do Verde <b>Grande</b>
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE		

## 8.4 Dimensionamento dos Reservatórios e Determinação das Vazões Regularizadas

Para os locais selecionados foram simulados os comportamentos hidráulicos dos reservatórios de forma similar à adotada para os reservatórios propostos do PRH Verde Grande, mas com algumas simplificações:

- Adotada série de vazões afluentes do reservatório mais próximo;
- Precipitações e evaporações também relativas ao reservatório mais próximo;
- As curvas de acumulação foram utilizadas as específicas determinadas caso a caso.

Assim, foi estimada a vazão regularizada para 95% de garantia e descontada a vazão natural com 95% de permanência, obtendo-se a denominada vazão incremental com 95%.

Os procedimentos adotados nas simulações foram simplificações dos realizados para os reservatórios previstos no PRH - Verde Grande, tendo em vista o caráter de inventário do presente estudo. Observa-se dos resultados que:

- Vazão incremental em cada compartimento é bastante similar: 1,22 e 1,24 m<sup>3</sup>/s;
- Vazão incremental total dos 13 locais inventariados: 2,46 m<sup>3</sup>/s;
- Volumes totais acumulados: os dois compartimentos totalizam cerca de 140 hm<sup>3</sup>.
- Áreas alagadas:
  - a) margem direita do Médio-Baixo Gorutuba: 3.050 ha
  - b) margem esquerda do Médio Verde Grande: 2.055 ha

O Quadro 8.2 apresenta dados das simulações operacionais dos reservatórios inventariados.

Quadro 8.2 – Resultados das Simulações Operacionais dos Reservatórios Inventariados.

Compartimento	Código	Curso de Água	$Q_{nat95}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{reg95}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{incr95}$ (m <sup>3</sup> /s)	Vol. Acum. (hm <sup>3</sup> )	Cota NA reserv. (m)	Área (ha)	Perda Anual Evap. (m <sup>3</sup> )
<b>Margem Esquerda Médio Verde Grande</b>	MEVG01	Rio Barreiras	0,025	0,101	0,076	16,0	564	245	3.000.000
	MEVG02	Rio Salobro	0,068	0,265	0,197	14,6	550	185	2.300.000
	MEVG03	Córrego Vereda	0,060	0,247	0,187	48,0	493	680	7.600.000
	MEVG04	Rio Arapoim	0,170	0,500	0,330	15,0	495	260	4.600.000
	MEVG05	Córrego São Vicente	0,037	0,145	0,108	16,0	519	205	3.400.000
	MEVG06	Córrego Macaúbas	0,107	0,432	0,325	38,0	513	480	8.000.000
	<b>Total</b>				<b>1.223</b>	<b>147,6</b>		<b>2.055</b>	<b>28.900.000</b>
<b>Margem Direita Médio e Baixo Gorutuba</b>	MDGB01	Rio Serra Branca	0,042	0,570	0,528	37,0	500	1060	11.250.000
	MDGB02	Córrego Furado Sujo	0,009	0,137	0,128	28,0	485	805	5.500.000
	MDGB03	Rio Garipau	0,007	0,145	0,138	21,0	575	175	2.000.000
	MDGB04	Córrego Boqueirão do Encantado	0,003	0,258	0,255	22,0	467	480	5.100.000
	MDGB05	Córrego Coronel	0,001	0,074	0,073	16,6	566	170	1.700.000
	MDGB06	Riacho Piranhas (montante Jacu)	0,001	0,071	0,070	5,7	550	95	1.400.000
	MDGB07	Rio Jacu	0,001	0,051	0,050	11,6	490	265	2.400.000
	<b>Total</b>				<b>1.243</b>	<b>141,9</b>		<b>3.050</b>	<b>29.350.000</b>
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>2.466</b>	<b>289,5</b>		<b>5.105</b>	<b>58.250.000</b>

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	RELATÓRIO FINAL	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE		

## 8.5 Características Dimensionais das Barragens

Os volumes dos maciços e os custos associados aos barramentos foram determinados de forma similar à utilizada na Atividade A5.

Os resultados obtidos são apresentados a seguir, sendo que o volume total dos maciços dos 13 barramentos inventariados foi estimado em cerca de 9 milhões de m<sup>3</sup>, sendo 60% desse valor para os seis barramentos localizados na margem esquerda do Médio Verde Grande.

Dos 13 barramentos inventariados, três se destacam por possibilitarem incrementar uma vazão de 1,11 m<sup>3</sup>/s:

- Na Margem Esquerda do Médio Verde Grande: MEVG04 – Rio Arapoim (vazão incremental de 0,330 m<sup>3</sup>/s);
- Na Margem Direita do Médio-Baixo Gorutuba: MDGB01 – Serra Branca (vazão incremental de 0,528 m<sup>3</sup>/s) e MDGB04 – Córrego Boqueirão do Encantado (vazão incremental de 0,255 m<sup>3</sup>/s).

A Figura 8.2 a seguir apresenta a localização desses barramentos e o Quadro 8.3 as suas principais características físicas.



Figura 8.2 - Localização dos Barramentos MEVG04 – Rio Arapoim, MDGB01 – Serra Branca e MDGB04 – Córrego Boqueirão do Encantado.

Quadro 8.3 – Principais Características Físicas dos Barramentos Inventariados.

Compartimento	Código	Curso de Água	Cota Coroam. (m)	Cota TN Curso d'Água (m)	Altura Máx. Maciço (m)	Compr. Maciço (m)	Relação L/H <sub>máx</sub>	Tipo Maciço	Máx. Área (m <sup>2</sup> )	Volume Maciço (m <sup>3</sup> )
Margem Esquerda Médio Verde Grande	MEVG01	Rio Barreiras	567	543	26	800	30,8	Terra	2.041	979.680
	MEVG02	Rio Salobro	553	527	28	750	26,8	Terra	2.352	1.058.400
	MEVG03	Córrego Vereda	496	478	20	770	38,5	Terra	1.240	572.880
	MEVG04	Rio Arapoim	500	478	24	780	32,5	Terra	1.752	819.936
	MEVG05	Córrego São Vicente	522	501	23	520	22,6	Terra	1.616	504.114
	MEVG06	Córrego Macaúbas	516	491	27	1.200	44,4	Terra	2.194	1.579.500
<b>Total</b>										<b>5.514.510</b>
Margem Direita Médio e Baixo Gorutuba	MDGB01	Rio Serra Branca	505	490	17	1.300	76,5	Terra	914	712.725
	MDGB02	Córrego Furado Sujo	488	470	20	600	30,0	Terra	1.240	446.400
	MDGB03	Rio Garipau	578	546	34	500	14,7	Terra	3.417	1.025.100
	MDGB04	Córrego Boqueirão do Encantado	470	455	17	1.100	64,7	Terra	914	603.075
	MDGB05	Córrego Coronel	569	539	32	170	5,3	Concreto	448	38.080
	MDGB06	Riacho Piranhas (montante Jacu)	553	533	22	300	13,6	Terra	1.485	267.300
	MDGB07	Rio Jacu	493	478	17	800	47,1	Terra	914	438.600
<b>Total</b>										<b>3.531.280</b>
<b>TOTAL GERAL</b>										<b>9.045.790</b>

## 8.6 Custos Associados

Os custos associados aos barramentos inventariados também foram calculados de forma similar à realizada para os barramentos propostos no PRH - Verde Grande, adotando-se, assim, os mesmos parâmetros referenciais apresentados no relatório P3.

Apenas para fins comparativos, os 14 barramentos propostos no PRH - Verde Grande totalizaram um custo de R\$ 880 milhões, acumulando 220 hm<sup>3</sup> e regularizando uma vazão total de 2,9 m<sup>3</sup>/s (Quadro 8.4). Assim, mostram, no seu conjunto, um melhor desempenho em termos hídricos, com menor desembolso financeiro.

Quadro 8.4 – Custo Global dos Barramentos Inventariados.

Compartimento	Código	Curso de Água	Custo Global (R\$)
<b>Margem Esquerda Médio Verde Grande</b>	MEVG01	Rio Barreiras	110.338.374,25
	MEVG02	Rio Salobro	118.726.249,50
	MEVG03	Córrego Vereda	67.742.128,70
	MEVG04	Rio Arapoin	92.676.588,39
	MEVG05	Córrego São Vicente	57.250.406,27
	MEVG06	Córrego Macaúbas	178.404.249,89
<b>Total</b>			<b>625.137.996,99</b>
<b>Margem Direita Médio e Baixo Gorutuba</b>	MDGB01	Rio Serra Branca	85.562.609,05
	MDGB02	Córrego Furado Sujo	54.436.853,53
	MDGB03	Rio Garipau	114.965.738,25
	MDGB04	Córrego Boqueirão do Encantado	69.897.592,28
	MDGB05	Córrego Coronel	50.997.888,24
	MDGB06	Riacho Piranhas (montante Jacu)	30.274.103,83
	MDGB07	Rio Jacu	50.330.067,11
<b>Total</b>			<b>456.464.852,28</b>
<b>TOTAL GERAL</b>			<b>1.081.602.849,27</b>

## 8.7 Indicadores de Desempenho

Com base nos elementos dimensionais e de custos determinados para cada barramento inventariado, foram calculados indicadores de desempenho, a exemplo do procedimento adotado para os barramentos propostos no PRH - Verde Grande, são eles:

- Indicadores técnicos: utilizou os mesmos parâmetros apresentados para os barramentos previstos no PRH - Verde Grande:
  - O incremento hídrico, calculado a partir da vazão regularizada pelo reservatório com garantia de 95% ( $Q_{incr95}$ );

- A relação entre a área alagada pelo reservatório e a  $Q_{incr95}$ ;
- A relação entre o volume acumulado no reservatório e a  $Q_{incr95}$ ;
- A relação entre o volume do maciço do barramento e a  $Q_{incr95}$ ;
- A relação entre  $Q_{incr95}$  e  $Q_{nat95}$ ;
- A relação entre o volume acumulado no reservatório e a área por ele alagada; e
- A relação entre o volume acumulado no reservatório e o volume utilizado no maciço do barramento.
- Indicadores financeiros: também utilizou os mesmos parâmetros apresentados para os barramentos previstos no PRH - Verde Grande:
  - O custo do incremento hídrico; e
  - O custo de acumulação de água.
- Indicador social: foi considerada a situação, em termos de intensidade de demanda de água na sub-bacia em que se encontra o empreendimento.
- Indicador de segurança: baseado nos conceitos adotados pela Lei de Segurança de Barragem, a exemplo do procedimento adotado no estudo dos barramentos previstos no PRH - Verde Grande. Sendo considerado o indicador relacionado ao risco de rompimento do barramento, denominado de Equivalente de Risco, que utiliza classificação de grandeza associados aos barramentos/reservatórios, com a seguinte escala:
  - Alto Risco: se a altura máxima do maciço for superior a 25 m e o volume acumulado no reservatório for superior a 10 hm<sup>3</sup>;
  - Médio Risco: se apenas uma das condições anteriores ocorrer; e
  - Baixo Risco: se nenhuma das condições ocorrer.

No Quadro 8.5 a seguir estão os valores calculados para os indicadores de desempenho para cada barramento inventariado.

Quadro 8.5 – Indicadores Técnicos Calculados para os Barramentos Inventariados.

Compartimento	Código	Curso de Água	Indicadores Técnicos						Indicadores Financeiros		Indicador Social	Indicador de Segurança			
			$Q_{incr95}$	Área Alag. / $Q_{incr95}$	Vol. Acum. / $Q_{incr95}$	Vol. Mac. / $Q_{incr95}$	$Q_{incr95} / Q_{nat95}$	Vol. Acum. / Área Alag.	Vol. Acum. / Vol. Mac.	Custo / $Q_{incr95}$	Custo / Vol. Acum.				
Margem Esquerda Médio Verde Grande	MEVG01	Rio Barreiras	0,076	3.212	209,8	12.844,7	3,08	65,3	16,3	1.446,7	6,90	Alta	Alto		
	MEVG02	Rio Salobro	0,197	939	74,1	5.369,8	2,90	78,9	13,8	602,4	8,13	Alta	Alto		
	MEVG03	Córrego Vereda	0,187	3.639	256,8	3.065,4	3,11	70,6	83,8	362,5	1,41	Alta	Médio		
	MEVG04	Rio Arapoin	0,330	789	45,5	2.487,0	1,94	57,7	18,3	281,1	6,18	Alta	Médio		
	MEVG05	Córrego São Vicente	0,108	1.898	148,1	4.666,2	2,92	78,0	31,7	529,9	3,58	Alta	Médio		
	MEVG06	Córrego Macaúbas	0,325	1.475	116,8	4.854,7	3,05	79,2	24,1	548,3	4,69	Alta	Alto		
	<b>Total</b>		<b>1,223</b>												
Margem Direita Médio e Baixo Gorutuba	MDGB01	Rio Serra Branca	0,528	2.008	70,1	1.349,9	12,56	34,9	51,9	162,1	2,31	Média	Médio		
	MDGB02	Córrego Furado Sujo	0,128	6.286	218,7	3.486,1	14,31	34,8	62,7	425,1	1,94	Média	Médio		
	MDGB03	Rio Garipau	0,138	1.267	152,1	7.423,6	19,97	120,0	20,5	832,6	5,47	Média	Alto		
	MDGB04	Córrego Boqueirão do Encantado	0,255	1.882	86,3	2.364,9	85,20	45,8	36,5	274,1	3,18	Média	Médio		
	MDGB05	Córrego Coronel	0,073	2.321	226,7	519,9	96,18	97,6	435,9	696,3	3,07	Média	Alto		
	MDGB06	Riacho Piranhas (montante Jacu)	0,070	1.354	81,2	3.809,3	84,63	60,0	21,3	431,4	5,31	Média	Baixo		
	MDGB07	Rio Jacu	0,050	5.271	230,7	8.724,6	69,03	43,8	26,4	1.001,2	4,34	Média	Médio		
	<b>Total</b>		<b>1,243</b>												
<b>TOTAL GERAL</b>			<b>2,466</b>												
Unidades:				ha/m <sup>3</sup> /s	hm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> /s	1.000m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> /s		1.000m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> R\$/m <sup>3</sup> /s	R\$/m <sup>3</sup>				

 AGÊNCIA <b>peixe vivo</b>	Tipo de Documento: Relatório Técnico  RELATÓRIO FINAL	 Comitê do Verde Grande
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE		

## 9 AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLANTAÇÃO DAS INTERVENÇÕES

### 9.1 Objetivos

A Avaliação Conjunta das Soluções Abordadas e Definição de Cronogramas para Implantação das Intervenções, respectivamente, compõem as Atividades 8 e 9 do Plano de Trabalho. Estão dentre os objetivos desse estudo:

- Seleção de Intervenções;
- Balanços Hídricos;
- Elaboração de Cronogramas de Implantação.

Com vistas a contribuir tecnicamente à questão relacionada às Soleiras Vertentes, tema em pauta atualmente na bacia, também foi realizada análise da situação atual dessas estruturas, embora este assunto não seja um item contratual integrante do escopo de trabalho contratado. Os resultados dessa análise são apresentados ao final deste capítulo.

A Avaliação Conjunta abrange diversas intervenções na Bacia do rio Verde Grande, a saber:

- 14 Barramentos Propostos no PRH Verde Grande;
- 2 Transposições Planejadas: Transposição Congonhas-Juramento e Transposição Jaíba; e
- 13 locais inventariados para novos barramentos.

De maneira geral, consistiu na determinação da alternativa mais viável, levando em consideração a viabilidade técnica, econômico-financeira e de interferência socioambiental de cada alternativa. Destaca-se que nesta avaliação foi dada preferência às alternativas que proporcionam o maior número de beneficiados pelo incremento da oferta hídrica, evitando-se o favorecimento apenas de grandes produtores, conforme solicitado no Termo de Referência.

Com base no melhor arranjo proposto para as soluções conjuntas, resultado da Atividade 8 e das Oficinas de Trabalho, foi definido o cronograma para implantação das intervenções (obras) selecionadas, atendendo à priorização estabelecida. O cronograma tem como objetivo apresentar as datas de execução dos estudos e outras atividades necessárias à implantação das intervenções selecionadas.

Importante referir que o processo de seleção das melhores intervenções foi baseado diretamente na participação dos atores estratégicos da bacia, através da realização de duas Oficinas de Trabalho, nas quais os convidados puderam expressar suas visões e perspectivas quanto à importância relativa dos indicadores de desempenho de cada alternativa (ponderadores) e quanto à própria hierarquização entre alternativas de mesma natureza. Esse processo participativo possibilitou agregar o componente social e estratégico à análise técnica anteriormente desenvolvida. Como resultado, a hierarquização da implantação das intervenções (que resulta na seleção daquelas com melhores desempenhos de viabilidade) e, por consequência, a definição dos cronogramas de implantação, foram realizados de forma a atender não somente questões técnicas, mas também àquelas de natureza social e estratégica expressas pelos próprios atores atuantes diretamente na questão hídrica da bacia.

## 9.2 Hierarquização

Foram estudadas barragens e transposições e foram definidos e calculados indicadores de desempenho, com vistas a possibilitar a comparação entre alternativas.

A partir desses indicadores foi proposta uma metodologia específica para determinar os ponderadores de cada indicador com base na percepção e participação dos atores atuantes na questão dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Para tanto, foi aplicada a Matriz de Saaty. Esses ponderadores têm a função de expressar as importâncias relativas entre cada indicador possibilitando ao término da análise identificar as melhores viabilidades globais.

Para tanto, um modelo multicritério de suporte à decisão foi implementado em duas Oficinas com a participação de atores estratégicos aos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Por conta das restrições impostas no contexto da pandemia de Covid-19, esses eventos foram realizados em ambiente virtual (videoconferência), após acordado com representantes da APV e do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Face à quantidade de participantes convidados e objetivando permitir a efetiva participação de todos no ambiente virtual, a 1ª Oficina foi realizada em três momentos distintos, enquanto a 2ª Oficina foi realizada em dois momentos (Quadro 9.1).

Quadro 9.1 – Elementos da Metodologia de Hierarquização das Soluções.

Parâmetro	Descrição
Ponderadores	Juízos de valor atribuídos de forma subjetiva e que devem incorporar as percepções locais sobre as “importâncias relativas” entre os indicadores ou mesmo entre as naturezas desses indicadores.
Dinâmica participativa	Aplicação de questionários com os atores estratégicos quanto ao uso, planejamento e gestão de recursos hídricos na bacia do Rio Verde Grande.
Objetivo	Atribuir uma nota a cada intervenção que represente o seu desempenho global relativo, permitindo identificar aquelas intervenções com melhores condições de implantação.
Indicadores para os Barramentos	Técnicos, Financeiros, Sociais, Ambientais e de Segurança
Indicadores para as Transposições	Técnicos, Financeiros e Sociais.

### 9.3 Relatos da Oficinas – Incremento da Oferta Hídrica (IOH) Verde Grande

O modelo multicritério adotado permitiu a hierarquização das alternativas de barramentos e/ou transposições, tendo por premissa o conjunto de indicadores utilizados, frente à percepção dos analistas e decisores.

Os analistas/decisores (participantes da Oficina) foram apresentados ao confronto de um a um dos indicadores para que pudessem estabelecer seu grau de relevância relativa. Cada conjunto de resposta, obtido de cada analista, representava matematicamente um conjunto de ponderadores, que foram aplicados na análise. Segundo a metodologia adotada, quanto maior o grau de desempenho comparativo melhor é uma alternativa do ponto de vista da percepção dos decisores.

No caso do ajuste metodológico ao ambiente virtual a dinâmica de resposta às perguntas do SSD ocorreu de forma coletiva, ou seja, foi estimulada a realização de debate entre os participantes com vistas a convergir para uma resposta única do grupo de participantes.

#### Realização da Primeira Oficina

Com vistas a preparar a Primeira Oficina, foram realizadas reuniões prévias, em dois momentos: no dia 13/05/2020 com a Agência Peixe Vivo e no dia 15/05/2020 com a Câmara Técnica Consultiva – CTC do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Foram definidas três alternativas de dia e horário para a realização da Oficina (Grupo A - 08/06/2020 das 14h às 17h, Grupo B - 09/06/2020 das 08h30 às 11h30 e Grupo C -

10/06/2020 das 08h30h às 11h30), bem como foram definidos o conteúdo e a forma de realização da Oficina e a aplicação metodológica proposta quanto aos ponderadores dos indicadores de desempenho das alternativas estudadas.

O primeiro evento contou com a participação de 21 pessoas (sendo nove do grupo APV, ANA e Profill); o segundo evento contou com a participação de 16 pessoas (sendo seis do grupo APV, ANA e Profill); e o terceiro evento contando com a participação de 20 pessoas (sendo seis do grupo APV, ANA e Profill).

## Resultados da Primeira Oficina

Os resultados da 1<sup>a</sup> Oficina, por terem ocorrido em três eventos distintos, levaram a diferentes possibilidades de valoração dos ponderadores, visto que nem todas as definições consensuais de cada grupo foram convergentes entre si (Quadro 9.2). Com vistas a obter um resultado que expressasse a manifestação conjunta de todos os participantes (dos três eventos) foram aplicadas duas abordagens estatísticas: uma considerando o somatório dos votos dos participantes dos três eventos, chamada de “*Compilação de Votos*”, e outra calculando a média dos resultados dos três eventos, denominada de “*Média dos Três Eventos*”.

Quadro 9.2 – Síntese dos Resultados da Primeira Oficina Conforme a Abordagem Estatística Utilizada.

Seleção/Hierarquização	Compilação de Votos	Média dos 3 Eventos	Observações
Barragens	Água Limpa	Água Limpa	Seleção muito similar, com alterações de ordenamento
	São Domingos	Suçuapara	
	Suçuapara	Sítio Novo	
	Sítio Novo	Canoas/São Domingos	
Transposições	Jaíba	Jaíba	Seleção e ordenamento idênticos
	Congonhas-Juramento	Congonhas-Juramento	
Inventário	MEVG	Córrego Vereda	Seleção e ordenamento idênticos
		Arapoim	
		Córrego São Vicente	
	MDBG	Riacho Piranhas	Seleção e ordenamento idênticos
		Rio Serra Branca	
		Córrego Boqueirão do Encantado	

 AGÊNCIA <b>peixe vivo</b>	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 <b>comitê do Rio Grande</b>
	RELATÓRIO FINAL	

ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE

## Realização da Segunda Oficina

O objetivo desta Oficina foi obter relações de priorização de implantação para as alternativas de intervenções, uma vez que na 1ª Oficina os resultados indicaram duas possibilidades distintas de hierarquização (Compilação de Votos e Média dos Três Eventos). Para tanto, foram apresentados aos participantes os resultados em termos de escores globais de desempenho de cada alternativa, calculada conforme os dois conjuntos de ponderadores resultantes da 1ª Oficina, com vistas a possibilitar a definição da hierarquização relativa entre as intervenções, permitindo, assim, definir a seleção daquelas a serem inicialmente implantadas.

Esse procedimento foi adotado somente para os Barramentos Propostos, uma vez que para as Transposições e Inventário, os resultados da 1ª Oficina já permitiram hierarquizar e selecionar as melhores alternativas.

A 2ª Oficina foi realizada em dois momentos, nos dias 04/08/20 (9:00h) e 05/08/20 (14:30h), ambos por meio de videoconferência, tendo sido convidados os participantes da 1ª Oficina, bem como os convidados daquela Oficina que não participaram e outros atores considerados estratégicos para o tema em tela.

O primeiro evento (denominado de Grupo A) teve a participação de 15 pessoas (sem considerar os integrantes da APV, ANA e Profill), enquanto o Grupo B teve 28 participantes (sem considerar os integrantes da APV, ANA e Profill).

O foco da análise comparativa residiu em dois aspectos específicos: situação do barramento frente à demanda de água na sub-bacia em que está inserido e a situação em termos locacionais, objetivando identificar estratégias mais equânimes de implementação das intervenções, em termos espaciais.

As Figura 9.1 e Figura 9.2 apresentam os subsídios utilizados para a tomada de decisão.

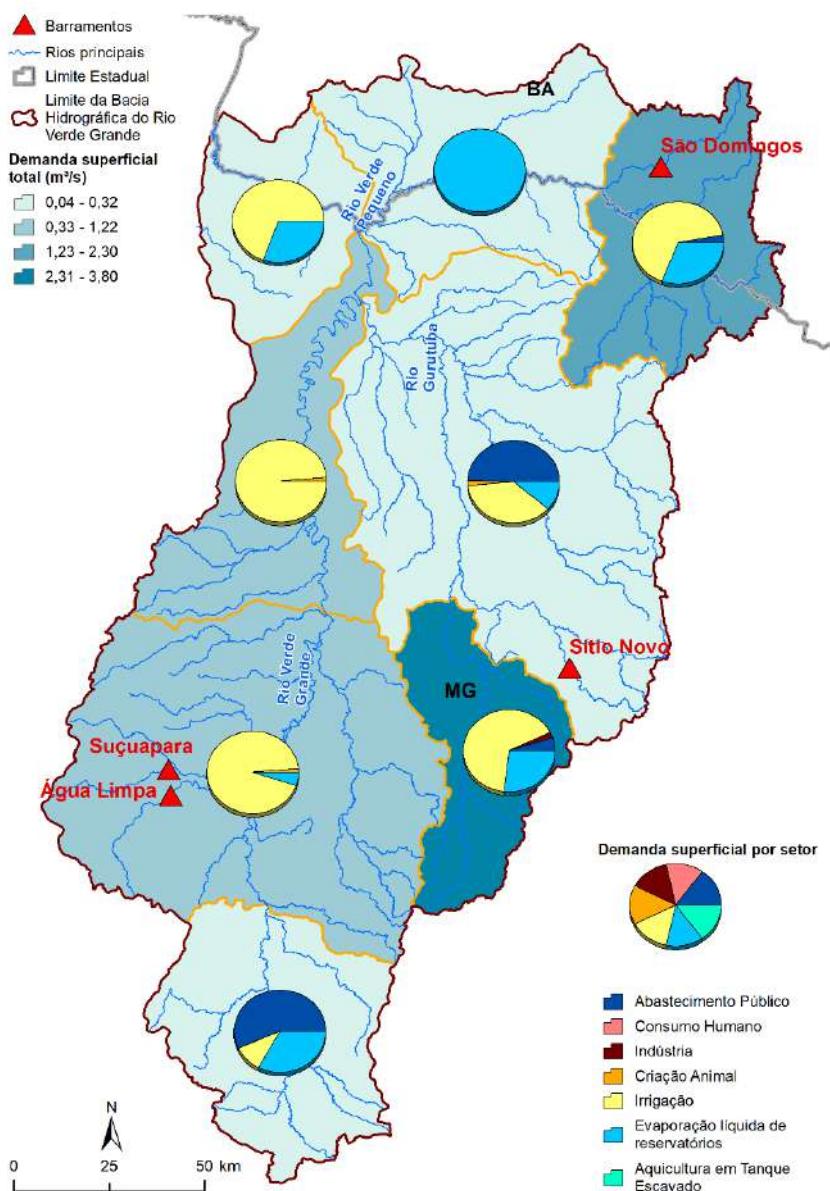


Figura 9.1 – Mapa de Intensidade de Demanda.

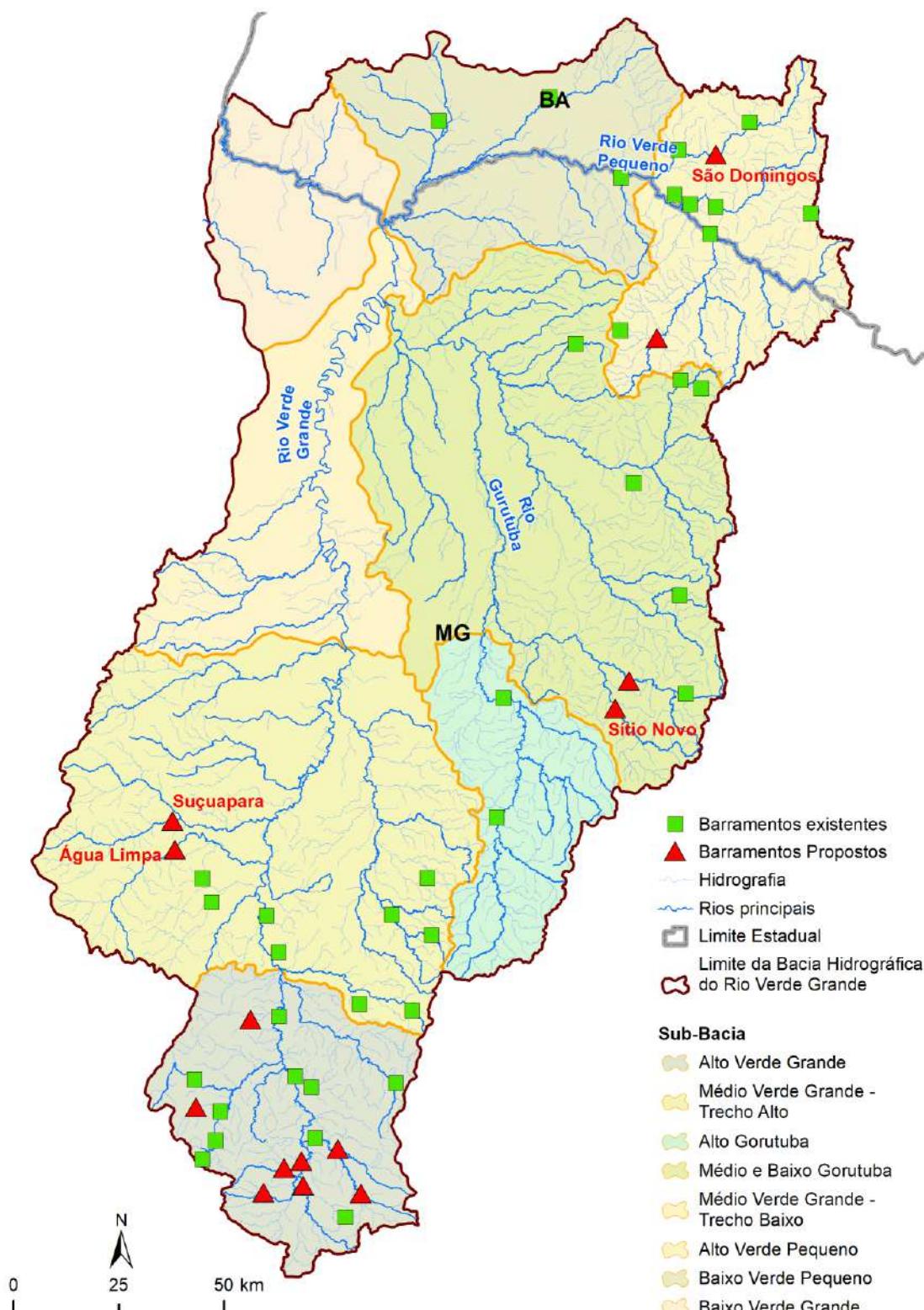


Figura 9.2 – Mapa de Localização dos Barramentos.

A análise de demandas mostrou que o compartimento da bacia com maior demanda encontra-se onde está localizado o barramento de São Domingos, seguido de Suçuapara e Sítio Novo. Já em termos locacionais e estratégicos, foi entendimento dos grupos que seria importante “espalhar” os benefícios com a implantação dos barramentos, considerando também o fator de contemplar os dois Estados que integram a bacia, Minas Gerais e Bahia. Como resultado, no Quadro 9.3 são apresentadas as prioridades definidas em cada evento. Note-se que não houve coincidência entre os resultados, o que levou à necessidade de posterior tratamento no âmbito técnico, para definição final do melhor arranjo de implantação.

Quadro 9.3 - Prioridades de Implantação Definidas nos Grupos – Barragens Propostas.

Grupo A	Grupo B
1. Água Limpa	1. Água Limpa
2. Sítio Novo	2. São Domingos
3. São Domingos	3. Sítio Novo
4. Suçuapara	4. Suçuapara

As oficinas foram realizadas com o objetivo de obter, através de dinâmica participativa com os atores estratégicos da bacia, elementos que permitissem definir as intervenções selecionadas e suas hierarquizações, em termos de implantação, e nesse sentido, foram consideradas exitosas.

## 9.4 Seleção e Hierarquização das Intervenções

### Barramentos Propostos

Conforme já comentado, o conjunto de 14 barramentos propostos no PRH Verde Grande foi avaliado em termos de desempenho sob as óticas técnica, financeira, social, ambiental e de segurança, através de indicadores específicos. A definição dos ponderadores (resultado da 1ª Oficina) permitiu estabelecer indicadores globais de desempenho para cada barramento. Na 2ª Oficina, foram trabalhadas questões comparativas entre os quatro barramentos melhor classificados, com vistas a possibilitar a hierarquização e consequente seleção.

Entendeu-se que os outros 10 barramentos, deverão ou poderão ser implantados em futuro mais distante, após efetivados os benefícios decorrentes dos incrementos hídricos das intervenções preferenciais (os quatro melhores barramentos em termos de desempenho global e as duas transposições de vazões).

Para equacionar a situação resultante da 2ª Oficina, na qual duas hierarquizações distintas foram definidas (uma em cada evento), foi utilizado novo procedimento metodológico, contemplando duas possibilidades: uma, em que se valora (ou totaliza) a quantidade de votos em cada evento com vistas a definir qual das duas hierarquizações será adotada; e outra, que concilia as duas priorizações estabelecendo uma igualdade de condições nos casos de divergências (ou seja, atendendo a ambos os grupos).

Essa conciliação das duas possibilidades de priorização estabeleceu uma igualdade de condições entre São Domingos e Sítio Novo, mantendo-se Água Limpa como o barramento a ser inicialmente implantado e Suçuapara com o último deste primeiro grupo de barramentos mais viáveis. Essa abordagem mostra-se mais eficiente sob a ótica estratégica de implantação dos barramentos, uma vez que possibilita implantar, com mesmo nível de prioridade os dois barramentos que se encontram nas posições intermediárias da análise, conferindo, assim, mais versatilidade em termos institucionais e administrativos, lembrando que tais barramentos estão localizados em dois Estados distintos (Sítio Novo em Minas Gerais e São Domingos na Bahia). Conforme esse arranjo, a sequência de implantação dos reservatórios ficou a seguinte:

- (1) Água Limpa
- (2) Sítio Novo e São Domingos
- (3) Suçuapara

Para os outros 10 barramentos que não foram foco do presente esforço específico de priorização, foi mantida a hierarquização resultante dos cálculos dos respectivos desempenhos globais (Quadro 9.4):

Quadro 9.4 - Hierarquização dos Demais Barramentos Propostos no PRH Verde Grande.

Ordem	Barragem	Desempenhos Globais		
		Compilação Votos	Média Três Eventos	Média
5º	Canoas	75,81	73,55	74,68
6º	Mamonas	76,24	69,32	72,78
7º	Pedras	73,55	70,31	71,93
8º	Cocos	73,38	69,27	71,32
9º	Prata	68,22	64,62	66,42
10º	Tábua	62,72	58,87	60,79
11º	Verde	61,99	57,89	59,94
12º	Peixe	52,67	50,94	51,80
13º	Cerrado	53,43	50,10	51,77
14º	Sítio	52,32	48,94	50,63

## Transposições Propostas

Pelos desempenhos globais calculados (Quadro 9.5), fica nítida a vantagem da Transposição Jaíba sobre a Transposição Congonhas-Juramento, situação essa também verificada para cada indicador em separado. Nesse sentido, é possível indicar a Transposição Jaíba como a primeira intervenção a ser implantada.

Quadro 9.5 - Cálculo do Desempenho Global – Transposições de Vazões.

Transposição	Pond. Financ.	Ind. Financ.	Pond. Tecn.	Indi. Tecn.	Pond. Social	Indi. Social	Desemp. Global
<b>Procedimento – Compilação de Votos</b>							
Congonhas-Juramento	0,20	80,00	0,40	92,00	0,40	65,00	<b>78,80</b>
Jaíba	0,20	100,00	0,40	100,00	0,40	65,00	<b>86,00</b>
<b>Procedimento – Média dos Três Eventos</b>							
Congonhas-Juramento	0,23	80,00	0,40	92,00	0,37	65,00	<b>79,25</b>
Jaíba	0,23	100,00	0,40	100,00	0,37	65,00	<b>87,05</b>

## Novos Locais de Barramentos

A seguir, no Quadro 9.6, estão apresentados os desempenhos globais dos 13 barramentos inventariados, conforme os dois grupos de ponderadores resultantes da 1ª Oficina.

Quadro 9.6 - Desempenhos Globais dos 13 Barramentos Inventariados.

Barragem	Desempenhos Globais (ponderadores)	
	Compilação de Votos	Compilação de Votos
<b>MEMVG – Margem Esquerda do Médio Verde Grande</b>		
Córrego Vereda	77,02	75,23
Rio Arapoim	77,00	74,88
Córrego São Vicente	74,22	72,70
Córrego Macaúbas	69,47	66,18
Rio Salobro	66,62	63,18
Rio Barreiras	57,63	55,6
<b>MDBMG – Margem Direita do Médio-Baixo Gorutuba</b>		
Rio Serra Branca	72,69	71,09
Riacho Piranhas (montante Jacu)	73,96	74,62
Córrego Boqueirão do Encantado	71,7	70,39
Córrego Furado Sujo	65,27	64,19
Córrego Coronel	63,74	61,02
Rio Jacu	60,42	60,35
Rio Garipau	57,51	55,42

Observa-se que há coincidência de bons desempenhos em alguns barramentos, independente dos valores calculados pelos dois métodos. Assim, podem ser identificados os melhores desempenhos para os seguintes barramentos, que são selecionados como os prioritários para a realização de estudos mais específicos:

- na margem esquerda do Médio Verde Grande:
  - Córrego Vereda;
  - Rio Arapoim; e
  - Córrego São Vicente.
- na margem direita do Médio-Baixo Gorutuba:
  - Rio Serra Branca;
  - Córrego Boqueirão do Encantado; e
  - Riacho Piranhas (montante Jacu).

### Análise de Sensibilidade – Barramentos Propostos

A fim de comparar as capacidades de regularização dos reservatórios propostos selecionados, calculadas a partir das séries de vazões geradas com o Modelo de Grandes Bacias (MGB), com aquelas utilizadas para elaboração do Marco Regulatório (MR), foram utilizadas as séries originais de vazões reconstituídas adotadas no MR. Estas foram geradas para os locais das estações fluviométricas ao longo da calha do rio Verde Grande e do Ribeirão do Ouro.

Contudo, uma vez que essas séries reconstituídas disponibilizadas pela ANA apresentavam uma grande quantidade de falhas e período mais curto do que aquele adotado para o presente estudo (na simulação operacional dos reservatórios), foi necessário realizar um preenchimento dessas falhas e a extensão da série de dados. Para isso, foram buscadas correlações de vazões mensais entre aquelas séries disponibilizadas pela ANA com as geradas pelo próprio MGB.

O foco da análise de sensibilidade consistiu em simular a operação dos reservatórios propostos selecionados, com base nas séries de vazões antes referidas, e compará-las com os resultados obtidos nas simulações originais do estudo de IOH (Quadro 9.7). Esse procedimento se concentra naqueles barramentos localizados em drenagens que afluem diretamente ao Verde Grande, nas áreas dominadas pelos Pontos de Controle e estações fluviométricas consideradas na elaboração do Marco Regulatório.

Dos quatro barramentos selecionados como prioritários nas Oficinas do IOH Verde Grande, dois drenam diretamente para o Verde Grande: Água Limpa e Suçuapara. Assim, não foram foco de atenção desta análise de sensibilidade os outros dois barramentos que drenam diretamente para os rios Verde Pequeno e Gorutuba, fora da área influenciada pelas estações consideradas no Marco Regulatório.

Para os dois barramentos de interesse desta análise de sensibilidade, Água Limpa e Suçuapara, optou-se por utilizar a correlação entre vazões com relação à estação Bom Jardim (44350000). Esta estação localiza-se no Ribeirão do Ouro, cuja bacia compreende o trecho no qual está proposto o barramento Suçuapara, e ainda, encontra-se geograficamente muito próxima ao local do barramento de Água Limpa, sendo a pluviometria, o relevo, tipo e usos dos solos muito parecidos entre ambos os locais de barramentos e da referida estação.

Assim, foi realizada uma regionalização pela diferença percentual de áreas de drenagem entre as dos locais dos barramentos com relação àquela do local da estação Bom Jardim. Com isso, foram geradas séries de vazões mensais para os locais das barragens de Água Limpa e Suçuapara.

A partir dessas séries de vazões mensais, foram simulados novamente os reservatórios de Água Limpa e Suçuapara, e os resultados comparados com aqueles obtidos originalmente nos estudos realizados no âmbito da Atividade A5.

Os resultados mostram que houve redução na vazão incrementada pelos dois barramentos, para garantia de 95%. No caso de Água Limpa, essa redução foi de 6,5% (de 0,248 m<sup>3</sup>/s para 0,232 m<sup>3</sup>/s), enquanto para Suçuapara a redução foi de 2,9% (de 0,177 m<sup>3</sup>/s para 0,172 m<sup>3</sup>/s).

Quadro 9.7 - Análise de Sensibilidade – Comparação de Resultados para os Barramentos Água Limpa e Suçuapara.

Barramento	Parâmetro	Situação Simulada (m <sup>3</sup> /s)	
		Original (rel. P3)	Ajuste ao MR
Água Limpa	Qreg <sub>95%</sub>	0,390	0,360
	Qnat <sub>95%</sub>	0,142	0,128
	<b>Qincr.</b>	<b>0,248</b>	<b>0,232</b>
Suçuapara	Qreg <sub>95%</sub>	0,292	0,287
	Qnat <sub>95%</sub>	0,115	0,115
	<b>Qincr.</b>	<b>0,177</b>	<b>0,172</b>

As reduções são limitadas, não impactando no desempenho desses barramentos em termos das análises comparativas realizadas com vistas a verificar méritos e subsidiar a seleção das intervenções com melhores condições de viabilidade comparativa.

As diferenças percentuais são aceitáveis no estágio atual dos estudos, sendo importante comentar que os valores finais relativos à regularização de cada barramento (e essa afirmação vale para todos os barramentos estudados) deverão ser obtidos através de estudos mais aprofundados, nas respectivas fases de projeto, notadamente no Projeto Básico, quando os estudos hidrológicos e topográficos deverão ser desenvolvidos com maior grau de detalhamento.

Inclusive, nesse sentido e considerando as limitações de informações hidrológicas locais, é recomendável a instalação de estações fluviométricas nos pontos pré-selecionados para esses barramentos, como também para os outros dois selecionados (Sítio Novo e São Domingos), com vistas a se obter dados diretos e com maior fidelidade às realidades locais, mesmo que gerem séries temporalmente limitadas.

Em resumo, pode-se afirmar que os dois barramentos (Água Limpa e Suçuapara), após a realização da presente análise de sensibilidade, continuam apresentando condições de viabilidade comparativa, validando o processo de seleção e priorização realizado nas Oficinas.

## 9.5 Balanço Hídrico das Intervenções Selecionadas

Para avaliar as alternativas de incremento da disponibilidade hídrica foram elaborados cenários de balanço hídrico, atual e futuros, sem intervenções e, posteriormente, com diferentes combinações de intervenções para entender os benefícios que elas poderiam trazer para a bacia.

Com as vazões de referência em cada trecho da rede de drenagem discretizada e com os consumos (retiradas – retornos) atuais e projetados, foi possível montar as cenas atual (2018) e futura (2040) no modelo WARM-GIS.

Os resultados do modelo são fornecidos na forma do índice de Estresse Hídrico (IEH) por trecho de rio. Este índice nada mais é do que a vazão disponível do trecho do rio, ou seja, sem as demandas, menos a vazão remanescente no trecho após a retirada das demandas, dividido pela mesma vazão disponível. Dessa forma o resultado se dá na forma de porcentagem da vazão remanescente em relação à vazão sem retiradas, que

no caso, para fins de comparação entre as diferentes obras propostas em uma situação de escassez hídrica, foi adotada a vazão de referência Q95 do mês de setembro. O IEH é, portanto, calculado como:

$$IEH = \frac{Q_{disp} - Q_f}{Q_{disp}}$$

Onde  $Q_{disp}$  é a vazão disponível, representada pela vazão natural acrescida do efeito dos reservatórios e transposições, e  $Q_f$  é a vazão remanescente final da minibacia.

### Resultados das cenas atual e futura sem intervenções

A Figura 9.3 apresenta os resultados dos Índices de Estresse Hídrico (IEHs) para as cenas atual e futura. Percebe-se nitidamente o aumento no cenário futuro do estresse hídrico ao longo da calha do Verde Grande, local onde há grande concentração de usuários com captação superficial voltada para a irrigação. Enquanto no cenário atual os valores de IEH na ordem de 90% na calha do Verde Grande ocorrem apenas próximo e a jusante de Verdelândia, no cenário futuro, os valores dessa ordem de grandeza começam a surgir já a partir de Capitão Enéas, ou seja, há valores de estresse hídrico altos em uma extensão muito maior do rio Verde Grande no cenário futuro. Essa situação pode ser observada na calha do rio até chegar na confluência com o rio Verde Pequeno.

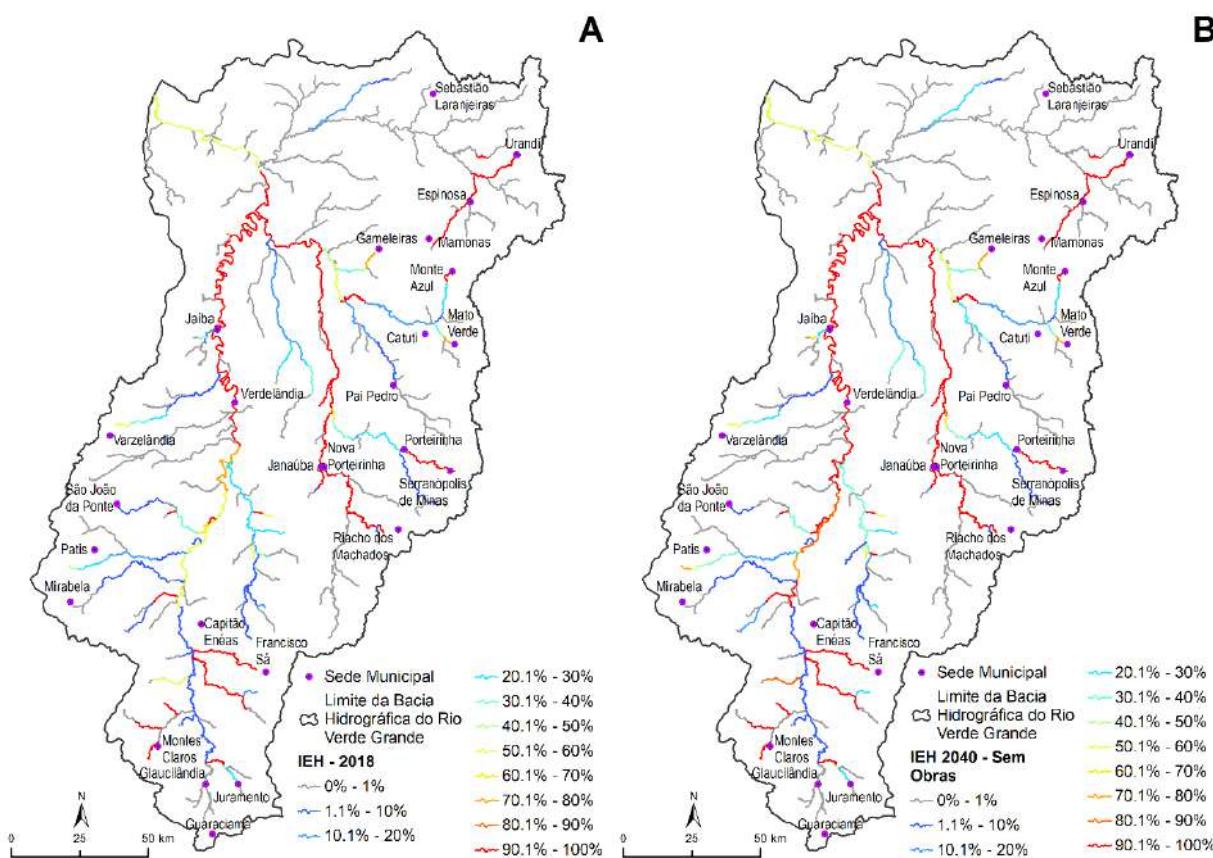


Figura 9.3 – Balanço hídrico no cenário atual - 2018 (a) e no cenário futuro - 2040 (b).

## Quatro Barramentos: Água Limpa, São Domingos, Sítio Novo e Suçupara

Para estudar as mudanças que os reservatórios propostos trariam, de maneira conjunta, à bacia do Verde Grande, foi desenvolvido um cenário futuro com os 4 lançando suas vazões regularizadas simultaneamente (Figura 9.4). Cabe destacar que, como os reservatórios não estão em cascata, não foram elaboradas regras de operação conjuntas, apenas simulou-se com todas lançando as vazões regularizadas projetadas de maneira simultânea.

Na Figura 9.5, é possível ver que a operação conjunta desses 4 barramentos traria reduções significativas no estresse hídrico ao longo do rio Verde Grande, além daquelas já abordadas no rio Gorutuba em razão da regularização da barragem Sítio Novo. É interessante observar que, diferente da operação individualizada dos reservatórios de Água Limpa e Suçupara, a operação simultânea dos dois permite incrementar o benefício no Verde Grande para além daquele ponto de alta concentração de usuários que limitava o alcance do acréscimo da vazão remanescente. Com as duas barragens lançando suas vazões regularizadas, o incremento da vazão seria perceptível durante aproximadamente 97km do Verde Grande, alcançando o ponto que limita o exutório do Médio Verde Grande (MVG). Essa operação conjunta leva a reduções de IEH no Verde Grande de 87% no cenário futuro sem intervenções para 53% em alguns trechos. Uma vez que as melhorias ficam restritas para montante do limite do MVG, as reduções de em torno de 6% no IEH do Verde Grande após a sua confluência com o rio Verde Pequeno são decorrentes da operação das barragens de São Domingos e Sítio Novo.

Ao todo, mudanças com relação ao cenário sem intervenções são percebidas ao longo de aproximadamente 559 km de rio, sendo 369 km no rio Verde Grande e 190 km na bacia do Gorutuba. A Figura 9.5 apresenta o número de trechos acumulados, daqueles que sofreram alteração, que superam cada um dos limites de IEH dispostos no eixo x, no cenário com e sem os barramentos. No total, foram 276 trechos de aproximadamente 2km cada que sofreram alteração do IEH devido aos barramentos. Nota-se a grande redução do número de trechos que antes superavam os 90% de estresse hídrico, que seriam 95 no cenário futuro sem modificações. Ainda, 40 trechos que ultrapassariam a marca de 10% de IEH passam a se enquadrar nessa faixa ou abaixo no cenário com as barragens operando simultaneamente.

## ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE

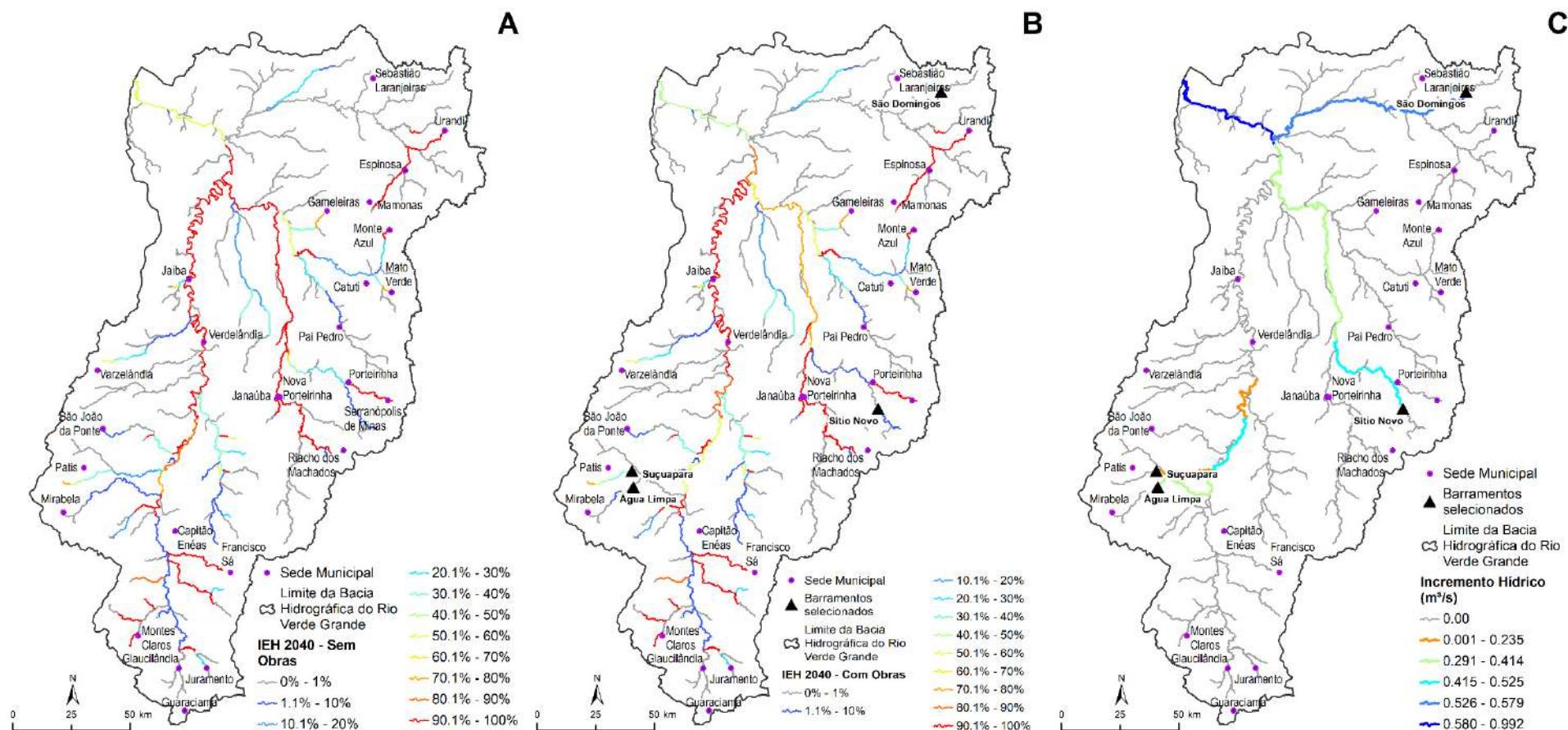


Figura 9.4 – Índices de Estresse Hídrico no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com a inclusão dos quatro barramentos (b); e diferenças entre os dois cenários (c).

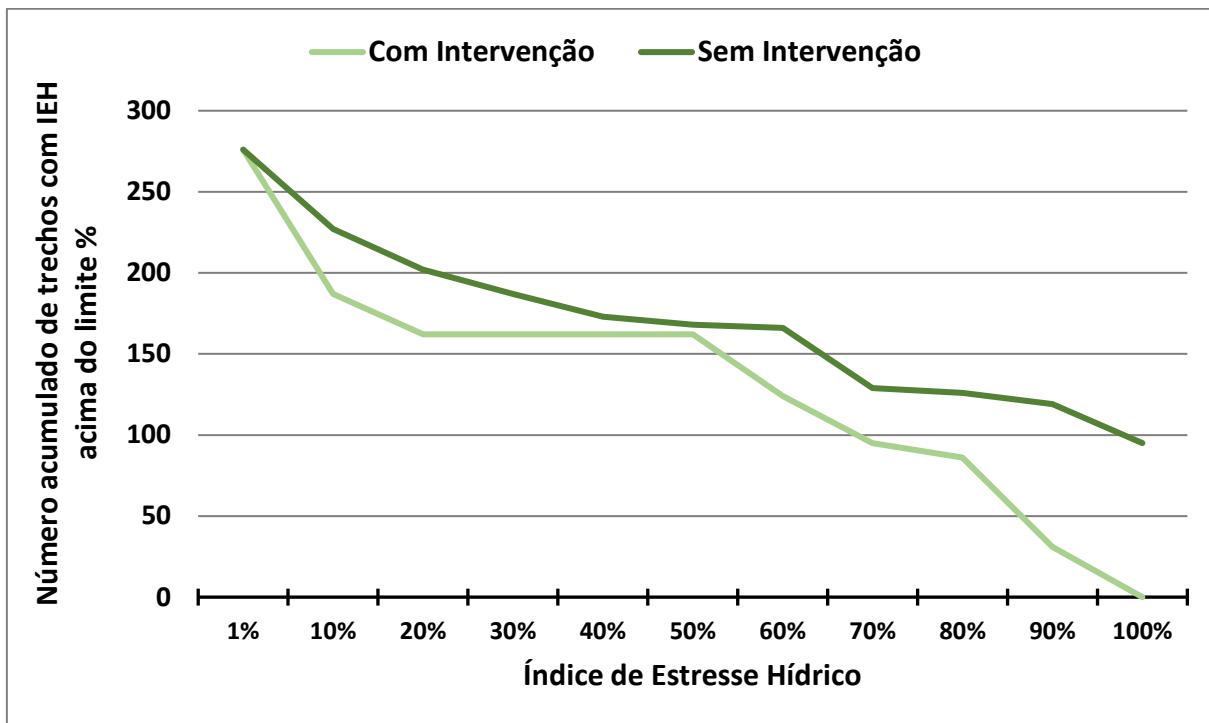


Figura 9.5 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão das quatro barragens: Água Limpa, São Domingos, Sítio Novo e Suçuapara.

### Transposições de Vazões Selecionadas e Hierarquizadas

A Figura 9.9 e a Figura 9.7, apresentam os resultados dos cenários de balanço hídrico considerando a transposição Congonhas-Juramento e a transposição Jaíba. Os resultados dos Índices de Estresse Hídricos projetados para o ano de 2040 sem intervenções, com intervenções e também as diferenças entre esses dois cenários com relação à vazão remanescente em cada um. Observa-se que nesse cenário praticamente não existem mais valores altos de estresse hídrico ao longo de todo Rio Verde Grande, sendo o máximo observado de 55% em um trecho de apenas 28km a montante da confluência com o rio Quem-quem e outro com 60% de apenas 8km a montante da sede de Verdelândia. Todos os demais trechos possuem IEH iguais ou inferiores a 40%, com alguns deles menores até mesmo que 10% no rio. Em termos de incremento da vazão remanescente, a diferença chega a ser de 2,02 m<sup>3</sup>/s no trecho baixo da bacia e próximo ao exutório.

Ao todo, mudanças com relação ao cenário sem intervenções são percebidas ao longo de aproximadamente 638 km do rio Verde Grande. A Figura 9.7 mostra a forte redução dos valores de IEH dos 315 trechos modificados no cenário com as transposições. 160 trechos de 2km deixam de ter IEH acima de 90% e 57 passam a ter IEH inferior a 10% com as obras instaladas.

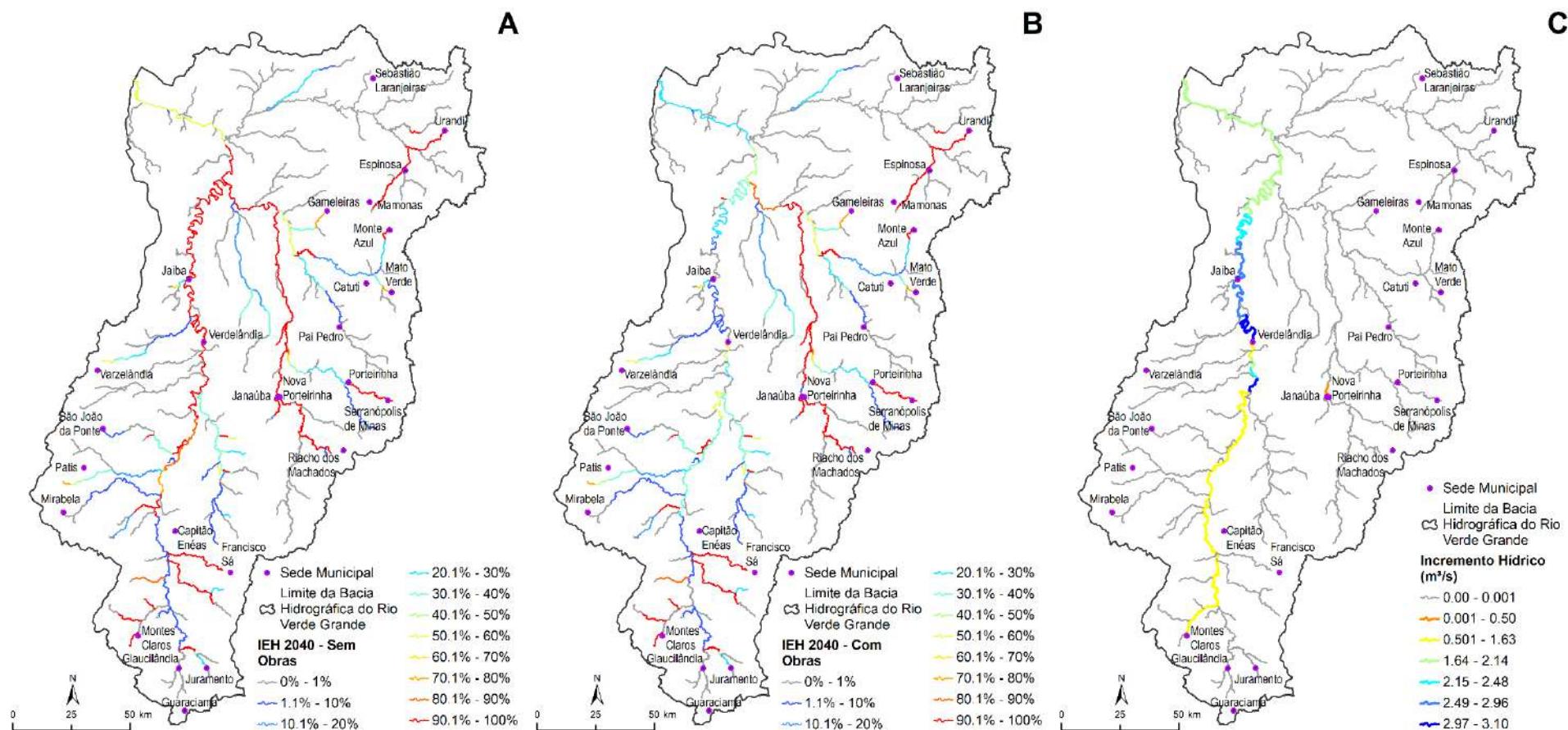


Figura 9.6 – Índices de Estresse Hídrico no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com as transposições Jaíba e Congonhas-Juramento simultaneamente (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c).

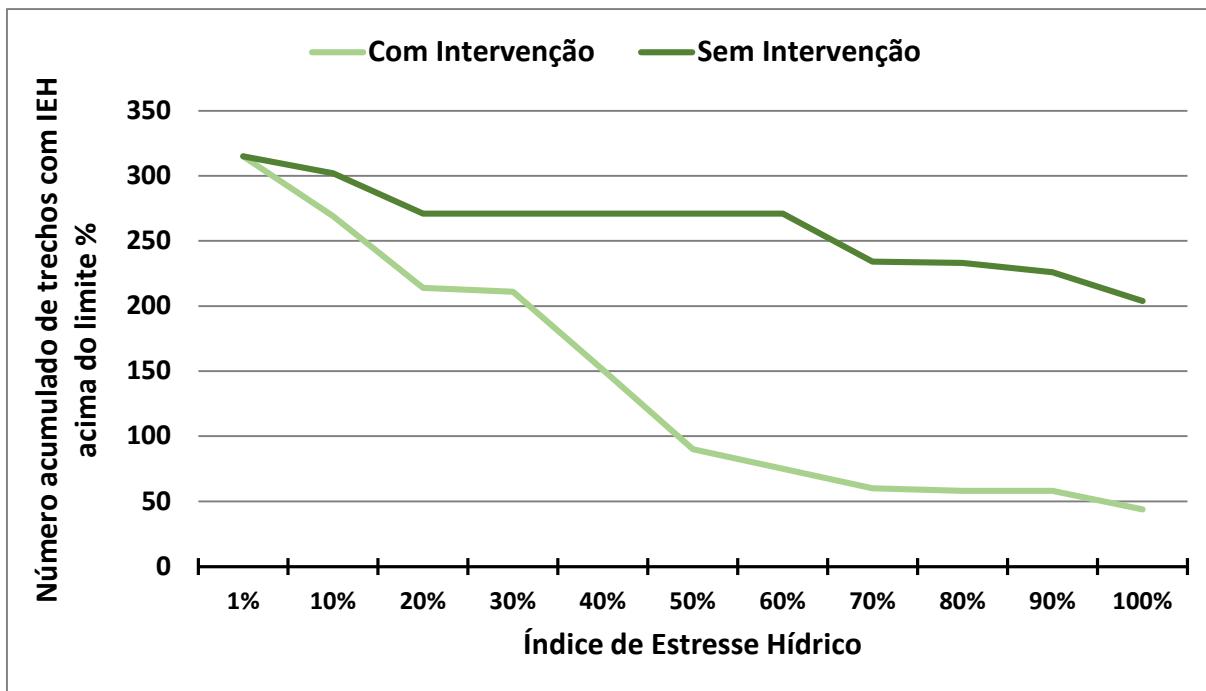


Figura 9.7 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão da transposição Jaíba e Congonhas-Juramento simultaneamente.

### Transposições e todas as barragens selecionadas

Nos estudos desenvolvidos foi criado um cenário de balanço hídrico considerando todos os barramentos selecionados, incluindo os novos propostos além dos do PRH, e também as transposições do Jaíba e Congonhas-Juramento. A Figura 9.8 e Figura 9.9 apresentam os resultados dos Índices de Estresse Hídricos projetados para o ano de 2040 sem intervenções, com intervenções e também as diferenças entre esses dois cenários em termos de vazão remanescente em cada trecho.

Nesse cenário com todas as obras operando, todos os trechos a jusante de Verdelândia, no rio Verde Grande, apresentam estresse hídrico inferior a 30% enquanto os trechos a montante ficam abaixo de 45%. Ainda, a diferença de vazão remanescente desse cenário para o não modificado alcança 5 m<sup>3</sup>/s próximo à foz do Verde Grande e fica acima de 4 m<sup>3</sup>/s próximo à cidade de Jaíba. Com relação ao rio Gorutuba, o índice de estresse também cai se comparado aos demais cenários no seu trecho baixo, ficando inferior a 35%.

Com relação ao cenário do item anterior, onde havia apenas 4 barramentos mais as transposições, uma grande diferença é nos rios Salinas e Pacuí, nos quais a operação da barragem MDGB01 traria um benefício adicional. Contudo, estudos mais aprofundados

 <b>AGÊNCIA</b> <b>peixe vivo</b>	Tipo de Documento: Relatório Técnico  RELATÓRIO FINAL
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GR	

são necessários quanto à capacidade de regularização desses novos reservatórios uma vez que aqui foram realizados de maneira simplificada em comparação aos demais.

Ao comparar com todos os cenários descritos anteriormente, é nesse que há o maior número de trechos de 2km do modelo WARM-GIS com índices de estresse hídrico inferiores a 10%. São 282 trechos de rio dentre os que houve modificações em que o IEH ficou inferior a 10%, contra 153 do cenário não modificado. Ainda, em todos os trechos modificados nenhum deles permaneceu com IEH superior a 70%, como mostra a Figura 9.9, enquanto no cenário sem nenhuma das obras a quantidade trechos afetados pelas obras com IEH superior a 70% chegava a 244. Ao todo, 1016 km de rios tiveram suas classes de IEH melhoradas.

## ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE

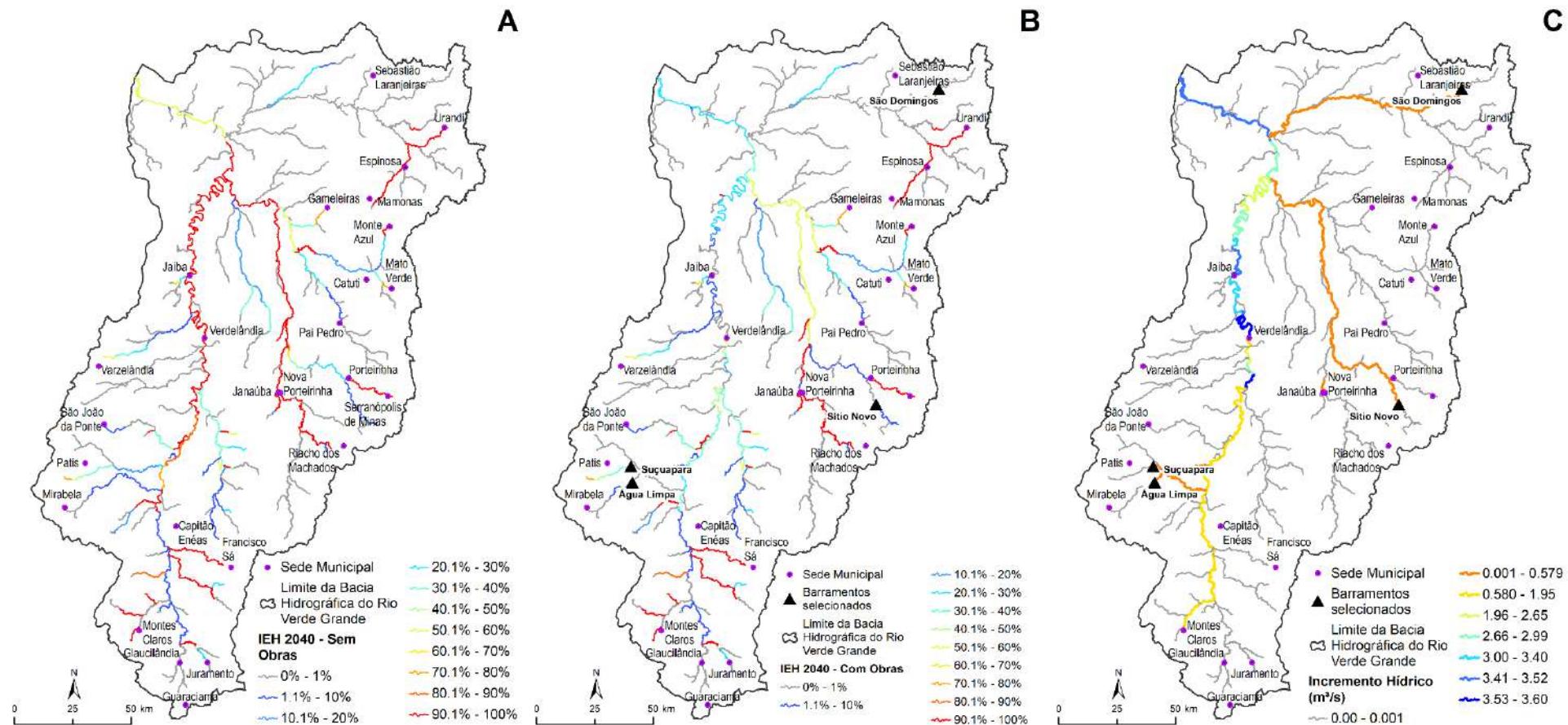


Figura 9.8 – Índices de Estresse Hídrico no cenário futuro sem intervenções (a), no cenário com as transposições e todas as barragens selecionadas (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c).

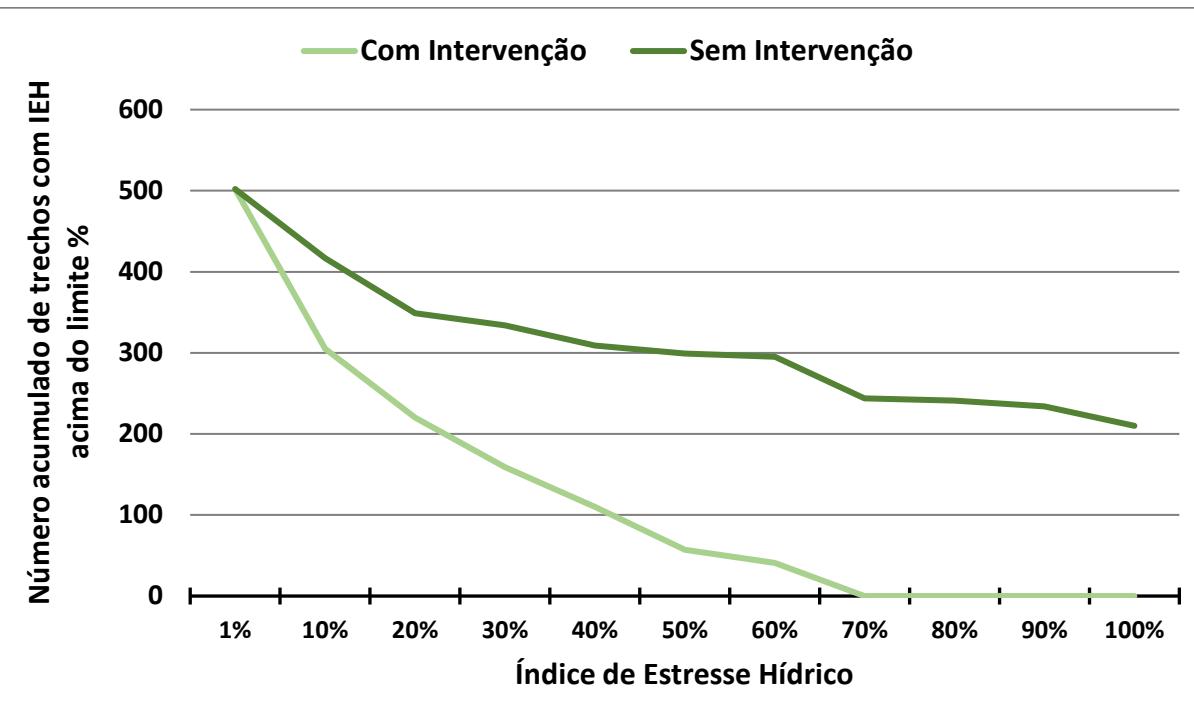


Figura 9.9 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o no cenário com as transposições e todas as barragens selecionadas simultaneamente.

### Considerações sobre os resultados

O Quadro 9.8 apresenta o compilado das extensões de trechos de rios que se beneficiariam em qualquer grau por cada intervenção ou conjunto delas abordadas nesse capítulo. Uma vez que todos os subtrechos da rede de drenagem discretizada para aplicação do MGB e WARM-GIS possuem aproximadamente 2 km, também é apresentado no mesmo quadro o Índice de Estresse Hídrico médio dos trechos onde houve melhora com relação ao cenário futuro sem modificações.

Individualmente, percebe-se que as obras que trariam maiores benefícios tanto em quantidade de trechos quanto em redução do IEH são as transposições, sendo a Jaíba aquela que abrangeia a maior extensão e que traria o maior benefício na comparação com o cenário futuro sem modificações nos trechos impactados por ela. Cabe ressaltar que quase a totalidade dos benefícios dessas transposições ficam restritos ao rio Verde Grande.

Já com relação aos barramentos, desconsiderando-se os novos propostos, aquele que individualmente traria o maior benefício tanto em extensão quanto em magnitude seria o Sítio Novo, localizado na sub-bacia do Gorutuba, em grande parte devido ao baixo número de usuários após a confluência com o rio Mosquito, no qual o barramento seria instalado. É interessante observar que a combinação de todos os barramentos traz mais

benefícios em termos de extensão do que as transposições, mesmo quando combinadas. A amplitude do benefício médio, porém, é significativamente menor do aquele trazido pela combinação das transposições.

O conjunto de transposições e barramentos é capaz de baixar significativamente o IEH em uma grande extensão da bacia. Dentre as diversas combinações entre diferentes obras, aquela que possivelmente traria o maior benefício para a bacia como um todo e com o menor número de intervenções seria a com as duas transposições mais o barramento de Sítio Novo e, possivelmente, no futuro, após estudos mais aprofundados, do MDGB01. Isso porque, conforme apresentado anteriormente, a maior parte dos benefícios das transposições seriam restritas ao rio Verde Grande, enquanto esses dois barramentos se encontrariam nas cabeceiras da sub-bacia do Gorutuba.

Quadro 9.8 - Resumo dos potenciais benefícios trazidos por cada intervenção, ou conjunto delas, no incremento da oferta hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande no cenário futuro (2040).

Tipo de obra	Obra	Extensão de trechos beneficiados	IEH médio do cenário modificado	IEH médio do cenário não modificado	Melhoria do IEH
Barramentos	Água Limpa	96,76	39,1%	53,4%	14,4%
	São Domingos	176,24	20,5%	23,9%	3,4%
	Sítio Novo	293,23	52,2%	71,8%	19,6%
	Suçuapara	80,73	38,8%	57,5%	18,7%
	Selecionados do PRH	559,41	38,7%	54,4%	15,7%
	Todos selecionados	716,88	30,8%	49,3%	18,5%
Transposições	Congonhas-Juramento	209,77	25,9%	54,2%	28,2%
	Jaíba	432,63	50,8%	90,9%	40,0%
	Ambas as transposições	638,36	34,9%	78,8%	43,9%
Barramentos e Transposições	Selecionados do PRH e ambas as transposições	880,43	19,3%	61,2%	41,9%
	Todos selecionados e ambas as transposições	1015,62	14,5%	55,7%	41,2%

 AGÊNCIA <b>peixe vivo</b>	Tipo de Documento: Relatório Técnico  RELATÓRIO FINAL	 comitê do Rio Grande
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE		

## 9.6 Cronograma de Implantação das Intervenções Selecionadas e Priorizadas

Como resultado de todo o processo realizado, foi possível propor a cronologia de implantação das intervenções selecionadas. Foram desenvolvidos cronogramas específicos para cada tipologia de intervenção, mas também de forma integrada e resumida, objetivando possibilitar uma visão da situação conjunta envolvendo todas as intervenções.

### Barramentos Propostos no PRH Verde Grande – Selecionados e Priorizados

Para fins de definição dos cronogramas de implantação, foram considerados os quatro barramentos selecionados, contemplando as fases de estudos e projetos, aquisição das áreas, licenciamento ambiental e outorga, licitação e contratação e execução das obras.

Os prazos associados a cada uma dessas fases são aqueles usualmente verificados em intervenções similares recentemente implementadas, fruto da experiência dos técnicos da Profill. Esses prazos consideram tanto a natureza das intervenções (barragens), quanto aos seus respectivos portes.

Para os quatro barramentos selecionados, são apresentados os cronogramas a seguir (Quadro 9.9 a Quadro 9.13), contemplando as fases de estudos e projetos, aquisição das áreas, licenciamento ambiental e outorga, licitação e contratação e execução das obras.

A sequência de implementação das ações deve respeitar a priorização antes estabelecida, a saber:

- 1º - Água Limpa;
- 2º - Sítio Novo e São Domingos; e
- 3º - Suçuapara.

Quadro 9.9 - Cronograma de Implantação do Barramento Água Limpa.

Quadro 9.10 - Cronograma de Implantação do Barramento Sítio Novo

Quadro 9.11 - Cronograma de Implantação do Barramento São Domingos.

Quadro 9.12 - Cronograma de Implantação do Barramento Suçuapara.

Quadro 9.13 - Cronograma Integrado de Implantação dos Barramentos Selecionados.

Barramento	Prazo (anos/semestres)																								
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9		Ano 10		Ano 11		Ano 12		
	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	
Água Limpa																									
Sítio Novo																									
São Domingos																									
Suçuapara																									

## Transposições de Vazões

Para as duas transposições de vazões são apresentados os respectivos cronogramas a seguir, contemplando as fases de estudos e projetos, aquisição das áreas, licenciamento ambiental e outorga, licitação e contratação e execução das obras, a exemplo das fases consideradas para os barramentos, embora com diferenças de magnitude.

Os prazos associados a cada uma dessas fases são aqueles usualmente verificados em intervenções similares. Esses prazos consideram tanto a natureza das intervenções (transposições que consistem em sistemas adutores de água), quanto aos seus respectivos portes:

- Fase 1 – Estudos e Projetos
- Fase 2 – Aquisição das Áreas
- Fase 3 – Licenciamento Ambiental e Outorga
- Fase 4 – Licitação e Contratação das Obras
- Fase 5 – Execução das Obras

A Transposição Jaíba apresenta maior extensão do sistema adutor, sendo dividida em três segmentos, com pontos distintos de lançamento de água na calha do Verde Grande. Já a Transposição Congonhas-Juramento apresenta forte dependência da execução prévia da barragem Congonhas, para que possa entrar em fase operacional.

A execução das obras dos três segmentos da Transposição Jaíba pode ser realizada de forma concomitante, o que contribui para abreviar os prazos (estimados em 12 meses para cada segmento), que de forma imbricada possibilitam um prazo global de obras de 24 meses. Já a Transposição Congonhas-Juramento permite uma execução de obra mais rápida (da ordem de 18 meses), embora a execução do túnel sempre possa comprometer um cronograma mais otimista.

Também é importante ressaltar que a Transposição Jaíba terá condições de já realizar os primeiros lançamentos de água, no ponto de desague de jusante (Jaíba), 12 meses após o início das obras. Outro aspecto interessante relativo à Transposição Jaíba é que ela poderá ser implantada por etapas, visto estar dividida em quatro trechos, sendo os dois primeiros sequenciais (do CP-3 à Jaíba e de Jaíba à Verdelândia) e os dois últimos “paralelos” (de Verdelândia em direção à Janaúba e de Verdelândia para montante pela margem do Verde Grande, em direção à foz do rio Quem-Quem). Isso possibilita antecipar benefícios e sequenciar os orçamentos.

Assim, os cronogramas globais para cada transposição de vazões abrangem durações de 50 meses para a Transposição Jaíba e 44 meses para a Transposição Congonhas-Juramento e estão apresentados nos Quadro 9.14, Quadro 9.15 e Quadro 9.16.

A sequência de implantação das transposições deve respeitar a priorização antes estabelecida, a saber:

- 1º - Transposição Jaíba; e
- 2º - Transposição Congonhas-Juramento.

### **Inventário de Novos Locais de Barramentos**

Na priorização das oficinas, foram selecionados três barramentos em cada compartimento da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande inventariada:

- Margem esquerda do Médio Verde Grande: Córrego Vereda, Rio Arapoim e Córrego São Vicente; e
- Margem direita do Médio-Baixo Gorutuba: Rio Serra Branca, Córrego Boqueirão do Encantado e Riacho Piranhas (montante Jacu).

Para os seis barramentos selecionados, independente de priorização, visto que o nível de informações disponível no inventário é relativamente limitado, deverão ser desenvolvidos estudos mais aprofundados, em nível de estudo de viabilidade.

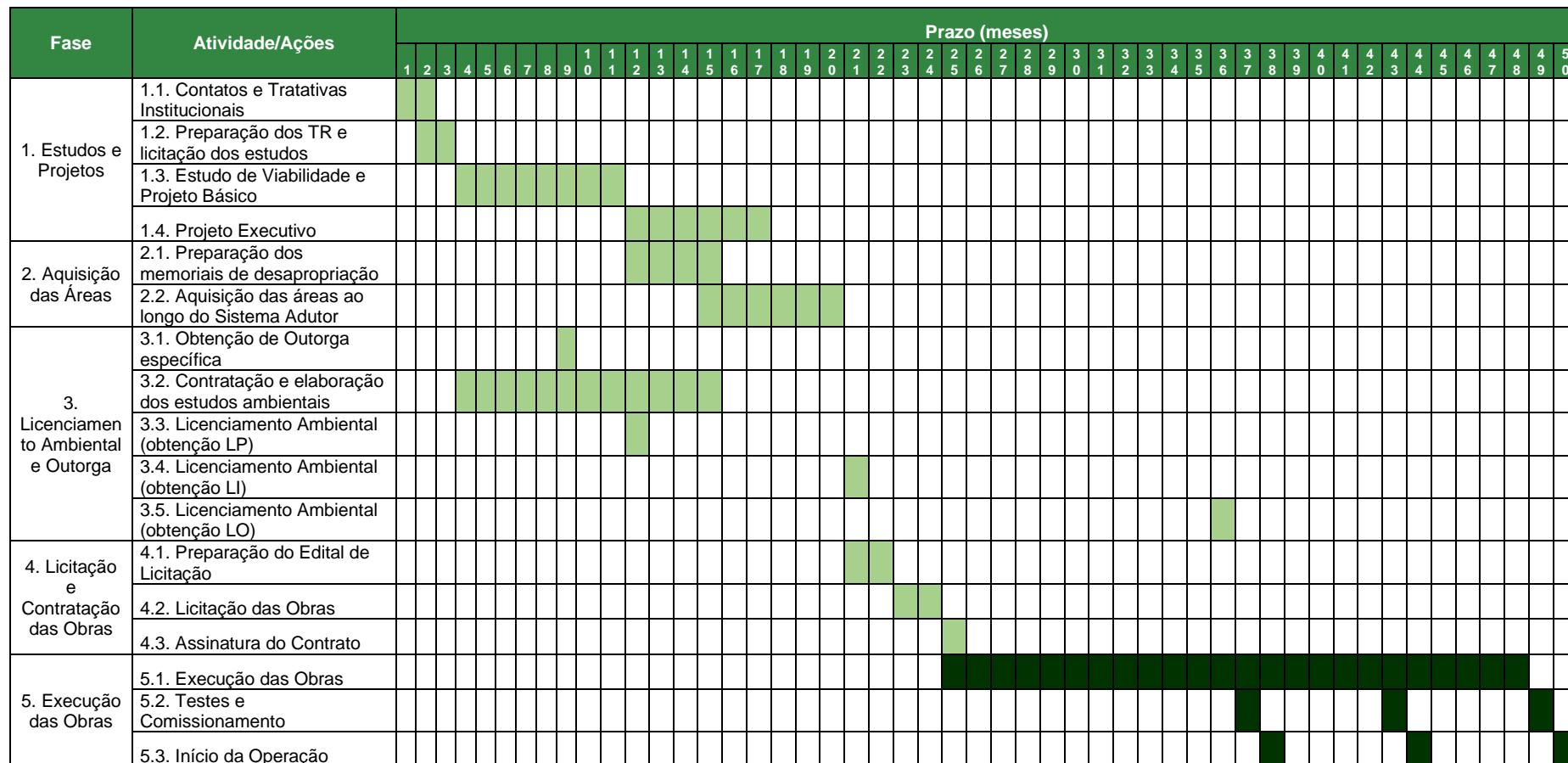
Ao término dessas atividades, será possível identificar, com maior grau de precisão, as reais condições de viabilidade de cada local, indicando aquele ou aqueles que deverão ter seus estudos continuados (no sentido de elaborar os respectivos projetos de engenharia).

Os Quadros a seguir (Quadro 9.14 a Quadro 9.16) apresentam os cronogramas de atividades e de implantação dos barramentos selecionados no inventário.

Quadro 9.14 - Cronograma de Atividades para os Barramentos Selecionados no Inventário.

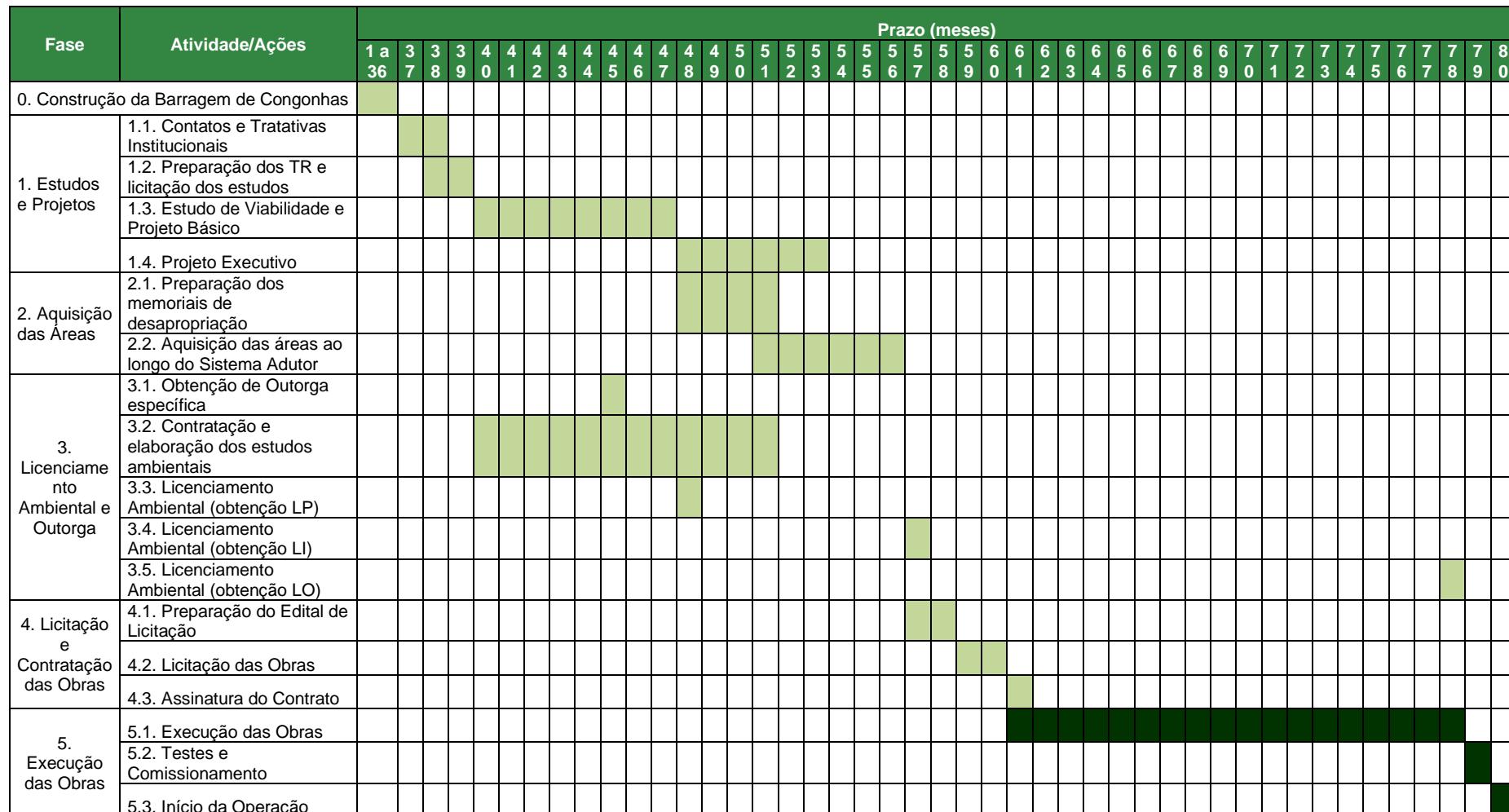
Atividade/Ações	Prazo (meses)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.1. Monitoramento hidrológico																
1.2. Preparação dos TR do estudo de viabilidade																
1.3. Licitação e contratação do estudo de viabilidade																
1.4. Estudo de Viabilidade																

Quadro 9.15 - Cronograma de Implantação da Transposição Jaíba.



ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE

Quadro 9.16 - Cronograma de Implantação da Transposição Congonhas-Juramento.



 <b>AGÊNCIA peixe vivo</b>	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	RELATÓRIO FINAL	

ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE

## 9.7 Soleiras Vertentes

Durante a realização da primeira reunião com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, no âmbito do presente trabalho, ocorrida em Montes Claros no dia 10 de setembro de 2019, para apresentação do Plano de Trabalho para “Análise e Proposta da Melhor Alternativa de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, representantes do Comitê externaram interesse na elaboração de estudos relativos às denominadas “Soleiras Vertentes”.

Tais estruturas já haviam sido objeto de análise, tanto no PRH - Verde Grande, quanto pela Nota Técnica ANA nº 10/2018, que trata do Marco Regulatório de condições de uso dos recursos hídricos no sistema hidrográfico rio Verde Grande.

Basicamente, consistem em estruturas de dimensões limitadas, posicionadas dentro da calha do rio Verde Grande, destinadas à formação de lâmina de água suficiente para possibilitar condições operacionais para captações localizadas nas margens do rio. Por situarem-se sobre o leito menor do rio, não alcançando as margens (através de ombreiras), são denominadas de Soleiras Vertentes. Basicamente, não implicam em reserva significativa de água. Nos últimos anos, diversas dessas estruturas foram implantadas na calha do rio Verde Grande, a maioria sem a devida autorização (outorga).

Assim, foram desenvolvidos estudos com o objetivo de agregar conhecimentos ao tema, auxiliando o Comitê nos seus posicionamentos e tomadas de decisão acerca dessas estruturas hidráulicas.

Como conclusões da presente análise, é possível verificar que o efeito das soleiras vertentes é bastante localizado, servindo basicamente para a melhoria das condições de captação a montante dessas estruturas. Assim, não há efeito de regularização que contribua significativamente para a melhoria da situação hídrica na bacia, objetivo do presente estudo contratado.

Tendo em vista o seu benefício localizado, as soleiras vertentes apresentam potencial elevado de aumentar as perdas de água para o subterrâneo (insurgências), dependendo da sua localização ao longo da calha do rio Verde Grande. Para a maior parte dessas estruturas, localizadas entre Verdelândia e Jaíba, essa condição é bastante desfavorável. A determinação volumétrica dessas perdas somente poderá ser realizada através de investigações de campo, com medição direta e mesmo assim são de difícil consolidação técnica.

	Tipo de Documento: Relatório Técnico  RELATÓRIO FINAL	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE		

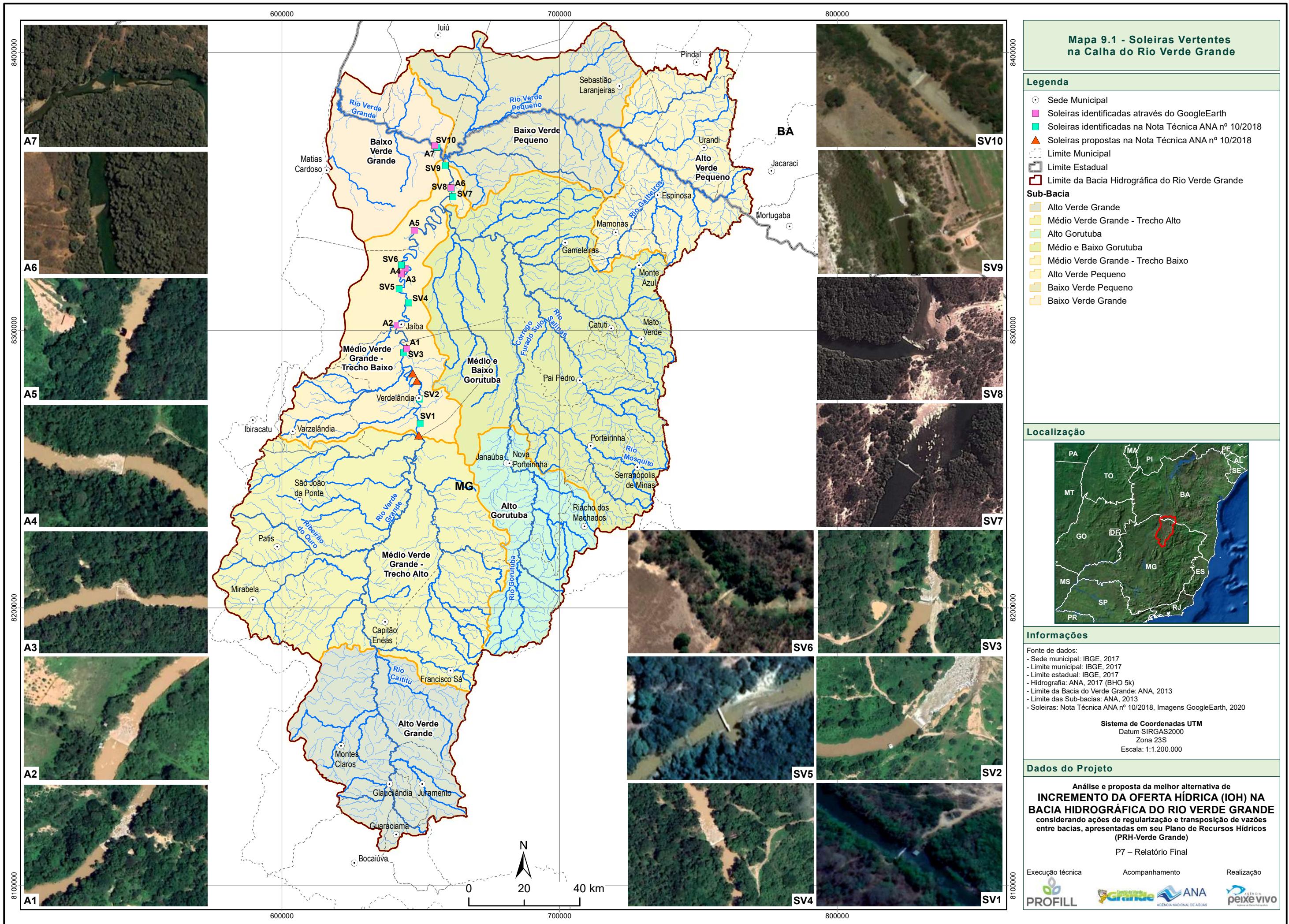
Os problemas referidos a essas estruturas no PRH - Verde Grande e na Nota Técnica ANA nº 10/2018 de fato ocorrem e devem ser minimizados ou compensados através da adoção de medidas estruturais e operacionais específicas, a serem incorporadas aos projetos de engenharia, destacando-se a questão da localização como essencial.

A constatação da existência de soleiras vertentes não referidas na Nota Técnica e, portanto, não regularizadas pelos órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos e ambiental é preocupante, pois mostra a implantação disseminada e desordenada.

Deve-se avaliar com cuidado especial a implantação não controlada dessas estruturas, que afetam a capacidade de gestão das águas na bacia, por alterar as condições de fluxo do rio Verde Grande, afetando as seções de controle propostas no Marco Regulatório, bem como podem resultar na perda de água da porção superficial para a subterrânea.

Por sua vez, a implantação dessas estruturas deveria ser regularizada, mediante análise técnica prévia das entidades responsáveis pela gestão dos recursos hídricos e ambientais, atentando, tanto para as suas localizações (evitando incrementar a infiltração subterrânea e influenciar na operação das seções de controle), quanto para as suas condições operacionais (dotar as soleiras de estruturas e equipamentos que permitam realizar descargas programadas para jusante, minimizando os riscos de eutrofização das águas, e não impedindo a piracema).

No Mapa 9.1 são apresentadas as localizações das Soleiras Vertentes identificadas ao longo da calha do rio Verde Grande, chamando a atenção para o fato de que foram identificadas sete estruturas além daquelas inicialmente referidas pelo estudo da ANA.



 AGÊNCIA <b>peixe vivo</b>	Tipo de Documento: Relatório Técnico	 <b>comitê do Rio Verde Grande</b>
	RELATÓRIO FINAL	

ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE

Já a Figura 9.10 apresenta uma parte (área de interesse da presente análise) do mapeamento realizado com vistas a configurar as profundidades dos níveis de água dos aquíferos na bacia. O mapeamento permite, por um lado, verificar a situação quanto à ocorrência de surgências e insurgências e, por outro, servir como orientador para a localização de futuras estruturas hidráulicas ao longo da calha do rio Verde Grande, com vistas a minimizar problemas de perda de água para o subterrâneo.

Na figura, a cor amarelo representa as maiores profundidades do nível de água dos aquíferos, mostrando áreas com fluxo no sentido superficial para subterrâneo. Já a cor azul claro indica o contrário: nível de água do aquífero aflorante e fluxo no sentido subterrâneo para superficial.

Com base nestas condições é possível identificar a situação das soleiras vertentes existentes. No trecho entre a cidade de Jaíba e a confluência com o Gorutuba, o rio Verde Grande corre predominantemente sobre aluviões, com níveis de água aflorantes. Nessa situação, as soleiras vertentes não resultarão em reforço à perda de água do superficial para o subterrâneo. Já entre Verdelândia e Jaíba, onde existem diversas soleiras vertentes, observam-se níveis de água profundos nos aquíferos, indicando elevado potencial de perda de água para o subterrâneo, o que compromete o funcionamento hidráulico dessas estruturas e resulta em redução na disponibilidade superficial local de água.

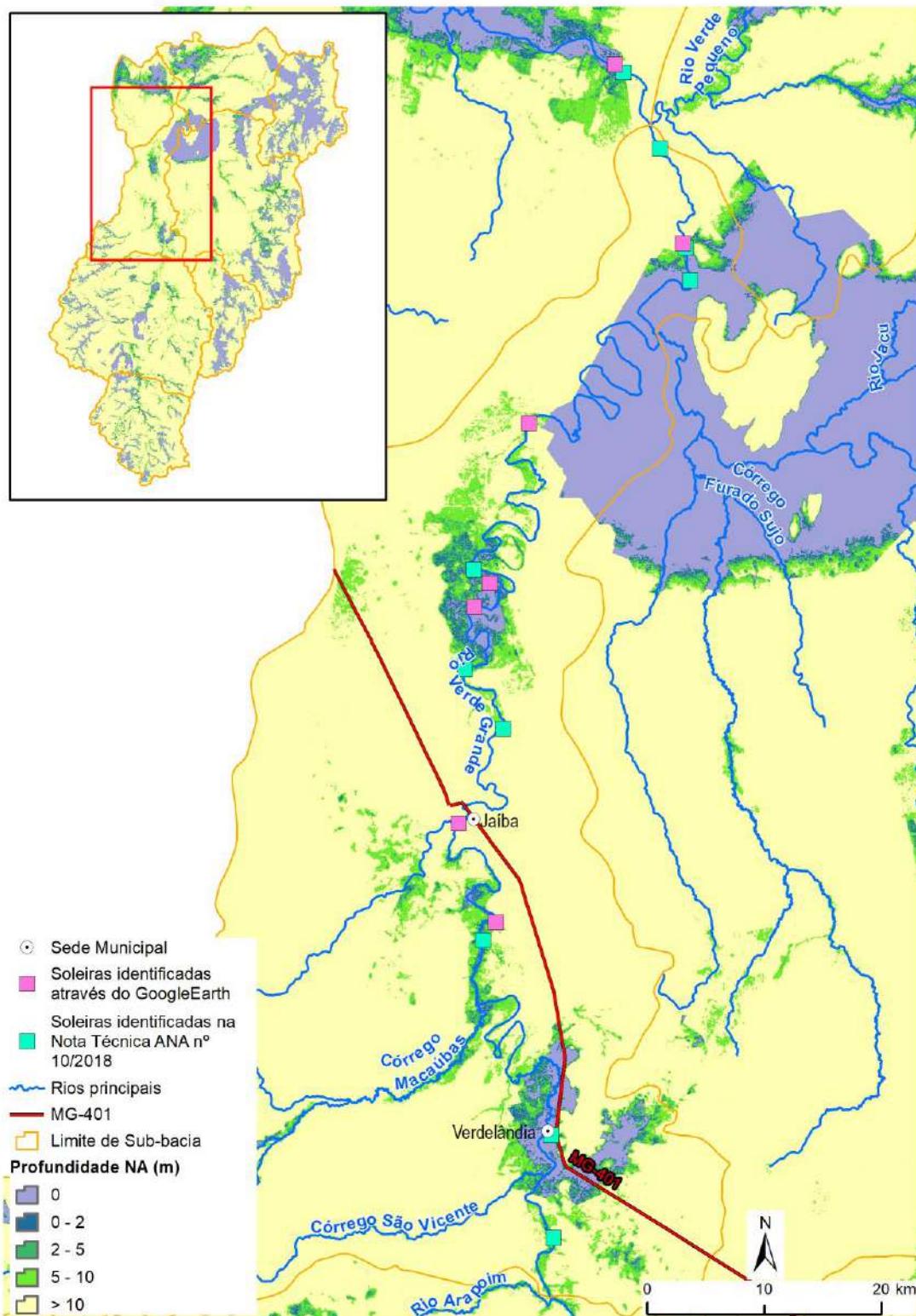


Figura 9.10 – Profundidade do Nível de Água nos Aquíferos como Indicativo de Fluxo de Água.

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Os objetivos relativos à avaliação de alternativas de incremento de oferta hídrica na bacia do rio Verde Grande e o processo de seleção e hierarquização das intervenções, bem como a proposição de cronogramas de implantação foram alcançados com êxito, através de abordagem técnica e consistente participação social. Ainda, foram realizadas análises de sensibilidade relacionadas às vazões dos reservatórios selecionados e estimados os balanços hídricos para as soluções propostas.

Com relação às soleiras vertentes, a quantidade de estruturas identificadas ao longo da calha do rio Verde Grande e a ocorrência de diversas dessas estruturas em locais onde há perda de água por infiltração para o substrato cárstico consiste em aspecto que merece atenção especial, visto o atual quadro hídrico na bacia.

Em termos de considerações finais, são apresentadas as seguintes recomendações:

- Iniciar **estudos técnicos mais específicos** para as intervenções prioritárias (barramento de Água Limpa e transposições Jaíba e Congonhas-Juramento);
- Desenvolver **estudos complementares** relativamente aos locais inventariados selecionados (estudos de viabilidade);
- Dar **continuidade aos estudos técnicos relativos às Soleiras Vertentes**, ampliando o conhecimento técnico com vistas a uma melhor gestão das águas da calha do Verde Grande; e
- Manter as ações destinadas a **melhorar a gestão das águas** na bacia do Verde Grande, seguindo a cronologia de implementação das intervenções resultante do presente estudo de Incremento da Oferta Hídrica.

 AGÊNCIA <b>peixe vivo</b>	Tipo de Documento: Relatório Técnico	RELATÓRIO FINAL	
	ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA DO RIO VERDE GRANDE		

## REFERÊNCIAS

- ANA, Agência Nacional de Águas. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.** Brasília: ANA, 124 p. 2013.
- ANA, Agência Nacional de Águas. **Atlas de Irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada.** Brasília: ANA. 2017.
- ANA, Agência Nacional de Águas. **Nota Técnica nº 10/2018: Subsídios ao CNRH para definição dos valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.** Deliberação CEIVAP nº 259/2018. Disponível em: < <https://www.ana.gov.br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sas/arquivos-cobranca/nota-tecnica-no-10-2018-cscob-sas.pdf/view>>. Acesso em: dez. 2019
- ANA, Agência Nacional de Águas. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil.** Publicação e bases de dados. Enviado por e-mail pela Agência Nacional de Águas em 16 de set de 2019. 2019a.
- ANA, Agência Nacional de Águas. **Bases de outorgas Federais.** Enviado por e-mail pela Agência Nacional de Águas em 16 de set de 2019. 2019b.
- ANA, Agência Nacional de Águas. **Base completa do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos.** Enviado por e-mail pela Agência Nacional de Águas em 16 de set de 2019. 2019c.
- ANA, Agência Nacional de Águas. **Coeficientes Técnicos para Agricultura Irrigada.** Brasília: ANA. 2019d.
- ANA, Agência Nacional de Águas. **Bases de outorgas por UF.** Enviado por e-mail pela Agência Nacional de Águas em 16 de set de 2019. 2017.
- IGAM. Instituto Mineiro de Gestão de Águas. **Bases de outorgas de Minas Gerais.** Enviado por e-mail pelo Instituto Mineiro de Gestão de Águas em 18 de set de 2019. 2019.