

**Anexo I**

**Resolução nº 463 de 03 de setembro de 2012**

**Manual de Estudos de Disponibilidade Hídrica para Aproveitamentos  
Hidrelétricos**  
*Manual do Usuário*

**Brasília- DF  
2010**

*Dalvino Troscoli Franca*  
Diretor- Presidente Substituto

## 1. APRESENTAÇÃO

Atendendo ao disposto na Lei nº 9433/1997, na Lei nº 9.984/2000, no Decreto nº 3.692/2000 e nas Resoluções nº 16/2001 e nº 37/2004 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, a Agência Nacional de Águas – ANA tem competência para a emissão da Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica – DRDH para a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL ou a Empresa de Pesquisa Energética – EPE, a fim de viabilizar a concessão ou autorização do uso do potencial de energia hidráulica em corpo de água de domínio da União.

Em atenção às referidas disposições legais, a ANA publicou a Resolução nº 131, de 11 de março de 2003, estabelecendo os procedimentos referentes à emissão de Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica e de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos, para uso de potencial de energia hidráulica superior a 1 MW em corpo de água de domínio da União.

Entre a documentação necessária à emissão da DRDH, de acordo com o art. 1º, § 2º da Resolução ANA nº 131/2003, são exigidos diversos estudos técnicos, os quais podem ser condensados em um único documento denominado de Relatório de Estudos de Disponibilidade Hídrica – REDH.

A apresentação do REDH torna a análise dos processos mais célere, uma vez que reúne, em um único documento, estudos que se encontram dispersos nos documentos de inventário, viabilidade, projeto básico e licenciamento ambiental dos aproveitamentos hidrelétricos.

O presente Manual do Usuário foi elaborado tendo em vista a necessidade de padronização dos estudos de disponibilidade hídrica, encaminhados à ANA para fins de outorga de direito de uso de recursos hídricos para aproveitamentos hidrelétricos. É resultado do esforço conjunto de colaboradores de diferentes áreas da ANA, os quais buscaram exprimir os elementos objetivos que caracterizam a disponibilidade hídrica sob a ótica institucional, operacional e dos usos múltiplos dos recursos hídricos. Tem como objetivo apresentar o conteúdo mínimo necessário para elaboração do REDH, com vistas a facilitar a análise e a tramitação de processos na Superintendência de Outorga e Fiscalização – SOF/ANA, respeitando o princípio constitucional da eficiência na Administração Pública.



## **2. PERGUNTAS E RESPOSTAS**

A seguir, são relacionados os principais questionamentos a respeito dos procedimentos, dos prazos e das definições relacionados à Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica e Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos para aproveitamentos hidrelétricos.

São apresentados, na forma de perguntas e respostas, os aspectos concernentes aos requisitos necessários à obtenção dos documentos que outorgam o uso dos recursos hídricos em rios de domínio da União e à formalização do relacionamento entre o requerente e a ANA.

### **a) Qual é o objetivo deste Manual?**

Este Manual tem como objetivo orientar a ANEEL e a EPE e, também, o empreendedor para a elaboração dos Estudos de Disponibilidade Hídrica – EDH, necessários para instruir os processos para a obtenção da Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica e da outorga de direito de uso de recursos hídricos para aproveitamentos hidrelétricos.

Os procedimentos recomendados neste Manual têm caráter geral, independentemente do tipo de pessoa jurídica (empresa estatal, privada, etc.) que receber a autorização ou concessão para a exploração de aproveitamentos hidrelétricos, do porte da usina hidrelétrica (PCH ou UHE) e da destinação de energia a ser gerada pelo aproveitamento hidrelétrico (autoprodução, produção independente ou serviço público).

### **b) Como tratar o aproveitamento hidrelétrico neste Manual?**

No caso de aproveitamento hidrelétrico, a DRDH e a consequente outorga de direito de uso de recursos hídricos abrangem tanto os usos requeridos da água para geração de energia como a implantação das obras hidráulicas, ou seja, a implantação da barragem já está incluída na outorga concedida.

### **c) O que é Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica – DRDH?**

O conceito de reserva de disponibilidade hídrica, introduzido na Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, consiste em garantir a disponibilidade hídrica requerida para aproveitamento hidrelétrico, com potência instalada superior a 1 MW, para licitar a concessão ou autorizar o uso do potencial de energia hidráulica em corpo hídrico de domínio da União.

Nesse sentido, caberá à Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL ou à Empresa de Pesquisa Energética – EPE promover, junto à ANA, a prévia obtenção de Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica dos aproveitamentos hidrelétricos selecionados pelas respectivas entidades. No caso de o potencial hidráulico localizar-se em rios de domínio dos estados ou do Distrito Federal, essa declaração será obtida por meio de articulação com a respectiva entidade estadual gestora de recursos hídricos.

A Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica será concedida pelo prazo de até três anos, podendo ser renovada por igual período, a critério da ANA, mediante solicitação da ANEEL ou EPE. Essa declaração não confere direito de uso de recursos hídricos e destina-se, unicamente, a reservar a quantidade de água necessária à viabilidade do empreendimento hidrelétrico.

### **d) Quando será concedida a outorga de direito de uso de recursos hídricos para aproveitamentos hidrelétricos?**

A ANA transformará, automaticamente, a DRDH em outorga de direito de uso dos recursos hídricos, em rios de domínio da União, assim que receber da ANEEL ou da EPE a cópia do contrato de concessão ou do ato administrativo de autorização para exploração de potencial de energia hidráulica.

Ressalta-se também que a conversão automática da DRDH em outorga estará sujeita ao



atendimento dos condicionantes expressos na respectiva resolução da DRDH, emitida pela ANA.

A DRDH será convertida em outorga de direito de uso dos recursos hídricos em nome da entidade que receber a concessão ou a autorização para uso do potencial da energia hidráulica da ANEEL ou da EPE, em conformidade com as disposições contidas nas leis e nos decretos de instituição e regulamentação da ANA, da ANEEL e da EPE, respectivamente, Lei no 9.984/2000 e Decreto no 3.692/2000, Lei no 9.427/1996 e Decreto no 2.335/1997, Lei no 10.847/2004 e Decreto no 5.184/2004, bem como nas Resoluções no 16/2001 e no 37/2004 do CNRH e, principalmente, na Resolução no 131/2003 da ANA.

**e) O que é outorga de direito de uso dos recursos hídricos?**

É o ato administrativo mediante o qual o poder público outorgante (União, Estado ou Distrito Federal) faculta ao outorgado (requerente) o direito de uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato. O ato administrativo é publicado no Diário Oficial da União – DOU, no caso da ANA, ou nos Diários Oficiais dos Estados – DOE ou do Distrito Federal, onde o outorgado é identificado e estão estabelecidas as características técnicas e as condicionantes legais do uso das águas que ele está sendo autorizado a fazer.

**f) Quais os prazos vigentes para Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos?**

A outorga de direito de uso de recursos hídricos, após o período da DRDH, terá o prazo máximo de 35 anos, prorrogável pela ANA de acordo com os Planos de Recursos Hídricos, contados da data da publicação do respectivo ato administrativo, respeitados os seguintes limites:

- » até dois anos para início da implantação do empreendimento;
- » até seis anos para conclusão da implantação.

Os prazos das outorgas de direito de uso de recursos hídricos serão fixados em função da natureza, da finalidade e do porte do empreendimento, levando-se em consideração, quando for o caso, o período de retorno do investimento.

Além disso, os prazos fixados poderão ser ampliados quando o porte e a importância social e econômica do empreendimento o justificar, ouvido o Conselho de Recursos Hídricos competente.

De acordo com a legislação em vigor, as outorgas de direito de uso dos recursos hídricos para concessionárias e autorizadas de serviços públicos e de geração de energia hidrelétrica vigorarão por prazos coincidentes com os dos correspondentes contratos de concessão ou ato administrativo de autorização.

Ressalta-se que os detentores de concessão e de autorização de uso de potencial de energia hidráulica, expedidas até a data da Resolução ANA nº 131, de 11 de março de 2003, ficam dispensados da solicitação de outorga de direito de uso dos recursos hídricos.

No entanto, nos casos em que não foram respeitados os prazos de implantação previstos no artigo 5º da Lei no 9.984/2000 (2 anos para início de implantação e 6 anos para conclusão da implantação), ou ocorreu ausência de uso da água por três anos consecutivos, conforme Artigo 15 da Lei no 9.433/1997, ou nos casos em que houve mudança de características de projeto em relação às características definidas nos contratos de concessão ou autorização, deverá ser solicitada uma nova outorga à ANA.

**g) Em que fase do empreendimento hidrelétrico deve ser solicitada a DRDH?**

No caso de PCHs, usinas com potência entre 1 e 30 MW, cujas características são definidas na Resolução ANEEL nº 652, de 9 de dezembro de 2003, e que dependem de autorização da ANEEL ou EPE para uso do potencial de energia hidráulica, a solicitação de DRDH, para rios de domínio da União, será realizada com a apresentação do projeto básico, aprovado pela ANEEL ou

pela EPE, e do relatório de estudo de disponibilidade hídrica – REDH, objeto deste Manual.

No caso de usinas hidrelétricas com potência instalada maior ou igual a 30 MW, que não se enquadram na condição de PCH, e, portanto, sujeitas à concessão para uso do potencial de energia hidráulica mediante licitação, a Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica deve ser solicitada à ANA, com a apresentação dos Estudos de Viabilidade, aprovados pela ANEEL ou pela EPE, e do Relatório de Estudo de Disponibilidade Hídrica – REDH.

**h) Quais são os requisitos para obtenção da DRDH?**

O principal requisito é a comprovação da disponibilidade hídrica, para atendimento concomitante das demandas dos usos múltiplos, atuais e futuros, a montante e a jusante do empreendimento.

**i) Qual a documentação necessária para a obtenção da DRDH?**

A relação dos documentos necessários à obtenção da DRDH é apresentada no Anexo 1, entre os quais se ressalta o REDH.

**j) De que forma os estudos devem ser apresentados?**

Ressalvados os casos expressamente identificados neste Manual, pede-se que todos os estudos sejam remetidos de forma impressa e colorida, em tamanho A4, bem como em arquivos gravados em CD com identificação (ver Quadro 1 – item 3.7).

Para dar celeridade à análise dos pedidos, é de suma importância que a documentação e os estudos exigidos sejam encaminhados em sua totalidade, evitando-se possíveis diligências. E que eles estejam organizados conforme recomendação contida neste Manual, devendo-se, ainda, evitar o simples aproveitamento de estudos apresentados a outros órgãos por ocasião de requisição de licenças ou outros processos similares, que trazem informações desnecessárias à análise objeto da DRDH, além de dados conflitantes.

Conforme fluxograma apresentado no Anexo 2, a não-conformidade com o prescrito neste Manual na verificação preliminar enseja a devolução de toda a documentação encaminhada.

**l) É possível acompanhar a tramitação da documentação ou do processo na ANA?**

Sim. Pela página eletrônica da ANA ([www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)), cumprindo os passos apresentados no Anexo 3.

**m) Após a emissão da DRDH e da sua conversão em outorga, a ANA poderá realizar o acompanhamento da operação do empreendimento?**

Sim. Após a emissão da DRDH, a ANA realizará, sistematicamente, a qualquer tempo, diretamente ou por meio de convênios ou credenciamentos, o acompanhamento da operação dos empreendimentos, para verificar o atendimento das medidas propostas como garantia da disponibilidade hídrica.

**n) O que acontecerá se, durante esse acompanhamento, a ANA verificar a não-conformidade das medidas propostas para garantia da disponibilidade hídrica?**

A ANA adotará as medidas legais cabíveis, inclusive junto a outros órgãos ou entidades públicas.

**o) A posse da DRDH exige o responsável pela implantação do empreendimento do cumprimento da legislação ambiental e de recursos hídricos ou de outras exigências de outros órgãos públicos?**

Não. A emissão da DRDH não exige o responsável pela implantação do empreendimento do

cumprimento da legislação ambiental e de recursos hídricos ou de quaisquer outras exigências de outros órgãos públicos.

**p) Quais são as exigências para renovação de outorga de direito de uso dos recursos hídricos para usinas hidrelétricas?**

A empresa concessionária deverá enviar carta de solicitação da renovação da outorga à ANA, anexando os documentos e os estudos especificados no Capítulo 6 deste Manual.

**q) Como proceder em caso de dúvidas?**

Procure a Agência Nacional de Águas:

Superintendência de Outorga e Fiscalização – SOF  
Gerência de Regulação  
Setor Policial Sul – Área 5 – Quadra 3 – Bloco L  
Tel.: (61) 2109-5251 / 5234 # fax: (61) 2109-5281  
e-mail: [gereg@ana.gov.br](mailto:gereg@ana.gov.br)



### **3. REQUISITOS BÁSICOS**

#### **3.1. Reunião Técnica Inicial**

Essa reunião tem como objetivo esclarecer os aspectos metodológicos e administrativos necessários à análise do pleito de DRDH, além de conhecer preliminarmente o aproveitamento hidrelétrico em questão e os prazos previstos para elaboração dos respectivos estudos e dos projetos técnicos. Os aspectos metodológicos acordados nessa reunião deverão estar incorporados aos Estudos de Viabilidade, ao Relatório dos Estudos de Disponibilidade Hídrica e no projeto básico quando necessário (itens 3.4; 3.5 e 3.6 deste Manual).

Outro objetivo dessa reunião é o de estabelecer um cronograma para elaboração do REDH, que permita seu desenvolvimento simultaneamente aos Estudos de Viabilidade da usina hidrelétrica – UHE ou à elaboração do projeto básico da pequena central hidrelétrica – PCH.

Assim sendo, a ANEEL ou a EPE, imediatamente após autorizar ao empreendedor do aproveitamento hidrelétrico a elaboração dos estudos de viabilidade de usina hidrelétrica ou do projeto básico de pequena central hidrelétrica marcará uma reunião técnica inicial com a ANA. Deverão participar também dessa reunião o empreendedor interessado no aproveitamento hidrelétrico e o órgão ambiental competente.

A ata dessa reunião explicitará todos os aspectos metodológicos acordados, a serem cumpridos pelo empreendedor no desenvolvimento dos Estudos de Disponibilidade Hídrica necessários à obtenção da DRDH.

#### **3.2. Carta de Solicitação da DRDH**

A Carta de Solicitação é peça primária na documentação para obtenção da DRDH. Nela, deve estar expressa a intenção do órgão ou da entidade responsável, devendo ser assinado por autoridade competente para esse fim.

A Carta deve ser enviada para:

Ao Senhor Superintendente de Outorga e Fiscalização  
Agência Nacional de Águas  
Superintendência de Outorga e Fiscalização  
Setor Policial Sul Área 5, Quadra 3, Bloco L  
CEP: 70.610-200 – Brasília DF

#### **3.3. Formulários**

De forma destacada, em conjunto com a Carta de Solicitação da DRDH, deve ser apresentado o formulário de requerimento correspondente à Ficha Técnica do Empreendimento devidamente preenchida, que está apresentada no Anexo 4 deste Manual e na página eletrônica da ANA (<http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/OutorgaFiscalizacao/Outorga/default.asp>). Esse formulário deverá ser encaminhado com a Carta de Solicitação da DRDH e integrará também o REDH.

#### **3.4. Estudos de Disponibilidade Hídrica**

Ao solicitar a Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica, a autoridade competente



deverá encaminhar a Carta de Solicitação da DRDH, o formulário da Ficha Técnica do Empreendimento Hidrelétrico, constante no Anexo 4 deste Manual, o Relatório de Estudos de Disponibilidade Hídrica, anexando a Anotação de Responsabilidade Técnica – ART dos técnicos responsáveis pelos respectivos estudos técnicos, bem como os Estudos de Viabilidade ou o projeto básico do aproveitamento hidrelétrico.

O REDH, cuja itemização básica é apresentada no Capítulo 5, deverá apresentar-se, no mínimo, com o seguinte escopo:

I – Estudos hidrológicos referentes à determinação:

a) da série de vazões utilizadas no dimensionamento energético de cada um dos cenários de usos múltiplos dos recursos hídricos, inclusive para o transporte aquaviário;

b) das vazões máximas consideradas no dimensionamento dos órgãos extravasores;

c) das vazões mínimas;

d) do transporte de sedimentos;

e) do diagnóstico da qualidade da água;

f) do prognóstico da qualidade da água.

II – Estudos referentes ao reservatório quanto à definição:

a) das condições de enchimento;

b) do tempo de residência da água; c) das condições de assoreamento; d) do remanso;

e) das curvas cota x área x volume;

f) caracterização das condições atuais de qualidade de água e prognóstico das alterações e impactos decorrentes da formação do reservatório.

III – Mapa de localização e de arranjo do empreendimento, georreferenciado e em escala adequada;

IV – Descrição das características do empreendimento, no que se refere:

a) à capacidade dos órgãos extravasores;

b) à vazão remanescente;

c) às restrições a montante e a jusante;

d) ao cronograma de implantação.

V – Estudos energéticos utilizados no dimensionamento do aproveitamento hidrelétrico, inclusive quanto a evolução da energia assegurada ao longo do período da concessão ou da autorização.

A ANA poderá solicitar à ANEEL ou à EPE dados complementares para análise do pedido de Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica.

Na análise do pedido de Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica, a ANA se articulará com os respectivos órgãos ou entidades gestores de recursos hídricos dos estados e do Distrito Federal, visando à garantia dos usos múltiplos na bacia hidrográfica. A articulação compreende consulta aos órgãos ou às entidades gestoras, sobre os usos de recursos hídricos nos rios de domínio estadual ou do Distrito Federal que poderão afetar o empreendimento ou por

este serem afetados.

### 3.5. Estudos de Viabilidade

Para fins de obtenção da DRDH para usinas hidrelétricas com potência instalada igual ou superior a 30 MW, que não se enquadram como PCH, é necessária a aprovação dos Estudos de Viabilidade do empreendimento pela ANEEL ou EPE e do relatório de estudo de disponibilidade hídrica – REDH pela ANA.

Os estudos de viabilidade correspondem à etapa em que se define a concepção global de um dado aproveitamento hidrelétrico, da divisão de queda selecionada na etapa anterior, visando sua otimização técnico-econômica e ambiental e à obtenção de seus benefícios e custos associados. Essa concepção compreende o dimensionamento do aproveitamento, as obras de infraestrutura, local e regional, necessárias à sua implantação, o reservatório, a área de influência, os usos da água e as ações sócioambientais correspondentes.

Quanto à apresentação dos Estudos de Viabilidade, salienta-se que o conjunto de estudos técnicos e elementos gráficos que o compõem podem ser apresentados em meio magnético, na forma de anexos, gravados em CD. Ao menos, um mapa impresso com o arranjo geral do empreendimento deve ser apresentado, englobando todas as partes físicas, destacando a hidrografia, as estradas, as curvas de nível, as outras obras de infraestrutura hídrica existentes na bacia, em alguma das seguintes escalas: 1:250, 1:500, 1:1.000, 1:2.500, 1:5.000 ou 1:10.000 em folha formatos A1 ou A0 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

O arranjo poderá ser articulado em mais de uma folha sendo todas na mesma escala e formato. Para o melhor entendimento do projeto, admite-se que alguns elementos de destaque do empreendimento sejam impressos em formato A3, respeitando as escalas mencionadas.

Como parte integrante dos Estudos de Viabilidade, deve ser apresentado, de forma impressa, o orçamento sintético da obra informando a data de elaboração e os índices de atualização empregados, quando for o caso.

Para fins de comprovação, pede-se ainda cópia da Anotação de Responsabilidade Técnica do responsável técnico ou da respectiva empresa, relativa aos Estudos de Viabilidade.

### 3.6. Projeto Básico

Para fins de obtenção da DRDH para usinas hidrelétricas com potência entre 1 e 30 MW, cujas características são definidas na Resolução ANEEL no 652, de 9 de dezembro de 2003, ou seja, aquelas que se enquadram como pequenas centrais hidrelétricas é necessário a aprovação do Projeto Básico pela ANEEL ou pela EPE. A solicitação de DRDH será realizada com a apresentação do projeto básico, aprovado pela ANEEL ou pela EPE e do Relatório de Estudo de Disponibilidade Hídrica.

O Projeto Básico, de acordo com o inciso IX do art. 6º da Lei no 8.666, de 21 de junho de 1993, é definido como: “O conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou o serviço, ou complexo de obras, ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução”.

Quanto à apresentação do Projeto Básico, salienta-se que o conjunto de estudos técnicos e elementos gráficos que o compõem podem ser apresentados em meio magnético, na forma de anexos, gravados em CD. Todavia, ao menos um mapa impresso com o arranjo geral do empreendimento deve ser apresentado, englobando todas as partes físicas, destacando a hidrografia, estradas, curvas de nível, outras obras de infraestrutura hídrica existentes na bacia, em alguma das seguintes escalas: 1:250, 1:500, 1:1.000, 1:2.500, 1:5.000 ou 1:10.000 em folha formatos A1 ou A0 da ABNT.



Permite-se que o arranjo seja articulado em mais de uma folha sendo todas na mesma escala e formato. Para o melhor entendimento do projeto, admite-se que alguns elementos de destaque do empreendimento sejam impressos em formato A3, respeitando as escalas mencionadas.

Como parte integrante do Projeto Básico, deve ser apresentado, de forma impressa, o orçamento sintético da obra, informando a data de elaboração e os índices de atualização empregados, quando for o caso. Para fins de comprovação, pede-se ainda cópia da ART do responsável técnico ou da respectiva empresa, relativa ao Projeto Básico.

### 3.7. Forma de Apresentação dos Estudos Técnicos

A forma de apresentação dos elementos que compõem os Estudos de Disponibilidade Hídrica requeridos para a obtenção da DRDH é listada no Quadro 1, que detalha a forma de apresentação de cada um deles.

Quadro 1 – forma de apresentação dos elementos que compõem os estudos técnicos		
Elemento	Forma de Apresentação	Observação
Relatório de Estudos de Disponibilidade Hídrica (REDH)	Impressos e em meio magnético – CD (.doc, .xls)	Memorial Descritivo, Estudos Hidrológicos e Hidráulicos, Estudos de Demanda, Regras de Operação e Manutenção, etc.
Projeto Básico (elementos gráficos)	Em Meio Magnético – CD	Formato DOC ou PDF
Estudos de Viabilidade (elementos gráficos), no caso de usinas hidrelétricas, exceto PCH's.	Em Meio Magnético – CD	Formato DOC ou PDF
Arranjo Geral	Impresso	Impressão em formato A0 ou A1 nas escalas: 1:250, 1:500, 1:1.000, 1:2.500, 1:5.000 ou 1:10.000
Elementos Gráficos de Destaque	Impresso	Quando necessário ao melhor entendimento do projeto - formato A3 nas mesmas escalas anteriores.
ART do Projeto Básico, dos Estudos de Viabilidade e do REDH	Cópia	-

## RESUMO DOS PROCEDIMENTOS ADMINISTRATIVOS

É apresentado a seguir um resumo dos principais procedimentos administrativos relativos à solicitação da DRDH:

» A ANEEL ou a EPE, imediatamente após autorizar a elaboração dos estudos de viabilidade de UHE ou do projeto básico de pequena central hidrelétrica ao empreendedor interessado, marcará uma reunião técnica inicial com a ANA, tendo também como participantes o empreendedor e o órgão ambiental competente. Essa reunião objetiva esclarecer aspectos metodológicos e administrativos do presente Manual.

» A empresa interessada em projetar ou implantar aproveitamentos hidrelétricos deve seguir os procedimentos definidos pela ANEEL ou pela EPE para elaboração de estudos de inventário, Estudos de Viabilidade e projetos básicos.

» A empresa interessada em projetar ou implantar aproveitamentos hidrelétricos deve obter junto à ANA ou ao órgão gestor estadual competente informações sobre estudos e documentos a serem apresentados pela ANEEL ou pela EPE para obtenção da DRDH.

» A ANEEL ou a EPE solicita a DRDH à ANA ou ao órgão gestor estadual competente, de acordo com o domínio do corpo de água, a qualquer momento, desde que todos os estudos necessários estejam elaborados. No caso da ANA, os estudos devem estar de acordo com o estabelecido na reunião inicial (item 3.1) e com as recomendações deste Manual.

» A solicitação deve estar acompanhada dos estudos necessários e respectivas ART, descritos neste Manual.

» Os estudos devem ser apresentados à ANA, para fins de conhecimento, esclarecimento de dúvidas e definição de eventuais estudos complementares.

» Durante a análise, poderão ser solicitados estudos complementares, com prazo de até 60 dias para elaboração, prorrogáveis mediante solicitação da ANEEL ou EPE.

» Caso os mesmos estudos complementares sejam solicitados por mais de duas vezes, o processo será arquivado.

» Após análise técnica da SOF, a Diretoria Colegiada deliberará sobre a DRDH.

» A DRDH será emitida por meio de Resolução da Diretoria Colegiada da ANA, com prazo de validade de três anos, renováveis mediante solicitação da ANEEL ou da EPE.

» A DRDH regulamenta o uso de recursos hídricos para a geração de energia e refere-se a todas as alterações de regime, quantidade e qualidade da água.

» A DRDH pode, eventualmente, estabelecer alguns condicionantes a serem cumpridos pela ANEEL ou pela EPE, anteriormente à sua transformação automática em outorga de direito de uso de recursos hídricos.

» A outorga de direito de uso de recursos hídricos terá prazo de validade coincidente com o contrato de concessão ou autorização da ANEEL ou da EPE.

» A outorga poderá estabelecer condicionantes com prazo para cumprimento.

» As alterações ou as ampliações do empreendimento deverão ser necessariamente objeto de alteração da outorga. A solicitação desta alteração deverá ser feita pela ANEEL ou pela EPE ou ainda pelo outorgado, com anuência dessas entidades, e será analisada pela ANA, podendo resultar em resolução específica, alterando a outorga vigente.

» A outorga poderá ser renovada mediante solicitação da ANEEL ou da EPE.



- » A outorga poderá ser transferida mediante solicitação da ANEEL ou da EPE.
- » A outorga poderá ser suspensão nos casos previstos no Artigos 15 e 49 da Lei no 9.433, de 1997, e nos casos de descumprimento dos prazos previstos no Art. 5º da Lei nº 9.984, de 2000.
- » As regras de operação do reservatório poderão ser revistas e estabelecidas pela ANA, em articulação com o Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, resultando em resolução específica.
- » O empreendimento será registrado no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos – Cnahr, pela ANA, quando da emissão da DRDH, sendo que sua atualização, após a transformação em outorga, é de responsabilidade do empreendedor outorgado.

#### **4. RELATÓRIO DE ESTUDOS DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA**

A comprovação da disponibilidade hídrica para o empreendimento dar-se-á por meio das informações técnicas contidas no REDH e fornecidas complementarmente pelo empreendedor do aproveitamento hidrelétrico, a serem encaminhadas à ANA para análise e aprovação, via ANEEL ou EPE.

Este documento, considerado como requisito básico para obtenção da DRDH, deverá ser composto pelos seguintes capítulos: (i) Introdução; (ii) Estudos hidrológicos; (iii) Características do empreendimento; (iv) Usos múltiplos dos recursos hídricos; (v) Estudos específicos; (vi) Referências bibliográficas. Nos itens seguintes, é apresentada a itemização básica deste relatório, bem como um resumo do conteúdo mínimo e algumas observações de cunho metodológico para cada capítulo.

Destaca-se que documentos complementares, se solicitados pela ANA, deverão ser apresentados em arquivos digitais, com os dados tabelados de vazões, cotas e outros dados utilizados, bem como estudos específicos que se tornarem necessários.

##### **Itemização básica do REDH**

#### **4.1. Introdução**

Neste capítulo, deverão ser apresentados os aspectos gerais do empreendimento objeto dos estudos de disponibilidade hídrica, tais como: tipologia do empreendimento, localização detalhada, com identificação do corpo hídrico, da bacia hidrográfica e dos estados envolvidos, características físicas e dimensões básicas do empreendimento e uma descrição sucinta dos objetivos dos estudos.

#### **4.2. Ficha técnica**

Após a introdução, deve ser adicionada a Ficha Técnica do Empreendimento, conforme a Resolução ANA no 131/2003, apresentada no Anexo 4.

#### **4.3. Estudos hidrológicos**

Os estudos hidrológicos visam a caracterizar a bacia hidrográfica, unidade básica da gestão dos recursos hídricos, e, principalmente, o corpo hídrico no local do empreendimento antes da implantação de aproveitamentos hidrelétricos. Essa caracterização hidrológica deverá ser realizada por meio de diversas informações e estudos, principalmente, em relação à definição da série de vazões médias mensais, bem como das vazões máximas e mínimas médias diárias no local do aproveitamento hidrelétrico.

Além disso, essas informações e estudos deverão ser integrados a outros estudos referentes ao reservatório, às estruturas hidráulicas e a definição da potência instalada do

aproveitamento hidrelétrico, entre os quais se destacam: a determinação da evaporação líquida do reservatório, os estudos de regularização de vazões; o dimensionamento das estruturas hidráulicas; os estudos energéticos; o assoreamento e a vida útil do empreendimento; a operação; e o estudo de enchimento do reservatório, bem como os aspectos relativos à qualidade da água do reservatório.

Assim, espera-se que as vazões requeridas para o empreendimento sejam compatíveis: com a hidrologia local; com os usos previstos para o atendimento aos usuários; com as infraestruturas existentes e planejadas para a bacia; com a qualidade da água; e a classe de enquadramento do rio, adequada aos usos a que essa água se destina. Nos casos em que sejam identificados outros aproveitamentos hidrelétricos na bacia, em operação ou em fase de estudos, a ANA poderá solicitar que os estudos hidrológicos, especialmente os referentes à série de vazões, sejam compatibilizados com os estudos dos demais aproveitamentos.

Recomenda-se, para os estudos hidrológicos, a seguinte itemização mínima para este capítulo:

#### **4.3.1. Vazões médias mensais**

- » Critérios para a elaboração dos estudos.
- » Definição da série de vazões naturais no local do empreendimento.
- » Levantamento e análise de consistência de dados pluviométricos e fluviométricos.
- » Definição de curvas-chaves em locais de interesse.
- » Regionalização de dados hidrológicos.
- » Extensão de série de vazões.

#### **Observações:**

- » Na definição dos critérios, considerar o(s) posto(s) fluviométrico(s) de referência, a extensão do período de observação, a realização de campanhas complementares de medição de vazão líquida, os usos consuntivos e a metodologia utilizada para a geração da série de vazões e transferência da série para o local do empreendimento. Considerar também os critérios para definição das curvas-chave para o local da barragem, da bacia de dissipação e do canal de fuga.
- » Estabelecer para o posto fluviométrico representativo do aproveitamento hidrelétrico uma série de vazões naturais que deverá ser composta de valores naturais médios mensais do próprio posto, complementada com valores derivados de série histórica natural de postos do mesmo curso de água ou mesma bacia hidrográfica, observando a semelhança entre as características fisiográficas, por meio de correlações de vazões, que apresentem coeficientes de correlação e de determinação adequados; nesse caso é recomendável coeficiente de determinação ( $R^2$ ) superior a 0,80.
- » Caso o período de observação no posto representativo do local aproveitamento e/ou o das séries históricas naturais de referência sejam insuficientes para definição de uma série adequada aos estudos energéticos, esses períodos deverão ser estendidos por meio de modelos determinísticos ou estocásticos para, no mínimo, 30 anos para as PCHs e para as demais usinas hidrelétricas desde o ano de 1931 até o ano anterior ao da solicitação da DRDH, compreendendo, nesse caso, o período crítico característico do SIN, adotado pela ANEEL e pela EPE.
- » A utilização de modelos chuva-deflúvio para extensão da série de vazões médias mensais implica consideração de correlações entre precipitação média na bacia hidrográfica do posto fluviométrico de referência e a precipitação observada em postos pluviométricos ou climatológicos com histórico de dados a partir de 1931. Esse procedimento é necessário para que seja realizada a extensão da série de vazões médias mensais desde 1931, exigência para o caso de usinas



hidrelétricas. Nesse caso, tendo em vista a variabilidade amostral dos dados pluviométricos, a tendência é a de obtenção de valores de coeficientes de determinação ( $R^2$ ) mais baixos. Assim, é recomendável que se utilizem técnicas estatísticas de intervalos de confiança e verificação de possíveis outliers, com o objetivo de obter-se maiores coeficientes de determinação.

» No caso de PCHs, caso a série de vazões médias mensais observadas for superior a 30 anos, deverá ser apresentada toda a série disponível.

» Os dados coletados deverão ser avaliados quanto à consistência e atualidade. Nesse sentido, recomenda-se a utilização dos critérios usuais de análise de consistência de dados hidrométricos constantes nos principais livros de hidrologia brasileiros e internacionais e, principalmente, os praticados pela ANA:

• No caso de dados pluviométricos, recomenda-se:

• Análise das fichas descritivas e do histórico dos postos pluviométricos, bem como a realização de visitas periódicas aos locais e aos observadores dos postos.

• Consistência dos dados a serem utilizados a partir de curvas duplo-acumulativas e correlações com postos vizinhos, ou método do vetor regional.

• Preenchimento de falhas, utilizando preferencialmente os seguintes métodos: ponderação regional, regressão linear e ponderação regional com base em regressões lineares.

• No caso de dados fluviométricos, recomenda-se:

• Análise das fichas descritivas e dos históricos dos postos fluviométricos, incluindo a localização e forma da seção de medição e de réguas, o nivelamento das réguas limnimétricas, bem como a realização de visitas periódicas aos locais e aos observadores dos postos.

• Consistência de cotogramas: identificação de erros de falsa leitura, erros de metro, erros de complemento, erros de leitura de cotas negativas, influência de reservatórios, etc.

• Preenchimentos de falhas e correções por meio de correlação entre postos, correlações com precipitação, modelos hidrológicos, etc.

• Análise do resumo de medições de vazão, por meio da dispersão de pontos nas curvas que expressam a leitura de régua versus vazão, velocidade, área molhada e largura.

• Avaliação do ajuste e da extrapolação da curva-chave, análise dos períodos de validade da curva-chave.

• Análise de continuidade das vazões: verificação e correção de eventuais vazões incrementais negativas entre postos, análise das vazões específicas nas áreas incrementais entre postos, etc.

• Análise de tendências nas séries de vazões, comparação entre estatísticas dos períodos de vazões observadas e do período de vazões geradas (teste T e teste F).

» As vazões médias mensais do posto fluviométrico de referência deverão ser transferidas para o local do empreendimento, preferencialmente, por meio de correlação de vazões ou por relação entre áreas de drenagem do local do empreendimento e do posto fluviométrico, quando a relação entre as áreas de drenagem for aceitável.

» Em todas as séries históricas observadas nos postos fluviométricos utilizados na definição da série do local do aproveitamento hidrelétrico, deverão ser considerados os usos consuntivos a montante, bem como os efeitos da operação de reservatórios situados a montante, visando à restituição das séries de vazões naturais.

» Os estudos hidrológicos deverão apresentar:

- Relação de postos fluviométricos e pluviométricos utilizados, com suas características (fichas descritivas, histórico, resumo de medições, seções transversais, curvas-chave, etc.).
- Descrição da metodologia empregada para a geração e extensão de série do local do aproveitamento hidrelétrico e apresentação das séries completa, observada e estendida, em formato digital.
- Análise obrigatória de consistência de dados, quando os dados não tiverem a indicação de consistidos no banco de dados Hidroweb da ANA ou forem de outra procedência, seguindo os padrões usuais da ANA. No entanto, o empreendedor, se desejar, poderá realizar análise de consistência complementar dos dados básicos do banco da ANA (pluviométrico e fluviométrico), de interesse para o local do empreendimento hidrelétrico, apresentando os resultados de forma padronizada.
- Estatísticas (vazão média de longo termo, desvio padrão, assimetria, coeficiente de variação, vazão máxima, vazão mínima, Q50%, Q90%, Q95% e vazão específica média) e hidrogramas do período observado, gerado, completo e crítico (nesse caso, apenas para as séries das UHEs, que apresentam o período crítico do SIN)
- Curva de permanência da série de vazões médias diárias no posto fluviométrico de referência.
- Curva de permanência da série de vazões médias mensais no local do aproveitamento hidrelétrico.
- Medições de vazão líquida e sólida no local do aproveitamento e no posto fluviométrico de referência, realizadas durante o período de elaboração dos estudos de viabilidade ou do projeto básico do empreendimento hidrelétrico. Incorporação dessas medições às curvas-chave dos postos.
- Áreas de drenagem utilizadas e metodologia de obtenção.
- Apresentação dos postos pluviométricos e do polígono de Thiessen com os respectivos pesos de cada posto, ou detalhamento do eventual uso de outras metodologias de determinação da precipitação sobre a bacia.
- Correlações entre postos fluviométricos e entre postos pluviométricos (períodos utilizados, gráficos, equações e R<sup>2</sup>).
- Modelagem chuva-vazão (descrição do modelo, estatísticas do período observado e gerado, hidrogramas dos períodos de calibração e de validação e parâmetros calibrados no posto de referência ou em bacias com características físicas semelhantes, quando for o caso).
- Mapa da bacia com localização dos postos pluviométricos utilizados, inclusive para extensão dos dados e dos postos fluviométricos utilizados no processo de geração de séries.
- Diagrama de disponibilidade de dados pluviométricos, climatológicos e fluviométricos na área de influência da bacia.

#### 4.3.2. Vazões máximas

- » Critérios para elaboração dos estudos.
- » Vazão máxima provável.
- » Compatibilização com os empreendimentos da bacia.

#### Observações:

» Considerar, em função da disponibilidade de dados, do porte do empreendimento e das características socioeconômicas da região, a abordagem metodológica utilizada (estatística, analítica regional ou hidrometeorológica).

» Utilizar nos estudos estatísticos, preferencialmente, a Distribuição Exponencial de dois parâmetros (coeficiente de assimetria maior que 1,5) e a Distribuição de Gumbel, (coeficiente de assimetria igual ou inferior a 1,5), verificando-se o ajuste da distribuição selecionada pelo Teste Kolmogorov – Smirnov para o nível de significância de 5%.

» As vazões médias diárias máximas determinadas para o posto fluviométrico de referência deverão ser transferidas para o local do empreendimento, por meio de relação entre áreas de drenagem ou, preferencialmente, por correlação de vazões, considerando a metodologia de Fuller para transformar a vazão máxima média diária em vazão máxima instantânea.

» Como os métodos de cálculo de cheias de projetos de vertedouros estão sujeitos a erros em função do tamanho da amostra, é recomendável, para a amostra inferior a

40 eventos de cheias máximas anuais, utilizar fator de segurança correspondente à adoção do limite superior da distribuição de probabilidades utilizada, para o intervalo de confiança de 90% ou 95%. Esta abordagem metodológica deverá ser discutida na reunião técnica inicial prevista neste Manual, com o envolvimento da ANEEL, da ANA e do empreendedor do aproveitamento hidrelétrico.

» No caso em que o tamanho da amostra for inferior a 15 anos, é recomendável utilizar correlações fluviométricas ou hidropluviométricas para estender o histórico de vazões máximas ou utilizar equações com parâmetros regionais. Nesse caso, é seguida a mesma abordagem metodológica descrita, para obtenção de valores de vazões máximas em cada um dos postos vizinhos, relacionando-os com os respectivos tempos de retorno.

» No caso de grandes empreendimentos, em que o risco de perdas de vidas humanas seja comprovado pela existência de habitações permanentes e de prejuízos elevados a jusante, devido ao galgamento ou ruptura da barragem, é recomendável o uso da VMP para dimensionamento ou, pelo menos, para verificação das estruturas extravasoras. Nos casos em que os dados hidrometeorológicos não permitirem a utilização

plena dessa metodologia, deverá ser utilizado fatores de segurança que majoram a cheia decamilar. Essa abordagem metodológica deverá ser discutida na reunião técnica inicial prevista neste Manual, com o envolvimento da ANEEL, da ANA e do empreendedor do aproveitamento hidrelétrico.

» Quando houver usinas hidrelétricas ou barragens já implantadas ou em fase de implantação, bem como projetos e estudos já aprovados pelos órgãos competentes na bacia hidrográfica, será necessária uma ampla compatibilização de todos os estudos existentes para definição da cheia de projeto das estruturas extravasoras.

» Nos casos em que o reservatório do aproveitamento hidrelétrico for utilizado também para amortecimento de cheias, deverá ser definido o hidrograma de cheia afluente ao reservatório e o hidrograma amortecido defluente.

» Os estudos de vazões máximas deverão apresentar:

- Descrição da metodologia.
- Série de vazões máximas anuais nos postos utilizados.
- Ajuste a distribuições de probabilidade.

- Estatísticas (cheia média anual, desvio padrão, assimetria, gráficos e frequências calculadas).
- Regionalização de parâmetros (gráfico mostrando relação entre parâmetros, equação de regionalização, parâmetros calculados para o local do aproveitamento).
- Cheias calculadas no local do aproveitamento hidrelétrico, para tempos de retorno: 2, 5, 10, 25, 50, 100, 1.000, 10.000 anos.
- Não se consideram as estruturas de geração de energia (vazões turbinadas) ou estruturas que atendam outros usos da água como parte da estruturas de extravasamento das vazões extremas.

#### 4.3.3. Vazões mínimas

- » Critérios para elaboração dos estudos.
- » Caracterização das vazões mínimas.

##### Observações:

- » As vazões mínimas serão determinadas pelo empreendedor a partir da série de vazões médias diárias afluentes ao local do aproveitamento, caracterizada a partir dos dados históricos do posto fluviométrico de referência.
- » Essas vazões eventualmente servirão para balizar a determinação da vazão remanescente para atender aos outros usos da água a jusante, tais como: saneamento, indústrias, navegação, agricultura irrigada, pecuária e outros.
- » Convém ressaltar que, em rios de domínio da União e dos estados, são considerados para caracterização das vazões mínimas a vazão Q7,10, a Q95% e a Q90%. A vazão Q7,10 representa a vazão mínima média de sete dias consecutivos com recorrência de 10 anos, enquanto que a vazão Q90% ou Q95% corresponde ao valor da vazão da série histórica é excedida, respectivamente, em 90% ou 95% do tempo.
- » As distribuições de probabilidade de vazões mínimas usuais são: a Distribuição de Mínimos de Gumbel e a Distribuição de Weibull de 2 parâmetros.
- » Os estudos de vazões mínimas deverão apresentar:
  - Descrição da metodologia.
  - Curva de permanência das vazões médias diárias.
  - Série de vazões mínimas anuais nos postos utilizados e de vazões mínimas médias de sete dias consecutivos.
  - Ajuste a distribuições de probabilidade.
  - Estatísticas (vazão mínima média anual, desvio padrão, assimetria, gráficos e frequências calculadas).
  - Regionalização de parâmetros (gráfico mostrando relação entre parâmetros, equação de regionalização, parâmetros calculados para o local do aproveitamento).
  - Vazões mínimas médias diárias calculadas para tempos de retorno: 2, 5, 10, 25, 50, 100 anos.
  - Comparação da vazão Q7,10 que representa a vazão mínima média de sete dias consecutivos com recorrência de 10 anos, com as vazões Q90% e Q95% que correspondem ao valor da vazão da série histórica de vazões médias diárias que é excedida, respectivamente, em 90% e 95% do tempo.

#### 4.4. Características do empreendimento

Este capítulo objetiva apresentar as principais características do empreendimento, enfatizando os critérios considerados nos estudos e nos projetos de barragens e demais estruturas hidráulicas, os componentes do empreendimento, previstos nos documentos aprovados pelas autoridades competentes. Neste capítulo, deverão ser abordados apenas os critérios que tenham relação direta com os aspectos necessários para elaboração dos estudos de disponibilidade hídrica de aproveitamentos hidrelétricos. Este capítulo deverá possuir a seguinte itemização mínima:

##### 4.4.1. Estruturas hidráulicas

- » Critérios para elaboração dos estudos.
- » Órgãos extravasores: vertedouro, descarregador de fundo e bacia de dissipação.
- » Sistema de adução e restituição.
- » Órgãos para vazão remanescente.
- » Curva-chave do canal de fuga.

##### Observações:

- » Os impactos decorrentes de dimensionamento de estruturas hidráulicas nas condições de operação do reservatório, em relação às vazões máximas extremas e mínimas, deverão ser avaliados, considerando os critérios de projetos hidráulicos utilizados pelo empreendedor que tenham relação direta com os estudos de disponibilidade hídrica e de segurança dos aproveitamentos hidrelétricos.
- » Ressalta-se que os critérios de dimensionamento dessas estruturas devem seguir as orientações dos documentos do setor elétrico e os manuais de engenharia relacionados ao tema.
- » Os cálculos necessários ao dimensionamento das estruturas hidráulicas, inclusive os relativos à previsão de ocorrência de processos erosivos a jusante das estruturas, deverão constar do Relatório de Estudos de Disponibilidade Hídrica do empreendimento.
- » Os estudos relativos às estruturas hidráulicas (vertedouros, tomadas d'água, canais de desvio, de aproximação e de restituição, estruturas de desvio, engolimento das turbinas, descargas de fundo e outras) deverão apresentar a relação das estruturas, com descrição detalhada delas e com plantas correspondentes, dimensões e capacidade hidráulica, vazões de dimensionamento e respectivos tempos de retorno.
- » Destaca-se que o outorgado é o responsável pelos aspectos relacionados à segurança da barragem, devendo assegurar que seu projeto: construção, operação e manutenção sejam executadas por profissionais legalmente habilitados (Resolução no 37/2004 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos).

##### 4.4.2. Características do reservatório

- » Critérios para elaboração dos estudos.
- » Curva cota x área x volume.
- » Níveis d'água, áreas e volumes característicos.
- » Evaporação líquida do reservatório.
- » Planta do reservatório.



#### Observações:

» As principais características do reservatório deverão ser apresentadas considerando os levantamentos topobatimétricos ou, eventualmente, aerofotogramétricos atualizados e em escala adequada ao porte do reservatório, com identificação de: infraestruturas existentes, afluentes, núcleos urbanos, reservas indígenas, área de proteção ambiental, travessias e a área do espelho d'água correspondente ao Nível Máximo Maximorum, levando-se em conta também os resultados dos estudos de remanso para esse nível de água, bem como os demais níveis operacionais resultantes dos estudos energéticos.

» A curva cota x área x volume do reservatório deverá ser apresentada na forma de tabela e na forma gráfica. A tabela deverá apresentar valores desde a cota mais baixa identificada – onde tanto a área quanto o volume são aproximadamente nulos – até o nível d'água máximo maximorum. A discretização da tabela deve ser compatível com o porte do reservatório e com a escala do levantamento topobatimétrico ou, eventualmente, da restituição aerofotogramétrica.

» As áreas e os volumes característicos deverão ser apresentados para os seguintes níveis de água no reservatório: (i) Nível Máximo Normal: definido por meio dos estudos energéticos ou de regularização, considerando possíveis condicionantes ambientais ou restrições hidráulicas operativas; (ii) Nível Máximo Maximorum: definido nos estudos de propagação da cheia de projeto do vertedouro, impondo a operação das comportas para manter constante o nível do reservatório até que a vazão afluente atinja a capacidade máxima do vertedouro com o reservatório no Nível Máximo Normal; (iii) Nível Mínimo Normal: definido por meio dos estudos energéticos ou de regularização, considerando possíveis condicionantes ambientais ou restrições hidráulicas operativas.

» Deverão ser apresentados os 12 valores médios mensais, de janeiro a dezembro, da evaporação líquida da área do reservatório do empreendimento, resultante do balanço entre a evaporação real do reservatório e a evapotranspiração real da área da bacia submersa pelo reservatório. Esses valores serão utilizados nos estudos energéticos, descontando-os da série de vazões naturais médias mensais. Destaca-se também que

dessa série serão reduzidos dos valores do cenário de vazões de usos consuntivos correspondente ao período de concessão da outorga de direito de uso da água do aproveitamento hidrelétrico. Ressalta-se que o cálculo da evaporação líquida do reservatório da usina será realizado por meio do Sistema para Cálculo da Evaporação Líquida para os Reservatórios do Sistema Elétrico Brasileiro – SisEvapo v1.0, desenvolvido pelo ONS.

» Deverá ser apresentada a planta detalhada do reservatório em escala compatível com o porte do reservatório, indicando os afluentes, os núcleos urbanos, as reservas indígenas, a área de proteção ambiental, as travessias e a área do espelho d'água correspondente ao Nível Máximo Maximorum, levando-se em conta também os resultados dos estudos de remanso para este nível d'água.

#### 4.4.3. Regularização de vazões

- » Critérios para elaboração dos estudos.
- » Definição das curvas de regularização de vazões.
- » Cenários para simulação da regularização.

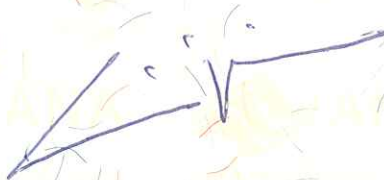


**Observações:**

- » A regularização de vazões consiste em armazenar as reservas hídricas durante o período chuvoso para utilizá-las, gradativamente, na complementação das demandas hídricas no período de estiagem.
- » O estudo de dimensionamento de reservatório de regularização depende das vazões afluentes e de como a demanda hídrica será solicitada ao sistema fluvial e, evidentemente, de possíveis perdas hídricas por evaporação ou por qualquer outro processo.
- » Em relação às demandas é oportuno ressaltar que, dependendo do porte do reservatório e de sua disposição em cascata de reservatórios, bem como sua localização em relação ao centro de carga do sistema elétrico, este poderá apresentar regularização plurianual, anual, mensal, diária ou horária.

**4.4.4. Enchimento do reservatório**

- » Critérios para elaboração dos estudos.
- » Cenários para simulação do enchimento.



**Observações:**

- » Os estudos de enchimento do reservatório constituem-se em importante marco de planejamento para implantação do aproveitamento hidrelétrico, uma vez que fornecem subsídios na elaboração do cronograma de execução das obras.
- » O processo de enchimento de um reservatório gera impactos não só para o próprio empreendimento, bem como nos usos múltiplos da água em todo o corpo hídrico, inclusive os situados a montante ou a jusante.
- » O cronograma de enchimento resultará do adequado planejamento e acompanhamento da situação de disponibilidade hídrica da bacia no período de redução das vazões a jusante.
- » A evolução no nível d'água durante o enchimento do reservatório deverá ser caracterizada a partir de utilização da série de vazões médias diárias ou mensais no local do empreendimento, dependendo do porte do reservatório e da área de drenagem no local do empreendimento.
- » Deverão ser apresentados os resultados das alternativas de cenários de simulação da evolução no nível d'água durante o enchimento, caracterizando os tempos necessários para serem atingidos os níveis de operação desejados, considerando diferentes hipóteses temporais de fechamento das estruturas de desvio do rio, bem como os elementos técnicos que basearam os estudos de enchimento do reservatório, tais como: (i) equação ou tabela das curvas cota x área x volume utilizada; (ii) perdas por evaporação do reservatório; (iii) vazão mínima garantida a jusante da barragem durante o período de enchimento; (iv) série de vazões utilizadas; (v) vazões de usos consuntivos consideradas durante o enchimento; (vi) aspectos operacionais de reservatórios a montante; e (vii) cronograma de execução de obras do empreendimento.
- » Para elaboração da proposta de enchimento, deverá ser avaliada a qualidade da água no reservatório e a jusante desse durante o processo de enchimento, em relação aos parâmetros de qualidade da água outorgáveis pela ANA (Resolução ANA no 219/2005). A avaliação dos parâmetros de qualidade contemplará os limites de concentração relativos à classe de enquadramento do corpo hídrico.
- » Alternativas adicionais que considerem eventuais contribuições para um enchimento mais célere, proporcionadas por uma operação especial dos reservatórios de montante, porventura existentes, deverão ser adequadamente explicitadas.

**4.4.5. Remanso**

- » Critérios para elaboração dos estudos.
- » Cenários para simulação do remanso.
- » Mapas de inundação.

**Observações:**

- » Os estudos de remanso do reservatório são fundamentais na avaliação de proteção de benfeitorias associadas aos usos múltiplos da água (captações de água, portos, etc.) e infraestruturas contra cheias causadas após a implantação do aproveitamento hidrelétrico.
- » Deverão, necessariamente, serem realizados e apresentados os levantamentos de perfis de linha d'água ao longo do reservatório, caracterizando o regime hidrológico (vazões e níveis) em, pelo menos, quatro momentos característicos do regime fluvial durante um ano hidrológico (estiagem, transição estiagem-cheia, cheia e transição cheia-estiagem); caso essa exigência seja incompatível com o cronograma dos estudos ou dos projetos técnicos do aproveitamento



hidrelétrico, deverá ser acordado novo procedimento de levantamento de dados na reunião técnica inicial entre a ANA, a ANEEL e o empreendedor.

» Realizar levantamento topobatimétrico de seções transversais na região do futuro reservatório, em número compatível com as características físicas da calha fluvial, buscando representar adequadamente eventuais singularidades hidráulicas presentes (estreitamentos, alargamentos, mudanças de declividade que influenciem no regime de escoamento), amarradas adequadamente ao sistema do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE.

» Para fins de calibração dos perfis de linha d'água na calha principal e na calha de extravasamento, os coeficientes de Manning adotados deverão considerar a influência da rugosidade da calha no cálculo do N.A. em condições naturais e devido ao remanso. Deverão ainda ser consideradas informações de vazão em postos fluviométricos em operação, níveis d'água de estações limnimétricas existentes e as informações decorrentes de levantamento de, pelo menos, quatro perfis de níveis d'água ao longo do reservatório, em locais planejados nos trabalhos de campo.

» As contrações e expansões, que ocorrem com o escoamento na calha fluvial, implicam em perdas de cargas localizadas e influenciam o perfil de linha d'água natural e na definição das curvas de remanso devido ao reservatório e, assim, deverão estar adequadamente detalhadas no levantamento das seções topobatimétricas.

» O método recomendado para os estudos de remanso é o "Standard Step Method", implementado em programas computacionais, como o HEC-RAS, desenvolvido pelo U. S. Army Corps of Engineers.

» O modelo de remanso calibrado deverá ser utilizado para simular as situações atual (natural) e com o reservatório. Para a situação com o reservatório, a condição de contorno de jusante deverá ser determinada da compatibilização das regras de operação do reservatório com a curva de descarga do vertedouro.

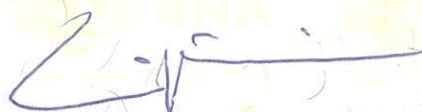
» Deverão ser simuladas a vazão média de longo termo e as vazões de cheias correspondentes aos tempos de recorrência de 5, 10, 25, 50, 100, 1.000 e a vazão utilizada no projeto do vertedouro.

» O empreendedor deverá apresentar os perfis de níveis d'água em toda a extensão do reservatório para as condições natural e com o reservatório para todas as vazões consideradas. Deverá ser apresentada também a planta detalhada do reservatório com escala compatível com o seu porte, indicando as manchas de inundação para a vazão média de longo termo e as vazões de cheia de 50 e 100 anos de tempo de recorrência e de projeto do vertedouro. Nesta planta, deverão ser indicados também os usuários outorgados, as usinas hidrelétricas existentes ou planejadas, as rodovias, as ferrovias, os afluentes, os núcleos urbanos, as reservas indígenas, as áreas de proteção ambiental, as travessias em pontes e balsas as áreas tombadas por órgãos de defesa do Patrimônio Histórico, Cultural, Arqueológico e Paisagístico.

» Ressalta-se que, caso não existam na região de influência do reservatório usinas hidrelétricas existentes ou planejadas a montante, ocupações residenciais, usuários de água outorgados, estradas, rodovias e reservas indígenas, poderá não ser necessário, a critério da ANA, incorporar os estudos de remanso no REDH, para fins de obtenção da DRDH.

» Nos casos em que os estudos sedimentológicos e de assoreamento indiquem mudança significativa no perfil do fundo do reservatório ao longo dos anos, a ANA poderá solicitar a incorporação dos cenários de assoreamento do reservatório nos estudos de remanso, com a apresentação da evolução da linha d'água no horizonte da outorga.

#### 4.4.6. Transporte de sedimentos, assoreamento e vida útil



- » Critérios para elaboração dos estudos.
- » Caracterização do transporte de sedimento na bacia.
- » Cenários para simulação do processo de assoreamento.

**Observações:**

» O transporte de sedimentos pela calha fluvial e o consequente assoreamento pode resultar na redução da vida útil de um reservatório, interferindo na operação do aproveitamento hidrelétrico. Além da redução da capacidade de armazenamento, outros problemas decorrentes do assoreamento no reservatório podem ocorrer, entre os quais: a redução gradual da geração de energia, dificuldades de operação da tomada d'água, válvulas de descarga e de comportas; danos às turbinas por abrasão, gerando indisponibilidade forçada das máquinas; e deposição de sedimentos na área do delta do reservatório, reduzindo o volume útil e criando dificuldades na navegação, no deslocamento da área do remanso para montante e enchentes mais frequentes, impactando em núcleos urbanos ribeirinhos. Outros efeitos referem-se à erosão nas margens dos reservatórios e aos processos erosivos a jusante.

» A avaliação do transporte de sedimentos, os estudos de assoreamento e de vida útil do empreendimento devem comprovar que o arranjo adotado no projeto e a sistemática de operação prevista garantirão uma vida útil compatível com o período de concessão do empreendimento. Esses estudos visam à verificação do tempo de assoreamento na tomada d'água e de todo o reservatório, bem como o fornecimento de subsídios para a avaliação das soluções mitigadoras dos problemas decorrentes.

» Deverão ser avaliadas a quantidade e as características dos sedimentos a serem retidos no reservatório, utilizando as metodologias de Brune ou de Churchill, ou outras, dependendo do porte do empreendimento, bem como dos sedimentos compactados e dos que serão transportados para jusante, por meio das estruturas extravasoras e da tomada d'água.

» As medições de descargas sólidas e a caracterização dos sedimentos transportados pelo rio serão fundamentais para a caracterização do comportamento hidrossedimentológico da bacia. As medições deverão considerar tanto os sólidos em suspensão quanto os de fundo ou de arraste. Os resultados dessas medições deverão ser correlacionados com as medições de descarga líquida, de modo a obter uma relação funcional entre elas denominada Curva-Chave de Sedimentos. Esta curva deverá ser utilizada para avaliar o transporte de sedimentos ao longo do histórico de dados do posto fluviométrico, a partir da série de vazões médias diárias.

» Deverá ser prevista a realização de campanhas de medição de descarga sólida em suspensão e de amostragem de material do leito, simultaneamente, com a realização de medição de descarga líquida. Essas campanhas deverão ser intensificadas no início do período chuvoso da região e durante o período de cheia do rio, a fim de se caracterizar o transporte de sedimento de toda a bacia até o local do empreendimento. As medições de descarga sólida deverão ser realizadas de forma padronizada, utilizando-se os métodos de igual incremento de largura – IIL ou igual incremento de descarga – IID.

» Deverão ser apresentados os estudos de previsão de assoreamento do reservatório e a avaliação de sua vida útil, com base nos levantamentos referentes às medições de descarga sólida e à caracterização sedimentológica no local do empreendimento. Esses estudos envolverão: a definição da curva-chave de sedimentos; o cálculo de descarga sólida total e em suspensão e da descarga sólida não medida ou de fundo; a concentração de sedimentos em suspensão; as curvas granulométricas de sedimento em suspensão e de fundo; a capacidade de retenção e compactação de sedimentos no reservatório; e o peso específico aparente dos depósitos de sedimentos, bem como a avaliação da variação da taxa de variação da produção de sedimentos da bacia.

» A utilização da curva-chave de sedimentos para determinação da carga de sedimentos aportada

ao reservatório deverá ser realizada com base na série de vazões líquidas diárias, especialmente quando a relação entre a descarga sólida e a descarga líquida não é linear.

» Os estudos de assoreamento ou de avaliação da vida útil do reservatório deverão resultar nos tempos calculados para que a acumulação dos sedimentos atinja volumes característicos relacionados a cotas específicas, como a da soleira da tomada d'água. Esses estudos deverão ser realizados com base na metodologia de Borland e Miller ou outras.

» Destaca-se que, nos casos em que forem previstos problemas causados pela deposição de sedimentos no interior do reservatório e de erosão a jusante, por meio de modelagem matemática de transporte de sedimentos, será recomendado o monitoramento no corpo do reservatório e em trecho a jusante, durante o período de concessão do aproveitamento hidrelétrico. Nesses casos, recomenda-se que eventuais estruturas de retenção de sedimentos ou descarregadores de fundo para a proteção da tomada d'água, bem como alternativas mitigadoras sejam avaliados nos Estudos de Viabilidade e/ou projeto básico.

» Os cenários para simulação do processo de assoreamento em determinado reservatório e dos efeitos a jusante deverão levar em consideração: a degradação ambiental; a expansão da fronteira agrícola; a urbanização; e o incremento da agricultura irrigada, que implicam desmatamento e práticas de uso do solo urbano e rural sem controle adequado. Esses fatores são responsáveis pelo aumento das condições de erodibilidade das bacias brasileiras e, conseqüentemente, pelo aumento da taxa de produção de sedimentos que são destinados para as calhas fluviais, durante principalmente os períodos chuvosos. Nesse sentido, deverá ser realizada uma análise global, com a utilização de imagens de satélite, avaliação de planos setoriais ou de Planos de Recursos Hídricos e, principalmente, baseando-se em uma ampla campanha de medições de descarga sólida em postos fluviométricos nas proximidades do local do aproveitamento hidrelétrico.

» A abrangência dos estudos de transporte de sedimentos e de avaliação da vida útil e dos estudos relativos aos cenários para simulação do processo de assoreamento do reservatório deverá ser discutida na reunião técnica inicial, com o objetivo de se avaliar a metodologia a ser empregada, em função dos dados necessários aos estudos e os dados disponíveis para o local do empreendimento hidrelétrico, em compatibilidade com o cronograma previsto para realização dos estudos, dos projetos e implantação do aproveitamento hidrelétrico.

#### 4.4.7. Qualidade da Água

- » Critérios para elaboração dos estudos.
- » Caracterização das fontes de poluição atuais e futuras.
- » Caracterização da qualidade da água no local do empreendimento.
- » Cenários para simulação do processo de eutrofização.
- » Cenários para simulação do processo de salinização.
- » Prognóstico da qualidade de água futura do reservatório a ser formado.
- » Identificação de medidas de controle e mitigação dos impactos sobre a qualidade de água devido a formação do reservatório.



#### Observações:

» O conhecimento da qualidade da água de um corpo hídrico e dos processos ambientais associados, antes da implantação do empreendimento, através do monitoramento de alguns parâmetros, torna-se necessário para o equacionamento e a minimização dos problemas decorrentes da poluição hídrica, de forma a não comprometer os usos múltiplos e integrados dos recursos hídricos.

» Deverão ser coletados nos postos de monitoramento da qualidade da água, constantes do banco de dados Hidroweb da ANA, na área de influência do futuro reservatório do aproveitamento hidrelétrico, pelo menos, os seguintes

parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio – DBO<sub>5,20</sub>, oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio NK, coliformes fecais, coliformes totais, sólidos totais, pH e temperatura.

» Em complementação aos dados da ANA, deverão ser caracterizados pelo empreendedor, pelo menos, os mesmos parâmetros citados anteriormente, por meio de coleta de amostras mensais durante, no mínimo, um ano hidrológico e a realização das análises laboratoriais correspondentes.

» No mínimo, os locais de coleta de amostragens de água deverão ser nos seguintes locais do corpo hídrico: (i) nas proximidades da barragem; (ii) no trecho imediatamente a montante do reservatório; (iii) em afluentes ou braços de rio identificados como relevantes em relação à qualidade e aos usos de suas águas; (iv) nos trechos de rios a serem desviados, no caso de arranjo de obras do tipo derivação.

» As condições físicas de um corpo hídrico alteram-se com a formação de um reservatório, devido ao aumento da profundidade e do volume armazenado e à redução da velocidade do escoamento, gerando impacto nas condições térmicas da massa de água. Este processo influencia as condições de qualidade da água e algumas mudanças são passíveis de ocorrerem, tais como: (i) eutrofização do reservatório; (ii) mistura vertical e aumento da demanda bentônica por oxigênio; e (iii) deterioração da qualidade da água a jusante do reservatório.

» O conhecimento do comportamento da qualidade da água de um reservatório passa, obrigatoriamente, pela avaliação das condições de estratificação térmica e de eutrofização da massa hídrica, bem como da influência dessa estratificação na densidade da água e na estratificação de outros parâmetros, como o oxigênio dissolvido.

» Ressalta-se que a escolha do modelo matemático para simular as condições de qualidade da água em um reservatório depende das características do sistema a serem simuladas; do nível de precisão em função dos objetivos desejados; dos dados disponíveis; e da disponibilidade de metodologia para representar os processos identificados.

» Os seguintes procedimentos deverão ser observados na avaliação da qualidade do reservatório:

- Avaliação do tempo de residência do reservatório: quanto maior esse tempo, piores serão as condições ambientais do reservatório.
- Definição do número de Froude densimétrico: caracteriza as condições de estratificação, indicativa do tipo de modelo matemático a utilizar.
- Estimativa da carga vegetal: grande quantidade de massa vegetal inundada implica em cargas de nutrientes à medida que o reservatório é formado, que podem produzir impactos na qualidade da água e, portanto, devem ser avaliados pela carga residual de DBO, N e P e pelo tempo de recuperação do OD.
- Estimativa das cargas afluentes de matéria orgânica e nutrientes decorrentes de usos de água a montante e no próprio reservatório.



- Avaliação do processo de eutrofização do reservatório por meio de modelo con- centrado ou unidimensional. Utilizar modelo bidimensional, apenas, se as condi- ções de tempo de residência, de profundidades e de qualidade da água esperadas pelo reservatório justificarem.

- Avaliação do efeito da operação prevista para o reservatório na qualidade da água a jusante do reservatório.

- Elaboração de cenários de projeção de crescimento das demandas.

- » Deverá ser avaliado o processo de eutrofização do reservatório, por meio de estima- tiva, para as condições atuais e futuras, das cargas anuais de nutrientes afluentes ao reservatório, modelando o processo de eutrofização, a tendência à estratificação tér- mica e a previsão da concentração de nutrientes no reservatório. As cargas afluentes podem ser estimadas a partir de dados secundários de população e uso do solo na bacia a montante do reservatório e de valores unitários de contribuição de nutrientes (mg/l/hab e mg/l/km<sup>2</sup>). Poderá ser considerado o decaimento dos parâmetros não con- servativos ao longo dos rios, para as cargas afluentes estimadas em locais a montante do reservatório.

- » Na modelagem do processo de eutrofização, poderão ser utilizados modelos mate- máticos bidimensionais, se as condições ambientais justificarem e existirem dados para tal. Eventualmente, poderão ser utilizados modelos mais simples, como o de Dillon e Rigler, CEPIS e Vollenweider. No caso em que o reservatório forma braços com características hidráulicas específicas, os modelos devem ser aplicados a cada braço com o respectivo aporte de nutrientes.

- » Modelos simplificados deverão ser utilizados para avaliar cenários de comportamento dos parâmetros de qualidade de água referentes à DBO, coliformes e OD, consideran- do as cargas poluentes atuais e suas projeções de crescimento.

- » A definição do nível de refinamento dos modelos a serem utilizados será discutida na reunião técnica inicial.

- » Deverão ser apresentados também os resultados da modelagem simplificada de qua- lidade da água do reservatório, com o objetivo de prever a evolução de nutrientes no corpo hídrico, como fósforo e nitrogênio, e, também, avaliar as regiões do reservatório e trechos a jusante sujeitos a restrições quanto à concessão de outorga de direito de uso da água. Além disso, avaliar os usos atuais da água que sofrerão restrições devido aos impactos na qualidade da água. Alternativas de redução para os usos atuais deverão ser apresentadas com o objetivo de melhorar a qualidade da água do reservatório.

- » A existência de reentrâncias no reservatório ou braços do reservatório, onde a circula- ção de água for afetada significativamente, poderá vir a condicionar futuras outorgas de lançamento de efluentes e restrições de níveis de tratamento nesses locais. Sendo assim, o empreendedor deverá tecer suas considerações quanto a esse aspecto, le- vando em conta o levantamento da situação atual e os cenários traçados quando da análise pertinente aos usos múltiplos.

- » Os estudos de qualidade da água de reservatório para as PCHs e de reservatórios que operem a fio d'água, localizados fora de áreas urbanas e que não sejam utilizados como mananciais para núcleos urbanos, quando necessários serão solicitados pela ANA. Essa dispensa da elaboração dos estudos fica a critério da ANA. Nos demais casos, deverá ser discutida, durante a reunião técnica inicial, a abrangência meto- dológica a ser empregada nesses estudos, em função das características ambientais, físicas e hidrodinâmicas previstas para o reservatório e dos dados de qualidade da água necessários aos estudos, bem como os dados disponíveis na região do futuro re- servatório, em compatibilidade com os prazos previstos para elaboração dos estudos, projetos técnicos e construção do aproveitamento hidrelétrico.

- » A ANA avaliará os estudos de qualidade de água apresentados segundo o disposto na

Resolução ANA no 219/2005 e Resolução CONAMA nº 357 de 2005.

» Propor medidas para equacionar e minimizar os problemas de qualidade de água identificados, soluções que devem ser pautadas nas simulações de cenários de contenção e redução das cargas poluidoras, a partir da implementação de sistemas de esgotamento sanitário e de índices de remoção da vegetação a ser inundada.

» Propor programa de monitoramento limnológico e de qualidade de águas; projeto de monitoramento e controle de macrófitas aquáticas; programa de desmatamento e limpeza das áreas dos reservatórios; programa de proteção e recuperação das APP's dos reservatórios e; programa de gerenciamento e controle dos usos múltiplos do futuro reservatório e seu entorno.

#### **4.5. Usos múltiplos dos recursos hídricos**

Este capítulo objetiva enfatizar os estudos necessários para demonstrar adequadamente a consideração dos usos múltiplos atuais e futuros vis a vis com a implantação do empreendimento e as possibilidades de compatibilização entre eles. Isso implica, adicionalmente, o exame dos possíveis impactos no reservatório e nos trechos a montante e a jusante do corpo hídrico, em que se insere o empreendimento, bem como a avaliação dos usos consuntivos, das restrições hidráulicas operativas, inclusive aquelas que visem a atender exigências de qualidade da água e outros aspectos relevantes. Recomenda-se para este capítulo a seguinte itemização mínima:

##### **4.5.1. Considerações iniciais**

- » Aspectos gerais.
- » Consideração dos usos múltiplos nos estudos de inventário hidrelétrico.
- » Consideração dos usos múltiplos nos planos de bacia.
- » Consideração dos usos múltiplos nos demais empreendimentos existentes e previstos.
- » Critérios utilizados no dimensionamento e na localização do empreendimento em exame.
- » Usos múltiplos previstos associados ao empreendimento.
- » Impactos e demonstração da compatibilidade do empreendimento com os usos múltiplos atuais e futuros.



#### Observações:

» Deverão ser realizadas avaliações da interferência nos usos múltiplos, atuais e futuros, dos recursos hídricos pelo empreendimento, levando em conta a existência de outros reservatórios na bacia, inclusive os projetados e os reservatórios destinados a outros usos que não a geração de energia. Nesses casos, será necessária a realização de simulação da operação dos reservatórios, em separado e conjuntamente, de forma a quantificar mutuamente a influência dos reservatórios, quanto aos impactos na disponibilidade hídrica na bacia, do ponto de vista quantitativo e qualitativo.

» O estudo de simulação dos reservatórios deverá comprovar que a inserção do novo empreendimento na bacia não interferirá no atendimento aos demais usos existentes ou previstos em Planos de Recursos Hídricos ou em planos setoriais, bem como nos estudos de inventário hidrelétrico.

» Ressalta-se que o setor elétrico há alguns anos vem realizando esforços para incorporar a dimensão ambiental e de usos múltiplos dos recursos hídricos, formal e sistematicamente, desde as etapas iniciais do processo de planejamento. Entre os exemplos significativos destacam-se: (i) os esforços na sistematização dos estudos ambientais na fase de inventário hidrelétrico; (ii) a aplicação da Avaliação Ambiental Integrada – AAI realizada pela EPE; e (iii) a Avaliação Ambiental Estratégica – AAE aplicada ao Plano Decenal de Expansão do Setor Elétrico. Ambos com o objetivo de avaliar os efeitos acumulativos e sinérgicos do conjunto de aproveitamentos hidrelétrico em uma bacia hidrográfica.

» Caso os Planos de Recursos Hídricos ou Setoriais eventualmente disponíveis para a bacia indiquem a possibilidade da implantação de infraestrutura que atenda outros usos da água (ex.: controle de cheias, navegação), os estudos deverão demonstrar a compatibilidade dos empreendimentos, de modo que a implantação de um não impeça a implantação dos demais. A demonstração da compatibilidade dos empreendimentos de geração e navegação deverá comprovar que existe arranjo de engenharia capaz de garantir a implantação de eclusas e canais de navegação a qualquer tempo, sendo que esta solução técnica deverá apresentar, comprovadamente, viabilidade técnica e econômica.

#### 4.5.2. Usos da água a montante

- » Critérios usados na elaboração dos estudos.
- » Estimativa dos usos atuais.
- » Cenários para simulação do crescimento do consumo de água a montante.



**Observações:**

- » Os critérios recomendados na estimativa das vazões de usos consuntivos para outros usos da água, que concorrem com a geração de energia elétrica em uma bacia hidrográfica, tais como: abastecimento urbano, abastecimento rural, pecuária, agricultura irrigada, uso industrial e outros, são os apresentados nas diversas referências, elaboradas pela ANA e pelo ONS, apresentadas no Capítulo 7: Bibliografia de Apoio.
- » A ANA fornecerá a série de usos consuntivos e a projeção dos usos consuntivos a montante para o horizonte da concessão.
- » Quando a ANA não produzir os estudos de usos consuntivos para o local do aproveitamento hidrelétrico, a série de usos consuntivos poderá ser definida pelo empreendedor utilizando metodologia simplificada, a ser proposta pela ANA e discutida na reunião técnica inicial. Essa metodologia simplificada consistirá na utilização de dados municipais de usos consuntivos em diversas bacias hidrográficas, disponíveis na ANA; informações dos censos agropecuários; séries de usos consuntivos apresentadas nos documentos de referência ou em outros documentos disponíveis, tais como: relatórios, resoluções, notas técnicas, Planos de Recursos Hídricos etc.
- » Alternativamente, o empreendedor poderá apresentar estudos técnicos próprios, com estimativas mais apuradas de algumas variáveis da metodologia, tais como: áreas irrigadas obtidas por sensoriamento remoto, consumos per capita obtidos por meio de cadastros de usos eventualmente existentes (ANA, órgãos gestores estaduais, SNIS, empresas de saneamento, etc). Nessa avaliação, serão considerados ainda os diagnósticos constantes dos Planos de Recursos Hídricos, se existentes.
- » Deverão ser consultadas e incorporadas ao estudo eventuais estimativas e projeções de demandas dos Planos de Recursos Hídricos da bacia, caso existirem.
- » O empreendedor deverá apresentar o resultado (padronizado) dos estudos energéticos, elaborados segundo as diretrizes da ANEEL, da EPE e MME, contendo a energia firme ou o acréscimo de energia firme da usina ao sistema para os seguintes cenários de usos consuntivos a montante: sem usos consuntivos, com usos consuntivos e com a projeção de usos consuntivos para o período de concessão do aproveitamento hidrelétrico.

**4.5.3. Usos da água no reservatório**

- » Critérios para elaboração dos estudos.
- » Levantamento dos usos atuais e previstos.
- » Compatibilização dos níveis d'água do reservatório.
- » Restrições resultantes da qualidade da água.



**Observações:**

» Adaptar os atuais usos da água à existência do reservatório, criando infraestruturas indispensáveis à continuidade de utilização da água pelas atividades econômicas ou- torgadas, minimizando os impactos no conjunto de usos existentes e futuros na região do reservatório. Para tal, deverão ser contempladas as seguintes etapas básicas:

- Identificação dos usos dos recursos hídricos: locais de tomadas d'água e de lança- mento de efluentes existentes, áreas de pesca, praias de uso corrente e eventual, transporte aquaviário longitudinal e transversal (entre margens), redes de drenagem de águas pluviais, entre outros.

- Avaliação dos impactos diretos: necessidades de relocação de tomadas d'água e de redes de drenagem e de lançamento de efluentes, mudanças nos meios de trans- porte aquaviário de passageiros e de cargas existentes (terminais de carga/descarga, mudanças de traçado e distâncias de navegação), alterações de infraestrutura de acesso e operação de praias (turismo), entre outros.

- Avaliação dos riscos associados à presença do espelho d'água, em relação à ocor- rência de cheias.

- Proposição de medidas mitigadoras com custos associados em relação a todos os impac- tos identificados, por exemplo (quando couber): a construção de nova infraestrutura de recepção de turismo, sistemas de alerta contra inundações, relocação de pontos de to- madas d'água e de rede de lançamento de efluentes e de águas pluviais, identificação de áreas preferenciais para pesca e de repovoamento do reservatório com espécies ambien- talmente compatíveis ou implantação de áreas para aquicultura, formas alternativas, para suprir a atividade de pesca comercial e esportiva demandada pela região do reservatório.

**4.5.4. Usos da água a jusante**

» Critérios para elaboração dos estudos.

» Levantamento dos usos atuais e previstos.

» Necessidades ambientais.

» Compatibilização das vazões remanescentes na bacia.



**Observações:**

» Caracterizar e avaliar os usos da água a jusante do empreendimento, contemplando as seguintes etapas básicas:

- Avaliar as outorgas de direito de uso da água e as solicitações de outorgas, nos órgãos gestores de recursos hídricos (ANA e similares estaduais).
  - Consultar os licenciamentos ambientais nos órgãos competentes.
  - Consultar os Planos de Recursos Hídricos disponíveis.
  - Consultar os estudos de usos consuntivos da água realizados pela ANA e pelo ONS.
  - Analisar os estudos de inventário hidrelétrico, Estudos de Viabilidade e projetos básicos de aproveitamentos hidrelétricos na região do aproveitamento hidrelétrico em análise.
  - Analisar os planos setoriais e de desenvolvimento socioeconômico dos estados e dos municípios localizados a jusante do reservatório.
  - Consolidar as informações, atuais e futuras, sobre as vazões captadas, consumidas e restituídas ao sistema fluvial, bem como as características dos efluentes lançados no rio.
  - Realizar levantamento dos usuários da água e caracterização do uso da água por métodos indiretos.
  - Analisar os resultados de simulação da qualidade da água.
  - Analisar os impactos do reservatório nos usos a jusante, em termos de vazões, níveis e qualidade da água.
- » A caracterização das necessidades ambientais deverá considerar os estudos ambientais desenvolvidos para o empreendimento, bem como as informações de cada usuário, das características ambientais e da fauna aquática local, da hidrologia da bacia, das simulações hidráulicas e da qualidade da água, de estudos similares desenvolvidos para outras bacias e, principalmente, dos critérios estabelecidos pelos órgãos gestores ambientais e de recursos hídricos em relação ao estabelecimento da vazão remanescente. Assim sendo, o empreendedor poderá propor e negociar a demanda hídrica para as necessidades ambientais com as autoridades competentes. Essa abordagem metodológica deverá ser discutida na reunião técnica inicial que deverá contar com a participação da ANEEL, da ANA, do órgão ambiental, do empreendedor e da empresa responsável pelos estudos ambientais.

**4.5.5. Condições operativas**

- » Critérios para elaboração dos estudos.
- » Restrições operativas a montante e a jusante.
- » Condições operativas nos demais reservatórios da bacia.
- » Níveis d'água máximos e mínimos.
- » Deplecionamento e replecionamento e taxas de variação dos níveis d'água.
- » Tempo de residência.
- » Capacidade de turbinamento.



- » Vazões remanescentes.
- » Simulação do comportamento do reservatório na cascata.

**Observações:**

- » Identificar as restrições hidráulicas operativas e ambientais a serem consideradas no empreendimento tanto a montante quanto a jusante.
- » Avaliar quais as restrições impostas a determinados empreendimentos podem influenciar as regras operativas de outros reservatórios situados na mesma cascata.
- » Realizar simulação do comportamento do reservatório.
- » Consolidar as restrições operativas e ambientais do empreendimento relacionadas a: (i) restrições operativas a montante e a jusante; (ii) condições operativas nos demais reservatórios da bacia; (iii) níveis d'água máximos e mínimos; (iv) deplecionamento e replecionamento e taxas de variação dos níveis d'água; (v) tempo de residência do reservatório; (vi) capacidade de turbinamento; (vii) vazões remanescentes.
- » Avaliar os condicionantes impostos aos reservatórios a montante e a jusante do reservatório em análise, de forma a verificar os possíveis impactos mútuos nas condições de operação, em especial em relação às vazões e aos níveis d'água de restrição para as condições operativas mínimas e máximas, além das condições ambientais.
- » A abordagem metodológica, principalmente, em relação à vazão remanescente, para os casos de arranjo civil do tipo derivação, deverá ser discutida na reunião técnica inicial, com a participação da ANEEL, da ANA, do órgão ambiental e do empreendedor, uma vez que questões relativas à extensão do trecho de rio desviado interagem com a necessidade de levantamentos de seções topobatimétricas, realização de modelagem matemática, conhecimento das características ambientais do trecho, com o valor da vazão ou das características do hidrograma ecológico e com questões legais.

#### 4.6. Estudos específicos

Neste capítulo, deverá ser apresentado o plano operativo previsto para o reservatório e a usina hidrelétrica, considerando aspectos específicos operacionais, entre os quais, citam-se, por exemplo, a operação do reservatório para atender a ponta de energia do sistema interligado nacional; as restrições operativas hidráulicas para o controle de cheias em pontos específicos da bacia, associadas à alocação de volumes de espera no reservatório para amortecimento da onda de cheia; e as vazões remanescentes para atender as condições sanitárias e ecológicas mínimas, bem como o plano de uso do reservatório.

Ressalta-se que a Resolução no 37 do CNRH, de 26 de maio de 2004, estabelece entre as diretrizes complementares, para outorga de recursos hídricos para implantação de barragens, a apresentação de planos de contingência e de ação de emergência. Além disso, destaca-se que para os aproveitamentos hidrelétricos, a Superintendência de Fiscalização da ANEEL já exige esses planos dos empreendedores concessionários. Assim sendo, para a fase de solicitação de DRDH para aproveitamentos hidrelétricos, o Plano de Contingência e Emergência não será exigido. No entanto, a ANA solicitará tal plano à ANEEL no início da operação do aproveitamento hidrelétrico.

Recomenda-se a seguinte itemização para este capítulo:

##### 5.6.1 Considerações iniciais

- » Critérios para elaboração dos estudos.



- » Plano operativo.
- » Condições normais e regras gerais de operação.
- » Controle de cheias.
- » Vazões remanescentes.

**Observações:**

- » Indicar o plano operativo do aproveitamento hidrelétrico, considerando aspectos específicos operacionais e ambientais do empreendimento em análise, tais como: (i) a operação do reservatório para atender a ponta de energia do sistema interligado nacional; (ii) as restrições operativas hidráulicas a montante e a jusante para o controle de cheias em pontos específicos da bacia, associadas à alocação de volumes de espera no reservatório para amortecimento da onda de cheia; e (iii) as vazões remanescentes para atender as condições sanitárias e ecológicas mínimas.
- » Outros aspectos específicos relevantes de cunho puramente ambiental, se existirem, deverão ser considerados no plano operativo do aproveitamento hidrelétrico.
- » Os critérios considerados na proposição de regras operativas específicas, inicialmente, deverão seguir todas as normas vigentes no setor elétrico e ambiental. Além disso, deverão respeitar as considerações e as recomendações previstas no plano de recursos hídricos da bacia e as decisões do comitê de bacia, em que se inserem tanto os usos consuntivos atuais e futuros quanto possíveis impactos decorrentes de regras operativas específicas do reservatório nos usos múltiplos da água.
- » Avaliar o impacto na disponibilidade hídrica durante a operação de ponta de energia para atender ao sistema interligado nacional. Destaca-se que essa operação, por necessitar de regularização horária, altera o regime fluvial do corpo hídrico e, portanto, está sujeita à outorga de direito de uso da água, conforme previsão legal na Lei no 9.433/1997. Além disso, essa operação é restritiva em relação ao uso pleno da disponibilidade hídrica para os demais usuários dos recursos hídricos, pois poderá indisponibilizar parte da vazão média diária para concessão de novas outorgas e criar restrições na captação de água associadas à variação dos níveis d'água no reservatório.
- » As restrições operativas hidráulicas para o controle de cheias em pontos específicos da bacia, associadas à alocação de volumes de espera no reservatório deverão seguir os critérios operacionais vigentes para o Sistema Interligado Nacional – SIN. Ressalta-se que essa operação implica redução da geração de energia do aproveitamento hidrelétrico e, nesse caso, a regra operativa funciona como redutora de impactos socioeconômicos significativos na bacia.
- » Avaliar as regras operativas propostas e os benefícios socioeconômicos, bem como o valor correspondente à perda de geração de energia elétrica, a serem considerados como redutores da cobrança pelo uso da água. Posteriormente, essas avaliações seriam discutidas com a ANA, o ONS, a ANEEL e o comitê de bacia, para as providências finais.
- » As vazões remanescentes para atender as condições sanitárias e ecológicas mínimas deverão ser avaliadas, considerando a fase de enchimento do reservatório e de operação, bem como se o arranjo das obras é com ou sem derivação. Todos os aspectos inerentes dessa operação específica deverão ser discutidos na reunião técnica inicial com a ANA, a ANEEL, o empreendedor e com os órgãos gestores de recursos hídricos e ambientais.

#### 5.6.2. Plano de Usos do Reservatório – PUR

- » Critérios para elaboração dos estudos.

- » Adequação e relocação de usos existentes na bacia hidráulica a jusante da barragem.
- » Compatibilização entre operação do reservatório e demais usos da água.
- » Restrições aos demais usos resultantes da operação do reservatório e de sua qualidade da água.



**Observações:**

- » O Plano de Usos do Reservatório – PUR tem por objetivo detalhar as ações necessárias para a compatibilização do empreendimento e o seu reservatório aos usos dos recursos hídricos atuais e planejados na região do empreendimento.
- » Avaliar a necessidade de relocação de captações de água e lançamento de efluentes existentes ou planejadas.
- » Compatibilizar a operação do reservatório com os usos dos recursos hídricos.
- » Adequar as instalações de captação à variação de níveis d'água do reservatório.
- » Identificar e avaliar possíveis restrições de uso dos recursos hídricos devido ao processo de eutrofização do reservatório.
- » Propor as condições gerais de operação do reservatório, considerando a eventual regularização de vazões e o eventual controle de cheias a jusante.
- » Os aspectos objetivos e formais do PUR devem abranger:
  - Identificação dos usos consuntivos ou não, atuais e futuros, na região da bacia hidrográfica do reservatório, definida pela linha de inundação com 50 anos de tempo de retorno.
  - Identificação das obras de infraestrutura viárias existentes ou planejadas (rodovias, ferrovias e obras de arte) afetadas pelo reservatório, considerando-se o nível d'água com 100 anos de tempo de retorno.
  - Caracterização, por meio da apresentação de cadastro dos usos identificados.
  - Proposição de medidas necessárias para adaptação ou relocação de captações e lançamento de efluentes, para cada usuário identificado, caracterizando-se a localização dos novos pontos de captação ou lançamento de efluentes (coordenadas geográficas).
  - Apresentação de mapas e plantas que mostrem a localização e o arranjo geral do empreendimento, georreferenciado e em escala adequada, ilustrando a localização dos atuais usos da água na região do reservatório a jusante, bem como a nova localização dos usos a serem relocados.
- » O PUR só será exigido daqueles empreendimentos que apresentarem, na área de influência do reservatório, usuários dos recursos hídricos com a possibilidade de retirarem quantidades expressivas de água ou de lançarem cargas poluentes que interfiram na qualidade da água do reservatório. Além disso, os reservatórios que tenham grande quantidade de massa vegetal inundada; formam braços, com características hidráulicas específicas, capazes de propiciar agravamento da qualidade da água, e que recebam água transposta de outra bacia necessitarão do PUR. A eventual dispensa da exigência do PUR fica a critério da ANA.
- » O PUR deverá ser apresentado no ano de início de operação do aproveitamento hidrelétrico e atualizado a cada cinco anos.
- » Para os empreendimentos hidrelétricos que se enquadrarem na condição de obrigatoriedade para elaboração do PUR, deverão ter esse tema discutido na reunião técnica inicial, com a participação da ANA, da ANEEL, do empreendedor e do órgão ambiental competente, da qual resultará a especificação da ANA em relação ao seu conteúdo.

**5.6.3. Monitoramento do reservatório**



- » Critérios para elaboração dos estudos.
- » Monitoramento de vazões afluentes, defluentes, vertidas, turbinadas e remanescentes.
- » Monitoramento dos níveis d'água.
- » Monitoramento da qualidade da água.
- » Monitoramento sedimentológico e do processo de assoreamento.

**Observações:**

- » O intenso uso da água e a poluição têm contribuído para agravar a escassez e a qualidade da água. Portanto, o acompanhamento da disponibilidade hídrica e das alterações de qualidade da água faz parte do programa de monitoramento de um reservatório, como forma de impedir que problemas decorrentes da poluição e do uso excessivo dos recursos hídricos possam comprometer os seus usos múltiplos e integrados.
- » O monitoramento de um reservatório consiste, em linhas gerais, no levantamento de informações pontuais visando à caracterização espacial e temporal da qualidade e quantidade da água em locais característicos de sua área de influência, ou seja, a montante, a jusante e no próprio corpo hídrico do reservatório.
- » O monitoramento do reservatório deverá abranger tanto as características físicas, químicas, biológicas de suas águas, quanto às hidrodinâmicas. Esse monitoramento deverá considerar a morfologia, as áreas inundadas e volumes armazenados, as vazões afluentes, os usos dos recursos hídricos relacionados diretamente com o processo de poluição, eutrofização e salinização do reservatório, bem como as regras operativas, o transporte de sedimentos e o correspondente assoreamento.
- » Ressalta-se que a morfologia do reservatório tem influência no seu comportamento limnológico. Assim, são condicionantes morfológicas que influenciam tanto a localização de organismos no corpo do reservatório quanto a distribuição do escoamento e de compostos químicos dissolvidos e particulados na massa líquida do reservatório: a penetração da radiação solar, a formação de correntes horizontais e verticais, a amplitude do vento, a existência de braços ou reentrâncias, os aportes líquidos e sólidos para o reservatório e para jusante dele.
- » Deverão ser monitoradas, sistematicamente, em relação à operação da usina hidrelétrica e do reservatório, as vazões afluentes, defluentes, vertidas, turbinadas e remanescentes, os níveis d'água operacionais e em determinados pontos do estirão fluvial sujeito à influência de remanso, desde que seja relevante o impacto de elevação dos níveis d'água nos trechos finais de reservatório devido ao assoreamento local, a qualidade da água (DBO, OD, N, P, pH, temperatura e compostos salinos), bem como o transporte de sedimentos e o correspondente assoreamento do reservatório.
- » Assim sendo, a reunião técnica inicial servirá para compatibilizar e integrar todos os monitoramentos exigidos por diferentes órgãos públicos. Nesse sentido, deverá participar desta reunião a ANA, a ANEEL, o empreendedor, o órgão ambiental competente.
- » A ANA poderá, a seu critério, especificar um programa de monitoramento para as fases de enchimento e operação do reservatório ou adotar normativos específicos sobre monitoramento que venham a ser definidos.

#### **4.7. Referências Bibliográficas**

Neste capítulo, deverão ser citadas as principais referências utilizadas no desenvolvimento do Relatório de Estudos de Disponibilidade Hídrica – REDH. Como apoio complementar, para a seleção e utilização de referências bibliográficas, é apresentada, no capítulo 7 deste Manual, uma lista de bibliografias recomendáveis para cada capítulo do REDH.

## 5. RENOVAÇÃO DE OUTORGAS

Diversos aproveitamentos hidrelétricos em operação no país obtiveram sua concessão de uso do potencial hidráulico e a outorga de direitos de uso de recursos hídricos anteriormente à criação da ANA ou à regulamentação da DRDH. Para renovação dessas outorgas, os outorgados, ao fim do prazo de validade dos respectivos contratos de concessão ou atos autorizativos de uso do potencial de energia hidráulica, quando não houver nova licitação do potencial, deverão solicitar à ANA a renovação das respectivas outorgas de direito de uso de recursos hídricos, para as intervenções em rios de domínio da União, apresentando:

I – Atualização da documentação básica sobre o empreendimento e respectivos estudos:

- a) ficha técnica do empreendimento;
- b) mapa de localização em formato digital;
- c) arranjo do empreendimento em formato digital;
- d) área inundada do reservatório (no NA normal e vazões de cheia) em formato digital;
- e) localização, indicando municípios, UF, coordenadas geográficas, rio e bacia;
- f) potência instalada e energia firme;
- g) características da barragem;
- h) características do vertedor, vazão de projeto e tempo de retorno utilizado no projeto original do AHE;
- i) atualização da curva cota-área-volume – CAV do reservatório e revisão do estudo de assoreamento com determinação da vida útil restante do reservatório, em função da atualização da CAV;
- j) estudo hidrológico com atualização da série de vazões naturais;
- k) descrição das restrições operativas atuais, em termos de níveis e vazões;
- l) levantamento dos atuais usos da água, consuntivos ou não, associados ao reservatório do aproveitamento.

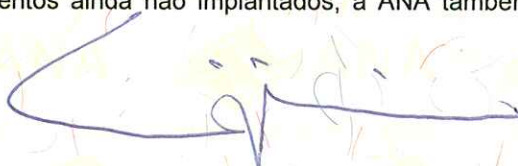
II – Ato administrativo do poder concedente do potencial de energia hidráulica, prorrogando o prazo da concessão ou da autorização.

III – Histórico diário de monitoramento do reservatório, contendo vazões afluentes, vazões defluentes, vazões turbinadas, vazões vertidas, níveis d'água e volumes armazenados.

Nos casos em que o empreendimento necessita de renovação de outorga, mas ainda não está implantado, a ANA também poderá exigir o estudo de qualidade da água do reservatório e o estudo de enchimento do reservatório.

Os estudos referentes aos itens i e j e os estudos de qualidade da água e do enchimento, quando for o caso, deverão ser elaborados segundo as diretrizes apresentadas no Capítulo 5 deste Manual. Esses estudos comporão um relatório de estudos de disponibilidade hídrica – REDH simplificado.

Nesses casos, a análise da ANA para a renovação das outorgas resultará na definição da série de vazões naturais, dos consumos de água a montante e nas condições gerais de operação do reservatório. Nos casos de empreendimentos ainda não implantados, a ANA também poderá definir as condições de enchimento.



- » Monitoramento de vazões afluentes, defluentes, vertidas, turbinadas e remanescentes.
- » Monitoramento dos níveis d'água.
- » Monitoramento da qualidade da água.
- » Monitoramento sedimentológico e do processo de assoreamento.

**Observações:**

- » O intenso uso da água e a poluição têm contribuído para agravar a escassez e a qualidade da água. Portanto, o acompanhamento da disponibilidade hídrica e das alterações de qualidade da água faz parte do programa de monitoramento de um reservatório, como forma de impedir que problemas decorrentes da poluição e do uso excessivo dos recursos hídricos possam comprometer os seus usos múltiplos e integrados.
- » O monitoramento de um reservatório consiste, em linhas gerais, no levantamento de informações pontuais visando à caracterização espacial e temporal da qualidade e quantidade da água em locais característicos de sua área de influência, ou seja, a montante, a jusante e no próprio corpo hídrico do reservatório.
- » O monitoramento do reservatório deverá abranger tanto as características físicas, químicas, biológicas de suas águas, quanto às hidrodinâmicas. Esse monitoramento deverá considerar a morfologia, as áreas inundadas e volumes armazenados, as vazões afluentes, os usos dos recursos hídricos relacionados diretamente com o processo de poluição, eutrofização e salinização do reservatório, bem como as regras operativas, o transporte de sedimentos e o correspondente assoreamento.
- » Ressalta-se que a morfologia do reservatório tem influência no seu comportamento limnológico. Assim, são condicionantes morfológicos que influenciam tanto a localização de organismos no corpo do reservatório quanto a distribuição do escoamento e de compostos químicos dissolvidos e particulados na massa líquida do reservatório: a penetração da radiação solar, a formação de correntes horizontais e verticais, a amplitude do vento, a existência de braços ou reentrâncias, os aportes líquidos e sólidos para o reservatório e para jusante dele.
- » Deverão ser monitoradas, sistematicamente, em relação à operação da usina hidrelétrica e do reservatório, as vazões afluentes, defluentes, vertidas, turbinadas e remanescentes, os níveis d'água operacionais e em determinados pontos do estirão fluvial sujeito à influência de remanso, desde que seja relevante o impacto de elevação dos níveis d'água nos trechos finais de reservatório devido ao assoreamento local, a qualidade da água (DBO, OD, N, P, pH, temperatura e compostos salinos), bem como o transporte de sedimentos e o correspondente assoreamento do reservatório.
- » Assim sendo, a reunião técnica inicial servirá para compatibilizar e integrar todos os monitoramentos exigidos por diferentes órgãos públicos. Nesse sentido, deverá participar desta reunião a ANA, a ANEEL, o empreendedor, o órgão ambiental competente.
- » A ANA poderá, a seu critério, especificar um programa de monitoramento para as fases de enchimento e operação do reservatório ou adotar normativos específicos sobre monitoramento que venham a ser definidos.

### **5.7. Referências Bibliográficas**

Neste capítulo, deverão ser citadas as principais referências utilizadas no desenvolvimento do Relatório de Estudos de Disponibilidade Hídrica – REDH. Como apoio complementar, para a seleção e utilização de referências bibliográficas, é apresentada, no capítulo 7 deste Manual, uma lista de bibliografias recomendáveis para cada capítulo do REDH.

## 6. RENOVAÇÃO DE OUTORGAS

Diversos aproveitamentos hidrelétricos em operação no país obtiveram sua concessão de uso do potencial hidráulico e a outorga de direitos de uso de recursos hídricos anteriormente à criação da ANA ou à regulamentação da DRDH. Para renovação dessas outorgas, os outorgados, ao fim do prazo de validade dos respectivos contratos de concessão ou atos autorizativos de uso do potencial de energia hidráulica, quando não houver nova licitação do potencial, deverão solicitar à ANA a renovação das respectivas outorgas de direito de uso de recursos hídricos, para as intervenções em rios de domínio da União, apresentando:

I – Atualização da documentação básica sobre o empreendimento e respectivos estudos:

- a) ficha técnica do empreendimento;
- b) mapa de localização em formato digital;
- c) arranjo do empreendimento em formato digital;
- d) área inundada do reservatório (no NA normal e vazões de cheia) em formato digital;
- e) localização, indicando municípios, UF, coordenadas geográficas, rio e bacia;
- f) potência instalada e energia firme;
- g) características da barragem;
- h) características do vertedor, vazão de projeto e tempo de retorno utilizado no projeto original do AHE;
- i) atualização da curva cota-área-volume – CAV do reservatório e revisão do estudo de assoreamento com determinação da vida útil restante do reservatório, em função da atualização da CAV;
- j) estudo hidrológico com atualização da série de vazões naturais;
- k) descrição das restrições operativas atuais, em termos de níveis e vazões;
- l) levantamento dos atuais usos da água, consuntivos ou não, associados ao reservatório do aproveitamento.

II – Ato administrativo do poder concedente do potencial de energia hidráulica, prorrogando o prazo da concessão ou da autorização.

III – Histórico diário de monitoramento do reservatório, contendo vazões afluentes, vazões defluentes, vazões turbinadas, vazões vertidas, níveis d'água e volumes armazenados.

Nos casos em que o empreendimento necessita de renovação de outorga, mas ainda não está implantado, a ANA também poderá exigir o estudo de qualidade da água do reservatório e o estudo de enchimento do reservatório.

Os estudos referentes aos itens i e j e os estudos de qualidade da água e do enchimento, quando for o caso, deverão ser elaborados segundo as diretrizes apresentadas no Capítulo 5 deste Manual. Esses estudos comporão um relatório de estudos de disponibilidade hídrica – REDH simplificado.

Nesses casos, a análise da ANA para a renovação das outorgas resultará na definição da série de vazões naturais, dos consumos de água a montante e nas condições gerais de operação do reservatório. Nos casos de empreendimentos ainda não implantados, a ANA também poderá definir as condições de enchimento.



Para os aproveitamentos hidrelétricos que possuem concessão ou autorização anterior à regulamentação da DRDH e ainda vigentes, mas para os quais não foram respeitados os prazos de implantação previstos no artigo

5º da Lei no 9.984/2000 (2 anos para início de implantação e 6 anos para conclusão da implantação), ou ocorreu ausência de uso da água por três anos consecutivos, conforme Artigo 15 da Lei no 9.433/1997, ou ainda nos casos em que houve mudança de características de projeto em relação às características definidas nos contratos de concessão ou autorização, deverá ser solicitada uma nova outorga à ANA. Nestes casos, a ANA especificará os estudos e documentos a serem apresentados.

Nos casos especificados acima, a outorgada deverá realizar e manter atualizada a Declaração de Uso no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos – CNARH

A renovação da outorga terá prazo coincidente com a prorrogação de prazo da concessão ou da autorização de uso do potencial de energia hidráulica.



## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este Manual procurou apresentar de maneira objetiva os requisitos necessários à obtenção da DRDH para os aproveitamentos hidrelétricos, dando diretrizes tanto para os conteúdos quanto para as formas de apresentação, no sentido de auxiliar a elaboração dos estudos necessários à solicitação desse certificado.

Em relação às análises, espera-se que a adequação dos estudos a este Manual contribuirá para a celeridade das avaliações, bem como para a redução do número de diligências, as quais são requisitadas no caso de documentações incompletas ou quando são necessárias informações adicionais, situações estas que dificultam o processo.

Sob a ótica do usuário, entende-se que o Manual poderá pautar futuros termos de referência para a contratação de consultorias, fazendo que, em muitos casos, tenha-se uma redução dos custos, na medida em que se evitam estudos acessórios que não contribuem para as análises necessárias.

Por fim, como informado na seção de perguntas e respostas, a SOF fica à disposição para dirimir quaisquer dúvidas que porventura sejam necessárias. Além disso, toda a tramitação, na ANA, poderá ser acompanhada via Internet, bastando para isso seguir os passos apresentados no Anexo 3 – Acompanhamento da tramitação dos pedidos de DRDH e outorga preventiva.



## **8. BIBLIOGRAFIA DE APOIO**

### **LEGISLAÇÃO:**

#### **Lei n.º 9.427, de 26 de dezembro de 1996**

Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de Serviços Públicos de Energia Elétrica e dá outras providências.

#### **Decreto n.º 2.335, de 6 de outubro de 1997**

Constitui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, autarquia sob regime especial, aprova sua Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e Funções de Confiança e dá outras providências.

#### **Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997**

Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei 8.001, de 13 de março de 1990;

#### **Lei n.º 9.984, de 17 de julho de 2000**

Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências;

#### **Decreto n.º 3.692, de 19 de dezembro de 2000**

Dispõe sobre a instalação, aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos Comissionados e dos Cargos Comissionados Técnicos da Agência Nacional de Águas - ANA, e dá outras providências;

#### **Lei n.º 10.847, de 15 de março de 2004**

Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética - EPE, e dá outras providências;

#### **Decreto n.º 5.184, de 16 de agosto de 2004**

Cria a Empresa de Pesquisa Energética - EPE, aprova seu Estatuto Social e dá outras providências;

#### **Lei n.º 6.662, de 25/06/79**

Lei de Irrigação – dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação

#### **Decreto n.º 4.024, de 21 de novembro de 2001**

Estabelece critérios e procedimentos para implantação ou financiamento de obras de infraestrutura hídrica com recursos financeiros da União e dá outras providências.

#### **Decreto n.º 89.496, de 29/03/84**

Regulamenta a Lei n.º 6.662/79, Lei de Irrigação

#### **Decreto n.º 93.484, de 29/10/86**

Altera o Decreto n.º 89.496/84

### **RESOLUÇÃO CNRH**

#### **Resolução n.º 37, de 26 de março de 2004**

Estabelece diretrizes para a outorga de recursos hídricos para a implantação de barragens em corpos de água de domínio dos Estados, do Distrito Federal ou da União.

#### **Resolução n.º 29, de 11 de dezembro de 2002**

Define diretrizes para a outorga de uso dos recursos hídricos para o aproveitamento dos recursos minerais.

#### **Resolução n.º 16, de 8 de maio de 2001**

Estabelece diretrizes para a outorga de direito de uso de recursos hídricos

## **RESOLUÇÕES CONAMA**

### **Resolução CONAMA n.º 357/2005, de 17 de março de 2005;**

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

## **RESOLUÇÃO ANA**

### **Resolução ANA n.º 131, de 11 de março de 2003 (em anexo)**

Dispõe sobre procedimentos referentes à emissão de declaração de reserva de disponibilidade hídrica e de outorga de direito de uso de recursos hídricos, para uso de potencial de energia hidráulica superior a 1 MW em corpo de água de domínio da União e dá outras providências.

### **Resolução ANA n.º 194, de 16 de setembro de 2002**

Dispõe sobre a emissão, pela Agência Nacional de Águas - ANA, do Certificado de Avaliação da Sustentabilidade da Obra Hídrica – CERTOH

## **RESOLUÇÃO ANEEL**

### **Resolução ANEEL n.º 169, de 3 de maio de 2001**

Estabelece critérios para utilização do Mecanismo de Realocação de Energia – MRE por centrais hidrelétricas não despachadas centralizadamente.

### **Resolução ANEEL n.º 652, de 9 de dezembro de 2003**

Estabelece critérios para enquadramento de aproveitamento hidrelétrico na condição de Pequena Central Hidrelétrica (PCH).

## **MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE**

Plano Nacional de Recursos Hídricos  
pnrh.cnrh-srh.gov.br

## **MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – MI**

- Manual de Segurança e Inspeção de Barragens do Ministério da Integração Nacional - 2002
- Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem – 2005
- Diretrizes Ambientais para Projeto e Construção de Barragens e Operação de Reservatórios – 2005 – PROÁGUA / Semi-Árido

## **COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS – CBDB**

- Auscultação e Instrumentação de Barragens no Brasil

## **RELATÓRIO DE ESTUDOS DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA**

### **Capítulo 5.3: Hidrologia**

- ⇒ **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**, organizado por Aldo Rebouças, Benedito Braga e José Galizia Tundisi, Escrituras Editora, São Paulo, 1999.
- ⇒ **Crítérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas**, Eletrobrás, 2003.
- ⇒ **Curva-Chave – Análise e Traçado**, MME, 1989.
- ⇒ **Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros**, IPH/UFRGS, Eletrobrás, 1992.
- ⇒ **Diretrizes para Análise de Dados Hidrométricos e Normas para Identificação de Correções e Preenchimentos de Falhas – Versão Preliminar**, CPRM/ANA, 2005.
- ⇒ **Diretrizes para Elaboração de Projeto Básico**, Eletrobrás/ANEEL, 1999;
- ⇒ **Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas**, Eletrobrás, 1999;
- ⇒ **Engineering Hydrology**, Jaromir Nemec, McGraw-Hill, 1972.

- ⇒ **Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional: Metodologia e Resultados Consolidados**, Relatório Final, FAHNA/DREER/ONS, 2003;
- ⇒ **Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional - SIN: Metodologia e Resultados Consolidados**, Relatório Final, FAHNA/DZETA/ONS, 2005;
- ⇒ **Estudo da Vazão Máxima Provável do Rio Grande na UHE Mascarenhas de Moraes**, Jander Duarte Campos e João Carlos Matoso Salgado, XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – ABRH, Belo Horizonte, 1999.
- ⇒ **Gerenciamento da Qualidade da Água de Represas**, Vol.9, Diretrizes para o Gerenciamento de Lagos, J.G.Tundisi, ILEC/IIE, São Carlos, 2000.
- ⇒ **Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatório**, Newton de Oliveira Carvalho, ANEEL, 2000.
- ⇒ **Guia para Cálculos de Cheia de Projetos de Vertedores**, Eletrobrás, 1987.
- ⇒ **Hidrologia Ambiental**, organizado por Rubem La Laina Porto, Editora USP; ABRH, São Paulo, 1991.
- ⇒ **Hidrologia Aplicada**, Ven Te Chow, David R. Maidment, Laray N. Mays, McGraw-Hill Interamericana S.A., Santafé de Bogotá, Colômbia, 1994.
- ⇒ **Hidrologia: Ciência e Aplicação**, organizado por Tucci, C.E.M, Ed. da Universidade; ABRH, EDUSP; Porto Alegre, 1993.
- ⇒ **Hidrometria Aplicada**, Irani dos Santos et al., Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, Curitiba, 2001.
- ⇒ **Hidrologia Estatística**, Mauro Naghettini e Éber José de Andrade Pinho, CPRM, Belo Horizonte, 2007.
- ⇒ **Hidrossedimentologia Prática**, Newton de Oliveira Carvalho, CPRM/Eletrobrás, 1994.
- ⇒ **Instruções para Estudos de Viabilidade de Aproveitamentos Hidrelétricos**, Eletrobrás/DNAEE, 1997.
- ⇒ **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**, Marcos Von Sperling, UFMG, Belo Horizonte, 1996.
- ⇒ **Manual de Inventários de Bacias Hidrográficas**, Eletrobrás, 1997
- ⇒ **Metodologia para Regionalização de Vazões**, Eletrobrás, 1985.
- ⇒ **Modelos Hidrológicos**, Carlos E.M. Tucci, Editora da Universidade/UFRGS, ABRH, 1998.
- ⇒ **Regionalização de Vazões**, Carlos E. M. Tucci, Editora da Universidade, UFRGS, 2001.
- ⇒ **Resoluções da ANA sobre Séries de Usos Consuntivos para diversos locais de aproveitamento hidrelétrico**, 2003-2007.
- ⇒ **Série naturais de vazões médias mensais** - Como referência, ressalta-se que o ONS, em conjunto com a ANA, a ANEEL, o CCPE/MME e os Agentes de Geração envolvidos, estudou e reconstituiu, para oito grandes bacias brasileiras, a série de vazões naturais para diversos aproveitamentos hidrelétricos. Atualmente, essas séries abrangem o período de 1931 a 2001 e são utilizadas pelo ONS nos modelos de planejamento de todo o setor elétrico. Além disso, foram definidas séries de vazões de usos consuntivos incrementais aos principais aproveitamentos hidrelétricos e para diversas bacias hidrográficas.
- ⇒ **Séries de Vazões de Usos Consuntivos de Aproveitamentos Localizados na Bacia do Rio Paranapanema**, NT N°07/2004, SUM/ANA, 2004;
- ⇒ **Sistema para Usos Consuntivos de Água (SEUCA)**, ONS, 2004.



#### Capítulo 5.4: Característica do Empreendimento

- ⇒ **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**, organizado por Aldo Rebouças, Benedito Braga e José Galizia Tundisi, Escrituras Editora, São Paulo, 1999.
- ⇒ **Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas**, Eletrobrás/CBDB, 2003.
- ⇒ **Curva-Chave – Análise e Traçado**, MME, 1989.
- ⇒ **Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros**, IPH/Eletrobrás, 1992,
- ⇒ **Diagnósticos do Fluxo de Sedimentos em Suspensão para as Bacias do Rio São Francisco e Araguaia/Tocantins**, ANA/ANEEL/Embrapa, 2001.
- ⇒ **Diretrizes para Elaboração de Projeto Básico**, Eletrobrás/ANEEL, 1999;
- ⇒ **Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas**, Eletrobrás, 1999;
- ⇒ **Estimativa dos Benefícios da Operação Hidrotérmica Coordenada**, ONS/PSR Consultoria, 2000.
- ⇒ **Gerenciamento da Qualidade da água de Represas, Vol.9, Diretrizes para o Gerenciamento de Lagos**, J.G.Tundisi, ILEC/IIE, São Carlos, 2000.
- ⇒ **Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios**, Newton de Oliveira Carvalho, ANEEL, 2000.
- ⇒ **HEC-6, Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs, User's Manual**, U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC), June 1991, Davis, CA.
- ⇒ **HEC-RAS**, U.S. Army Corps of Engineers, 1997.
- ⇒ **Hidrologia Ambiental**, organizado por Rubem La Laina Porto, Editora USP; ABRH, São Paulo, 1991.
- ⇒ **Hidrossedimentologia Prática**, Newton de Oliveira Carvalho, CPRM/Eletrobrás, 1994.
- ⇒ **Instruções para Estudos de Viabilidade de Aproveitamento Hidrelétricos**, Eletrobrás/DNAEE, 1997;
- ⇒ **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**, Marcos Von Sperling, UFMG, Belo Horizonte, 1996.
- ⇒ **Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas**, Eletrobrás, 1997;
- ⇒ **Modelos Hidrológicos**, Carlos E.M. Tucci, Editora da Universidade/UFRGS, ABRH, 1998.
- ⇒ **O Copo e a Bacia**, In: A Chuva e o Chão na Terra do Sol, Hypérides Pereira de Macedo, ed. Maltese, São Paulo, 1996.
- ⇒ **Open-Channel Hydraulics**, Richard H. French, McGraw-Hill, 1985
- ⇒ **Open-Channel Hydraulics**, Ven Te Chow, McGraw-Hill, 1959.
- ⇒ **Regionalização de Vazões**, Carlos E. M. Tucci, Ed. Universidade, UFRGS, 2002.

#### Capítulo 5.5: Usos Múltiplos

- ⇒ **Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas**, Eletrobrás/CBDB, 2003.
- ⇒ **Diretrizes para Elaboração de Projeto Básico**, Eletrobrás/ANEEL, 1999;
- ⇒ **Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas**, Eletrobrás, 1999;
- ⇒ **Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional: Metodologia e Resultados Consolidados**, Relatório Final, FAHNA/DREER/ONS, 2003;



- ⇒ **Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional - SIN: Metodologia e Resultados Consolidados**, Relatório Final, FAHNA/DZETA/ONS, 2005;
- ⇒ **Gerenciamento da Qualidade da Água de Represas**, Vol.9, Diretrizes para o Gerenciamento de Lagos, J.G.Tundisi, ILEC;IIE, São Carlos, 2000.
- ⇒ **Hidrologia Ambiental**, organizado por Rubem La Laina Porto, Editora USP; ABRH, São Paulo, 1991.
- ⇒ **Hidrossedimentologia Prática**, Carvalho, N.O., CPRM - ELETROBRÁS, 1994.
- ⇒ **Instruções para Estudos de Viabilidade de Aproveitamento Hidrelétricos**, Eletrobrás/DNAEE, 1997;
- ⇒ **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**, Marcos Von Sperling, UFMG, Belo Horizonte, 1996.
- ⇒ **Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidrelétricos**, ONS, 2006.
- ⇒ **Modelos Hidrológicos**, Carlos E.M. Tucci, Editora da Universidade/UFRGS, ABRH, 1998.
- ⇒ **Notas Técnicas e Resoluções da ANA sobre Séries de Usos Consuntivos para diversos locais de aproveitamento hidrelétrico**, a partir das quais poderão ser inferidas séries para outros locais.
- ⇒ **Plano Nacional de Recursos Hídricos: Caderno Setorial de Recursos Hídricos**, SRH/MMA, 2006;
- ⇒ **Resoluções da ANA sobre Séries de Usos Consuntivos para diversos locais de aproveitamento hidrelétrico**, 2003-2007.
- ⇒ **Séries de Vazões de Usos Consuntivos de Aproveitamentos Localizados na Bacia do Rio Paranapanema**, NT N°07/2004, SUM/ANA, 2004;
- ⇒ **Sistema para Usos Consuntivos de Água (SEUCA)**, ONS, 2004.

#### **Capítulo 5.6: Estudos Específicos**

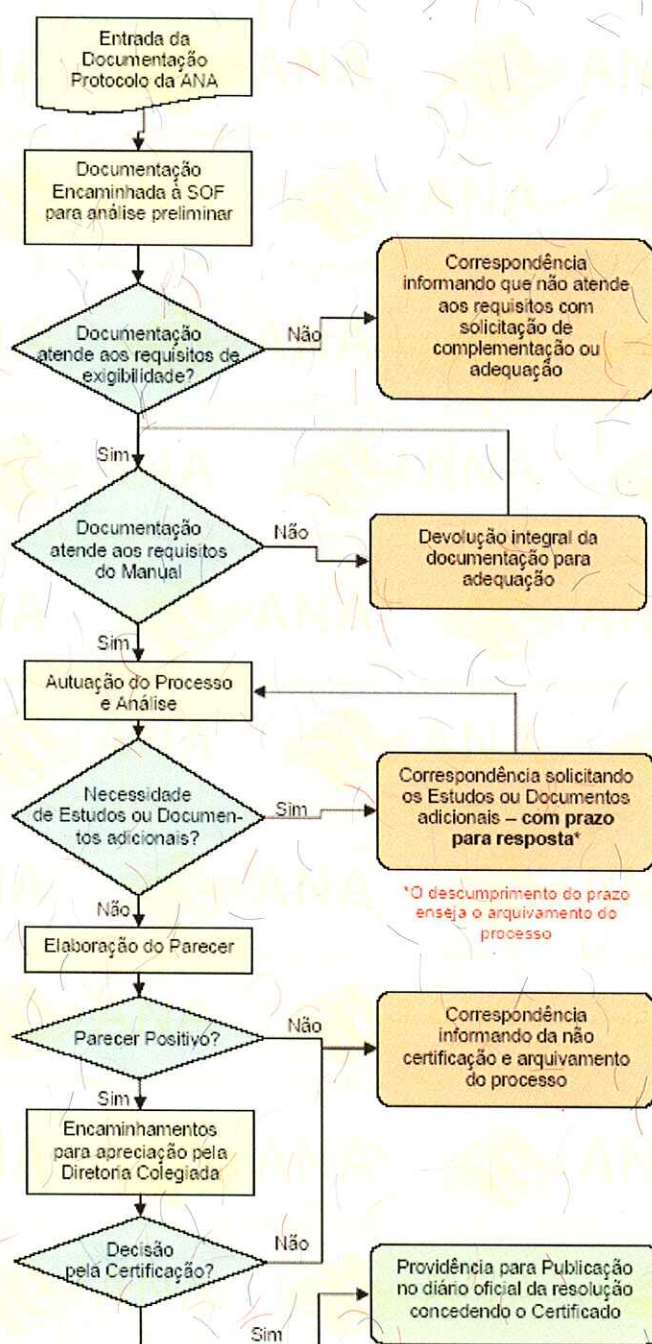
- ⇒ **Gerenciamento da Qualidade da Água de Represas**, Vol.9, Diretrizes para o Gerenciamento de Lagos, J.G.Tundisi, ILEC;IIE, São Carlos, 2000.
- ⇒ **HEC-6, Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs, User's Manual**, U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC), June 1991, Davis, CA.
- ⇒ **HEC-RAS, River Analysis System – User's Manual**, U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC), Computer Program Documentation CPD-68, Version 4.0, November, 2007.
- ⇒ **Hidrologia Ambiental**, organizado por Rubem La Laina Porto, Editora USP; ABRH, São Paulo, 1991.
- ⇒ **Hidrossedimentologia Prática**, Carvalho, N.O., CPRM - ELETROBRÁS, 1994.
- ⇒ **Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidrelétricos**, ONS, 2006.
- ⇒ **Modelos Hidrológicos**, Carlos E.M. Tucci, Editora da Universidade/UFRGS, ABRH, 1998.
- ⇒ **Planos Anuais de Prevenção de Cheias**, ONS, 2006.

## ANEXO 1 – RESUMO DOS DOCUMENTOS SOLICITADOS

Requisitos Básicos	
1. Carta de Solicitação da DRDH ou Outorga Preventiva	
2. Formulários devidamente preenchidos	
3. Estudos de Viabilidade completos e respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) da empresa projetista e/ou responsável técnico pelos estudos	
4. Projeto Básico completo e respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) da empresa projetista e/ou responsável técnico pelo projeto	
5. Relatório de Estudos de Disponibilidade Hídrica completos e respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) da empresa projetista e/ou responsável técnico pelos estudos	
Documentação relativa ao empreendedor	
6. Caso o futuro operador do empreendimento seja outro órgão/entidade e não a que solicitou a DRDH ou a outorga preventiva: documento oficial do operador responsabilizando-se pela operação do empreendimento	
7. Caso o futuro operadores do empreendimento seja Empresa Controlada ou órgão da Administração Pública: lei de criação demonstrando que a empresa controlada/órgão tem, dentre suas atribuições, a de operar os tipos de empreendimentos de infra-estrutura hídrica para o qual a DRDH ou outorga preventiva está sendo requerida.	
8. Comprovação do acervo técnico da empresa/órgão/entidade responsável pela operação do empreendimento proposto, apresentando documentos tais como: fichas técnicas das obras de infra-estrutura hídrica operadas pela mesma, atestados de capacidade técnica, Anotações de Responsabilidade Técnica (ARTs) ou documentos equivalentes	
Documentação relativa à disponibilidade hídrica	
9. Relatório de Estudos de Disponibilidade Hídrica completos, em via impressa e em meio digital	
10. Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) da empresa projetista e/ou responsável técnico pelos estudos de disponibilidade hídrica	



## ANEXO 2 – FLUXOGRAMA DE TRAMITAÇÃO DE PEDIDOS DE DRDH / OUTORGA



Dalvino Troccoli Franca  
Diretor-Presidente Substituto

## ANEXO 3 – ACOMPANHAMENTO DA TRAMITAÇÃO DE PEDIDOS DE DRDH/OUTORGA

Passo 1: acesse o site da ANA – [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)

Passo 2: na barra a esquerda, vá a **Serviços**, e em seguida a **Protocolo Geral**, que abrirá uma nova janela para que se realize a pesquisa por interessado do documento ou processo de interesse.

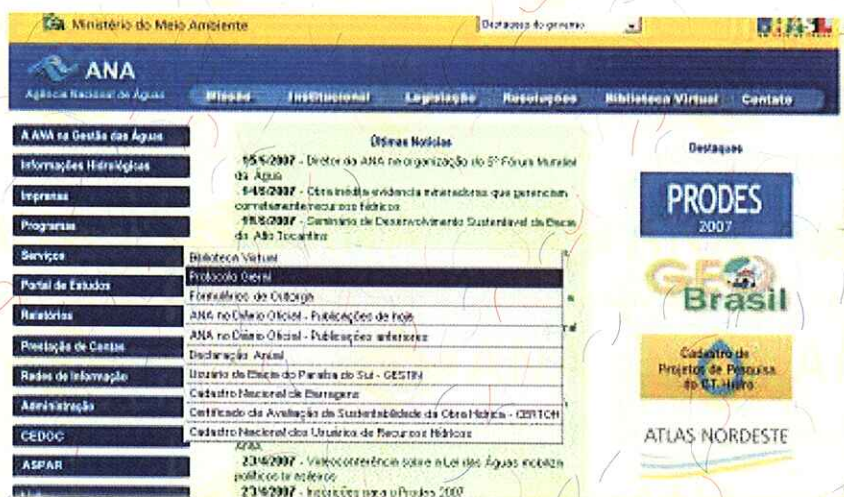


Figura A.3.1 – Passo 2

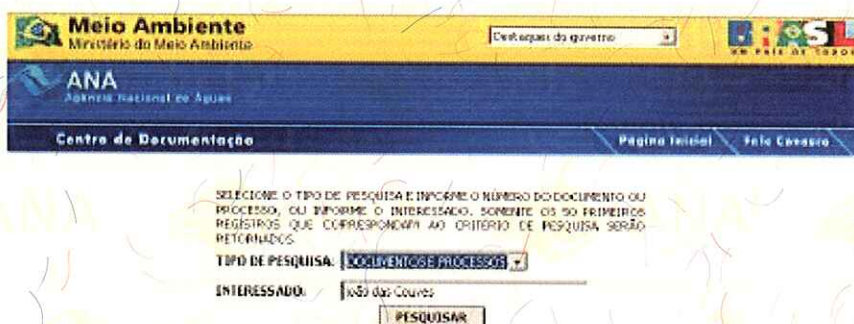


Figura A.3.2 – Janela de Busca

Passo 3: Na **Janela de Busca**, utilize os campos **TIPO DE PESQUISA** e **INTERESSADO** para realizar a pesquisa sobre o documento ou processo de interesse, clicando na tecla **PESQUISAR**. Após esta tarefa, uma nova janela aparecerá com o resultado da pesquisa.

Passo 4: Identifique o documento ou processo de interesse e o selecione para obter informações sobre a tramitação do processo dentro da ANA.

*Dalvino Troccoli Franca*  
Diretor-Presidente Substituto

**Meio Ambiente**  
Ministério do Meio Ambiente

**ANA**  
Agência Nacional de Águas

Centro de Documentação

Selecione o tipo de pesquisa e informe o número do documento ou processo, ou informe o interessado, somente os 50 primeiros registros que correspondam ao critério de pesquisa serão retornados.

**TIPO DE PESQUISA:** DOCUMENTOS E PROCESSOS

**INTERESSADO:** João das Couves

**PESQUISAR**

FORAM ENCONTRADOS 50 REGISTROS CORRESPONDENTES AO CRITÉRIO DE PESQUISA UTILIZADO.

ID	TIPO	DATA	INTERESSADO	ASSUNTO
0000.000	2002	02/04/2002	João das Couves	AUTORIZAÇÃO DE USO DE RECURSOS HÍDRICOS
0000.000	2001	30/01/2001	INTERESSADO	

Figura A.3.3 – Janela de Resultados

Após a seleção do processo ou documento de interesse, uma janela com as tramitações será apresentada, conforme é mostrado na Figura A.3.4.

**Centro de Documentação**

**DOCUMENTO:** 0000.000 - 2002/04

**DATA:** 02/04/2002

**SITUAÇÃO:** REQUERIDO

**INTERESSADO:** João das Couves

**ASSUNTO:** AUTORIZAÇÃO DE USO DE RECURSOS HÍDRICOS

ORIG	TRAMITADO EM	PAR	RECEBIDO EM	PAR
COORDENADORIA	10/11/2005 11:23	Filipe	10/11/2005 11:23	Giuliano
DEPARTAMENTO	INVESTIGAÇÃO PARA AQUEDUTO	Filipe	09/11/2005 15:04	Giuliano
SOC	09/11/2005 14:06	Filipe	09/11/2005 15:04	Giuliano
DEPARTAMENTO	REQUISITANTE	Filipe	06/09/2004 10:43	Giuliano
COORDENADORIA	20/08/2004 11:58	Filipe	06/09/2004 10:43	Giuliano
DEPARTAMENTO	PARA AQUEDUTO EM VIRTUDE DE CONDIÇÃO DE TRÁFEGO PARA EXPANSÃO DE OBRAS	Filipe	06/09/2004 10:43	Giuliano
SOC	09/08/2004 17:11	Filipe	06/09/2004 10:43	Giuliano
DEPARTAMENTO	ADICIONAMENTO DE ÁGUAS	Filipe	06/09/2004 10:43	Giuliano

QUERO ACOMPANHAR ESTE DOCUMENTO

E-MAIL:

**CADASTRAR**

Figura A.3.4 – Janela de Tramitação

**Passo 5:** Caso seja de interesse do usuário, há a possibilidade de cadastramento de e-mail para recebimento de mensagens relativas a qualquer tramitação do documento ou processo dentro da ANA.

## ANEXO 4- FORMULARIO

USINA HIDRELÉTRICA:															
EMPRESA:															
ETAPA:															
CONTATO:										DATA:					
1. LOCALIZAÇÃO										TEL.:					
RIO:				SUB-BACIA:				BACIA:							
LAT.:		DIST. DA FOZ:		MUNICÍPIO M. DIR.:				UF.:							
LONG.:		km		MUNICÍPIO M. ESQ.:				UF.:							
2. DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS															
POSTOS FLUVIOMÉTRICOS DE REFERÊNCIA															
CÓD.:		NOME:		RIO:				AD:		km <sup>2</sup>					
ÁREA DE DRENAGEM DO BARRAM.:				km <sup>2</sup>				VAZÃO FIRME: (95%)				m <sup>3</sup> /s			
PREC. MÉDIA ANUAL:				mm				VAZÃO MÁX. REGISTRADA: ( )				m <sup>3</sup> /s			
EVAP. MÉDIA ANUAL:				mm				VAZÃO MÍN. REGISTRADA: ( )				m <sup>3</sup> /s			
EVAP. MÉDIA MENSAL: mm				mm				VAZÃO MÍN. MÉDIA MENSAL:				m <sup>3</sup> /s			
VAZÃO MLT (PER.:				):				m <sup>3</sup> /s				VAZÃO DE PROJETO (TR: ANOS)		m <sup>3</sup> /s	
												VAZÃO OBRAS DESVIO (TR: ANOS)		m <sup>3</sup> /s	
VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m <sup>3</sup> /s) - PERÍODO:															
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ				
EVAPORAÇÃO MÉDIA MENSAL (mm) - PERÍODO:															
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ				
3. RESERVATÓRIO:															
N.A. DE MONTANTE						VOLUMES									
MÍN. NORMAL:						m						NO N.A. MÁXIMO NORMAL:		x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	
MÁX. NORMAL:						m						ÚTIL:		x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	
MÁX. MAXIMORUM:						m						ABAIXO DA SOL. VERTEDOURO:		x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	
N.A. DE JUSANTE:						OUTRAS INFORMAÇÕES									
NORMAL:												VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO		anos	
MÍNIMO:						m						VAZÃO REGULARIZ. (PER. CRÍT. / )		m <sup>3</sup> /s	
MÁX. NORMAL:						m						PERÍMETRO DO RESERVATÓRIO:		km	
ÁREAS INUNDADAS												PROFUNDIDADE MÉDIA:		m	
NO N.A. MÁX. MAXIMORUM:						km <sup>2</sup>						PROFUNDIDADE MÁXIMA:		m	
NO N.A. MÁX. NORMAL:						km <sup>2</sup>						TEMPO DE FORMAÇÃO DO RESERV:		dias	
NO N.A. MÍN. NORMAL:						km <sup>2</sup>						TEMPO DE RESIDÊNCIA:		dias	
ÁREAS INUNDADAS POR MUNICÍPIO (ha)															
MUNICÍPIO		ESTADO		SEM A CALHA DO RIO		ÁREAS (ha)		LEITO DO RIO		TOTAL					
4. TURBINAS															
TIPO:						VAZÃO UNITÁRIA NOMINAL:						m <sup>3</sup> /s			
POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL:						MW						RENDIMENTO OP. MÁXIMO:		%	
NÚMERO DE UNIDADES:												RENDIMENTO OP. MÍNIMO:		%	
QUEDA DE PROJETO (BRUTA MÁX.):						m									

<b>5. CRONOGRAMA – PRINCIPAIS FASES</b>			
INÍCIO DAS OBRAS ATÉ O DESVIO:	meses	TOTAL:	meses
DESVIO ATÉ O FECHAMENTO:	meses	MONT. ELETROMECÂNICA (1ª UNID.):	meses
FECHAM. ATÉ GERAÇÃO (1ª UNID.):	meses	OPERAÇÃO (cada unidade):	meses
<b>6. ESTUDOS ENERGETICOS</b>			
QUEDA BRUTA MÁXIMA:	m	ENERGIA FIRME:	MW médios
QUEDA DE REFERÊNCIA:	m	ENERGIA ASSEGURADA:	MW médios
POTÊNCIA DA USINA:	mW	POTÊNCIA MÉDIA:	MW médios
<b>7. IMPACTOS SÓCIO-AMBIENTAIS</b>			
<b>POPULAÇÃO ATINGIDA (Nº DE HABITANTES)</b>		<b>FAMÍLIAS ATINGIDAS</b>	
URBANA:		URBANA:	
RURAL:		RURAL:	
TOTAL:		TOTAL:	
QUANTIDADE DE NÚCLEOS URBANOS ATINGIDOS:			
INTERFERÊNCIAS COM ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS:		SIM	NÃO
INTERFERÊNCIAS COM ÁREAS INDÍGENAS:		SIM	NÃO
RELOCAÇÃO DE ESTRADAS:			EXTENSÃO: km
RELOCAÇÃO DE PONTES:			EXTENSÃO:
EMPREGOS GERADOS DURANTE A CONSTRUÇÃO:			DIRETOS:
			INDIRETOS:
<b>8. ASPECTOS AMBIENTAIS CRÍTICOS:-</b> (POR EXEMPLO: RESERVAS INDÍGENAS, CAVERNAS NO LOCAL DO RESERVATÓRIO, ETC)			
<b>9. DESCRIÇÃO SOBRE A EXISTÊNCIA DE OUTROS USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS:-</b> (POR EXEMPLO, NAVEGAÇÃO, ABASTECIMENTO PÚBLICO, TURISMO, LAZER, ETC)			
<b>10. OBSERVAÇÕES: -</b>			

**ANEXO 5 – RESOLUÇÃO ANA 131, DE 11 DE MARÇO DE 2003**



RESOLUÇÃO Nº 131, DE 11 DE MARÇO DE 2003

Dispõe sobre procedimentos referentes à emissão de declaração de reserva de disponibilidade hídrica e de outorga de direito de uso de recursos hídricos, para uso de potencial de energia hidráulica superior a 1MW em corpo de água de domínio da União e dá outras providências.

O **DIRETOR-PRESIDENTE DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA**, no uso da sua atribuição que lhe conferem os incisos III e XVII do art. 16 do Regimento Interno aprovado pela Resolução nº 9, de 17 de abril de 2001, torna público que a **DIRETORIA COLEGIADA**, em sua 84ª Reunião Ordinária, realizada em 10 de março de 2003, considerando o disposto no art. 7º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, resolveu:

Art. 1º Para licitar a concessão ou autorizar o uso do potencial de energia hidráulica em corpo de água de domínio da União, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL deverá promover, junto à ANA, a prévia obtenção de declaração de reserva de disponibilidade hídrica.

§1º A declaração de reserva de disponibilidade hídrica e a outorga de direito de uso de potencial de energia hidráulica em corpo hídrico de domínio dos estados e do Distrito Federal serão objeto de regulamentação específica.

§2º Ao solicitar a declaração de reserva de disponibilidade hídrica de que trata a *caput* deste artigo a ANEEL deverá encaminhar cópia dos seguintes documentos:

I – ficha técnica do empreendimento, (ver formulário – Anexo 4);

II – estudos hidrológicos referentes à determinação;

- a) da série de vazões utilizadas no dimensionamento energético de cada um dos cenários de usos múltiplos dos recursos hídricos, inclusive para o transporte aquaviário;
- b) das vazões máximas consideradas no dimensionamento dos órgãos extravasores;
- c) das vazões mínimas; e
- d) do transporte de sedimentos;

III – estudos referentes ao reservatório quanto à definição:

- a) das condições de enchimento;
- b) do tempo de residência da água;
- c) das condições de assoreamento;
- d) do remanso; e
- e) das curvas “cotas x área x volume”;

IV – mapa de localização e de arranjo do empreendimento, georreferenciado e em escala adequada;

V – descrição das características de empreendimento, no que se refere:

- a) à capacidade dos órgãos extravasores;
- b) à vazão remanescente, quando couber;



- c) às restrições à montante e à jusante; e
- d) ao cronograma de implantação;

VI – estudos energéticos utilizados no dimensionamento do aproveitamento hidrelétrico, inclusive quanto a evolução da energia assegurada ao longo do período da concessão ou da autorização; e

VII – Anotação de Responsabilidade Técnica – ART dos técnicos responsáveis pelos estudos.

§3º A ANA poderá solicitar à ANEEL dados complementares para análise do pedido.

Art. 2º A ANA dará publicidade aos pedidos de declaração de reserva de disponibilidade hídrica bem como aos atos administrativos que deles resultarem.

Art. 3º Na análise do pedido de declaração de reserva de disponibilidade hídrica de que trata o artigo 1º, a ANA se articulará com os respectivos órgãos ou entidades gestores de recursos hídricos dos Estados e do Distrito Federal, visando a garantia dos usos múltiplos na bacia hidrográfica.

Parágrafo único. A articulação compreenderá consulta aos órgãos ou às entidades gestoras, sobre os usos de recursos hídricos nos rios de domínio estadual ou do Distrito Federal que poderão afetar o empreendimento ou por este serem afetados.

Art. 4º A ANA considerará em sua avaliação:

I – os usos atual e planejado dos recursos hídricos na bacia hidrográfica, cujo impacto se dá predominantemente na escala da bacia; e

II – o potencial benefício do empreendimento hidrelétrico, cujo impacto se dá preponderantemente na escala nacional.

Art. 5º A declaração de reserva de disponibilidade hídrica não confere direito de uso de recursos hídricos e se destina, unicamente, a reservar a quantidade de água necessária à viabilidade do empreendimento hidrelétrico.

Parágrafo único. A declaração de reserva de disponibilidade hídrica será concedida pelo prazo de até três anos, podendo ser renovada por igual período, a critério da ANA, mediante solicitação da ANEEL.

Art. 6º A ANA transformará automaticamente a declaração de reserva de disponibilidade hídrica em outorga de direito de uso de recurso hídrico tão logo receba da ANEEL a cópia contrato de concessão ou do ato administrativo de autorização para exploração de potencial de energia hidráulica localizado em rios de domínio da União.

Art. 7º Os detentores de concessão e de autorização de uso de potencial de energia hidráulica, expedidas até a data desta Resolução, ficam dispensados da solicitação de outorga de direito de uso dos recursos hídricos.

Art. 8º Esta Resolução entra em vigor na data da sua publicação.

Jerson Kelman

**Anexo II**

**Resolução nº 463 de 03 de setembro de 2012**

**Diretrizes para estudos de arranjos de obras de  
transposição de desnível para a navegação**

**Brasília- DF  
2012**



**Dalvino Troccoli Franca**  
Diretor-Presidente Substituto

## ÍNDICE

ITEM	DESCRIÇÃO	PAG
1	<b>APRESENTAÇÃO</b>	5
2	<b>ESTUDOS DE CONCEPÇÃO E DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVAS</b>	6
2.1	<i>Generalidades</i>	6
2.2	<i>Avaliação do tráfego esperado</i>	6
2.3	<i>Definição da embarcação tipo</i>	7
2.4	<i>Gabaritos da via navegável na região abrangida pela obra de transposição</i>	7
2.5	<i>Condicionantes básicos da obra de transposição</i>	7
2.5.1	<i>Níveis de água a montante e a jusante</i>	7
2.5.2	<i>Condições dos acessos</i>	8
2.5.3	<i>Geologia e topografia dos possíveis locais de implantação</i>	8
2.6	<i>Definição do sistema de transposição a ser adotado</i>	9
2.6.1	<i>Alternativas a serem consideradas</i>	9
2.6.2	<i>Análise de viabilidade preliminar das alternativas</i>	10
2.6.3	<i>Escolhas de alternativas a serem detalhadas</i>	10
3	<b>DETALHAMENTO DO SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DEFINIDO</b>	11
3.1	<i>Avaliação detalhada da capacidade de tráfego necessária</i>	11
3.2	<i>Escolha definitiva da embarcação tipo</i>	11
3.3	<i>Características básicas da obra de transposição</i>	12
3.3.1	<i>Níveis de montante e jusante</i>	12
3.3.2	<i>Características dos acessos (com levantamentos específicos)</i>	12
3.3.3	<i>Características topográficas e geológicas dos locais escolhidos</i>	12
4	<b>DETALHAMENTO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO (ECLUSA)</b>	13
4.1	<i>Terminologia dos principais elementos</i>	13
4.2	<i>Requisitos da navegação</i>	15
4.2.1	<i>Segurança da obra e da embarcação</i>	15
4.2.2	<i>Gabarito da câmara</i>	15
4.2.3	<i>Gabarito e condições de acesso por jusante</i>	16
4.2.4	<i>Gabarito e condições de acesso por montante</i>	16
4.2.5	<i>Gabarito e condições de tráfego no canal intermediário</i>	17
4.2.6	<i>Garagens de espera</i>	17
4.2.7	<i>Tempo de transposição</i>	17
4.2.8	<i>Tempo de enchimento e esgotamento da câmara</i>	17
4.2.9	<i>Tempo total de passagem pelo sistema</i>	18
4.2.10	<i>Capacidade de tráfego do sistema projetado</i>	18
4.3	<i>Usos alternativos da eclusa</i>	18
4.4	<i>Consumo de água no sistema</i>	19
4.4.1	<i>Consumo efetivo</i>	20
4.4.2	<i>Redução do consumo</i>	20
4.5	<i>Obra civil</i>	21
4.5.1	<i>Tipo de estrutura</i>	21
4.5.2	<i>Cabeças de montante e jusante</i>	22
4.5.3	<i>Muros guia</i>	22
4.5.4	<i>Métodos construtivos</i>	23

  
 Dalvino Troccoli Franca  
 Diretor-Presidente Substituto

4.6	<b>Aspectos hidráulicos</b>	23
4.6.1	Sistema de enchimento e esvaziamento	23
4.6.2	Equacionamento hidráulico preliminar (modelo matemático)	25
4.6.3	Análise da necessidade ou não de modelo físico	26
4.7	<b>Equipamentos eletromecânicos</b>	26
4.7.1	Portas	26
4.7.2	Válvulas de enchimento e esgotamento	26
4.7.3	Stop-logs da câmara e das válvulas	27
4.7.4	Cabeços de amarração	28
4.7.5	Equipamentos complementares	28
4.7.6	Cabine de comando	29
4.8	<b>Orçamento sintético</b>	29
5	<b>DETALHAMENTO DE UM SISTEMA MECÂNICO</b>	30
5.1	<b>Nota prévia</b>	30
5.2	<b>Terminologia dos principais elementos</b>	30
5.3	<b>Requisitos da navegação</b>	31
5.3.1	Segurança da obra e da embarcação	31
5.3.2	Dimensões das cubas, cumhas d'água ou carretas em que serão movimentadas as embarcações	32
5.3.3	Gabarito e condições de acesso por jusante e por montante	32
5.3.4	Garagens de espera	32
5.3.5	Tempo de transposição e capacidade necessários para atendimento da demanda	32
5.3.6	Tempo de deslocamento da embarcação entre os níveis de montante e de jusante	33
5.3.7	Tempo total de passagem pelo sistema	33
5.3.8	Capacidade de tráfego do sistema projetado	33
5.4	<b>Consumo de energia no sistema</b>	33
5.5	<b>Obras civis</b>	34
5.5.1	Condicionantes geológicas e topográficas	34
5.5.2	Tipo de estrutura	34
5.5.3	Métodos construtivos	35
5.6	<b>Equipamentos diversos</b>	35
5.6.1	Portas dos canais de acesso e das cubas	35
5.6.2	Stop-logs dos canais	35
5.6.3	Cabeços de amarração	35
5.6.4	Equipamentos complementares	36
5.6.5	Cabine de comando	36
5.7	<b>Orçamento sintético</b>	36
6	<b>BIBLIOGRAFIA DE APOIO</b>	37
7	<b>ANEXO – QUADRO DE VERIFICAÇÃO DOS DADOS</b>	40

  
**Dalvino Troccoli Franca**  
 Diretor-Presidente Substituto

## 1. APRESENTAÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433 de 08/01/1997, tem como um de seus fundamentos que a gestão dos recursos hídricos deva sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. Considerando, ainda, que o instrumento de outorga de uso de recursos hídricos deve preservar o uso múltiplo destes, a ANA tem por pressuposto que a implantação de barramentos para aproveitamentos hidrelétricos deve ser compatível com a manutenção de condições adequadas aos demais usos existentes, inclusive, ao transporte aquaviário.

Dessa forma, a ANA tem exigido dos empreendedores, como condicionante nas Resoluções de Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica – DRDH e de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos, a apresentação de soluções de engenharia de dispositivos de transposição de desnível em cursos d'água navegáveis ou potencialmente navegáveis em que se instalarão empreendimentos hidrelétricos.

Em virtude de um processo contínuo de aprimoramento de procedimentos e visando orientar o setor elétrico de forma mais adequada à realidade atual, a ANA elaborou o documento *Diretrizes para estudos de arranjos de obras de transposição de desnível para a navegação*, que complementa o *Manual de estudos de disponibilidade hídrica para aproveitamentos hidrelétricos*, em vista da necessidade de padronização desses estudos nas outorgas de direito de uso de recursos hídricos.

Identificou-se, ainda, a necessidade de atualização do referido Manual quanto à demonstração da compatibilidade de empreendimentos quando houver indicação de possibilidade de implantação de infraestrutura que atenda a outros usos da água. Ressalta-se, dessa forma, que caso os Planos de Recursos Hídricos, Planos do Ministério dos Transportes, Diretrizes do setor de transportes ou Planos setoriais, eventualmente disponíveis para a bacia, indiquem a possibilidade de implantação de infraestrutura que atenda a outros usos da água, esses estudos devem indicar também a compatibilidade dos empreendimentos, de modo que a implantação de um não impeça a dos demais, observado o arranjo de engenharia proposto para o dispositivo de transposição de desnível.

Nesse contexto, esse documento de *Diretrizes para estudos de arranjos de obras de transposição de desnível para a navegação* tem por objetivo dar subsídios aos empreendedores na elaboração dos estudos de arranjos e nos detalhamentos das obras de transposição de desnível, com foco em exigências na adequação da solução de engenharia proposta, considerando que o arranjo geral das estruturas seja adequado ao transporte hidroviário preconizado e esteja em conformidade com as diretrizes do Ministério dos Transportes. Também, que apresente um nível mínimo de detalhamento que viabilize a elaboração de um projeto básico para fins de licitação ou contratação por quem for realizá-lo.

O manual está dividido em seis capítulos além desse Capítulo 1 de Apresentação. No Capítulo 2 estão indicados os critérios e requisitos mínimos necessários na etapa de Estudos de Concepção, que corresponde a estudos gerais de arranjos dos sistemas de transposição de desnível da navegação nos empreendimentos hidrelétricos.

No Capítulo 3 são indicados os requisitos a serem apresentados na etapa de Detalhamento do Sistema de Transposição de Desnível definido na etapa de Estudos de Concepção e que devem ser observados pelo empreendedor.



Nos Capítulos 4 e 5 são indicados, respectivamente, os dados e informações recomendados nos arranjos de sistemas hidráulicos (eclusas) e de sistemas mecânicos de transposição. Nesses capítulos faz-se referência a condições, parâmetros gerais e requisitos técnicos de engenharia observados na literatura e em projetos existentes de sistemas de transposição de desnível para a navegação, os quais podem servir como recomendação aos empreendedores para o desenvolvimento dos Estudos de Concepção e do Detalhamento do Sistema de Transposição de Desnível propostos. Ao empreendedor faculta-se, ainda, a utilização de metodologias e critérios de dimensionamento diferentes dos apresentados, desde que tecnicamente justificados.

No Capítulo 6 é apresentada uma bibliografia de apoio para aprofundamento dos assuntos abordados e, no Capítulo 7, um Quadro Síntese dos itens a serem atendidos pelo empreendedor nos estudos e detalhamentos dos arranjos do sistema de transposição de desnível.



## **2. ESTUDOS DE CONCEPÇÃO E DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVAS DO SISTEMA DE TRANSPosição DE DESNÍVEL**

### **2.1. Generalidades**

Os Estudos de Concepção de arranjos gerais de sistemas de transposição de desnível em barramentos correspondem à etapa em que se define a concepção global da obra. Essa concepção deve considerar o projeto do aproveitamento hidrelétrico, seu dimensionamento, das obras de infraestrutura, local e regional, necessárias à implantação das obras complementares, o reservatório, a área de influência, os usos da água e as ações socioambientais correspondentes.

Quando os Estudos de Concepção forem apresentados, devem estar baseados em estudos técnicos e elementos gráficos que possam bem definir o empreendimento. Ao menos, um mapa impresso com o arranjo geral deve ser apresentado, englobando todas as partes físicas, destacando a hidrografia, as localidades adjacentes e atendidas pelo projeto, áreas a serem inundadas, estradas, curvas de nível e outras obras de infraestrutura hídrica relevantes existentes na bacia, em escala adequada.

Ainda, como parte integrante dos Estudos de Concepção deve ser apresentado o orçamento sintético da obra, informando a data de elaboração e os índices de atualização empregados, quando for o caso. Para fins de comprovação, deve-se apresentar cópia da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do responsável técnico, ou da respectiva empresa, relativa aos estudos.

Quanto às propostas de sistemas de transposição de desnível para a navegação, os Estudos de Concepção devem considerar, no mínimo, os tópicos indicados a seguir:

### **2.2. Avaliação do tráfego esperado**

A avaliação do tráfego esperado deve ser elaborada com base nas estatísticas do transporte fluvial existente ao longo do rio e nas estimativas das demandas atuais e futuras da região, especificamente para as cargas hidroviáveis, com a indicação dos tipos e da tonelage transportada prevista por ano. Essas informações devem ser fornecidas pela ANA a partir de consulta ao Ministério dos Transportes, sendo facultado ao empreendedor obter os dados diretamente junto a esse Ministério.

Dependendo do projeto e das especificidades do transporte hidroviário no local do empreendimento, caso não estejam disponíveis estatísticas ou ainda a navegação comercial não exista no local, o tráfego esperado deve ser avaliado pelo empreendedor com base em estudos existentes a respeito da navegação na bacia hidrográfica onde se localiza o empreendimento. Essa avaliação deve levar em conta os outros empreendimentos em operação, em construção e em projetos existentes na bacia e suas respectivas capacidades de tráfego.

Outras informações podem ser obtidas nos Planos Gerais de Transportes do Ministério dos Transportes e nos Planos de Transporte Hidroviários disponíveis (PNVI – Plano Nacional das Vias Navegáveis Interiores, PNLT – Plano Nacional de Logística e Transportes, PNHI – Plano Nacional de Integração Hidroviária e outros). Algumas bacias hidrográficas mais

importantes possuem estudos específicos a respeito da navegação fluvial que devem ser consultados.

Nos trechos de rios em que já exista navegação deve ser analisado pelo empreendedor o tráfego previsto durante a fase de construção do empreendimento e as medidas a serem tomadas para garantir a continuidade do transporte nesta fase.

Com base nestas informações gerais, nos Estudos de Concepção e na definição das alternativas do sistema de transposição de desnível, devem ser considerados o tráfego esperado, presente e futuro, para o qual, os arranjos propostos dos sistemas de transposição devem atender.

### **2.3. Definição da embarcação tipo**

A embarcação tipo a ser adotada para o dimensionamento das obras destinadas a navegação deve ser definida pelas suas características básicas: tipo, número de componentes (em se tratando de comboios), dimensões (comprimentos, bocas, calados, altura), sistema de propulsão, dentre outras, com base nas determinações estabelecidas para a via navegável pelos órgãos oficiais responsáveis pela navegação. A correta definição da embarcação tipo de projeto é essencial para estabelecer as características geométricas da obra de transposição de desnível.

Essas informações devem ser fornecidas pela ANA a partir de consulta ao Ministério dos Transportes, sendo facultado ao empreendedor obter os dados diretamente junto a esse Ministério. Em não havendo determinações específicas para a via navegável, a embarcação tipo deve ser definida pelo empreendedor com base em características tecnicamente justificadas.

Nos Estudos de Concepção, a embarcação tipo deve ser fixada de modo a ser compatível com as embarcações utilizadas em outros trechos do rio e outras regiões da bacia hidrográfica. Ainda nesta fase devem se levar em conta as embarcações específicas ou que trafegam na área levando pessoas e carga local e mesmo empreendimentos que demandam ou demandarão embarcações especiais que devem passar pelo sistema.

### **2.4. Gabaritos da via navegável na região abrangida pela obra de transposição**

Devem ser indicadas as dimensões geométricas mínimas a serem atendidas pelo canal de navegação na área de interesse do estudo, tais como profundidade, largura, raios de curvatura, sobre-largura nas curvas, luz livre vertical, etc.

Estas dimensões mínimas devem atender às determinações estabelecidas para a via navegável pelos órgãos oficiais responsáveis pela navegação ou, não havendo determinações específicas, devem ser justificadas tecnicamente a partir das dimensões e características da embarcação tipo adotada e das condições locais após a implantação do empreendimento.

### **2.5. Condicionantes básicos da obra de transposição**

#### **2.5.1. Níveis de água a montante e a jusante**

Os níveis de água a montante e a jusante do desnível a ser vencido devem ser claramente estabelecidos pelos níveis máximos e mínimos extremos, pelos níveis normais de



operação do represamento e da usina hidrelétrica, e pelas probabilidades de ocorrência de níveis intermediários. Esses níveis, bem como outros de interesse, devem ser devidamente justificados pelos estudos hidrológicos e de operação do aproveitamento hidrelétrico.

A escolha dos níveis de água máximos e mínimos operacionais da navegação é assunto de mais alta importância para o arranjo da obra de transposição e deve ser baseada em considerações técnicas e econômicas, envolvendo o custo das obras e os prejuízos decorrentes da interrupção da navegação ou do tráfego com calado reduzido. O assunto deve ser enquadrado dentro de uma visão conjunta da via navegável de forma a que as restrições de calado ocorram na mesma época em toda a via. A ocorrência de níveis abaixo do mínimo de navegação só pode ser tolerável se corresponder a certa continuidade no tempo e não a momentos isolados.

Em numerosas vias navegáveis tem sido adotado como nível d'água mínimo de navegação o que é igualado ou ultrapassado em 95% do ano médio de período de recorrência de 10 anos; e, como nível máximo, o que é ultrapassado em um dia no ano médio.

Nos casos em que a obra for instalada junto a uma usina hidroelétrica que funcione em regime de atendimento de pontas, com redução de vazão em certas épocas do ano ou em certos dias da semana ou mesmo em certas horas do dia, o assunto deve ser encarado de forma mais aprofundada, tendo-se em conta as vazões e níveis de água instantâneos e não as médias diárias, ou mensais, como usual nos cálculos de geração de energia.

Nas barragens móveis ou de baixa queda, em que os desníveis quase se anulam nas cheias, pode-se prever a passagem das embarcações por um vão navegável da barragem e, com isto, reduzir o nível máximo de navegação na eclusa, com economia no custo da obra e no tempo de passagem das embarcações. Pode-se também, como alternativa, prever a passagem pela eclusa com portas abertas. Essa solução é pouco recomendável devido a problemas de segurança no tráfego e riscos para a obra e dificilmente leva a economias compensadoras no custo da obra.

#### 2.5.2. Condições dos acessos

Devem ser levadas em conta as condições de acesso da embarcação tipo a montante e a jusante da obra de transposição de forma que os gabaritos mínimos sejam atendidos nos canais de acessos e eventuais canais intermediários. Estes gabaritos devem ser os mesmos necessários ao tráfego seguro das embarcações em qualquer canal de navegação artificial ou natural. Caso as condições naturais não satisfaçam a estes gabaritos, devem ser indicadas no estudo da obra de transposição as obras de melhoria necessárias.

#### 2.5.3. Geologia e topografia dos possíveis locais de implantação

Da conformação do terreno, isto é, de suas características geológicas e topográficas, depende o posicionamento da obra de transposição de desnível em relação à barragem.

Em relação aos sistemas hidráulicos de transposição (eclusas), nos leitos estreitos de rios caudalosos, a localização do sistema em derivação, é quase sempre mais favorável. Nas barragens que exigem uma largura considerável do leito, a eclusa justaposta



aos vãos vertentes ou à usina hidrelétrica pode ser a solução mais satisfatória. Nas eclusas de pequena queda os fatores geológicos não são muito importantes, pois é quase sempre possível realizar uma obra econômica em qualquer tipo de terreno. Por outro lado, nas quedas de 8 a 15 m há grandes vantagens em fundar a eclusa em rocha, mesmo que esta não seja de muito boa qualidade. Em geral, nesses casos, pode compensar deslocar a obra em busca da melhor fundação, ainda que isto acarrete um aumento substancial dos canais de acesso. Convém notar, que para eclusas de alta queda (acima de 25 m) é quase essencial a fundação rochosa, compensando, então, se não houver alternativa de melhor fundação, dividir o desnível em várias câmaras.

No caso dos sistemas mecânicos de transposição, a conformação dos terrenos é das coisas mais importantes. Grandes desníveis localizados levam a sistemas verticais, enquanto que terrenos suaves podem ser mais favoráveis a planos inclinados acompanhando as declividades naturais e diminuindo os canais e pontes de acessos ao conjunto. Nesses sistemas, os grandes pesos envolvidos muitas vezes condicionam a escolha dos locais a terrenos mais resistentes diminuindo os recalques diferenciais e as deformações que podem vir a gerar grandes esforços sobre as estruturas.

Os fatores geológicos e topográficos devem ser levados em conta nesta fase dos Estudos de Concepção dos sistemas de transposição de desnível.

## 2.6. Definição do sistema de transposição a ser adotado

### 2.6.1. Alternativas a serem consideradas

Nos Estudos de Concepção podem ser consideradas como alternativas, os seguintes sistemas de transposição de desnível:

- a) Sistemas hidráulicos, em que as embarcações vencem os desníveis pela variação do nível d'água no interior de câmaras estanques, munidas de portas, onde as embarcações flutuam entre os níveis de montante e de jusante (eclusas de navegação);
- b) Sistemas mecânicos, em que as embarcações vencem o desnível a custa de um esforço mecânico (ascensores de embarcações).

Os sistemas hidráulicos, eclusas de navegação, podem ser de:

- a) Câmara única (eclusas simples), utilizadas atualmente para desníveis até pouco mais de 40 m;
- b) Câmaras múltiplas, em que a porta de jusante da câmara de montante coincide com a porta de montante da câmara de jusante, e o enchimento da câmara inferior é feito com o esgotamento da câmara superior;
- c) Escadas de eclusas, formadas por uma série de câmaras simples ligadas por canais de navegação intermediários;
- d) Eclusas geminadas, constituídas de duas câmaras em paralelo, ligadas por um circuito hidráulico que permite o enchimento de uma a partir do esvaziamento da outra.



Os sistemas mecânicos podem ser:

- a) Elevadores verticais, em que as embarcações vencem o desnível (normalmente flutuando) dentro de câmaras, munidas de portas, deslocadas verticalmente;
- b) Planos inclinados, em que as embarcações vencem o desnível (normalmente flutuando) dentro de câmaras, munidas de portas, que são deslocadas sobre trilhos;
- c) Rampa hidráulica, em que as embarcações vencem o desnível flutuando em uma cunha de água suportada por uma placa vertical, deslocada em uma rampa;
- d) Outros tipos: além dos tipos mecânicos usuais referidos, existem numerosos tipos de ascensores de embarcações. As embarcações pequenas podem ser transportadas entre os níveis de água de montante e de jusante, a seco, em carretas tracionadas em rampas por cabos ou algum tipo de veículo, ou flutuando, rebocadas por uma embarcação provida de motores potentes ou tracionadas por cabo com extremidade fixa (sirga). Este último sistema só pode ser aplicado se não houver barramento completo do rio (por exemplo, durante a fase de construção de uma barragem).

#### 2.6.2. Análise de viabilidade preliminar das alternativas

A análise comparativa das alternativas mais favoráveis deve ser feita dos pontos de vista econômico, de facilidades de construção, operacional e ambiental. Para tanto, devem ser elaborados esquemas básicos das alternativas julgadas mais favoráveis com as localizações e traçados projetados em plantas topobatimétricas de escala apropriada, com curvas de nível e com as indicações de todas as possíveis interferências nos canais de navegação.

Devem ser elaboradas, em escalas convenientes, plantas, perfis e seções transversais com as dimensões preliminares de todas as estruturas previstas, dos circuitos hidráulicos e dos equipamentos eletromecânicos previsíveis, para os quais devem ser indicados os sistemas de acionamento e as potências dos motores de forma a permitir a elaboração de uma estimativa consistente de custos sintéticos.

Os esquemas básicos devem ter detalhes suficientes para avaliações dos volumes de escavação em sedimentos e em rocha e dos volumes de concreto, itens de maior relevância nas comparações de custo entre soluções, principalmente hidráulicas.

#### 2.6.3. Escolha de alternativas a serem detalhadas

Na fase de Estudos de Concepção, devem ser escolhidas as alternativas julgadas mais favoráveis para as condições locais e analisadas, pelo menos, duas alternativas de arranjos, se possível uma considerando a implantação do sistema durante a construção do barramento e outra a qualquer tempo.

As alternativas estudadas devem ser classificadas em ordem crescente de viabilidade e a comparação entre elas deve levar a escolha da alternativa mais indicada, a ser detalhada.



### **3. DETALHAMENTO DO SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE DESNÍVEL DEFINIDO**

Selecioneada a alternativa mais viável na etapa dos Estudos de Concepção, o empreendedor deve apresentar um Detalhamento do Sistema de Transposição de desnível, em conformidade com as diretrizes do Ministério dos Transportes e, especificamente, indicando os elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, com base nos estudos técnicos preliminares desenvolvidos.

Na fase de Detalhamento do Sistema de Transposição, deve-se considerar:

- a) desenvolvimento da solução escolhida de forma a fornecer visão global da obra e identificação dos seus elementos constitutivos com clareza;
- b) soluções técnicas globais e localizadas, detalhadas de forma a minimizar a necessidade de reformulação ou de variantes durante as fases de elaboração do projeto básico e executivo;
- c) identificação geral dos tipos de serviços a executar e de materiais e equipamentos a incorporar à obra;
- d) informações que possibilitem o estudo e dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e condições organizacionais para a obra;
- e) orçamento sintético do custo global da obra, fundamentado em quantitativos propriamente avaliados.

#### **3.1. Avaliação detalhada da capacidade de tráfego necessária**

Na fase de Detalhamento do Sistema de Transposição, dependendo da alternativa definida, a ANA deve consultar o Ministério dos Transportes para obtenção de informações mais precisas, inclusive de possíveis estudos em realização para fixar, de forma definitiva, a capacidade de tráfego a ser atingida pelo conjunto, considerando-se, se for o caso, as diferentes etapas de implantação das obras.

Dependendo do projeto e das especificidades do transporte hidroviário no local do empreendimento, pode ser feita uma reavaliação completa da capacidade de tráfego necessária com base em estudos regionais mais detalhados disponíveis avaliando-se com maior detalhe as demandas esperadas, ano a ano, quando possível, para diversos cenários e horizontes compatíveis com o projeto do aproveitamento hidrelétrico.

#### **3.2. Escolha definitiva da embarcação tipo**

Na fase de Detalhamento do Sistema de Transposição, dependendo da alternativa definida, a ANA deve consultar o Ministério dos Transportes para obtenção de informações mais precisas, inclusive de possíveis estudos em realização para fixar, de forma definitiva, as características da embarcação tipo.

Conforme o caso, os estudos de fixação das características da embarcação tipo a ser adotada devem ser aprofundados nesta fase buscando-se informações mais detalhadas e precisas, incluindo-se maiores detalhes como: capacidades de carga da embarcação para diferentes calados, potência dos motores, tipos de propulsão e governo, velocidades, etc.



### 3.3. Características básicas da obra de transposição

#### 3.3.1. Níveis de montante e jusante

Com base no projeto básico do aproveitamento hidrelétrico devem ser reavaliados todos os níveis d'água condicionantes ao sistema de transposição de desnível. Essas informações devem ser verificadas nos estudos hidrológicos e de geração realizados para o projeto básico do aproveitamento hidrelétrico podendo-se, inclusive, se prever alterações de alguns parâmetros do projeto do aproveitamento em função do interesse da navegação.

#### 3.3.2. Características dos acessos (com levantamentos específicos)

No Detalhamento do Sistema de Transposição as características dos acessos também devem ser revistas em função de levantamentos específicos realizados para este fim, devendo-se considerar os níveis de água definitivos, as variações dos níveis de montante e jusante, os condicionantes meteorológicos (chuvas, ventos, nevoeiros, etc.), a revisão da embarcação tipo, as velocidades da água nos acessos e os novos elementos de detalhes batimétricos, topográficos e geológicos.

#### 3.3.3. Características topográficas e geológicas dos locais escolhidos

Na fase de Detalhamento do Sistema de Transposição devem ser aprofundadas as informações topobatimétricas e geológicas nos possíveis locais das obras de transposição, devendo-se realizar levantamentos topográficos mais específicos no eixo da alternativa da viabilidade de modo a melhor caracterizar as feições do terreno local. Levantamentos batimétricos específicos podem também ser executados para conhecimento dos fundos e definição final da locação da obra.

Estudos geológicos de maior detalhe também devem ser realizados para bem caracterizar a região onde serão executadas as obras incluindo coleta e análise de amostras e prospecções geológicas por geofísica, sondagens a percussão e rotativas para definição dos perfis geológicos e características geotécnicas do solo nos locais da alternativa escolhida nos Estudos de Concepção.



#### 4. DETALHAMENTO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO (ECLUSA)

##### 4.1. Terminologia dos principais elementos

Com vistas a uniformizar as informações e facilitar o entendimento dos arranjos gerais dos sistemas de transposição de desnível apresentados, recomenda-se que sejam seguidas as orientações e observada a terminologia dos diversos elementos das eclusas indicados pela AIPCN - Associação Internacional Permanente dos Congressos de Navegação:

###### *Dados Característicos:*

- 1-Nível mínimo de montante
- 2-Nível máximo de montante
- 3-Nível mínimo de jusante
- 4-Nível máximo de jusante
- 5-Altura de queda
- 6-Profundidade mínima sobre o busco de montante
- 7-Profundidade mínima sobre o busco de jusante
- 8-Luz mínima sobre o nível máximo de jusante
- 9-Largura útil da câmara
- 10-Comprimento útil da câmara
- 11-Folga sobre o nível máximo (revanche)

###### *Câmara:*

- 12-Muro de ala
- 13-Coroamento do muro de ala
- 14-Aresta do coroamento do muro de ala
- 15-Junta de dilatação
- 16-Fundo da eclusa
- 17-Fundo do acesso de montante
- 18-Fundo do acesso de jusante

###### *Cabeças da Eclusa:*

- 19-Cabeça de montante
- 20-Cabeça de jusante
- 21-Radier da cabeça
- 22-Muro lateral da cabeça
- 23-Muro de jusante
- 24-Extremidade do muro de ala
- 25-Ranhura do "stop-log"
- 26-Batente da porta
- 27-Busco
- 28-Câmara da porta
- 29-Rebaixo para embutimento da porta
- 30-Muro de queda
- 31-Máscara
- 32-Chicana contra percolação

###### *Portas:*

- 33-Porta de montante
- 34-Adufa
- 35-Sobre-elevação da porta
- 36-Porta de jusante

###### *Equipamentos Complementares:*

- 37-Cabeços de amarração
- 38-Cabeços de amarração flutuantes
- 39-Cabeços de amarração embutidos no muro de ala
- 40-Escada e ranhura da escada
- 41-Escada de acesso à embarcação na câmara

###### *Circuito Hidráulico (Eclusas de alta queda)*

- Circuito de enchimento e esvaziamento
- Aquedutos de enchimento e esvaziamento,
- Distribuidores de vazões,
- Válvulas de enchimento e esvaziamento
- Tomada d'água de montante,
- Restituição de jusante
- "Stop-logs" (das válvulas, tomada e restituição).

###### *Câmaras das eclusas (do ponto de vista hidráulico)*

- Câmaras de baixa queda (com desníveis hidráulicos máximos de 12 m)
- Câmaras de alta queda (com desníveis hidráulicos acima de 12 m)

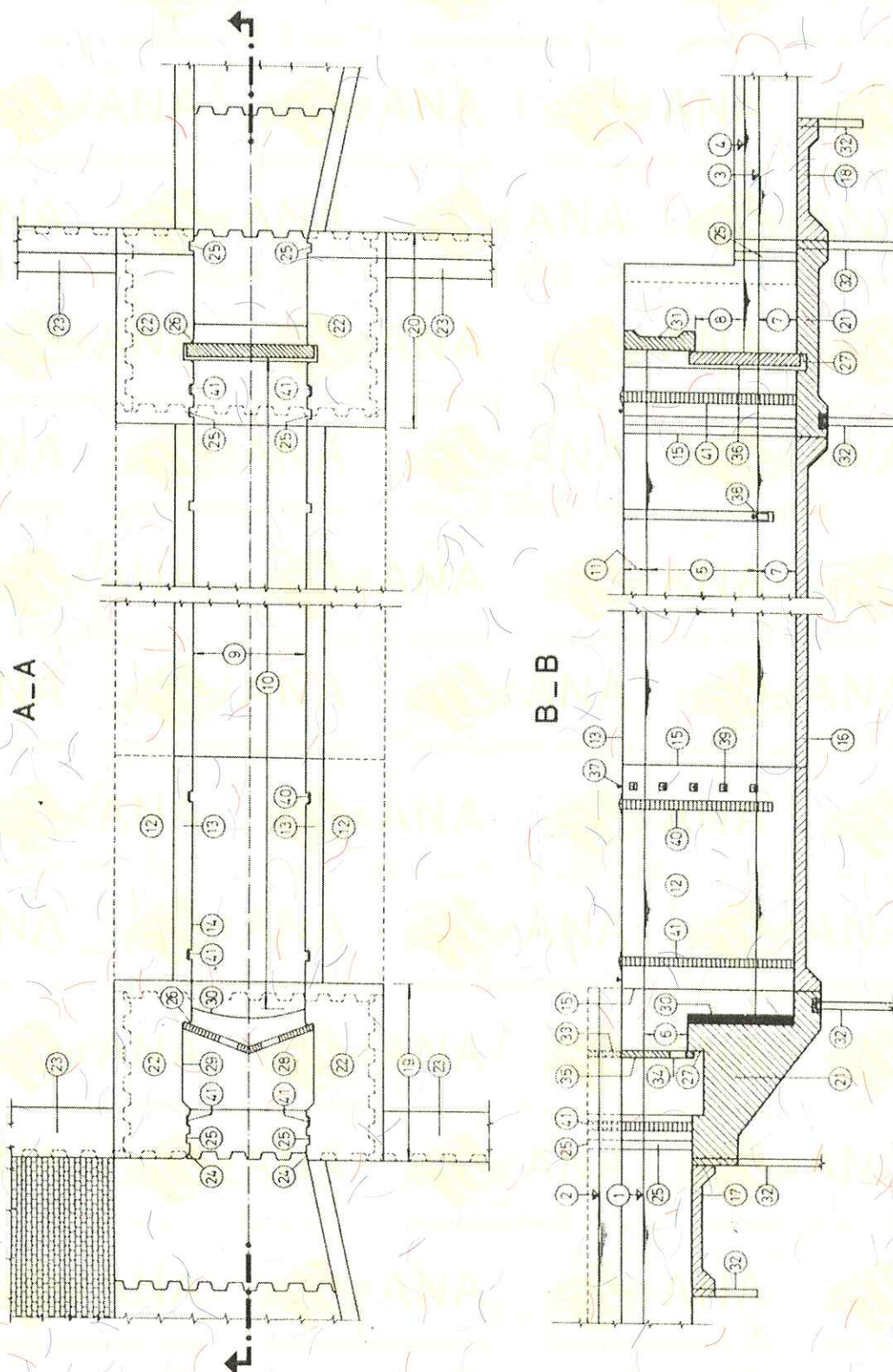


Figura 1: Esquema de sistema hidráulico de transposição de desnível (eclusa)

## 4.2. Requisitos da navegação

### 4.2.1. Segurança da obra e da embarcação

No Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição devem ser considerados como prioritários os aspectos ligados à segurança. O maior risco para uma eclusa é o rompimento de uma porta fechada pelo choque violento de uma embarcação quando existe um desnível entre o nível d'água interno da câmara e o externo, pois o fluxo das águas pode afundar a embarcação e causar sérios prejuízos a obra, inclusive com o escoamento incontrolável pela câmara se a outra porta estiver aberta.

Dependendo do tipo de porta e das características das embarcações que vão operar na eclusa, pode ser necessária a previsão de um freio de embarcação a jusante da porta de montante e a montante da porta de jusante para impedir o choque da embarcação em marcha.

No interior da câmara da eclusa, durante os processos de enchimento e de esgotamento, as embarcações devem ser mantidas atracadas por amarras ligadas aos cabeços de amarração. Para que não ocorram choques contra os muros e as portas, devidas a agitação da água, é necessário que os esforços nas amarras não ultrapassem sua resistência.

Na etapa de Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição, como norma de segurança, deve-se admitir como esforço máximo longitudinal  $W/600$ , sendo  $W$  o deslocamento total da embarcação (em toneladas), com o valor limite máximo de 5,0 t. No sentido transversal admite-se um esforço máximo igual à metade do esforço máximo longitudinal. Estes esforços devem ser medidos em ensaios em modelos em escala reduzida na fase do projeto executivo, e, na fase do projeto básico, devem ser estimados por formulação matemática ou modelo matemático e/ou por valores medidos em eclusas existentes com as mesmas características hidráulicas.

Nos canais de acesso e nas garagens de espera, as embarcações ficam sujeitas às correntes e agitações provocadas pelo enchimento e esvaziamento da eclusa que devem ser levadas em conta no arranjo geral do sistema. Dependendo do local da tomada de enchimento ou do sistema de restituição do esgotamento devem-se levar em conta as velocidades geradas por estas vazões que podem criar riscos para a manobra das embarcações.

A vazão máxima instantânea trocada entre a câmara e os canais de acesso não deve ultrapassar  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ , o que normalmente limita a altura das ondas formadas a 0,30 m. Recomenda-se que a variação da vazão ( $dQ/dt$ ) no enchimento seja inferior a  $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , o que deve limitar a inclinação da linha d'água dentro da câmara a menos de  $1/1.000$  e, portanto, os esforços nas amarras das embarcações atracadas.

### 4.2.2. Gabarito da câmara

No Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição devem ser fixadas as dimensões da câmara da eclusa. Em particular deve ser considerado que o gabarito da câmara é função não somente da garantia de entrada da embarcação na câmara, mas também da velocidade de sua entrada que depende da facilidade de escoamento da água deslocada (efeito de pistonamento). Gabaritos maiores permitem a mais rápida entrada dando mais capacidade de tráfego, por outro lado, aumentam o custo das obras.



Recomenda-se um gabarito mínimo utilizável de 0,60 a 1,00 m mais a boca da embarcação na largura da câmara e uma profundidade mínima na câmara de um calado mais 0,50 m por motivos de segurança. Normalmente, para se obter uma velocidade de entrada da ordem de 1 m/s é necessária uma profundidade de 1,5 vezes o calado, e de 0,5 m/s uma profundidade de 1,2 vezes o calado.

O comprimento útil da câmara deve ser entendido como a distância livre, no sentido do eixo longitudinal da câmara, que a embarcação poderá ocupar. Este comprimento é de, no mínimo, o comprimento da embarcação mais uma folga de 5 a 10 m. Dependendo da forma de enchimento (ou esgotamento) adotada, esta folga deve ser aumentada por razões de segurança.

Para as alturas livres, devem-se considerar os níveis máximos adotados adicionados da altura máxima da embarcação mais uma folga de no mínimo 0,30 m. Nesta fase, em que já se conhece a posição relativa das diversas estruturas, esta folga deve ser ajustada a folga em função dos riscos de variações bruscas do nível d'água e de formações de ondas.

#### 4.2.3. Gabarito e condições de acesso por jusante

Na etapa de Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição, essencialmente se preconizam os mesmos critérios adotados na etapa de Estudos de Concepção, que devem ser revistos com o melhor conhecimento das condições locais obtidas no projeto básico da obra do aproveitamento hidrelétrico.

A adoção de pequenos gabaritos tanto em largura quanto profundidade leva a redução de volumes de escavações nos canais diminuindo custos, que em compensação criam confinamento tanto lateral como inferior, prejudicando o desempenho da embarcação e do seu rendimento operacional (diminuição de velocidades e dificuldades de governo), principalmente quando há previsão de cruzamentos nos canais.

Recomenda-se que sejam adotados no mínimo fórmulas de largura mínima em trechos retos do Tipo Europeu ou do US Army Corps of Engineers, constituídas por uma constante multiplicativa aplicada a boca do barco. Para trechos curvos, deve-se adotar sobre-larguras em caso de raios pequenos e, para raios grandes, pode-se considerar o princípio de que a embarcação se comporta como em trecho reto.

Para profundidade mínima, recomenda-se no mínimo a adoção do critério do calado máximo mais uma folga mínima entre 0,30 m e 0,50 m, função das características do fundo. Deve ser levado em conta que estas folgas mínimas provocam redução do rendimento propulsivo das embarcações.

Outras formulações de gabaritos podem ser empregadas que levem em conta condições climáticas (ventos, chuvas, nevoeiros, etc.) e condições hidráulicas (correntes, variações de nível, etc.).

#### 4.2.4. Gabarito e condições de acesso por montante

Basicamente preconizam-se os mesmos critérios dos acessos de jusante. Particular atenção deve ser dada para a área do emboque do sistema no lago que, por vezes, são espelhos de água extensos onde, devido ao vento, podem se formar ondas de altura importante.



#### 4.2.5. Gabarito e condições de tráfego em canal intermediário

Em propostas com canal intermediário entre eclusas, de forma semelhante, na etapa de Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição devem ser considerados os mesmos critérios dos canais de acesso de jusante e montante. Os critérios da etapa de Estudos de Concepção devem ser revistos com o melhor conhecimento das condições locais obtidas no projeto básico da obra do aproveitamento hidrelétrico.

Deve ser levado em conta, nesses casos, que a capacidade de tráfego do conjunto é dada pela eclusa mais lenta. Logo, o tempo de passagem das embarcações pelos canais intermediários deve ser múltiplo do tempo de passagem pela eclusa mais lenta, o que pode levar a ser adotado um gabarito mais restritivo do que nos canais de acesso de jusante e montante prejudicando a velocidade no trecho sem alterar a capacidade de tráfego.

#### 4.2.6. Garagens de espera

No Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição deve ser estudada a necessidade de adoção ou não de garagens de espera no conjunto. Esta necessidade é função da capacidade de tráfego combinada com a probabilidade de chegada das embarcações.

Como o tráfego pode aumentar ao longo do tempo, a necessidade de garagens de espera pode não ser necessária de início. Desde que justificável, por economia, pode-se postergar a construção das garagens para outra fase, devendo essa análise constar nessa etapa.

#### 4.2.7. Tempo de transposição

No Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição deve ser determinado o tempo de transposição, que corresponde ao tempo em que a eclusa deve ficar disponível para dar passagem à embarcação (ou do conjunto de várias embarcações) em cada sentido de tráfego.

A capacidade de tráfego é inversamente proporcional ao tempo de transposição que, por sua vez, é a soma do tempo de acesso, com o de enchimento (ou esgotamento) da câmara, os tempos de abertura e fechamento das portas e os de percurso até liberar a movimentação da embarcação que vai ocupar a câmara em seguida. Esses tempos parciais devem ser fixados ou calculados no Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição.

A fim de evitar congestionamento e garantir a regularidade de fluxo da navegação, os tempos de transposição de todas as eclusas da via deveriam ser os mesmos. Essa homogeneidade é obtida com a padronização das eclusas (alturas de queda) ou dos tempos de enchimento (ou esgotamento), no caso das eclusas serem de diferentes alturas de queda. Visando melhorar essas condições, nesta fase, deve ser avaliada a necessidade da construção de muros guia maiores e de eventuais garagens de espera a montante e jusante do sistema.

#### 4.2.8. Tempo de enchimento e esgotamento da câmara

No Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição devem ser fixados os tempos de enchimento e esvaziamento das câmaras em função dos aspectos hidráulicos (tipo de circuito, válvulas, lei de manobras das válvulas, etc.), tendo em conta a capacidade de tráfego e a segurança da embarcação dentro da câmara.



#### 4.2.9. Tempo total de passagem pelo sistema

O tempo de passagem corresponde ao tempo efetivamente perdido pela embarcação para vencer a eclusa ou o conjunto de eclusas. Este tempo compreende, além do tempo de transposição, o tempo de todas as esperas necessárias para a passagem, sejam fora ou dentro do sistema de transposição. Deve ser determinado e minimizado por influir diretamente no custo de transporte correspondendo a um aumento virtual do percurso.

A prática em projeto de sistemas existentes mostra que se podem reduzir os tempos de passagem de forma bem mais econômica, reduzindo-se as esperas através de uma conveniente programação de tráfego. Observa-se, também, que os ganhos de tempo são mais fáceis de serem obtidos nos acessos que nos enchimento e esgotamento da câmara. Como a programação do tráfego pode ser realizada independentemente das eclusas, e no momento conveniente, nessa etapa de detalhamento das obras deve-se cuidar, sobretudo, das conformações dos acessos.

#### 4.2.10. Capacidade de tráfego do sistema projetado

A quantidade de carga que pode passar por uma eclusa em uma unidade de tempo (ano), deve ser determinada para verificar se o sistema atende às demandas previstas, podendo ser estimada a partir da Capacidade Máxima de Tráfego (CMT), que é baseada no tempo total de passagem admitindo-se um fluxo contínuo pelo sistema. Esta capacidade é teórica não sendo atingida na prática.

A Capacidade Efetiva de Tráfego (CET), em operação normal, a ser considerada, deve ser a capacidade CMT multiplicada por um coeficiente de utilização (E) obtido pelo produto de diversos coeficientes de correção estatísticos:

- E1: coeficiente relativo ao tempo real de utilização;
- E2: coeficiente relativo aos tempos de transposições reais;
- E3: coeficiente relativo ao número de embarcações realmente eclusadas;
- E4: coeficiente relativo à tonelage efetivamente transportada pelas embarcações.

Com base em estatísticas de obras semelhantes, devidamente corrigidas para as condições locais, deve ser estimada, nessa fase, a capacidade efetiva de tráfego do sistema para ser comparada com as demandas necessárias.

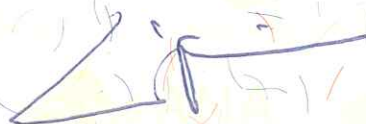
#### 4.3. Usos alternativos da eclusa

Na etapa de Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição deve ser avaliado o uso alternativo eventual da eclusa e de seus equipamentos para outras utilidades que não a navegação dentro do empreendimento, os quais podem ter forte influência na concepção das eclusas.

Entre outros usos alternativos, podem-se apontar:

- a) Desvio das águas para a construção da barragem

Nos cursos d'água com navegação, a construção de uma barragem, sem interrupção no tráfego, é sempre um sério problema. Dependendo da largura do vale, variações das vazões e outros fatores, uma solução é a construção prévia da eclusa e seus acessos com a câmara adaptada a menor queda que haverá



provisoriamente durante a construção. Em certos casos (quedas até cerca de 6 ou 7 m) a eclusa pode até ser feita de forma definitiva e usada durante as obras com a soleira rebaixada e porta de montante provisória. Esta solução, que é favorecida se a eclusa estiver localizada em um canal lateral, tem a vantagem de permitir um reforço de escoamento no caso de emergência provocado por uma vazão excepcional durante a construção. Impõem-se, porém, algumas condicionantes para os circuitos hidráulicos e mesmo para o equipamento sob pena de provocar uma interrupção demorada da navegação para complementação da eclusa.

b) Elemento auxiliar de escoamento de cheias excepcionais

As eclusas de baixa queda são facilmente adaptáveis como extravasores de emergência para vazões excepcionais de pequena probabilidade de ocorrência. A eclusa e seus acessos devem, porém, ser concebidos com essa função, incluindo pelo menos uma porta ou stop-log corta fluxo. Cuidados especiais devem ser tomados com os demais equipamentos eletromecânicos e mesmo com as estruturas em concreto para que o escoamento não prejudique os canais de acesso e demais elementos da eclusa. Em particular as portas de busco, quando abertas, devem ser firmemente presas aos muros de ala por meio de ferrolhos especiais, sem o que podem ser levadas pelas águas.

Evidentemente o emprego da eclusa como órgão extravasor é um problema econômico ligado à porcentagem da vazão de cheia que pode ser escoada pela obra de navegação. Em rios com grandes vazões, a economia de um vão vertente com 12 m de largura, em geral, não compensa os cuidados com a eclusa que a solução requer.

c) Passagem de peixes

Esse uso alternativo da eclusa tem sido realizado em diversas obras com resultados satisfatórios naquelas de pequena queda (até 10 m). A melhor forma de realizar a passagem de peixes pela eclusa é permitindo o escoamento da água pela câmara, com as duas portas parcialmente abertas, o que, porém, só é possível, em condições seguras, com quedas muito baixas. Outra forma, apropriada a desníveis maiores, é permitir o escoamento pelo circuito de enchimento com a porta de jusante aberta, para a atração dos peixes, e pelo circuito de esgotamento, com a porta de montante aberta, para forçar a saída dos peixes da câmara.

#### 4.4. Consumo de água no sistema

Define-se como consumo de água nas eclusas o volume total de água que é desviado num certo intervalo de tempo do reservatório de água de montante e lançado a jusante com a finalidade de permitir o tráfego das embarcações. O consumo corresponde ao enchimento da câmara da eclusa em um ciclo completo de eclusagem, ou seja, na passagem de uma embarcação nos dois sentidos de tráfego, tem-se o consumo de um volume igual ao da câmara entre os níveis de água de montante e de jusante.

O consumo de água máximo de uma eclusa pode ser estimado admitindo-se o volume da câmara correspondente ao desnível máximo e o número máximo de ciclos de eclusagens por ano. O número máximo de ciclos de eclusagens por ano deve ser função do tempo de cada

ciclo de passagem de cada embarcação. Normalmente este consumo é determinado em  $\text{m}^3/\text{ano}$  ou pela vazão média correspondente em  $\text{m}^3/\text{s}$ .

O valor da água consumida depende, evidentemente, do seu uso alternativo. Assim, por exemplo, quando há sobra de água numa barragem de aproveitamento múltiplo, ou seja, há extravasamento pelos vertedores, a água utilizada na eclusa não tem qualquer valor prático. Por outro lado, o valor da água consumida depende da própria disponibilidade de vazão. No caso de um rio com uma vazão mínima de algumas centenas de metros cúbicos por segundo, o consumo de 5 ou 7  $\text{m}^3/\text{s}$  na eclusa é desprezível, o mesmo não se pode considerar em um rio de pequeno porte onde este consumo não será mais desprezível. Por essa razão, este valor deve ser estimado na etapa de Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição.

Do valor absoluto de consumo de água dependerá a conveniência ou não de serem previstas obras visando reduzir o consumo.

#### 4.4.1. Consumo efetivo

O consumo efetivo deve ser determinado para as condições de máximo tráfego, ou seja, quando a eclusa atinge sua capacidade máxima. Nesta situação deve haver um uso quase contínuo da eclusa, nos dois sentidos. O número máximo de ciclos de eclusagens por ano, entretanto, não deve ser atingido devido às interrupções de tráfego por motivos diversos (feriados, condições desfavoráveis de tempo, manutenção e reparos da eclusa, etc.) e, também, devido a um desbalanceamento no número de chegadas sucessivas em cada sentido.

Com base em estatísticas de eclusas utilizadas por comboios de empurra e que atingiram a sua capacidade máxima pode-se admitir que, por ano, sejam realizados até 70% do máximo de ciclos de eclusagem possíveis.

Por outro lado, o desnível entre montante e jusante varia, dependendo muito das condições locais. Em barragens de aproveitamentos hidroelétricos o desnível varia em função das condições operacionais da usina. Resulta, então, que o consumo efetivo será somente uma parte do consumo máximo, devendo ser calculado um coeficiente de redução devido aos fatores indicados anteriormente. Normalmente, esse fator varia de 0,50 a 0,35.

#### 4.4.2. Redução do consumo

Se o consumo de água for representativo, no estudo do sistema proposto pode-se lançar mão de vários artifícios para redução de consumo:

- a) Escadas de Eclusas: nesta alternativa a queda total é dividida em vários degraus não consecutivos, com canais intermediários que permitam o cruzamento das embarcações. O consumo de água fica reduzido, em princípio, ao correspondente à eclusa de maior queda do conjunto (se as câmaras são de igual área). Assim, se o desnível é dividido em duas quedas iguais, o consumo de água ficará reduzido à metade.
- b) Eclusas de Câmaras Múltiplas: nesta alternativa o desnível total é vencido por uma eclusa com vários degraus consecutivos em câmaras contínuas, de forma que a porta de jusante da câmara superior é a de montante da inferior. Nessas eclusas, com passagens alternadas de embarcações, o consumo de água é o mesmo que de uma eclusa normal com a mesma queda. A

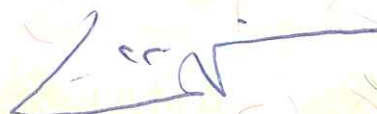
economia só aparece quando são feitas passagens sucessivas em cada sentido e o número de câmaras é maior que dois.

- c) Utilização de câmaras com tamanho apropriado ao das embarcações: o consumo de água pode ser minimizado evitando-se áreas desocupadas no interior da câmara, ou seja, adaptando-se a eclusa ao tamanho das embarcações que deverão passar. Para tanto é necessário dispor de várias eclusas paralelas com câmaras de diferentes tamanhos ou de portas intermediárias no interior da câmara de forma a permitir utilizar apenas uma parte da mesma, de acordo com as embarcações a serem eclusadas. Dada a tendência atual de utilização de comboios de empurra com o tamanho máximo compatível com a via, estas soluções tornaram-se economicamente injustificáveis. Em certas vias, em que ainda há frotas muito diversificadas, devem ser estabelecidas normas de operação que visam agrupar as embarcações menores em uma mesma eclusagem visando, assim, economizar água.
- d) Recuperação de parte do volume de água da eclusagem: nesta alternativa, uma parte do volume de água da câmara é retida no esgotamento de forma a ser utilizada na eclusagem seguinte. Esta recuperação pode ser realizada por meio das eclusas geminadas ou por câmaras de recuperação.
  - Eclusas geminadas: trata-se de duas eclusas paralelas, com mesmas dimensões ligadas hidraulicamente entre si. O esgotamento da câmara cheia é utilizado para o enchimento da câmara vazia, por simples efeito de vasos comunicantes. É fácil perceber que nestas eclusas pode-se economizar até 50% do consumo de água. O sistema, porém, só é interessante quando o tráfego for suficientemente intenso para justificar a existência de duas câmaras paralelas. Essa solução impõe restrições operacionais para que delas se obtenha o máximo de economia de água, aumentando, em consequência, os tempos de percurso das embarcações.
  - Câmaras Recuperadoras: neste sistema, que atualmente é o mais utilizado para redução do consumo de água nas eclusas, a água é encaminhada, no processo de esgotamento, a câmaras de recuperação situadas em diferentes níveis, das quais é restituída à câmara da eclusa no processo de enchimento. Com sistemas deste tipo pode-se chegar a economias de água de até 70%. O uso sistemático de três câmaras, para qualquer altura, é bastante generalizado.

#### 4.5. Obra civil

##### 4.5.1. Tipo de estrutura

As eclusas são estruturas submetidas a grandes esforços horizontais decorrentes do empuxo da água e por isso suas estruturas devem ser muito robustas. O tipo de



estrutura a ser adotado numa eclusa de navegação é condicionado ao tipo de terreno onde a mesma deverá ser implantada.

De acordo com o local de implantação, podem-se prever duas formas para se absorver os esforços externos: uma estrutura em concreto como suporte ou a utilização de um maciço rochoso como suporte. No primeiro caso, o modelo estrutural será concebido para receber os esforços na própria estrutura: no sentido de dentro para fora quando a eclusa for sobre o terreno (câmara cheia), e de fora para dentro se a câmara estiver localizada dentro do lago (câmara vazia); no segundo caso, o próprio maciço rochoso é o elemento estrutural, ou seja, a rocha é cortada e simplesmente revestida por uma estrutura de regularização. Podem ser previstas ainda estruturas com soluções mistas, isto é, parte da câmara embutida e parte elevada sobre o terreno.

Na fase de Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição, as informações geológicas e topográficas devem permitir a escolha de forma definitiva do tipo de estrutura a ser adotada, como também das seções transversais características.

#### 4.5.2. Cabeças de montante e jusante

A estrutura das cabeças de montante e jusante depende do tipo de estrutura adotada nos muros de ala aos quais estará ligada, ao tipo de porta escolhida, a adoção de muro de queda a montante ou máscara a jusante.

As cabeças da eclusa, por terem que suportar as portas, são submetidas a esforços longitudinais e, eventualmente, no caso de portas busco, a esforços transversais adicionais no sentido de dentro para fora da eclusa. Os esforços longitudinais na cabeça de montante são facilmente absorvidos pelo conjunto da estrutura; na cabeça de jusante, porém, exigem reforços suplementares que podem ser obtidos por contrafortes oblíquos ao eixo da eclusa. Já os esforços transversais das portas busco, nas eclusas enterradas, são em geral absorvidos pelo próprio terrapleno, exigindo reforços nas eclusas elevadas.

No Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição devem ser apresentadas as seções tipo das cabeças de montante e de jusante, considerando os fatores apontados anteriormente.

#### 4.5.3. Muros guia

Os muros guia são estruturas essenciais para o bom funcionamento da eclusa, facilitando a entrada e a saída dos barcos da câmara e diminuindo os tempos de passagem pelo sistema. Estas estruturas devem ser previstas e dimensionadas na etapa de Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição, devendo-se fixar suas posições e comprimentos de modo mais adequado para a manobra das embarcações.

Para os casos de operação com comboios de empurra deve ser adotado, tanto a montante quanto a jusante, um muro guia retilíneo alinhado com um dos muros de ala da câmara (de preferência o mesmo muro de ala). O comprimento do muro deve ser função do comprimento do comboio, não devendo ser menor que  $\frac{2}{3}$  desta dimensão.

Nos aproveitamentos de alta queda com grandes variações de nível, o custo do muro guia no lado do lago pode representar um percentual bastante elevado no custo do sistema. Nesses casos, estruturas fixas são muitas vezes onerosas podendo-se lançar mão de sistemas flutuantes ancorados no fundo.



Os esforços de dimensionamento dos muros guia resultantes do choque do comboio são função do ângulo de aproximação das embarcações, da velocidade de choque e tonelagem da embarcação tipo adotada. Estes parâmetros devem ser indicados no Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição, bem como apresentadas as dimensões básicas dos muros guias nos desenhos.

#### 4.5.4. Métodos construtivos

Na etapa de Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição devem ser indicados os métodos construtivos dos principais elementos do conjunto, demonstrando a viabilidade de execução do sistema na etapa das obras em que ele será construído.

Se a implementação das obras de transposição for deixada para uma fase posterior ao término de construção da usina hidrelétrica, o método construtivo deve demonstrar que estão sendo deixadas todas as condições para sua posterior construção. Por vezes, pode ser mais econômico se construir algum elemento da eclusa durante a construção da usina deixando-se o término para outra etapa, como por exemplo, a construção da cabeça de montante antes do enchimento do reservatório.

### 4.6. Aspectos hidráulicos

#### 4.6.1. Sistema de enchimento e esvaziamento

Os requisitos básicos a serem atendidos pelo circuito hidráulico de enchimento e esgotamento da eclusa são: menor tempo possível de eclusagem; segurança máxima para as embarcações no interior da câmara e nos acessos; condições satisfatórias de escoamento da água em todos os pontos do circuito; e, custo das estruturas compatível com os benefícios obtidos para a navegação.

O enchimento e o esgotamento da câmara das eclusas podem ser feitos basicamente, de três formas: pelas extremidades da câmara, pela base dos muros de ala ou por orifícios na soleira de fundo da câmara. Estas três formas podem ser combinadas com a adoção de esquemas diferentes para o enchimento e o esgotamento, porém, é mais comum o uso de um mesmo esquema para as duas operações.

Devido às necessidades de capacidade de tráfego, consideram-se como normais os tempos de enchimento em torno de 8 a 18 minutos para as eclusas. Assim, podem-se indicar, para as diferentes alturas de queda, os seguintes circuitos hidráulicos:

- a) Até 10 m de queda: enchimento e esgotamento pelas cabeças com adufas nas portas; para menores quedas ou maiores tempos de enchimento e esgotamento e para quedas maiores pela movimentação das portas ou contorno das mesmas, com câmaras de dissipação;
- b) Até 15 m de queda: enchimento por aquedutos laterais nos muros de ala com orifícios diretos para a câmara; para quedas menores (5 a 7 m) com alimentação no extremo dos aquedutos e para quedas maiores (9 a 15 m) com entrada pelo centro (sistemas simétricos). O esgotamento pode ser análogo ao enchimento ou pela extremidade de jusante (através da porta ou por contorno com aquedutos na cabeça);
- c) De 10 a 38 m de queda: enchimento e esgotamento por orifícios na soleira da câmara, concentrados no trecho central (quedas até 12 m) ou



distribuídos com alimentação a partir do centro (sistema H, duplo H, etc.) para quedas acima de 12 m.

*Enchimento e esgotamento pelas extremidades da câmara*

O enchimento e esgotamento pelas extremidades da câmara são caracterizados pela total assimetria longitudinal do escoamento dentro da câmara, o que pode provocar fortes esforços nas embarcações, sendo sempre perigoso estacioná-las nessas zonas. Para o enchimento tem-se a dissipação da energia correspondente a vazão de alimentação concentrada em uma área restrita da câmara que quase sempre tem de ser interditada ao estacionamento das embarcações. No esgotamento esta dissipação se dá em área onde não ficam normalmente estacionadas embarcações causando, portanto, menores dificuldades.

Além de turbilhonamentos localizados, esse tipo de enchimento produz um verdadeiro escoamento na câmara que tende a deslocar as embarcações e a produzir esforços nas amarras. As ondas estacionárias geradas pela variação de vazão, inerentes ao regime de escoamento não permanente, bem como as formadas pelos turbilhões, são uninodais, o que faz com que as inclinações da linha d'água sejam máximas e, conseqüentemente, máximos os esforços nas embarcações devidos a componente horizontal dos seus pesos.

Em razão destes inconvenientes, este sistema deve ser utilizado em baixas quedas, com velocidades médias de elevação do nível d'água na câmara até 0,9 a 1,1 m/minuto e velocidade máxima instantânea até 1,6 a 2,0 m/minuto. Entre as alternativas desta categoria de circuitos hidráulicos, pode-se indicar: escoamento por adufas nas portas, movimentação das portas e contorno das portas.

*Enchimento e esgotamento pela base do muro de ala*

O enchimento ou esgotamento pela base do muro de ala consta basicamente de dois aquedutos longitudinais independentes ligados à câmara por orifícios. Cada aqueduto deve dispor de 2 válvulas (uma de enchimento e outra de esgotamento), tomada e restituição d'água. Com apenas um aqueduto em cada lado o sistema pode ficar desbalanceado longitudinalmente por levar, no enchimento, a maior vazão nos orifícios de montante no início da operação e nos de jusante no fim da operação, criando oscilações longitudinais na superfície líquida.

Outras variantes são utilizadas para contornar este inconveniente sendo que o mais simples é utilizar dois aquedutos: um principal com as duas válvulas ligando a tomada d'água à restituição e outro, de distribuição, com os orifícios de entrada na câmara. Os dois aquedutos podem ser ligados na parte central o que possibilita, com uma conveniente distribuição dos orifícios, garantir a necessária simetria longitudinal. No sentido transversal tem-se uma razoável simetria desde que os dois conjuntos de aquedutos funcionem sincronizadamente, o que nem sempre é fácil de garantir.

A alimentação no pé dos muros tem a vantagem de tender a afastar a embarcação para o eixo da câmara o que é, obviamente, favorável do ponto de vista dos choques contra os muros. No caso de eclusas largas, porém, a não uniformidade de fluxo ao longo da seção transversal pode ser desfavorável criando, para certos níveis de água, turbilhões no sentido contra o muro e mesmo componentes na direção das portas.

Com esquemas mais elaborados esta alternativa pode ser empregada para quedas de até 20 m desde que não sejam exigidas grandes velocidades de elevação do nível de

água (acima de 1,2 m/minuto). Um aprofundamento da soleira da câmara maior que o necessário para a folga normal sob o casco das embarcações, permitindo um afogamento suplementar dos orifícios, pode melhorar o funcionamento hidráulico desta alternativa. De um modo geral, o aumento do colchão de água na câmara, conduz a um melhor funcionamento do sistema.

#### *Enchimento e esgotamento pela soleira de fundo da câmara*

A alimentação por orifícios na soleira do fundo da câmara constitui uma categoria de circuitos hidráulicos mais conveniente por permitir distribuir a vazão uniformemente por toda a área da câmara. Conduz, porém, a complicações construtivas e, quase sempre, a considerável aumento nas escavações. É recomendada, sobretudo, para eclusas com mais de 15 m de queda, sendo praticamente a única utilizada para mais de 20 m de queda.

Nesta alternativa, os orifícios podem ser alimentados por um único aqueduto longitudinal central ou por dois aquedutos longitudinais laterais e mesmo por três aquedutos longitudinais no interior da câmara. Há esquemas em que a alimentação e/ou a restituição são feitas por aquedutos transversais que atingem o centro da eclusa de onde partem os aquedutos secundários de alimentação.

Nos sistemas ditos dinamicamente balanceados tem-se sempre a distribuição feita a partir do centro da câmara com aquedutos de seções variáveis para dar a igualdade de distribuição das vazões. Estes sistemas são em geral os mais complexos e caros. Numerosos tipos de enchimento e esgotamento de eclusas adotam este esquema de orifícios distribuídos pelo fundo da câmara. Podem ser citados: sistema H, sistema de aquedutos secundários transversais múltiplos e orifícios horizontais e orifícios concentrados junto a uma porta.

Muitos fatores influem na escolha dos tipos de circuitos hidráulicos de enchimento e esgotamento das câmaras das eclusas. A altura de queda é o principal fator a ser considerado, sobretudo no que diz respeito ao enchimento da câmara, quando a energia hidráulica tem de ser dissipada no interior da câmara, junto às embarcações. A energia a ser dissipada depende da queda e do tempo de enchimento (esgotamento) da câmara, de tal forma que estes dois fatores devem ser encarados em conjunto.

No Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição deve ser apresentado o esquema básico do sistema hidráulico de enchimento e esgotamento, justificando-se em síntese a solução adotada.

#### 4.6.2. Equacionamento hidráulico preliminar (modelo matemático)

De um modo geral, os projetistas dispõem de elementos suficientes para projetar os circuitos hidráulicos de eclusas de características normais até 15 m de desnível sem a necessidade de recorrer a ensaios em modelos. Entretanto, nos casos de novas soluções, é mister ensaios desse tipo, cabendo lembrar que os modelos matemáticos sozinhos, dificilmente permitem solucionar todos os problemas envolvidos no cálculo hidráulico de uma eclusa mais complexa, devido às limitações nos equacionamentos de numerosos fatores.

Na fase de Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição, deve ser feito um equacionamento hidráulico preliminar para definição dos tempos de enchimento e

esvaziamento das câmaras. No caso de eclusas altas este equacionamento poderá ser baseado em eclusas semelhantes já construídas.

#### 4.6.3. Análise da necessidade ou não de modelo físico

Em arranjos de sistemas hidráulicos de transposição com queda superior a 12 m, deve-se indicar na etapa de Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição, a necessidade de elaboração de um modelo físico reduzido. Nesse caso, devem ser citadas as especificações básicas do modelo a serem estudadas na fase de projeto básico, de modo a poder ser orçado o seu custo.

### 4.7. Equipamentos eletromecânicos

#### 4.7.1. Portas

As portas são estruturas que visam permitir a entrada e saída das embarcações na câmara e manter os desníveis entre o interior e exterior da câmara das eclusas, operando, normalmente, sem carga.

Para sistemas hidráulicos de transposição de baixa queda, normalmente são utilizadas portas dos seguintes tipos:

- a) busco (vicianas): 2 folhas planas com eixo vertical, que formam um ângulo com vértice para montante;
- b) verticais: levadiças ou baixadiças (planas ou cilíndricas);
- c) segmento de eixo vertical (dupla);
- d) segmento de eixo horizontal: porta de montante descendo contra o muro de queda;
- e) claplets, com articulação no fundo;
- f) corrediças apoiadas no fundo (batel);
- g) circulares (rotativas).

Para eclusas de média e alta queda utilizam-se, normalmente:

- a) Portas de montante: os mesmos tipos de portas das de baixa queda (pouca altura devido ao muro de queda);
- b) Portas de jusante: porta de busco (até 48 m de altura) e porta vertical levadiça caso seja possível a adoção de máscara (levadiças contra a máscara).

No Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição devem ser indicados os tipos de portas a serem empregadas, suas dimensões principais e os sistemas de acionamento previstos, de forma a permitir uma estimativa confiável de custo uma vez que, normalmente, esse item é muito relevante nas eclusas altas.

#### 4.7.2. Válvulas de enchimento e esgotamento

As válvulas de enchimento e esgotamento das câmaras são geralmente os equipamentos mais delicados da eclusa, pois operam com grande frequência, estando, portanto, sujeitas a desgastes das vedações e articulações sendo o elemento que mais requer

manutenção. Na maioria das vezes são empregadas válvulas do mesmo tipo para o enchimento e o esgotamento, sendo recomendável prever número duplicado desses equipamentos para facilitar a manutenção.

Quando o enchimento e o esvaziamento da câmara são feitos pelos seus extremos, os principais tipos de válvulas que podem ser empregados são:

- a) Adufas nas portas: movimentação manual, elétrica ou hidráulica;
- b) Movimentação das portas: as de montante providas de dissipadores para evitar perda de comprimento da câmara; as de jusante podem ser mais simples porque a dissipação da energia se dá fora da câmara;
- c) Válvulas tipo guilhotina (gaveta vertical): são as mais comuns nas eclusas de pequena queda sendo colocadas em dutos curtos, por exemplo, no contorno das portas. Podem ser movimentadas manualmente, por motor elétrico ou por sistema de pistões hidráulicos.

Quando o enchimento e o esvaziamento são feitos por aquedutos longos utilizam-se dois tipos de válvulas:

- a) Válvulas tipo guilhotina: sem rodas (até 10 m queda) e do tipo vagão com rodas para quedas superiores a 10 m. A grande vantagem destas válvulas é de que são ajustadas na fábrica vindo prontas para a obra, sendo simplesmente fixadas no concreto.
- b) Válvulas segmento (setor): do tipo direto ou invertido utilizados em altas quedas e aquedutos longos. São de mais fácil movimentação por dispositivos hidráulicos ou mecânicos por meio de hastes, porque a resultante da pressão hidrostática passa pelo eixo, e para a abertura é necessário somente vencer o peso próprio e as resistências passivas. Nas eclusas mais altas podem ser aeradas o que diminui os problemas de cavitação.

Visando diminuir a agitação na câmara das eclusas, podem ser adotadas leis especiais de manobra das válvulas com abertura contínua (linear ou não linear) ou descontínuas (com interrupção) e mesmo defasadas (uma válvula abrindo após a outra).

No Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição deve ser feita a escolha do tipo de válvula a ser adotado e definidas suas dimensões principais, pesos e os sistemas de acionamento de forma a permitir uma estimativa confiável de custo.

#### 4.7.3. Stop-logs da câmara e das válvulas

Todos os elementos hidráulicos das eclusas devem poder ser ensecados tanto para manutenção preventiva como para reparos emergenciais. A câmara da eclusa deve receber stop-logs tanto a jusante quanto a montante de modo a ser possível ensecá-la para reparos nas portas, fundo, sistemas de distribuição, muros de ala, e demais elementos.

Para tanto, em princípio, utilizam-se elementos horizontais sobrepostos movimentados por guindastes e guinchos ou embarcações. Por vezes em vãos de grande



largura utilizam-se stop-logs flutuantes que são rebocados e colocados convenientemente em ranhuras previstas. No caso de sistemas constituídos por mais de uma câmara (escadas de eclusa, eclusas geminadas, etc.), os stop-logs podem ser padronizados e comuns para as várias eclusas.

As válvulas devem também receber stop-logs, 2 conjuntos para cada válvula, permitindo o ensecamento de uma das válvulas do par e possibilitando a continuação das operações com apenas um elemento. Deve-se prever o ensecamento por stop-logs dos aquedutos a montante e a jusante das válvulas.

No Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição devem ser indicados estes elementos e definidas suas características principais, dimensões, pesos e sistemas de movimentação.

#### 4.7.4. Cabeços de amarração

Os cabeços de amarração das embarcações devem ser dimensionados para absorver o esforço das amarras durante a operação de eclusagem e não podem ser utilizados para frear o barco, o que deve ser proibido. A distância entre os cabeços em geral deve ser de 20 a 25 m, dependendo do comprimento da embarcação-tipo e devem ser distribuídos ao longo de toda a câmara.

Em eclusas de queda de até 10 m, normalmente os cabeços são fixos e embutidos no muro de ala de 1,5 em 1,5 m de altura, do nível mínimo até o coroamento, inclusive. Em quedas maiores que 10 m, podem ser utilizados cabeços flutuantes (embutidos em guias nos muros de ala), que acompanham as variações de nível da câmara, tendo vários bolards para chatas cheias e vazias.

No Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição deve ser indicada a solução a ser adotada, a distribuição e o número de cabeços de amarração em cada muro de ala e nos muros guias, se for o caso.

#### 4.7.5. Equipamentos complementares

Por motivos de segurança e operacionais, as eclusas devem contar com alguns equipamentos complementares como:

- escadas para acesso às embarcações no interior da câmara, que devem ser embutidas nos muros de ala. Nas de baixa queda podem ser simples escadas de marinho, e nas de alta queda devem ser previstos patamares. Atualmente, costumam-se adotar duas escadas em cada muro (próximas das portas,  $\frac{3}{4}$  da câmara) dado que os comboios ocupam toda a câmara;
- guarda-corpos de proteção no alto dos muros de ala, de preferência postes removíveis com correntes que possam ser facilmente retirados;
- sistema de sinalização ótico e sonoro de avisos e comunicação: sirene de sinalização de início e fim de operação; sistema sonoro (auto-falantes) de avisos aos usuários; sistema de rádio para comunicação com as embarcações; telefone (rede internas e externa); semáforos de sinalização para entrada e saída das embarcações na câmara; sistema auxiliar de televisão;



- sistema de iluminação: principalmente se a eclusa for operar a noite, deve ser eficiente e iluminar bem o espelho de água e em especial as áreas das portas;
- outros equipamentos.

Estes sistemas e equipamentos complementares devem figurar no Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição com justificativas e detalhes que permitam estimar seus custos.

#### 4.7.6. Cabine de comando

Nas eclusas modernas todas as operações e os principais equipamentos são comandados à distância a partir de uma casa de comando estrategicamente localizada, tendo como requisitos principais a visibilidade de todo o conjunto da obra, em particular do interior da câmara, e a centralização de todas as operações que serão telecomandadas a partir deste local. Os controles de todos os sistemas de avisos sonoros, rádio e telefonia devem, também, estar centralizados nesse local, que deve dispor de um púlpito de operação onde são indicadas e comandadas todas as operações da eclusa.

O Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição deve indicar, em planta, a localização e principais dimensões da cabine de comando, devendo-se listar os seus principais equipamentos.

#### 4.8. Orçamento sintético

Com base no Detalhamento do Sistema Hidráulico de Transposição deve ser elaborado um orçamento sintético das obras a serem implantadas. Este orçamento deve ser dividido em dois grupos: as obras civis e os equipamentos eletromecânicos. Recomenda-se, quando possível, que sejam adotadas as composições de preços do sistema SICRO do Ministério de Transportes, admitindo-se outras referências de preços de tabelas oficiais utilizadas na administração pública.



## 5. DETALHAMENTO DE UM SISTEMA MECÂNICO (ASCENSOR DE EMBARCAÇÕES)

### 5.1. Nota prévia

Os sistemas mecânicos de transposição de desníveis para embarcações, devido aos numerosos problemas que apresentam, são muito pouco utilizados na prática, especialmente para embarcações de transporte comercial. Enquanto existem milhares de eclusas em operação, existem não mais de duas dezenas de ascensores de embarcações de carga que operam presentemente. Nos últimos 50 anos só 7 obras deste tipo foram inauguradas, sendo apenas uma conjugada a aproveitamento hidroelétrico (plano inclinado de Krasnoyevisk, no rio Ode, Sibéria, Rússia-1964).

Estes sistemas são utilizados em condições muito especiais (condições topográficas, geológicas e desníveis elevados), quase todos em canais artificiais e para embarcações de carga de pequeno porte e nenhum para comboios de empurra. Podem, porém, ser apropriados para pequenas embarcações, como embarcações de recreio, de passageiros, com características regionais, sendo também indicados para soluções provisórias como, por exemplo, garantir a passagem de embarcações durante as obras do barramento.

Ainda que os sistemas mecânicos não devam ser afastados das análises de alternativas para transposições de desníveis criados por aproveitamentos hidrelétricos, as probabilidades de seu emprego no Brasil são reduzidas. Assim sendo, optou-se neste Manual por dar menor ênfase aos critérios de detalhamento dos ascensores mecânicos em geral, limitando-se nas indicações a seguir aos aspectos mais essenciais destas obras e no que diferem fundamentalmente dos projetos das eclusas. Outros maiores detalhes sobre estes sistemas podem ser encontrados na bibliografia indicada no Capítulo 6.

### 5.2. Terminologia dos principais elementos

Há uma diversidade de sistemas mecânicos de transposição de desníveis para embarcações com princípios de funcionamento muito diferentes, o que torna difícil estabelecer uma terminologia comum para todos os sistemas. Basicamente, adota-se a terminologia indicada para as eclusas quando se trata de elementos semelhantes (alturas de queda, muros guias, portas, cabeços, etc.) e, para algumas das partes mais específicas dos sistemas mecânicos, deve ser adotada a seguinte terminologia:

- Cubas – recipientes em que são trasladadas as embarcações (flutuando ou a seco);
- Carretas – veículos sem propulsão própria em que são trasladadas as embarcações;
- Contra-pesos – elemento de equilíbrio do peso da cuba utilizado para economizar energia na movimentação das cubas (pesos ou outra cuba ligada por cabos de aço);
- Sistema funicular – sistema em que a movimentação da cuba é feita por cabos de aço;



- Sirga – sistema em que as embarcações são movimentadas flutuando pelo reboque de uma embarcação especial (com propulsão por cabo fixado a montante).

Citam-se os seguintes casos de sistemas mecânicos de transposição construídos e em operação no mundo: plano inclinado transversal de Azvillier - França; plano inclinado longitudinal de Krasnoyarsk – Rússia; plano inclinado longitudinal Big-Chute – Canadá; plano inclinado longitudinal do Canal de Elblag – Polônia; elevadores flutuantes de Henrichenbourg I e Henrichenbourg II – Alemanha; elevador hidráulico de La Louviere – Bélgica; elevador funicular de Lunenburg – Alemanha; elevador funicular de Strepy-Thieu – Bélgica; e, elevador vertical tipo tambor Man de Falkirk – Inglaterra.

### 5.3. Requisitos da navegação

#### 5.3.1. Segurança da obra e da embarcação

No Detalhamento do Sistema Mecânico de Transposição devem ser considerados como prioritários os aspectos ligados à segurança.

Nos mecanismos de transposição com cubas, o grande risco para o sistema com a embarcação flutuando dentro da cuba é o esvaziamento brusco da água pelo rompimento causado pelo choque violento da própria embarcação. O esgotamento da cuba pode causar o desequilíbrio do sistema e a ruína total da obra. Por este motivo, as cubas devem ser sempre de paredes duplas e as portas contarem com para-choques robustos ou amortecedores de choque (em geral hidráulicos).

Nesses tipos de sistemas, deve-se evitar qualquer movimentação da embarcação em relação a cuba, mantendo-a atracada por cabos e se evitando fortes acelerações ou desacelerações e formação de ondas que possam causar esforços que rompam as amarras. Esses problemas são mais importantes nos planos inclinados porque nos deslocamentos verticais as acelerações e desacelerações repercutem como um aumento virtual do deslocamento da embarcação flutuante. Outro risco importante é o rompimento das portas que sustentam a água a montante e a jusante quando a cuba não está presente. Estas portas, que operam conjugadas com as correspondentes da cuba, devem também ser protegidas contra choques de embarcações por para-choques e freios especiais.

Nos sistemas que empregam flutuadores o grande risco é a perda de fluviabilidade devida ao rompimento do casco. Nos elevadores modernos deste tipo mantém-se ar comprimido no interior dos flutuadores com pressão equivalente a pressão externa da água a fim de reduzir os esforços nas chapas metálicas. A perda de pressão do ar comprimido indica qualquer rompimento que possa causar entrada de água nos flutuadores.

Outros tipos de ascensores para transposição mecânica de embarcações apresentam problemas específicos de segurança. Em particular os equipamentos que prevêm o transporte a seco das embarcações, em carretas ou em outros tipos de recipientes, apresentam riscos devidos a concentração dos pesos em pontos de apoio isolados do casco, o que pode levar ao seu rompimento. O problema é mais crítico quando há diversidade de embarcações a ser transportadas impedindo dispor apoios que possam atender as conformações e dimensões de cascos.



No Detalhamento do Sistema Mecânico de Transposição devem ser levantados e indicados os meios adotados para minimizar os riscos à segurança do sistema.

#### 5.3.2. Dimensões das cubas, cunhas d'água ou carretas em que serão movimentadas as embarcações

No Detalhamento do Sistema Mecânico de Transposição devem ser estabelecidas as dimensões da cuba, cunhas de água ou carretas em que serão movimentadas as embarcações (comprimento útil, largura, profundidade, etc.) a serem fixadas em função das dimensões da embarcação tipo.

#### 5.3.3. Gabarito e condições de acesso por jusante e por montante

Na etapa de Detalhamento do Sistema Mecânico de Transposição, essencialmente se preconizam os mesmos critérios adotados na etapa de Estudos de Concepção, que devem ser revistos com o melhor conhecimento das condições locais obtidas pelos novos levantamentos e estudos realizados para a elaboração do projeto básico da obra da usina.

Novas formulações de gabaritos poderão ser empregadas levando em conta as condições climáticas (ventos, chuvas, nevoeiros, etc.) e as condições hidráulicas (correntes, variações de nível, etc.). Particular atenção deve ser dada para a área do emboque do sistema no lago que, por vezes, são espelhos de água extensos onde devido ao vento podem formar-se ondas de altura importante.

#### 5.3.4. Garagens de espera

No Detalhamento do Sistema Mecânico de Transposição deve ser estudada, em função do tráfego esperado, a necessidade da adoção ou não de garagens de espera no conjunto. Esta necessidade é função da capacidade de tráfego combinada com a probabilidade de chegada das embarcações.

O acúmulo de embarcações nos acessos pode demandar a adoção de garagens de espera junto à obra ou mais afastadas da mesma. Nesta análise deve ser levado em conta o aumento da capacidade e do tráfego ao longo do tempo, sendo possível se determinar o instante quando serão necessárias postergando-se a construção para outra fase se possível.

#### 5.3.5. Tempo de transposição e capacidade necessários para atendimento da demanda

No Detalhamento do Sistema Mecânico de Transposição, com mais informações e maiores detalhes, devem ser recalculados os tempos de transposição no sistema e a respectiva capacidade de tráfego, estimados nos Estudos de Concepção, verificando-se sua adequação à demanda.

Denomina-se por tempo de transposição o tempo que a obra deve ficar disponível para a passagem de uma ou várias embarcações em conjunto, em um ou outro sentido de tráfego. A capacidade de tráfego é inversamente proporcional ao tempo de transposição que por sua vez é a soma do tempo de acesso, com o da movimentação da cuba ou outro tipo de veículo, os tempos de abertura e fechamento das portas conjugadas e os de



percurso até liberar a movimentação da embarcação que vai ocupar a cuba em seguida. Estes tempos parciais devem ser fixados ou calculados nessa etapa.

#### 5.3.6. Tempo de deslocamento da embarcação entre os níveis de montante e de jusante

No Detalhamento do Sistema Mecânico de Transposição deve ser fixado o tempo de deslocamento da embarcação entre os níveis de montante e de jusante. Deve ser levado em conta, por um lado, a segurança da embarcação dentro da cuba, na carreta ou navegando rebocada, tendo em vista a velocidade de deslocamento vertical e, por outro lado, o aumento de capacidade de tráfego que o aumento dessa velocidade permite. Os tempos de deslocamento são resultantes desta otimização.

#### 5.3.7. Tempo total de passagem pelo sistema

O tempo de passagem corresponde ao tempo efetivamente perdido pela embarcação para vencer o obstáculo do desnível. Este tempo compreende, além do tempo de transposição, o tempo de todas as esperas necessárias para a passagem pela obra, seja fora ou dentro do sistema de transposição.

O tempo total de passagem pelo sistema deve ser determinado e minimizado por influir diretamente no custo de transporte, correspondendo a um aumento virtual do percurso.

#### 5.3.8. Capacidade de tráfego do sistema projetado

A quantidade de carga que passa pela obra de transposição em uma unidade de tempo (ano) deve ser determinada para verificar se o sistema atende às demandas previstas, podendo ser estimada a partir da Capacidade Máxima de Tráfego (CMT), que é baseada no tempo total de passagem admitindo-se um fluxo contínuo pelo sistema, e calculada pela Capacidade Efetiva de Tráfego (CET), de forma semelhante ao apresentado no item 4.2.10.

Com base em estatísticas de outras obras similares, devidamente corrigidas para as condições locais, deve ser estimada, nessa etapa de Detalhamento do Sistema Mecânico de Transposição a capacidade efetiva de tráfego do sistema para ser comparada com as demandas estimadas.

### 5.4. Consumo de energia no sistema

Nos sistemas mecânicos de transposição de embarcações, dependendo da solução proposta, o consumo de energia para acionamento das estruturas pode representar um item importante nos custos operacionais e deve, por isso, ser estimado na etapa de Detalhamento do Sistema Mecânico de Transposição.

Nos sistemas equilibrados ou de flutuantes, com embarcação flutuando dentro de uma cuba, o consumo de energia é pequeno, restringindo-se ao necessário para a abertura e fechamento das portas e para manutenção geral. Nestes sistemas a energia necessária para vencer as resistências passivas é obtida pela colocação ou retirada de um pequeno volume de água da cuba que causa o desequilíbrio suficiente.

Em outros sistemas de tipo não equilibrado o consumo de energia deve ser estimado considerando-se o deslocamento do peso total da embarcação mais o recipiente em que a mesma é movimentada entre os dois níveis de água considerados, mais as resistências passivas (inércia, atrito, etc.).

### 5.5. Obras civis

As obras civis dos sistemas mecânicos de transposição são muito diferentes e variadas, e devem ser especificadas de forma geral nessa etapa. A seguir, são apresentadas referências às características das obras mais comuns desses tipos de sistemas e alguns dos aspectos mais relevantes das mesmas.

Para o Detalhamento do Sistema Mecânico de Transposição dessas obras deve ser consultada bibliografia especializada e, em particular, os projetos e as descrições de obras similares.

#### 5.5.1. Condicionantes geológicas e topográficas

No geral, os sistemas mecânicos de transposição de embarcações exigem condições geológicas e topográficas muito satisfatórias, como terrenos regulares e rochas sãs pouco fraturadas para suportar as elevadas cargas das estruturas, tais como as cubas e contrapesos.

Os elevadores verticais de flutuadores têm cargas verticais reduzidas uma vez que o peso das cubas é suportado pelos flutuadores. Em compensação, exigem terrenos facilmente escaváveis, com fortes inclinações que facilitem a localização do desnível na vertical e pouco permeáveis para abertura de poços profundos de onde imergem os flutuadores.

Os planos inclinados, as rampas hidráulicas e rampas para carretas exigem terrenos com topografia suave, para minimizar as escavações necessárias à abertura das rampas; e resistentes, para suportar as vias de rolamento das cubas dos veículos e do sistema de deslocamento das cunhas de água ao longo das rampas. Como os veículos nestes casos são de grande peso, devem dispor de muitas rodas para distribuição dos esforços e, assim, requerem vias de rolamento bastante regulares, não admitindo recalques diferenciais resultantes de incapacidade do solo.

#### 5.5.2. Tipo de estrutura

Os tipos de estruturas requeridas nos sistemas de transposição mecânica são muito variáveis. Os elevadores verticais mais antigos tinham as torres de suporte metálicas e os mais modernos em concreto armado. Os veículos que movimentam as cubas nos planos inclinados são movimentados normalmente em trilhos fixados a vigas de concreto armado apoiadas no terreno ou em pilares também de concreto armado.

De um modo geral, os elevadores e os planos inclinados necessitam de escavações e obras de dragagem para implantação dos canais de acesso de montante e de jusante. Quase sempre a montante será necessário um trecho de ponte canal (em geral metálica) para ligar o ascensor ao represamento.



Na fase de Detalhamento do Sistema Mecânico de Transposição, e a partir das informações geológicas e topográficas, deve ser feita a escolha de forma definitiva do tipo de estrutura a ser adotada.

#### 5.5.3. Métodos construtivos

Na etapa de Detalhamento do Sistema Mecânico de Transposição devem ser indicados os métodos construtivos dos principais elementos do conjunto, demonstrando a viabilidade de execução do sistema na etapa das obras em que ele será construído.

Se a implementação das obras de transposição for deixada para uma fase posterior ao término de construção da usina hidrelétrica, o método construtivo deve demonstrar que estão sendo deixadas todas as condições para sua posterior construção. Por vezes, pode ser mais econômico se construir algum elemento durante a construção da usina, como os canais de acesso, deixando-se o término para outra etapa.

### 5.6. Equipamentos diversos

#### 5.6.1. Portas dos canais de acesso e das cubas

Nos sistemas mecânicos por cubas, são dispostas portas em suas duas extremidades para a entrada e saída das embarcações quando são igualados os níveis de água internos e externos. Estas portas são normalmente planas, levadiças ou baixadiças (elevadores verticais).

Nos canais de acesso aos sistemas mecânicos, em seus extremos, a montante e a jusante, são também necessárias portas para conter a água quando a cuba não está presente. Estas portas fixas podem ser do mesmo modelo das portas da cuba e devem funcionar conjugadas com as mesmas (abertura e fechamento simultâneo, com os níveis d'água igualados). Um sistema especial de vedação deve ser previsto entre as duas portas.

Nas rampas hidráulicas há necessidade de uma porta no nível superior que será aberta para a passagem da embarcação quando igualados os níveis de água da cunha hidráulica e o de montante da obra. Em obras existentes, tem-se utilizado portas do tipo plana com basculamento em torno de eixo localizado no fundo. Neste tipo de obra, há uma porta (placa retentora) que se desloca na rampa sustentando a cunha d'água em que flutua a embarcação e é aberta, no nível inferior da rampa, quando são igualados os níveis d'água para dar passagem aos barcos.

#### 5.6.2. Stop-logs dos canais

Nas obras em que as embarcações são movimentadas flutuando no interior de cubas é necessário se prever um equipamento (stop-log) de vedação provisória nos acessos de montante e de jusante para possibilitar a manutenção e reparos a seco da obra.

#### 5.6.3. Cabeços de amarração

Os cabeços de amarração devem ser dimensionados para absorver o esforço das amarras durante a movimentação das cubas e não podem ser utilizados para frear o barco na entrada das mesmas. A distância entre os cabeços na cuba em geral é de 10 a 15 m,



dependendo do comprimento da embarcação tipo e devem ser distribuídos ao longo de toda a cuba.

No Detalhamento do Sistema Mecânico de Transposição deve ser indicada a forma de fixação dos cabeços na cuba a ser adotada e a distribuição dos cabeços nos canais de acesso e garagens de espera, conforme for o caso.

#### 5.6.4. Equipamentos complementares

Os equipamentos complementares a serem previstos no Detalhamento do Sistema Mecânico de Transposição variam de acordo com o tipo de obra adotado. Por motivos de segurança e operacionais devem sempre ser previstos: sistema de sinalização ótico, sirene de sinalização de início e fim de operação; sistema sonoro (auto-falantes) de avisos e comunicação aos usuários; sistema de rádio para comunicação com as embarcações; telefone (rede interna e externa); semáforos de sinalização para entrada e saída das embarcações na cuba e canais de acesso, iluminação e sistema auxiliar de televisão para controle das operações e aumentar a segurança.

Estes sistemas e equipamentos complementares devem figurar no Detalhamento do Sistema Mecânico de Transposição com justificativas e detalhes que permitam estimar seus custos.

#### 5.6.5. Cabine de comando

Nos sistemas mecânicos de transposição de desnível todas as operações devem ser comandadas a partir de uma cabine de comando que acompanhe o deslocamento da embarcação entre os dois níveis, e de onde, sempre que possível, haja visibilidade de todo o conjunto da obra e em particular do interior da cuba. A cabine deve dispor de um púlpito de operação em que devem ser indicadas e comandadas todas as operações, principalmente de todos os sistemas de avisos sonoros, rádio e telefonia.

O Detalhamento do Sistema Mecânico de Transposição deve indicar, em planta, a localização e principais dimensões da cabine de comando, devendo-se listar os seus principais equipamentos.

#### 5.7. Orçamento sintético

Com base no Detalhamento do Sistema Mecânico de Transposição deve ser elaborado um orçamento sintético das obras a serem implantadas. Este orçamento deve ser dividido em dois grupos: as obras civis e os equipamentos eletromecânicos. Recomenda-se, quando possível, que sejam adotadas as composições de preços do sistema SICRO do Ministério de Transportes, admitindo-se outras referências de preços de tabelas oficiais utilizadas na administração pública.



## 6. BIBLIOGRAFIA DE APOIO

- ALMEIDA, C.E. **Obras de transposição de desnível em barragens de aproveitamento.** Tese, São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1968.
- ALMEIDA, C.E. **Notas de aula da disciplina HD-10-A-Vias navegáveis interiores.** São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1979.
- ALMEIDA, C.E.; BRIGHETTI, G. **Notas de aula – PHD 502 – Navegação interior e portos marítimos,** São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986.
- ALMEIDA, F. G. **Dimensionamento dos canais intermediários das escadas de eclusas para comboios de empurra.** Tese, São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1989.
- ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE DES CONGRES DE NAVIGATION. **Rapport final de La comission internationale pour l'etude des ecluses.** Bruxelas, 1986.
- ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE DES CONGRES DE NAVIGATION. **Rapport d'une commission d'etude dans Le cadre Du Comité Technique Permanent I – Elevateurs a bateaux.** Supplement au bulletin n° 65. Bruxelas, 1989.
- AUBERT, J. **Encyclopedie pratique de La construction et du batiment – Voies navigables.** Paris, Librairie Aristide Quillet, 1968.
- BALAU, J. A.; CAVALHEIRO, P. **Análise física econômica e operacional de embarcações graneleiras para a rede hidroviária do Rio Grande do Sul.** Congresso Panamericano de Eng. Naval, 5º, Venezuela, 1977.
- BALAU, J.A. **Otimização de comboio integrado de chatas para transporte de bauxita na Amazônia.** Tese, São Paulo, Escola politécnica da Universidade de São Paulo, 1981.
- CESP; ALMEIDA, C. E. **Eclusas de baixa queda.** São Paulo, CESP – Centrais Elétricas de São Paulo S.A., 1983.
- CORPS OF ENGINEERS (US ARMY) **Lay-out and design of shallow draf waterways.** USA, 1980.
- CORPS OF ENGINEERS (US ARMY) **Lock gates and operating equipments.** Washington, 1979.
- CENTRO DE ENSINO PORTUÁRIO DA PORTOBRAS, INTERNAVE, ESCOLA DE ENG. DE LINS **Curso eclusas de navegação.** Escola de Eng. De Lins, Lins, 1987.



- CANHOLI, A. P. **Alguns aspectos dos esforços de amarração no projeto hidráulico de eclusas de navegação.** Dissertação apresentada à Escola Politécnica da USP para obtenção do Título de Mestre em Engenharia, São Paulo, 1984.
- DNPVN - DEPARTAMENTO NACIONAL DE PORTOS E VIAS NAVEGÁVEIS. **Vias navegáveis interiores do Brasil – Conceitos básicos sobre hidrovias e navegação interior.** Rio de Janeiro, Consórcio Lasa-SGTE, 1969.
- ENGINEERING AND DESIGN. **Planning and Design of Locks,** US Army Corps of Engineers, ENGINEER MANUAL, 1995.
- GONTIJO N. T., CAMPOS R. G. D. **Estruturas Hidráulicas, Seminário – Eclusas,** Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- HOUSSE N.M. **Les ecluses de navigation,** Liege, 1985.
- LOPES, R.G.C. **Estudo da navegabilidade da bacia Amazônica.** Seminário Nacional de Hidrovias, 1º, Curitiba, 1981.
- MACBURY, F. **Least energy operation of river shipping.** USA Marine Technology, 1979, vol. 16.
- MICHEL, J.; RIBEIRO, A. **Ondas e variação de nível em via navegável devido ao enchimento e esvaziamento das eclusas.** Revista do Instituto de Engenharia, São Paulo, 467, 1988: 36-39.
- PARTENSKY, H.W. **Binnenverkehrs wasserbau schleusenanlagen.** Berlim, Springer-Verlag, 1985.
- PORTOBRAS - EMPRESA DE PORTOS DO BRASIL S.A. **Diagnóstico da navegação no Rio Paraíba.** Brasília, DEPVIA, 1982.
- PORTOBRAS - EMPRESA DE PORTOS DO BRASIL S.A. **Interferência entre os projetos básicos de aproveitamento de Itaocara, Simplicio, Sapucaia na hidrovia do Rio Paraíba do Sul.** São Paulo, Internave Eng., 1988.
- PORTOBRAS - EMPRESA DE PORTOS DO BRASIL S.A. **Estudo de viabilidade técnico econômica da hidrovia Tietê-Paraná,** São Paulo, 1982.
- PORTOBRAS - EMPRESA DE PORTOS DO BRASIL S.A.; CARIGAN P.H. **Manual de práticas de procedimentos recomendados para a administração, regulamentação, operação e manutenção de eclusas e barragens de navegação,** Brasília, 1986.
- RIVA J.C.T. **Sobre largura de vias navegáveis.** Tese, São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1982.



SANTOS S. R. **Projeto hidráulico de eclusas de alta queda**, tese livre docência na USP, São Paulo, 1998.

USSAMI I., **Comportamento hidráulico dos sistemas de enchimento e esgotamento das eclusas de navegação**. Tese, São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1980.



## 7. ANEXO - QUADRO DE VERIFICAÇÃO DOS DADOS

O Quadro Síntese, a seguir, apresenta os itens que devem ser observados pelo empreendedor nos Estudos de Concepção e no Detalhamento do Sistema de Transposição de desnível para a navegação. Esses itens são considerados pela ANA na verificação do atendimento das condicionantes relativas à navegação indicadas nas DRDHs e nas outorgas de direito de uso de recursos hídricos emitidas a empreendimentos hidrelétricos.

ITEM MANUAL	REFERÊNCIA	APLICÁVEL		ENTREGUE		SUFICIENTE		OBSERVAÇÕES
		SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	
<b>2</b>	<b>ESTUDOS DE CONCEPÇÃO E DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVAS</b>							
2.1	MAPA DO ARRANJO GERAL DO SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE DESNÍVEL							
2.1	ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART (cópias)							
2.2	AValiação DO TRÁFEGO ESPERADO							
2.3	DEFINIÇÃO DA EMBARCAÇÃO TIPO							
2.4	GABARITOS DA VIA NAVEGÁVEL NA REGIÃO ABRANGIDA PELA OBRA							
2.5	CONDICIONANTES BÁSICOS DA OBRA							
2.5.1	Níveis de água a montante e a jusante							
2.5.2	Condições dos acessos							
2.5.3	Geologia e topografia dos possíveis locais de implantação							
2.6	DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO A SER ADOTADO							
2.6.1	Alternativas a serem consideradas							
2.6.2	Análise de viabilidade preliminar das alternativas							
2.6.3	Escolhas de alternativas a serem detalhadas							
<b>3</b>	<b>DETALHAMENTO DO SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DEFINIDO</b>							
3.1	AValiação DETALHADA DA CAPACIDADE DE TRÁFEGO NECESSÁRIA							
3.2	ESCOLHA DEFINITIVA DA EMBARCAÇÃO TIPO							
3.3	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DA OBRA DE TRANSPOSIÇÃO							
3.3.1	Níveis de montante e jusante							
3.3.2	Características dos acessos (com levantamentos específicos)							
3.3.3	Características topográficas e geológicas dos locais escolhidos							

ITEM MANUAL	REFERÊNCIA	APLICÁVEL		ENTREGUE		SUFICIENTE		OBSERVAÇÕES
		SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	
4	DETALHAMENTO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO (ECLUSA)							
4.1	TERMINOLOGIA DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS							
4.2	REQUISITOS DA NAVEGAÇÃO							
4.2.1	Segurança da obra e da embarcação							
4.2.2	Gabarito da câmara							
4.2.3	Gabarito e condições de acesso por jusante							
4.2.4	Gabarito e condições de acesso por montante							
4.2.5	Gabarito e condições de tráfego no canal intermediário							
4.2.6	Garagens de espera							
4.2.7	Tempo de transposição							
4.2.8	Tempo de enchimento e esgotamento da câmara							
4.2.9	Tempo total de passagem pelo sistema							
4.2.10	Capacidade de tráfego do sistema projetado							
4.3	USOS ALTERNATIVOS DA ECLUSA							
4.4	CONSUMO DE ÁGUA NO SISTEMA							
4.4.1	Consumo efetivo							
4.4.2	Redução do consumo							
4.5	OBRA CIVIL							
4.5.1	Tipo de estrutura							
4.5.2	Cabeças de montante e jusante							
4.5.3	Muros guias							
4.5.4	Métodos construtivos							
4.6	ASPECTOS HIDRÁULICOS							
4.6.1	Sistema de enchimento e esvaziamento							
4.6.2	Equacionamento hidráulico preliminar (modelo matemático)							
4.6.3	Análise da necessidade ou não de modelo físico							

ITEM MANUAL	REFERÊNCIA	APLICÁVEL		ENTREGUE		SUFICIENTE		OBSERVAÇÕES
		SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	
4.7	EQUIPAMENTOS ELETROMECAÂNICOS							
4.7.1	Portas							
4.7.2	Válvulas de enchimento e esgotamento							
4.7.3	Stop-logs da câmara e das válvulas							
4.7.4	Cabeços de amarração							
4.7.5	Equipamentos complementares							
4.7.6	Cabine de comando							
4.8	ORÇAMENTO SINTÉTICO							
5	DETALHAMENTO DE UM SISTEMA MECÂNICO							
5.2	TERMINOLOGIA DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS							
5.3	REQUISITOS DA NAVEGAÇÃO							
5.3.1	Segurança da obra e da embarcação							
5.3.2	Dimensões das cubas, cunhas de água ou carretas de movimentação							
5.3.3	Gabarito e condições de acesso por jusante e montante							
5.3.4	Garagens de espera							
5.3.5	Tempo de transposição e capacidade necessários para atendimento da demanda							
5.3.6	Tempo de deslocamento da embarcação entre os níveis de montante e jusante							
5.3.7	Tempo total de passagem pelo sistema							
5.3.8	Capacidade de tráfego do sistema projetado							
5.4	CONSUMO DE ENERGIA NO SISTEMA							
5.5	OBRAS CIVIS							
5.5.1	Condicionantes geológicos e topográficos							
5.5.3	Tipo de estrutura							
5.5.4	Métodos construtivos							
5.6	EQUIPAMENTOS DIVERSOS							
5.6.1	Portas dos canais de acesso e das cubas							

ITEM MANUAL	REFERÊNCIA	APLICÁVEL		ENTREGUE		SUFICIENTE		OBSERVAÇÕES
		SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	
5.6.2	Stop-logs dos canais							
5.6.3	Cabeços de amarração							
5.6.4	Equipamentos complementares							
5.6.5	Cabine de comando							
5.7	ORÇAMENTO SINTÉTICO							