

UMA CONVERSA SOBRE CANAIS E HIDROVIAS

Ruben José Ramos Cardia¹ 

Resumo – Em diversos estados brasileiros (assim como no exterior) se tentou implantar uma rede de transporte hidroviário fluvial. Muitas vezes há necessidade da escavação de canal, em terreno natural (composto por solo e rocha, nem sempre em condições favoráveis). Devem ser feitos estudos aprofundados, para adequação dos procedimentos de remoção de materiais e estabilização de taludes de escavação, corte e/ou de aterro. Eventualmente, há necessidade de obras de arte especiais. São apresentados exemplos históricos de Canais pelo mundo. Também são citados exemplos de estruturas auxiliares em Hidrovias. É feita alerta para estudos, para novas obras, podendo os exemplos serem de ajuda, em casos de condições semelhantes.

Palavras Chave –Canal; Estudo; Geologia; Geotecnia; Hidrovia.

Abstract – *Several Brazilian states (as well overseas) developed a network of Waterway transport system. In most of the cases, excavation of a canal (both in natural soil and in rock bed), sometimes faced not a favorable condition. Detailed geologic and/or geotechnical studies shall allow adequate procedures in excavation and overhauling materials as well stabilization of slopes in excavation for cuts and/or embankments. Sometimes, special structures can be of help. The text presents some historic examples of important Canals around the world. In addition, it includes also examples of Auxiliary or Appurtenant Structures in Waterways. Assessment and study if similar conditions are present for new projects and examples may help putting some light.*

Key Word –Canal; Geology; Geotechnics; Study; Waterway.

¹ Engenheiro Civil / Espec. Segurança de Barragens; Fractal Engenharia & RJC Engenharia; (14) 3234-1702; rjcardia@terra.com.br

1. INTRODUÇÃO

No Brasil atual, o transporte em geral tem sido feito em sua maioria, por meios rodoviários. Ao longo dos anos, o transporte ferroviário foi reduzido (inclusive com o abandono do 'Auto Trem', no estado de São Paulo, na década de 1960) e apenas com leve aumento na porção metroviária. Enquanto isso, o transporte hidroviário fluvial veio progredindo muito lentamente (sendo que em 2018, na Hidrovia Tietê-Paraná houve movimentação de carga da ordem de 9,7 milhões de toneladas, ou aumento de 9% em relação ao ano anterior). Logicamente, em infraestrutura (principalmente a hidroviária) o investimento é considerado muito alto e de demorado ou de quase impossível retorno.

A redução no transporte ferroviário (principalmente de passageiros) poderia ter uma desculpa baseada no fato da demora de viagem, comparativamente ao tempo gasto pelo meio rodoviário. Mas, originalmente houve implantação de malha ferroviária muito dependente das condições geográficas, ambientais e topográficas, para redução de custo (e eventuais dificuldades tecnológicas da época). Isso acarretou trechos muito sinuosos e muito mais longos, forçando a redução de velocidade e aumento do tempo de viagem. E, em alguns casos, o eixo da rodovia é quase paralela ao eixo médio da linha ferroviária, fazendo até mesmo, concorrência desnecessária, ao invés de serem complementares.

Em diversos estados brasileiros (assim como no exterior) se tentou implantar uma rede de transporte hidroviário fluvial. Em alguns rios a situação mais plana favoreceu o uso de embarcações para transportes de passageiros e de cargas, inclusive porque as condições topográficas e territoriais contribuíram para dificultar a implantação de vias rodoviárias e/ou ferroviárias. Deve ser considerado que o tempo de transporte fluvial possa ser mais demorado, mas além de ser mais barato que o transporte terrestre (caminhões e trens), evita o excesso de carga e de tráfego nas rodovias (pela grande redução de números de caminhões para cada comboio fluvial), sem falar na redução da emissão de poluentes. Para ilustração da oportunidade de Sistema Multimodal (Ferrovia, Estrada e Hidrovia sobre Autoestrada A7, em *Uitwellingerga*, nos Países Baixos) ver foto ([the-netherlands-uitwellingerga-aerial-aquaduct-over-a7-highway-credit-rebazhussein.jpeg](https://www.google.com.br/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Flookaside.fbsbx.com%2Flookaside%2Fcrawler%2Fmedia%2F%3Fmedia_id%3D1417805271597997&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.facebook.com%2FCivilEngDis%2Fphotos%2Fa.693884663990065%2F1417805271597997%2F%3Fcomment_id%3D1420216701356854&tbnid=YIRK9OQn_v4zeM&vet=12ahUKEwipoMPs58zxAhWGhpUCHeDNCNUQMvgBegQIARAU..i&docid=9abOrOD7rYI3eM&w=816&h=960&itg=1&q=credit%40rebazhussein&ved=2ahUKEwipoMPs58zxAhWGhpUCHeDNCNUQMvgBegQIARAU)) em (*control+clique*):

https://www.google.com.br/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Flookaside.fbsbx.com%2Flookaside%2Fcrawler%2Fmedia%2F%3Fmedia_id%3D1417805271597997&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.facebook.com%2FCivilEngDis%2Fphotos%2Fa.693884663990065%2F1417805271597997%2F%3Fcomment_id%3D1420216701356854&tbnid=YIRK9OQn_v4zeM&vet=12ahUKEwipoMPs58zxAhWGhpUCHeDNCNUQMvgBegQIARAU..i&docid=9abOrOD7rYI3eM&w=816&h=960&itg=1&q=credit%40rebazhussein&ved=2ahUKEwipoMPs58zxAhWGhpUCHeDNCNUQMvgBegQIARAU

2. CANAIS INTERNACIONAIS

Para interligação por navegação, entre locais de corpos de água amplos e abertos, muitas vezes há necessidade da escavação de canal, em terreno natural (composto por solo e rocha, nem sempre em condições favoráveis). Devem ser feitos estudos aprofundados, para adequação dos procedimentos de remoção de materiais e estabilização de taludes de escavação, corte e/ou de aterro. Eventualmente, há necessidade de obras de arte especiais.

Sempre que possível, deve ser feito um adequado plano de monitoramento das condições, não só por ocasião da escavação, mas inclusive, para operação de longo termo. Principalmente porque a existência de água ao pé do corte (além da água freática na parte elevada) com variações sazonais, pode provocar problemas de estabilidade de taludes.

Por questões aparentemente óbvias, não costumam ser instaladas estruturas de controle de níveis (comportas), nas extremidades dos canais (apesar de que com o passar do tempo e a ocorrência de novas condições atmosféricas --- ou ciclos hidrológicos --- imprevisas, e/ou necessidade de manutenções, essas ausências podem não se justificarem e elas podem se tornarem necessárias).

Infelizmente, também pode não ser julgada necessária a instalação de 'Estruturas de Transposição de Desníveis para Embarcações ou Peixes' (eclusa, elevador ou escada).

Existem vários exemplos de instalação de estrutura auxiliar (normalmente, ponte ou viaduto em concreto e/ou aterros), para garantir a continuidade em nível, do eixo do canal, principalmente no cruzamento (e travessia) sobre rios, outros canais, depressões bruscas na topografia, etc. Haveria uma figura ilustrativa no *twitter*. Mas, aparentemente a identificação está errada. Foi colocado: “Canal na Holanda (Países Baixos)”. Mas, ao se pesquisar, se nota que seria a ponte canal de *Magdeburgo*, na Alemanha e não na Holanda: “*Wasserstrassenkreuz*” Magdeburg, Alemanha.

Na Holanda foi projetada uma Eclusa Móvel para permitir a passagem de embarcações sob pontes, principalmente para se evitar a frequente movimentação de ponte levadiça, interrompendo o trânsito. (*control+clique*) <https://www.youtube.com/watch?v=S3R4Yd0-kdo&feature=youtu.be>

2.1. Canal do Midi

Um dos mais antigos Canais da Europa (inaugurado em 1681 e ainda em funcionamento), na França, com 240 km de extensão, interliga o Mar Mediterrâneo ao Oceano Atlântico. Inicialmente (até 1789) foi chamado de ‘Canal Real em *Languedoc*’, depois prolongado pelo “*Canal du Rhône à Sète*”. Foi projetado por *Pierre-Paul Riquet*, com finalidades militares, políticas e econômicas (água e comércio de trigo). Ao longo de seu traçado, encontram-se cerca de trezentas e cinquenta obras de arte (eclusas, pontes e aquedutos). Desde 1996, foi classificado como Patrimônio da Humanidade, pela UNESCO. Atualmente existem opções de navegação turística e esportes. Pode ser conhecido em (*control+clique*): <https://br.france.fr/pt/ocitania-sul-de-franca/artigo/o-rio-canal-midi-canal-midi>.

2.2. Canal de Suez

Inaugurado em 17NOV1869, o Canal de Suez construído no Egito (ao longo de 10 anos, pela construtora de *Ferdinand de Lesseps*), possuía inicialmente cerca de 164 km de extensão e 8 m de profundidade, permitindo a interligação entre o Mar Mediterrâneo (Porto Said, ao norte) e o Mar Vermelho (Suez, ao sul). A interligação foi facilitada, aproveitando a passagem pelos Lagos Amargos e com a mínima diferença de níveis, não necessitou da construção de eclusas. Assim, as águas fluem livremente, variando apenas em função sazonal, a partir dos encontros com os lagos. Para o trânsito de embarcações (de qualquer porte e nacionalidade), deve ser feito o pagamento de taxa (variável, em função da carga e largura ou porte da embarcação) e devem ser obedecidas as Regras de Navegação, emitidas pela Autoridade do Canal de Suez – SCA.

Após várias atividades de ampliação (a última em 2014-2015, com aproximadamente 35 km em faixa lateral ao acesso principal antigo e chamado de o Novo Canal de Suez) atualmente conta com 193,30 km de extensão, 24 m de profundidade e 205 m de largura. As ampliações foram consideradas necessárias em função do aumento progressivo dos tamanhos das embarcações e também, para redução de tempo, permitindo agilizar a travessia dos navios.

2.3. Canal de Corinto

Ele se situa na Grécia (com apenas 6,3 km de extensão e 21 m de largura, entre o Golfo de Corinto e o Mar Egeu) tendo sido inaugurado em 1893. Ver Figura 1.

Existem informações sobre queda de materiais, em talude lateral de escavação no Canal de Corinto.

Isso, interrompeu o tráfego de embarcações, até que fosse efetuada a manutenção. Foi necessária a remoção do material caído no leito e recuperação e proteção do talude afetado. Aparentemente, as condições de fluxo de água (em local de rocha, provavelmente branda, sem proteção superficial) e eventuais ondas (“Efeito *Batillage*”) causadas pela passagem de embarcações, provocando erosão na base do talude, ocasionaram o desmoronamento.

(control+clique) <https://www.publico.pt/2001/01/03/sociedade/noticia/canal-de-corinto-bloqueado-devido-a-desabamento-de-terras-5554>



Figura 1. Canal de Corinto, na Grécia.

Lygia Costa JUN15 O Encantador Canal de Corinto, Cortesia: Original Miles, SP (11) 3287-6886.

Fonte (control+clique): <http://originalmiles.com.br/o-encantador-canal-de-corinto/>.

2.4. Canal do Panamá

Para facilitar a interligação por navios entre os Oceanos Atlântico e Pacífico, foi inaugurado em 15AGO1914, o Canal do Panamá. Para garantir os ‘degraus’ dessa interligação, foram construídas algumas barragens e escavados trechos de canais interligando lagos e reservatórios (*Gatún* e *Miraflores*). Assim, o enchimento e esvaziamento das câmaras se dá por gravidade, a partir do Lago Gatún (em posição mais elevada).

Recentemente (2015), foi efetuada ampliação e modernização de capacidade nas câmaras de navegação, atendendo as embarcações de grande porte (oceânico). A maioria das comportas eram do tipo Mitra (de duas folhas, abrindo para o interior da câmara de navegação. Porém, nos novos conjuntos de câmaras de navegação, foram utilizadas comportas tipo deslizantes, além de um novo sistema que permite o reaproveitamento de água. A situação operacional pode ser observada em (control+clique):

<https://ingenieriareal.com/esclusas-en-el-canal-de-panama-y-su-funcionamiento>

Existe documentário em vídeo (‘Megaconstruções: O Novo Canal do Panamá’) preparado e apresentado na televisão, pelo *Discovery Channel* registrando historicamente a construção e recente duplicação do Canal do Panamá. O percurso de uma embarcação oceânica, ao longo do Canal do Panamá, passando pelas eclusas, pode ser visto em vídeo, com lapso de tempo. Nota-se que, nas câmaras de navegação, a movimentação da embarcação é exercida por sistema de ferrovias laterais, com tração por pares de grandes e fortes locomotivas.

No vídeo “Gigantes da Engenharia: Duplicação do Canal do Panamá” (control+clique) (<https://www.youtube.com/watch?v=0QXZXj6U65Q>) preparado e apresentado pelo *National Geographic Channel*, está descrita a evolução histórica de hidrovias, a partir da construção de canais e suas eclusas, na França do século XVII.

OBS: Existem outros canais, em diversos países, tais como:

Canal *Bridgewater* (Inglaterra)(control+clique) <http://www.bridgewatercanal.co.uk/history/>); Canal de *Kiel* (Alemanha); Canais *Rideau* e *Welland* (Canadá, este último no rio São Lourenço, interligando os Grandes Lagos, onde, em NOV85, ocorreu ruptura na Eclusa 7); Canal de Stalin (Rússia); entre outros. Uma viagem pelo Canal *Welland* em forma acelerada (*time-lapse*) pode ser vista em (control+clique):

<https://www.youtube.com/watch?v=U15Fwo9tbJ4>

3. HIDROVIAS

Em diversos rios e canais (naturais e escavados), historicamente ocorria o transporte de bens e produtos alimentícios, ajudando a desenvolver as regiões e os países, principalmente nos EUA e na Europa. No entanto, alguns rios apresentavam elevado declive, corredeiras ou até mesmo cascatas, encurtando os trechos navegáveis. Com a construção de barragens e formação de desníveis, com o enchimento dos reservatórios, o 'degrau' criado provocava nova dificuldade de passagem de embarcações, apesar de regular a navegação nesse trecho.

Para evitar a interrupção no e/ou ampliar o transporte hidroviário, tiveram de ser idealizadas estruturas garantindo a transposição do obstáculo natural ou em barragem, por embarcações. Existem 'Estruturas de Transposição de Desníveis para Embarcações' dos tipos: Mecânicos (Elevador; Plano Inclinado; Rampa Hidráulica) e o Hidráulico (Eclusa).

A 'ECLUSA' é dotada da câmara de navegação, onde ocorre o processo duplo para elevação (por enchimento) e descida (pelo esvaziamento) das embarcações. Para essas atividades, há certo consumo de água, o qual pode ser considerável, ao longo do tempo, no caso de eclusas instaladas em barramentos de aproveitamentos hidrelétricos, pelo desvio e consumo de água que deveria passar pela unidade geradora. O mesmo tipo de perda pode ser considerado, no caso dos reservatórios para abastecimento de água e em regiões secas.

Foram desenvolvidas algumas estruturas operando na forma de 'Elevador de Barcos', o que costuma apresentar baixo consumo de água. Uma das mais famosas estruturas desse tipo é a 'Roda de *Falkirk*' (Escócia). Pode ser visto em (*control+clique*): https://pt.wikipedia.org/wiki/Roda_de_Falkirk <https://www.youtube.com/watch?v=DxKWSQDeA78> e vídeos: <https://youtu.be/fX6kJKjg4y0> e <https://www.youtube.com/watch?v=tBH9SE-Kw8>.

Conforme citado, na Holanda foi projetada eclusa móvel, para permitir passagem de barcos maiores, sob pontes levadiças, evitando com isso, interromper várias vezes o tráfego na rodovia que passa pela ponte. Da forma móvel oscilante (com inclinação em ângulo lateral de até 15°), aparentemente ela não chega a consumir água, visto que as aberturas laterais permitem a entrada e depois a saída do mesmo volume de água. Isso pode ser visto em (*control+clique*): <https://www.youtube.com/watch?v=S3R4Yd0-kdo&feature=youtu.be>

Atualmente, o maior Elevador de Barcos do mundo (113 m) se localiza na Barragem Três Gargantas (*control+clique*) (<https://www.dw.com/pt-br/o-maior-elevador-de-barcos-do-mundo/av-19563460>). Enquanto esta estrutura opera na vertical como elevador comum, em torre de concreto, na Rússia o sistema de transposição de embarcações da Barragem *Krasnoyarsk* é um plano inclinado, ao longo de trilhos de trem de cremalheira (*control+clique*). https://www.youtube.com/watch?v=pjUPL2_Jzjq.

Existem ainda outros sistemas, tais como:

- *Ronquières*, na Bélgica, (*control+clique*)

(<https://www.youtube.com/watch?v=SawZAGQoS0>), inaugurado em 1968 o qual vence um desnível de 68 m em extensão de 1.432 m;

- Plano inclinado de *St-Louis Arzwiller*, no Canal *Marne-Rhine*, na França (*control+clique*) (<https://www.youtube.com/watch?v=pvgnLdzsQTW> <https://www.youtube.com/watch?v=WtoyVyA0II0>); etc.

SABBAG & VIANNA (2012) lembram que há necessidade de melhorias ao longo de uma hidrovia, além da sinalização e simples instalação da Estrutura de Transposição (elevador e/ou eclusa). Devem ser feitas escavações, dragagens e derrocamentos, para melhorar as condições de calado (principalmente para a época de secas), bem como retificação de eixo. Isso deve facilitar a movimentação de embarcações longas ou comboios, em trechos cheios de curvas (meandros) no curso do rio.

O problema de manobrabilidade é mais evidente nos casos onde os rios sejam de menor porte e/ou a infraestrutura inicial (principalmente câmaras de navegação das eclusas) tenham sido instaladas considerando ângulos de entrada/saída, para um modelo de embarcação mais manobrável (autopropulsão) ao invés de comboios de empurra (como no caso do rio Tietê).

Além disso, instalar proteção para as estruturas de suporte das obras de arte (para se evitar abalroamentos) acaba sendo primordial. Um exemplo de proteção existente em travessia, na 'Veluwemeer, Harderwijk', pode ser visto em *(control+clique)*: https://www.reddit.com/r/InfrastructurePorn/comments/1f04ml/veluwemeer_aqueduct_near_harderwijk_the/.

O sistema de navegação europeu se iniciou no século XIX, com a construção do porto de Rotterdam (Holanda). A maior rede de vias navegáveis da Europa, com aproximadamente seis mil quilômetros de rios e canais, era a situada na Holanda. Com a necessidade de ampliação de áreas territoriais livres, foram construídos diques e barragens na Holanda, sendo então necessárias, a execução de canais e as operações de eclusas, para permitir o livre trânsito de embarcações (principalmente) comerciais.

Conforme FREITAS [s/d] no mundo existiam hidrovias ao longo de 190.000 km de rios navegáveis, sendo a maior parcela operacional (57%) nos EUA, com os rios Mississippi, Missouri, Ohio, Tennessee, Illinois, e Arkansas e as comunicações (S. Lourenço) com os lagos, na divisa com o Canadá.

3.1. Hidrovia do Mississippi - EUA

Uma das principais rotas de navegação fluvial nos EUA se situa ao longo dos 3.900 km de extensão do rio Mississippi, com seu sistema hidroviário, com as 29 barragens e eclusas (no Alto Mississippi, em um desnível da ordem de 120 m e distância da ordem de 1140 km). Em sua maioria, as estruturas foram construídas nas décadas de 1930 e 1940. Apesar do elevado custo dispendido com manutenções e melhorias, o Corpo de Engenheiros dos EUA (*US Army Corps of Engineer – USACE*) vem mantendo o sistema de barragens e eclusas, evitando graves consequências prejudiciais ao sistema comercial norte americano, com paralizações.

Há um programa de inspeção a cada cinco anos, para avaliação e programação de atividades, além da existência de equipe de emergência, para reparos imediatos, evitando longa paralização de eclusas (e conseqüentemente da Hidrovia), por danos inesperados.

3.2. Hidrovia do Rio Ohio - EUA

Outra importante hidrovia (para escoamento das safras, principalmente de soja e milho) nos EUA, é aquela ao longo do rio Ohio. Ele é o principal afluente do rio Mississippi e também integra a ligação entre as duas hidrovias.

3.3. Hidrovia do Mercosul

Para incrementar o relacionamento comercial entre Brasil e Uruguai, ambos governos assinaram acordo para implantação da Hidrovia do Mercosul (1.860 km), aproveitando parte da Hidrovia do Rio Grande do Sul (rios Jacuí, Taquari, Caí, Sinos, Gravataí, Camaquã e Jaguarão; Lagoa dos Patos; Lagoa Guaíba; Canal de São Gonçalo; Lagoa Mirim e a bacia do rio Uruguai). Já há considerações de que o trecho de navegação hidroviária no rio Paraguai também faria parte da Hidrovia do Mercosul. O mapa da Hidrovia do Mercosul está disponível, em *(control+clique e se não abrir, dar dois cliques sobre o texto de link. DNIT alterou site e está falhando)*:

<http://www.dnit.gov.br/hidrovias/hidrovias-interiores/hidrovia-do-mercosul/Hidrovia%20do%20Mercosul.jpg/view>

3.4. Hidrovias no Brasil

No Brasil, sempre foram encontradas dificuldades no desenvolvimento de Hidrovias, mesmo após a aprovação na Câmara dos Deputados, do substitutivo ao Projeto de Lei - PL 542/2008. Posteriormente foi PL 5.335/2009, para obrigar a construção de eclusas junto às barragens (inclusive de usinas hidrelétricas).

Além das hidrovias em operação (rios Taquari/Jacuí, RS; rios Tietê-Paraná, PR, SP, MS, MG, GO; rio São Francisco, SE/NE; rio Tocantins, PA; etc), existiam estudos para viabilizar oito novas hidrovias nas bacias brasileiras. Em Mato Grosso, existiam os projetos para hidrovias nos rios: Teles Pires-Tapajós; Arinos-Juruena-Tapajós; Tocantins-Araguaia; e Paraguai-Paraná. Em página da Assembleia Legislativa de São Paulo – ALSP há artigo sobre a Eclusa Barra Bonita e Hidrovia Tietê-Paraná, considerando que ela integraria a Hidrovia do Mercosul.

3.4.1. Barragens Eclusadas no RS

Para garantir o escoamento da produção de grãos por meio da navegação, no estado do Rio Grande do Sul, foi implantada uma hidrovia. Para tanto, foram construídas barragens reguladoras, de baixa altura (conforme modelo norte americano), garantindo a passagem de embarcações cargueiras, principalmente após a regularização dos trechos navegáveis, por dragagem e derrocamento subaquático.

Conforme ALBERTI (2016) e complementações pessoais do Eng. Lélío Postiga (AHSUL-DNIT), na década de 1970 foram construídas (para regularizar as condições de navegação):

- Três barragens-eclusas (Fandango, Anel de Dom Marco e Amarópolis) no rio Jacuí;
- Uma barragem-eclusa, Bom Retiro do Sul, no rio Taquari; e
- No rio Caí, a primeira eclusa construída na América Latina.

As câmaras dessas eclusas são bem mais curtas e de menores desníveis que as da Hidrovia Tietê-Paraná. Com exceção da Eclusa Bom Retiro (dotada de comporta plana na extremidade montante, que garante a abertura ao se recolher para baixo, e lá denominada de tipo ‘ventre de peixe’), as demais são do tipo Mitra, abrindo as duas folhas para dentro, no sentido contrário ao da corrente de água. A navegação foi facilitada por derrocamento subaquático.

Na Barragem e Eclusa Bom Retiro (Figura 2), rio Taquari existem três torres (em estruturas de concreto), sendo uma em cada margem e outra no encontro entre a extremidade esquerda da barragem e o muro esquerdo da eclusa. A torre da direita serve para acesso de pessoas à estrutura na margem direita, incluindo o sistema de transposição (ou escada) de peixes. A torre da esquerda abriga os equipamentos elétricos de média tensão (transformadores e gerador de emergência), enquanto que na torre central (na margem esquerda) estão instalados os sistemas necessários para atuação nas operações de eclusagem.



Figura 2. Barragem Eclusada Bom Retiro. Rio Taquari, RS. Fonte: Cortesia AHSul / DNIT.

Como caso histórico, se pode citar a o acidente estrutural na Barragem e Eclusa Anel do Don Marco, que sofreu acentuada erosão regressiva da rocha no pé jusante do trecho vertente, devido a uma ruptura parcial na laje do (*radier*) dissipador de energia.

Isso resultou em deslocamento sensível do monólito de concreto, para jusante, quase chegando próximo a uma situação de ruptura por falha de fundação. Houve reforço com tirantes.

3.4.2. Hidrovia do Rio São Francisco

Considerando-se uma atuação multimodal na região, apesar de haver operação hidroviária no rio São Francisco, aparentemente já não há a mesma importância que em décadas passadas. Apesar de ser prevista (ou estar disponível) uma extensão de aproximadamente 2.350 km, os comboios se deslocam apenas entre as cidades Juazeiro, BA/Petrolina, PE a Ibotirama, BA (560 km). Para que fosse possível estender a hidrovia por mais 400 km, no trecho entre Juazeiro, BA/Petrolina, PE e a Barragem Itaparica (Petrolândia, PE), seria necessário construir as Eclusas Riacho Seco e Pedra Branca. Ver (control+clique) <http://www.dnit.gov.br/hidrovias/hidrovias-interiores/hidrovia-do-sao-francisco>

3.4.3. Hidrovia do Álcool / Hidrovia Eng. Catulo Branco

Inicialmente, no rio Tietê (década de 1970) apenas a Eclusa Barra Bonita estava operacional, principalmente para embarcações de turismo. Depois, a CESP providenciou a implantação de equipamentos em outras eclusas, na sequência descendo pelo médio e baixo rio Tietê. Ao iniciar operação também nas Eclusas Bariri e Ibitinga, o governo estadual efetuou comemoração inaugural, denominando aquele trecho de Hidrovia do Álcool. Na sequência, foram inauguradas as Eclusas: Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos.

A partir de então, foi oficializado o nome 'Hidrovia Eng. Catulo Branco', em homenagem a um dos precursores na aplicação da engenharia hidroviária. Considerando o Médio e Baixo Tietê e os trechos no rio Paraná (São Simão, GO a Itaipu, PR), a Hidrovia (também conhecida como 'Hidrovia Tietê-Paraná', tem uma extensão de 1.491 km.

A navegação ao longo do rio é possibilitada e permitida, após escavações de melhorias e a demarcação de canais navegáveis (seguros) e a implantação (e inauguração) da Hidrovia, pelo órgão concedente e fiscalizador. No caso do estado de São Paulo, anteriormente a implantação da Hidrovia Tietê-Paraná ficou por conta da CESP e depois, do Departamento Hidroviário do estado. Atualmente, a Eclusa Três Irmãos está sendo operada pela Tijoá, mas sob responsabilidade do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT.

Existem opiniões contrárias à priorização de uso das águas do rio para fins de geração de energia elétrica, em detrimento ao estabelecimento de calado para navegação. Assim, durante o período de seca, com o consumo de água pelas turbinas, não haveria condições de níveis suficientes para operação da Hidrovia, devido rebaixamento dos níveis nos reservatórios das usinas hidrelétricas, principalmente no baixo rio Tietê. Estava sendo programada a continuidade nas ações de derrocamento dos canais para garantir a navegação nesses trechos, em qualquer época do ano. Por outro lado, há necessidade de cuidar das condições de fluxo, por ocasião de prolongadas aberturas de comportas e fortes descargas, o que pode dificultar a manobra das embarcações, subindo contra a corrente, em direção à Eclusa.

Adicionalmente, CESP implantou a operação da Eclusa Porto Primavera, no rio Paraná (SP/MS), permitindo o trânsito de embarcações até a região da UHE Itaipu. Ver Figura 3.

3.4.4. Barragem Móvel e Eclusa do 'Cebolão' - rio Tietê, SP

A Eclusa da Barragem Móvel do rio Tietê (conhecida como Eclusa e Barragem do Cebolão, situada junto ao 'Complexo Viário Heróis de 1932' ou 'Cebolão', na capital em São Paulo) foi inaugurada em JAN04.

Essa estrutura foi construída, para permitir a navegação pelo alto rio Tietê (na região da Grande São Paulo, SP) a partir do reservatório Edgard de Souza (da Barragem Edgard de Souza, em Santa de Parnaíba, SP) até a Barragem da Penha (São Paulo, SP), em extensão de 40 km.



Figura 3. Barragem e Eclusa Porto Primavera.
Rio Paraná, SP/MS.

Fonte: José Caldas / Cortesia: Arquivo CESP

Na ocasião, a maior importância seria facilitar o transporte de material dragado na parte montante do rio Tietê, para área de descarte em Carapicuíba, SP, o qual era efetuado por caminhões. Ela sofreu danos (nos equipamentos eletromecânicos) com a cheia de 2009 e só foi reinaugurada (após devidas manutenções) em 30JAN12. Ver: Barragem Móvel e Eclusa do 'Cebolão'. Rio Tietê, SP. (*control+clique*)

Fonte: <http://wikimapia.org/7003287/pt/Barragem-M%C3%B3vel-Eclusa-do-Cebol%C3%A3o>

3.4.5. Eclusa Ilha Solteira / Canal Pereira Barreto - rio Tietê, SP

A maior usina hidrelétrica no estado de São Paulo, a UHE Ilha Solteira (construída pela Centrais Elétricas de São Paulo – CESP; depois Companhia Energética de São Paulo – CESP; e atualmente sob concessão da Companhia Três Gargantas Brasil – CTG Brasil) acabou não tendo eclusa operacional, como previsto.

Foi construída apenas uma 'cabeça' de eclusa, com vão fechado por laje de concreto em arco. Essa estrutura curta serviu apenas na garantia de travessia do aterro da margem esquerda. Haveria necessidade de construção do restante da estrutura, formando a câmara de navegação completa. Havia necessidade de construção de canal e/ou reservatório intermediário (e, dado o elevado desnível, superior a 50 m, seria complementado com câmara adicional, inferior), na ligação com o rio Paraná, mais a jusante.

Com o desenvolvimento dos estudos para a Barragem Ilha Seca (depois, UHE Três Irmãos) e a interligação pelo Canal de Pereira Barreto (via rio São José dos Dourados), chegou-se à conclusão que não seria necessária a complementação da (alta ou dupla) Eclusa Ilha Solteira. Assim, para uma embarcação que deseje seguir desde a região de São Simão, GO (rio Paranaíba) ou Iturama, SP (rio Grande) e seguir para a região de Itaipu (Foz do Iguaçu, PR), haverá um acréscimo de caminho e aumento do tempo de viagem.

Como não é possível passar o desnível de Ilha Solteira, diretamente, tem-se que entrar pelo rio São José dos Dourados, seguir pelo Canal de Pereira Barreto e sair no Reservatório Três Irmãos. Então é possível vencer o desnível do rio Tietê, pela Eclusa Três Irmãos (dotada de duas câmaras de navegação e reservatório ou lago intermediário). Ao passar para o nível inferior, no rio Tietê, pode seguir até à foz desse rio, para adentrar o rio Paraná, novamente.

3.4.6. Ensecadeira na Barragem Rosana / rio Paranapanema - SP/PR

Quando da construção de mais uma usina hidrelétrica no rio Paranapanema (UHE Rosana) a CESP foi questionada pelo governo do estado do Paraná (e Companhia Paranaense de Eletricidade – COPEL) quanto a eventuais problemas para a navegação.

A construção da barragem e formação do reservatório criaria um desnível, inviabilizando o estabelecimento de uma hidrovia, usando o rio Tibaji e parte do rio Paranapanema. Dada a incerteza de real estabelecimento da hidrovia, a CESP não encontrou justificativas para as despesas com a construção de eclusa na barragem. Assim, para não causar problemas para uma futura implantação da hidrovia e também não criar dificuldades técnicas para a construção de uma eclusa, com o reservatório cheio, foi construída uma ensecadeira na região da margem e ombreira direita (montante) da barragem.

Caso realmente venha a se tornar necessária a construção da eclusa, os trabalhos não terão impedimento de início, em virtude do reservatório estabelecido a montante. Bastará integrar a construção da estrutura da câmara de navegação, ao aterro da margem direita. Apenas o trânsito pela crista é que seria interrompido, com desvio temporário, para a construção de ponte por sobre a câmara de navegação, interligando com a crista da barragem.

4. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do país vem tentando encontrar e/ou manter uma possibilidade de transporte, que seja mais barata e aproveite os recursos naturais. Assim, têm sido desenvolvidas as Hidrovias e também o uso de Canais (inclusive para aduções em barragens). Logicamente, sem os estudos adequados das condições geológico e geotécnicas, não será possível a adequada e segura construção (e operação) de grandes obras. Exemplos são citados, para um início de interesse na pesquisa e estudos para outras novas obras. **OBS:** Trabalhos técnicos de interesse também podem ser encontrados em publicação de ASCE: *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a gentileza das empresas e pessoas responsáveis pelo fornecimento de fotos e autorização para citar dados das estruturas. Para as fotos e detalhes, sem conseguir autorização, foram registradas as citações, para busca na WEB e sua visualização.

REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES

ALBERTI, A.; (29JUN16); “Hidrovia do Mercosul”, DNIT, disponível em (*control+clique*):

<http://www.dnit.gov.br/hidrovias/hidrovias-interiores/hidrovia-do-mercosul>

“DAEE Reativa Eclusa da Barragem Móvel”, (30JAN16), DAEE, disponível em (*control+clique*):

http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=572:dae-reativa-eclusa-da-barragem-movel&catid=48:noticias&Itemid=53

FREITAS, E. de, [s/d]; “O Papel das Hidrovias nos Estados Unidos”, Geografia Humana, disponível em (*control+clique*): <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/o-papel-das-hidrovias-nos-estados-unidos.htm>

JONES, M (2018). “*The Mississippi River Lock and Dam System is Critical to the Economy. But it's Falling Apart Fast*”, *Milwaukee Journal Sentinel* Published 9:59 a.m. CT June 1, 2018; Updated 9:06 a.m. CT June 3, 2018, disponível em (*control+clique*):

<https://www.jsonline.com/story/news/local/wisconsin/2018/06/01/critical-mississippi-river-lock-and-dam-system-crumbling/573693002/>

SABBAG, D. C. B. & VIANNA, L. F. L. (2012), “As Eclusas (e Outros Dispositivos de Transposição de Nível) e o Setor Elétrico Brasileiro”, *Hydro & Hidro – PCH Notícias & SHP News*, Ano 14, Revista n. 53, Abril a Junho, pág. 42, CERPCH, Itajubá, MG;