



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

Julho/2012

Manual do Usuário

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

ÍNDICE

ITEM	DESCRIÇÃO	PAG
1	APRESENTAÇÃO	5
2	ESTUDOS DE CONCEPÇÃO E DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVAS	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	DETALHAMENTO DO SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DEFINIDO	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	DETALHAMENTO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO (ECLUSA)	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

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

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 tonelagem 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

Selecionada 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)

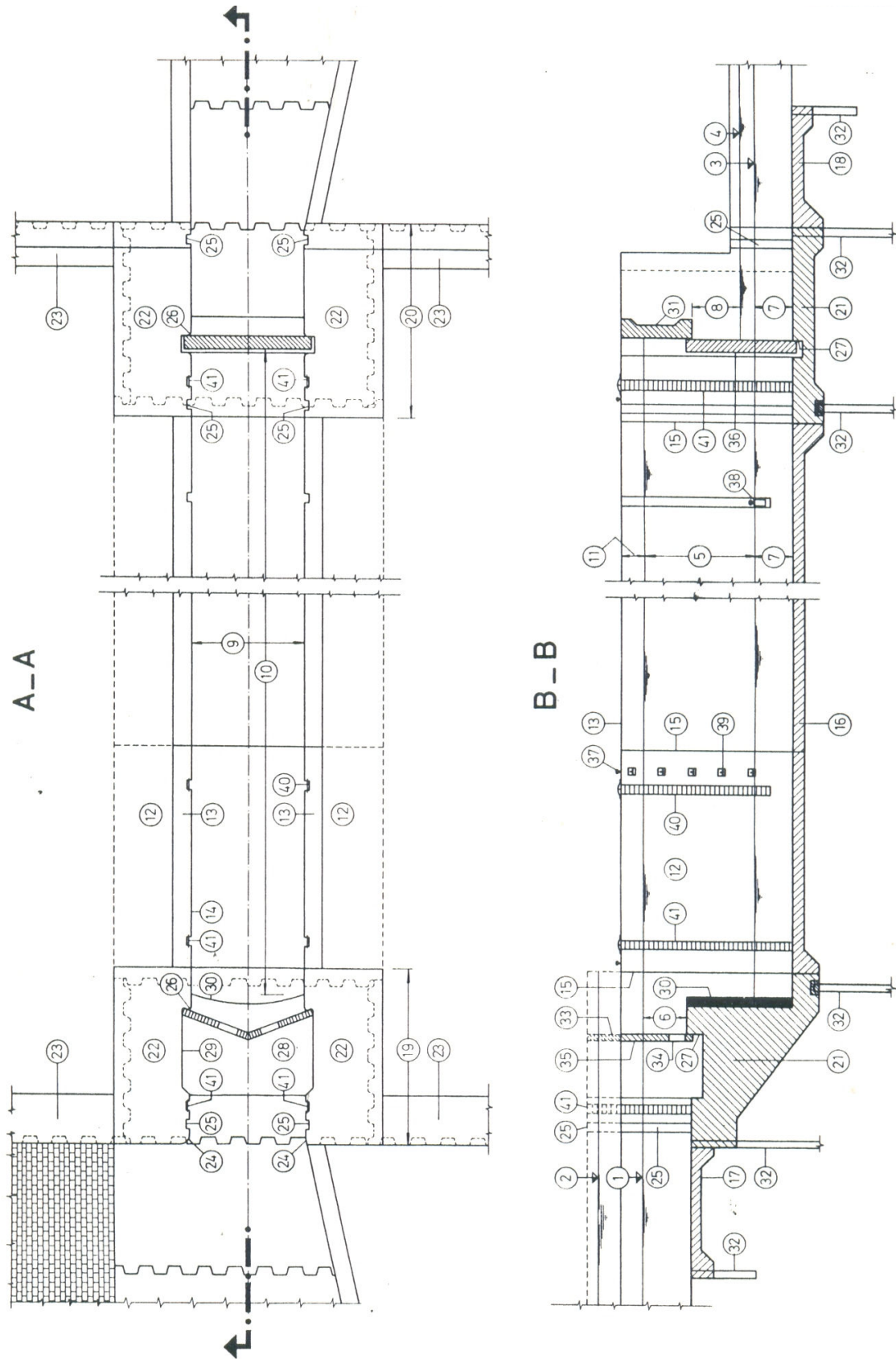


Figura 1: Esquema de sistema hidráulico de transposição de desnível (eclusa)

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 m^3/ano ou pela vazão média correspondente em m^3/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 m^3/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 $2/3$ 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 interdita 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 marinheiro, 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 Lunenbourg – Alemanha; elevador funicular de Strepv-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 pára-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 pára-choques e freios especiais.

Nos sistemas que empregam flutuadores o grande risco é a perda de flutuabilidade 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 cubas, 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 varias 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 commission internationale pour l'étude des ecluses.** Bruxelas, 1986.
- ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE DES CONGRES DE NAVIGATION. **Rapport d'une commission d'étude 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, 5°, 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 NAVEGAVEIS. **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.
- PARTENSCKY, 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, Simplício, 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	
2	ESTUDOS DE CONCEPÇÃO E DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVAS							
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							
3	DETALHAMENTO DO SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DEFINIDO							
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 ELETROMECAÑICOS							
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							