

MMA - IBAMA
Documento:
02001.041321/2012-21
Data: 04 / 09 2012



Cuiabá, 29 de Agosto de 2012.

Carta CHTP – nº 232/2012

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA
Coordenadoria Geral de Infraestrutura de Energia Elétrica.
Sr. THOMAZ MIAZAKI DE TOLEDO
C/C André de Lima Andrade
Coordenador de Energia Hidrelétrica
Brasília-DF.

Ref: Processo IBAMA Nº 02001.006711/2008-79 - Usina Hidrelétrica Teles

Assunto: Processo Construtivo UHE Teles Pires – Alteração do número de túneis de desvio do rio

Prezado Coordenador,

Conforme informações repassadas durante a vistoria do IBAMA ao empreendimento, vimos através desta apresentar informações relacionadas à alteração do número de túneis para o desvio do rio conforme descrição abaixo:

1. Apresentar o Estudo de Alternativa de Desvio por Três Túneis – Relatório Técnico.
2. Informar que os especialistas Alexandre Godinho e Ricardo Junho, responsáveis pelo estudo “Avaliação da Migração Ascendente de Peixes durante o desvio do Rio”, realizaram análise do Relatório Técnico da proposta de alteração do número de túneis e informaram que “o fato dos túneis constituírem obstáculo à migração ascendente de peixes continua inalterado”.
3. Informar que a alteração da quantidade de túneis não influencia o Atendimento à Condicionante 2.14 da Licença de Instalação, assim como das questões abordadas na Informação Técnica Nº28/2011 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA.
4. Informar que o cronograma de desvio dos túneis permanece inalterado, previsto para o 23º mês a partir da Licença de Instalação.
5. Solicitar a Anuência do IBAMA em conformidade com a Condicionante 1.2 da Licença de Instalação 818/2011 que especifica a obrigatoriedade da aprovação do órgão em caso de alterações no empreendimento.
6. Faz parte desse documento:

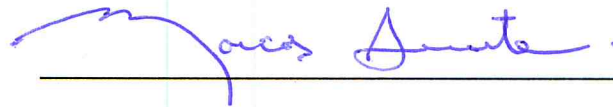
Anexo I: Desvio do Rio – Estudo de Alternativa de Desvio por Três Túneis – Relatório Técnico

Companhia Hidrelétrica Teles Pires S/A

Av. Miguel Sutil, 8.695 – 8º andar - Ed. The Centrus Tower – Tel. (65) 3622-4303 - Duque de Caxias – CEP. 78.043-305 – Cuiabá, MT.
Rua Lauro Muller, 116 sala 508 – Ed. Rio Sul Center – Tel. (21) 3253-0353 ou 3251-0252– Botafogo – CEP. 22.290-160 – Rio de Janeiro, RJ.
Av. Airton Senna, s/n – Tel. (66) 3563-1465 – Centro - CEP.78.590-000 - Paranaíta – MT
www.uhetelespires.com.br

Certo de sua compreensão, permanecemos à disposição para eventuais esclarecimentos.

Atenciosamente,



Cia. Hidrelétrica Teles Pires S/A
Marcos Azevedo Duarte
Diretor Ambiental

Anexo I

Desvio do Rio – Estudo de Alternativa de Desvio por Três Túneis

Relatório Técnico

Companhia Hidrelétrica Teles Pires S/A

Av. Miguel Sutil, 8.695 – 8º andar - Ed. The Centrus Tower – Tel. (65) 3622-4303 - Duque de Caxias – CEP. 78.043-305 – Cuiabá, MT.
Rua Lauro Muller, 116 sala 508 – Ed. Rio Sul Center – Tel. (21) 3253-0353 ou 3251-0252– Botafogo – CEP. 22.290-160 – Rio de Janeiro, RJ.
Av. Airton Senna, s/n – Tel. (66) 3563-1465 – Centro - CEP.78.590-000 - Paranaíta – MT
www.uhetelespires.com.br

UHE TELES PIRES
DESVIO DO RIO – ESTUDO DE ALTERNATIVA DE DESVIO POR TRÊS TÚNEIS
RELATÓRIO TÉCNICO

0A	Emissão para Certificação, conforme 20611-REI-GO-C-00092-12	PHP	FLL	ABRIL/12
Nº	Descrição	Prep.	Aprov.	Data
REVISÕES				

ODEBRECHT
Energia

ALSTOM

VOITH

Intertechne

PCE
Projetos e Consultorias de Engenharia

COMPANHIA HIDRELÉTRICA TELES PIRES


Hidrelétrica
TELES PIRES

UHE TELES PIRES
PROJETO EXECUTIVO

Elaborador	FLL/PHP	INTERTECHNE:	PCE:
Verificador	CAA	Milton José Marins Gerente de Projeto	Rodrigo Gonçalves Gerente de Projeto
Supervisor	FLL	Lourenço J. N. Babá Responsável Técnico CREA RJ - 36084/D	José Eduardo Moreira Responsável Técnico CREA RJ - 21112/D
Data	MAR/12	Milton José Marins Gerente Consórcio Projetista	

Nº Cliente ou Código Unificado	TX-RT-EC-DR-C10-00001	Rev.	0A
--------------------------------	-----------------------	------	----

UHE TELES PIRES
DESVIO DO RIO – ESTUDO DE ALTERNATIVA DE DESVIO POR TRÊS TÚNEIS
RELATÓRIO TÉCNICO

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	3
2.	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO DESVIO DO RIO – PBC	3
3.	ESTUDO DE ALTERNATIVA.....	7
3.1	PREMISSAS DE ESTUDO	7
3.2	DADOS BÁSICOS	7
3.2.1	Vazões de Cheias	7
3.2.2	Curva-chave a Jusante do Barramento	8
3.3	DETERMINAÇÃO DA SEÇÃO DOS TÚNEIS	9
3.4	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DESVIO	9
3.4.1	Resultados dos Ensaios Preliminares do Modelo Hidráulico Reduzido	9
3.4.2	Avaliação do Desvio do Rio através de Três Túneis	10
4.	AJUSTES DAS ESCAVAÇÕES	12
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	13
6.	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	13
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13

DESVIO DO RIO
ESTUDO DE ALTERNATIVA DE DESVIO POR TRÊS TÚNEIS
RELATÓRIO TÉCNICO

1. INTRODUÇÃO

A sequência construtiva do empreendimento da UHE Teles Pires prevista no Projeto Básico Consolidado conta com realização do desvio do rio de seu curso natural, para permitir a construção da barragem em CCR na região do leito, que faz parte do barramento principal.

A concepção do sistema de desvio do rio desenvolvido no Projeto Básico Consolidado (PBC) incluía a construção de dois canais escavados a céu aberto junto à margem esquerda do rio, sendo um a montante e outro a jusante do barramento, interligados por um conjunto de quatro túneis escavados através do maciço rochoso. O fluxo do rio seria desviado para este sistema através da construção de ensecadeiras no seu leito que forçariam a mudança de seu curso.

O sistema de desvio ainda contava com estruturas de concreto de fechamento provisório, que dispunham de comportas, instaladas na entrada de três túneis de desvio, enquanto que o quarto túnel seria fechado provisoriamente somente com o uso de ensecadeiras. O fechamento definitivo dos túneis para finalização do enchimento do reservatório seria constituído por estruturas de concreto, que obstruiriam suas seções, chamados de tampões.

Com o objetivo de otimizar as escavações dos canais a céu aberto e das escavações subterrâneas do sistema de desvio, foram desenvolvidos estudos para a realização do desvio do rio através três túneis.

Neste relatório são apresentadas as considerações adotadas e os resultados destes estudos.

2. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO DESVIO DO RIO – PBC

Neste Item são descritas as principais características do Projeto Básico Consolidado do desvio do rio, de maneira a embasar o estudo de alternativa das escavações.

- Vazão de dimensionamento

A vazão considerada para o dimensionamento das estruturas do desvio do rio (ensecadeiras, canais e túneis) é de 8.239 m³/s, associada a uma cheia com tempo de recorrência de 50 anos (período anual sem intervalo de confiança).

- Canais de desvio

O canal de desvio de montante dos túneis 2, 3 e 4 apresentava sua soleira junto ao rio na elevação 156,0m com largura de 104,5m. A jusante deste patamar o canal apresentava uma rampa descendente (4H:1V) até alcançar a elevação 148,5m, junto ao emboque dos túneis, onde o canal apresentava largura de 90,0m.

O canal de entrada do túnel 1 estava escavado junto à direita hidráulica, a partir da elevação 165,0m com uma rampa (1,67H:1V) até a elevação 149,0m, na qual se apresentava com 16,0m de largura.

O canal de saída possuía uma rampa a partir da elevação 149,0m até a elevação 155,0m, mantendo-se nessa elevação até atingir o leito do rio, com o canal apresentando uma largura média de cerca de 135,0m.

- Túneis

Os quatro túneis de desvio previstos no PBC apresentavam a mesma seção transversal com formato cogumelo com as seguintes dimensões principais: 14,0m de altura, abóbada com 14m de diâmetro, largura de 12,6m na base e bermas com 0,7m de largura nas paredes laterais. Os túneis de desvio não apresentavam declividade, com elevação na 149,0m.

Estes túneis foram numerados de um a quatro a partir da direita hidráulica.

Estes túneis apresentavam extensões de 213,4m (Túnel 1); 308,3m (Túnel 2); 313,5m (Túnel 3) e 318,7m (Túnel 4).

- Estruturas de fechamento do desvio

Os túneis de desvio 2, 3 e 4 possuíam estruturas de concreto no emboque, de maneira a permitir a interrupção do fluxo de modo controlado, com o uso de comportas. Cada estrutura de emboque dos túneis possuía dois vãos com 5,75m de largura e 14,0m de altura, aonde seriam instaladas ranhuras, com as respectivas guias, para introdução das comportas.

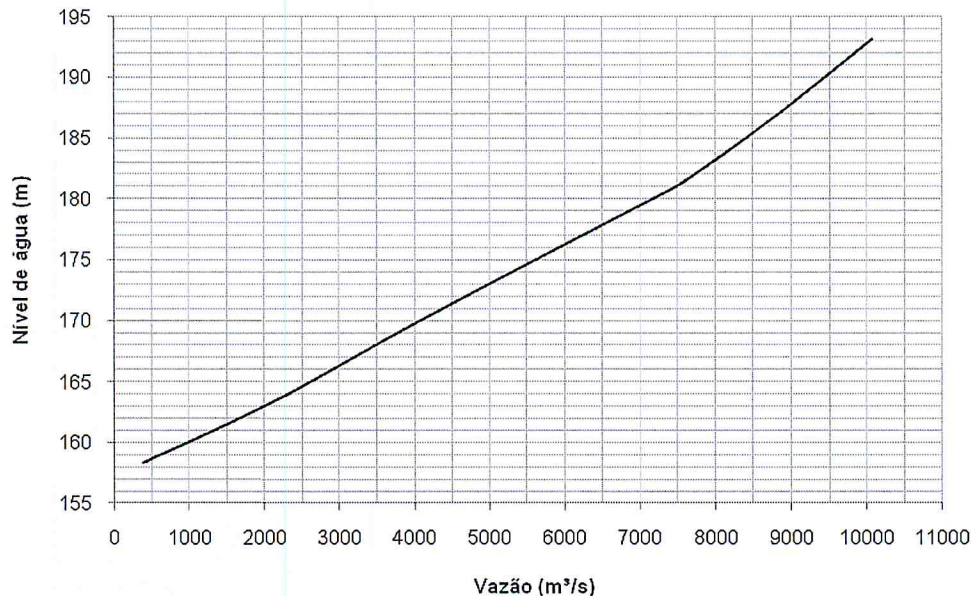
Quanto ao túnel 1, o mesmo não possuía estrutura de fechamento.

- Ensecadeiras do leito

Após o desvio do rio com uso de pré-ensecadeiras, composta por cordões de enrocamento e material vedante, seria realizado o alteamento da mesma de modo a capacitá-la para proteger as obras de construção da barragem em CCR.

Com base nesta curva de descarga estimada para quatro túneis (ver Figura 2.1) e considerando-se a vazão do período de desvio de 8.239 m³/s determinou-se a elevação de coroamento da ensecadeira de montante na cota 185,5m. Com esta vazão de projeto, considerando-se a curva chave natural do rio, determinou-se a elevação de coroamento da ensecadeira de jusante em 169,5m (considerando 1,0m de borda livre).

Figura 2.1 – Curva de descarga estimada para o sistema com quatro túneis de desvio – PBC.



- Método de fechamento do sistema de desvio

A definição da sequência de fechamento dos túneis de desvio é dependente do período em que se pretende iniciar o enchimento do reservatório. As atividades e características do arranjo apresentadas nas etapas que se seguem consideraram um cronograma que previa o início das atividades necessárias ao tamponamento dos túneis 1 e 2 a partir do mês de junho.

O método de fechamento do sistema de desvio para permitir o enchimento do reservatório se dividiu em etapas de serviços, que são descritas sucintamente nos itens a seguir.

- Laçamento da ensecadeira de proteção à jusante dos túneis 1 e 2;
- Laçamento da ensecadeira de proteção a montante do túnel 1;
- Fechamento do túnel 2, através da descida simultânea das comportas vagão, acionadas pelos respectivos servo-motores;
- Execução do tampão do túnel de desvio 1;
- Execução do orifício dentro do túnel de desvio 2 destinado à manutenção da vazão sanitária, durante o enchimento do reservatório;
- Remoção da ensecadeira de proteção dos túneis 1 e 2, lançadas no canal de saída;
- Fechamento dos dois vãos da estrutura de emboque do túnel 4 através de uma comporta vagão e duas comportas gaveta. Esse procedimento prevê que devê-se fechar um dos vãos com a comporta vagão, instalando-a na ranhura de montante, e em seguida instala-se a comporta gaveta na ranhura de jusante. Com procedimento análogo fecha-se o outro vão. Recupera-se então a comporta vagão para utilização no fechamento do túnel 3. Ao final dessa operação o fluxo estará,

portanto, sendo descarregado somente pelo túnel 3, pois o túnel 2 ainda estará fechado;

- h) Fechamento do vão esquerdo do emboque do túnel 3 mediante a descida das comportas correspondentes. O procedimento de fechamento das comportas do emboque do túnel 3 deve ser iniciado com vazões afluentes superiores a $1.120 \text{ m}^3/\text{s}$, pois se estima que essa vazão, escoando por um vão do emboque do túnel 3, conduz a um nível de água no reservatório em torno da elevação $182,1\text{m}$, o que permite descarregar a vazão de $560 \text{ m}^3/\text{s}$ pelo orifício;
- i) Quando o nível de água no reservatório atingir a elevação $182,1\text{m}$ as comportas do emboque do túnel 2 deverão ser abertas simultaneamente. Nessa elevação a estrutura de vazão sanitária descarrega a vazão de $560 \text{ m}^3/\text{s}$ e possibilita o fechamento do vão direito do túnel 3. Durante o enchimento do reservatório, a vazão descarregada pelo orifício será crescente à medida que se processa o enchimento do reservatório;
- j) Logo em seguida à abertura das comportas do emboque do túnel 2, o vão direito do emboque do túnel 3 deverá ser fechado mediante o uso das comportas correspondentes. A partir desse momento se processará, efetivamente, o início do enchimento do reservatório, com o fluxo sendo descarregado totalmente pelo orifício de descarga da vazão sanitária. A comporta vagão utilizada para o fechamento do túnel 3 poderá então ser recuperada, caso haja interesse. O deck da estrutura de emboque dos túneis de desvio na elevação $203,5\text{m}$ permite a execução dos trabalhos de fechamento e a possibilidade de reabertura das comportas até a vazão máxima da ordem de $1.900\text{m}^3/\text{s}$ considerando uma borda livre de $1,0\text{m}$. Para isso, se prevê que essa vazão de $1.900\text{m}^3/\text{s}$ seja descarregada pelo vertedouro e pelo dispositivo de vazão sanitária. Portanto, a estrutura do vertedouro já deverá estar em condições de operar, com seus quatro vãos, no dia de fechamento do último vão do túnel de desvio 3;
- k) Quando o reservatório ultrapassar a elevação $200,9\text{m}$ poderá ser iniciado o fechamento das comportas vagão da estrutura de controle do túnel 2, pois a partir desta elevação a vazão sanitária poderá ser descarregada totalmente pelos quatro vãos do vertedouro. Esse fechamento deverá ser realizado com a descida simultânea das duas comportas vagão da estrutura de controle do túnel 2, as quais serão operadas com servo-motores. Essa operação simultânea é importante para que se mantenha a simetria do fluxo a jusante das comportas quando, durante o fechamento, o controle hidráulico for transferido do orifício para a seção das comportas. Em seguida deverão ser baixadas as comportas gavetas nas ranhuras de jusante do emboque do túnel 2 e, se houver tempo e interesse, recuperados os servo-motores;
- l) Lançamento de uma ensecadeira coroada na elevação $163,0\text{m}$ no canal de saída dos túneis de desvio com a finalidade de proteger as atividades necessárias para a construção dos tampões dos túneis. A proteção dessa atividade, a ser realizada durante o período seco, está associada à cheia com tempo de recorrência de 25 anos sazonal – junho a novembro (vazão de $2.576\text{m}^3/\text{s}$);
- m) Construção dos tampões de concreto dos túneis de desvio 3 e 4;
- n) Fechamento do orifício construído no túnel 2, para que o mesmo seja consolidado como tampão deste túnel;

3. ESTUDO DE ALTERNATIVA

Neste Item são apresentados os cálculos e critérios utilizados para o redimensionamento preliminar para 3 túneis de desvio, necessários para se atender aos condicionantes de projeto e a determinação das cotas de proteção das obras principais da Usina Hidrelétrica Teles Pires, promovidas pelas ensecadeiras. Os resultados obtidos nos ensaios preliminares realizados no modelo hidráulico reduzido serviram de base para determinação dos parâmetros de cálculo utilizados.

3.1 PREMISSAS DE ESTUDO

Com base nas características do sistema de desvio do rio, o estudo da alternativa para o desvio por três túneis se desenvolveu com base nas seguintes premissas:

- A eliminação do Túnel de Desvio 1
- Redimensionamento das seções escavadas dos túneis remanescentes (túneis 2, 3 e 4) para capacitá-los a escoar a vazão de desvio de projeto (8.239 m³/s). Destaca-se que as estruturas de fechamento serão as mesmas dimensionadas para o desvio com 4 túneis.
- Ajuste das escavações dos canais de desvio de montante e de jusante para acomodar os emboques e desemboques dos três túneis de desvio.
- Redimensionamento das ensecadeiras de proteção das obras de construção da barragem em CCR.
- Manutenção das características das três estruturas de fechamento dos túneis de desvio.
- Manutenção do método de fechamento do sistema de desvio, conforme detalhado no PBC, salvo pelas providências previstas para o antigo túnel 1.

Destaca-se que estes estudos foram apoiados nos resultados preliminares obtidos no modelo hidráulico reduzido. Reitera-se ainda que estes estudos foram conduzidos levando-se em consideração as elevações ajustadas, compatíveis com as altitudes ortométricas dos marcos de referência da rede de precisão local do IBGE, atualizado em Junho de 2011.

3.2 DADOS BÁSICOS

3.2.1 Vazões de Cheias

A Tabela 3.1 apresenta estimativas de vazões máximas da UHE Teles Pires considerando o período anual.

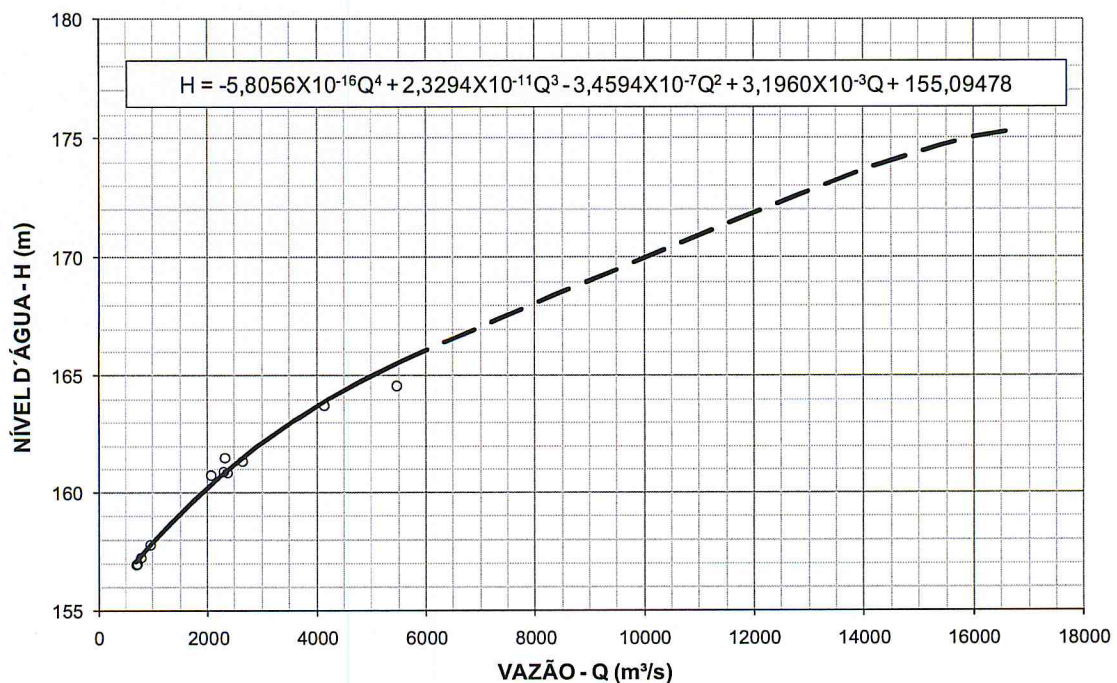
Tabela 3.1 – Vazões Máximas Anuais na UHE Teles Pires (m³/s)

TR (anos)	Vazão (m³/s)		
	Média Diária	Máxima Instantânea	Limite Superior 95%
2	5.429	5.899	6.252
5	6.330	6.878	7.472
10	6.927	7.526	8.328
20	7.499	8.148	9.161
25	7.680	8.345	9.426
50	8.239	8.953	10.246
100	8.794	9.556	11.062

3.2.2 Curva-chave a Jusante do Barramento

A curva chave natural do rio Teles Pires a jusante do barramento foi obtida a partir de medições de vazão realizadas no posto fluviométrico TPR 329. A Figura 3.1 apresenta a curva chave resultante neste posto, bem como a equação utilizada nos estudos.

Figura 3.1 – Curva-chave do rio Teles Pires no posto TPR 329

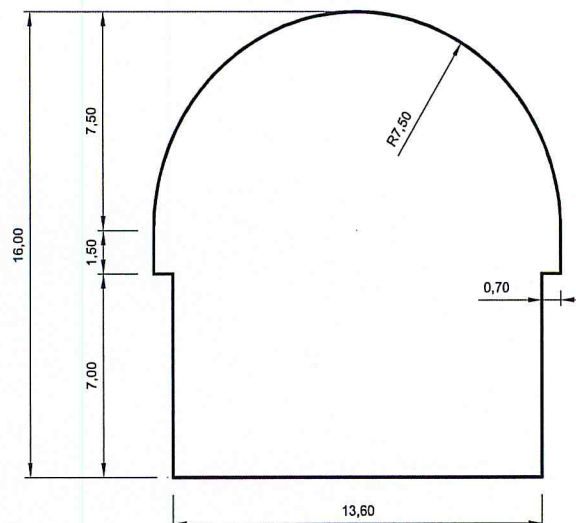


3.3 DETERMINAÇÃO DA SEÇÃO DOS TÚNEIS

O dimensionamento realizado considera um esquema de desvio mediante a construção de três túneis de desvio ao longo da margem esquerda do rio. O seu dimensionamento foi realizado para desviar uma vazão de 8.239 m³/s, associada a uma cheia com tempo de recorrência de 50 anos (período anual sem intervalo de confiança).

O dimensionamento do desvio do rio resultou na adoção de três túneis cuja seção transversal possui formato cogumelo, com as seguintes dimensões principais: 16,0m de altura, abóbada com 15,0m de diâmetro, largura de 13,6m na base e bermas com 0,7m de largura nas paredes laterais conforme ilustrado na Figura 3.2.

Figura 3.2 – Seção Transversal do Túnel de Desvio



3.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DESVIO

3.4.1 Resultados dos Ensaios Preliminares do Modelo Hidráulico Reduzido

Foram realizados no modelo hidráulico reduzido ensaios preliminares com o objetivo de verificar as condições de escoamento e a capacidade de descarga pelos quatro túneis de desvio durante a segunda fase de desvio do rio.

Os túneis de desvio foram previamente calibrados no laboratório a fim de alcançar a rugosidade interna dos túneis escavados em rocha associada a um coeficiente de Manning igual a 0,0303 m^{-1/3}.s (Ks = 33 m^{1/3}.s⁻¹), em valores de protótipo. Após a calibração realizada verificou-se que para faixa de vazões ensaiadas, o coeficiente de Manning obtido foi de 0,0315 m^{-1/3}.s (Ks = 31,75 m^{1/3}.s⁻¹), em valores de protótipo.

Com o intuito de melhorar as condições de escoamento no canal de saída dos túneis, foram testadas duas alternativas de geometria:

- Alternativa 1: Modificação do alinhamento da margem esquerda do canal de saída;

- Alternativa 2: Modificação do alinhamento da margem esquerda do canal de saída e manutenção de um septo na elevação 165,0m (com 42,0m de comprimento e 19,0m de largura) posicionado entre os antigos túneis de desvio 3 e 4.

Na simulação da vazão de 8.239 m³/s foram realizadas medições de nível de água no reservatório e os resultados obtidos nas diferentes configurações estão informados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Ensaio realizados para verificação da capacidade de descarga dos túneis de desvio descarregando a vazão de 8.239 m³/s

Canal de Saída dos túneis de desvio	NAR (m)
Alternativa Original	186,54
Alternativa 1	185,91
Alternativa 2	185,71

A partir das informações apresentadas na tabela 3.2 foi realizado um ajuste nas considerações de cálculo realizadas no canal de saída dos túneis, a fim de alcançar nos cálculos teóricos, os resultados obtidos no modelo hidráulico reduzido.

Após a calibração realizada, o coeficiente de Manning foi ajustado para o valor de projeto ($n = 0,0303 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$). O nível de água no reservatório calculado a partir das informações apresentadas acima foi de 185,02 m. Esses resultados estão associados à adoção da Alternativa 2 de canal de saída dos quatro túneis de desvio.

3.4.2 Avaliação do Desvio do Rio através de Três Túneis

Partindo-se do modelo de cálculo determinado em função dos resultados obtidos no modelo hidráulico reduzido, foi dimensionado o desvio do rio, considerando apenas a operação de três túneis de desvio para a vazão de dimensionamento igual a 8.239 m³/s.

O dimensionamento do desvio do rio através de três túneis foi realizado considerando-se o ajuste na cota do deck das estruturas de desvio para a elevação 204,0m, elevada em 0,5m em função das definições apresentadas no relatório técnico TX-RT-EC-LA-C20-00001. A elevação da cota do fundo da estrutura de fechamento, anteriormente posicionada na elevação 149,0m, também foi ajustada e atualmente encontra-se na elevação 149,5m.

O dimensionamento levou à escolha de um esquema de desvio composto por três túneis de desvio ao longo da margem esquerda do rio, com seção transversal com formato cogumelo, definida na Figura 3.2.

Destaca-se que não foram realizadas modificações das estruturas hidromecânicas e, portanto, as dimensões das estruturas de emboque foram mantidas conforme definido no Projeto Básico Consolidado, ou seja, com dois vãos com 5,75m de largura e 14,0m de altura.

Considerando a nova cota do piso da estrutura de emboque e a nova seção dos túneis de desvio, foi definida uma transição, com comprimento de 30 metros, entre a seção de saída da estrutura de emboque, que possui formato arco retângulo com fundo na elevação 149,5 m, e a nova seção do túnel com o fundo na elevação 147,5 m.

O canal de aproximação dos túneis foi mantido com a soleira junto ao rio na elevação 156,0m e a rampa foi ajustada para atingir a elevação 149,0m. O canal de saída possui uma rampa a partir da elevação 147,5 m até a elevação 155,0m, mantendo-se nessa elevação até atingir o leito do rio.

Também foram levados em conta os resultados dos ensaios preliminares da geometria do canal de saída dos túneis realizados no modelo hidráulico reduzido e, desta maneira, foram considerados os resultados obtidos com a geometria do canal de saída da Alternativa 2.

A capacidade de descarga dos túneis de desvio foi então avaliada através do cálculo das perdas de carga ao longo dos canais de entrada e saída do desvio e no interior do túnel propriamente dito. As perdas de carga nos canais de saída e entrada escavados em rocha foram determinadas através do cálculo de remanso pelos canais considerando-se um coeficiente de Strickler de $28\text{m}^{1/3}/\text{s}$. Nos trechos de escavação subterrânea dos túneis em rocha considerou-se um coeficiente de Strickler de $33\text{m}^{1/3}/\text{s}$ e nos trechos das estruturas de fechamento executadas em concreto foi usado um coeficiente de Strickler de $70\text{m}^{1/3}/\text{s}$.

Considerou-se na entrada dos três túneis um coeficiente de perda de carga localizada de 0,20. Em função da transição a jusante do emboque dos túneis e devido às curvas existentes o coeficiente de perda de carga localizada global nos três túneis resultou igual a 0,23. Como condições de contorno para o cálculo de remanso no canal de saída dos túneis, consideraram-se os níveis de água naturais existentes a jusante definidos na Figura 3.1.

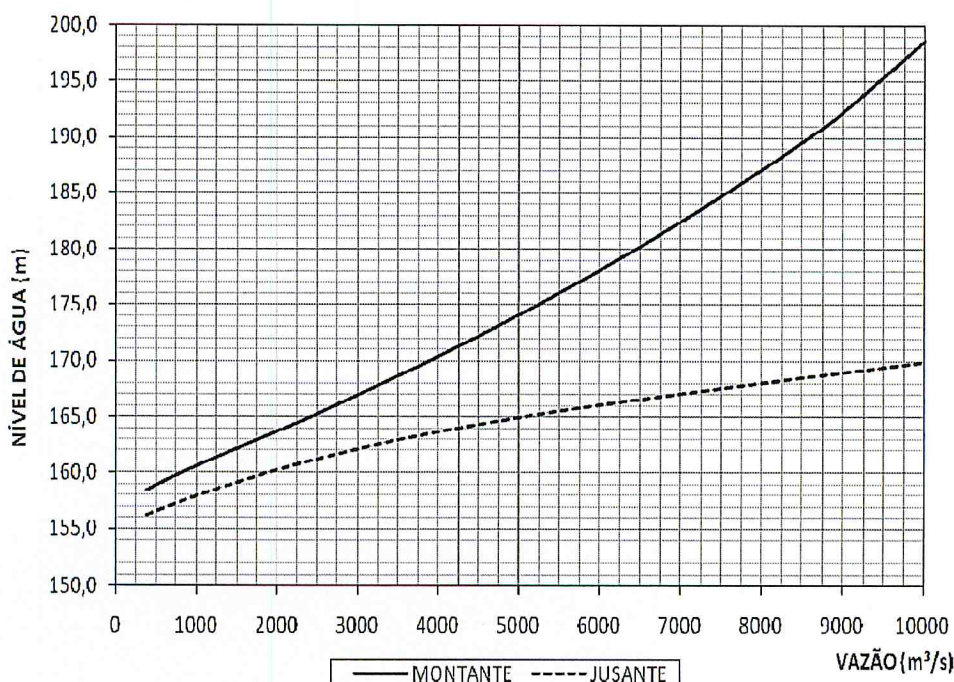
A obtenção da curva de descarga dos túneis de desvio compreende as seguintes etapas:

- a) Para uma dada vazão, e correspondente nível de jusante, calcula-se o remanso no canal de descarga do desvio;
- b) Com o nível de água obtido junto à extremidade de jusante dos túneis, verifica-se se existe o afogamento dos mesmos. Esta verificação é efetuada com a aplicação da equação da conservação da quantidade de movimento. Nesta etapa verificam-se também as condições de energia mínima na seção do desemboque dos túneis de desvio;
- c) Com as condições existentes na extremidade de jusante dos túneis de desvio, procede-se aos cálculos das perdas de carga contínuas e localizadas ao longo do seu comprimento. Caso o escoamento seja com superfície livre, calcula-se o remanso ao longo do túnel (*Standart Step Method*). No cálculo do remanso verificam-se as condições de energia mínima nas diversas seções do escoamento. Com este procedimento obtém-se o nível de energia do escoamento na extremidade de montante dos túneis de desvio;
- d) Com o nível de energia na extremidade de montante dos túneis de desvio procede-se o cálculo do remanso no canal de entrada do desvio. O nível de energia no início do canal de entrada corresponde ao nível de água no reservatório (nível de estagnação).

A Figura 3.3 apresenta a curva de descarga dos três túneis de desvio obtida com as considerações e hipóteses apresentadas. Pode-se observar que para a uma vazão de 8.239m³/s (50 anos de recorrência anual) os níveis de água a montante e a jusante resultam, respectivamente, nas elevações 188,3m e 168,3m. Dessa forma, a elevação da ensecadeira de montante foi ajustada e atualmente está definida na elevação 190,0m. A ensecadeira de jusante foi mantida na elevação 169,5m.

Destaca-se que estas elevações deverão ser consolidadas no estudo em modelo hidráulico reduzido a ser desenvolvido com a configuração proposta de três túneis de desvio.

Figura 3.3 – Curva de descarga estimada para o sistema com três túneis de desvio.



4. AJUSTES DAS ESCAVAÇÕES

Com base no dimensionamento hidráulico obtidos nos estudos relatados no Item 3, procedeu-se a reavaliação da geometria dos canais de desvio de montante e de jusante para acomodar os três túneis.

Como demais ajustes necessários aos projetos destacam-se:

- Ajuste da posição da ensecadeira de montante para manterem-se as dimensões da praça de trabalho a montante da barragem CCR;

- Ajuste das proteções dos taludes do canal de desvio de montante para atender a elevação máxima do fluxo durante o período de desvio (El. 190,0m);

- Reposicionamento dos eixos dos túneis para manter uma distância segura entre estas escavações subterrâneas;

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos apresentados neste relatório têm como finalidade principal avaliar o dimensionamento do desvio de segunda fase da UHE Teles Pires, através de três túneis de desvio.

Utilizando os resultados obtidos no modelo hidráulico reduzido foi identificado que três túneis com seção cogumelo com 16 metros de altura e abóbada com 15 metros de diâmetro apresentando capacidade de descarga suficiente para escoar com segurança a vazão de 8.239 m³/s, considerando a ensecadeira de proteção de montante coroada na elevação 190 m.

Ressalta-se que as definições e dimensões das estruturas aqui apresentadas serão verificadas novamente no modelo hidráulico reduzido.

Desta maneira, avalia-se que a redução do número de túneis de desvio para 3 unidades é plenamente viável, mediante a adoção de algumas adaptações do projeto original.

6. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Maiores detalhes referentes ao sistema do desvio do rio definido inicialmente no Projeto Básico Consolidado poderá ser verificado na seguinte memória de cálculo:

- TX-MC-EC-DR-C18-00001-0A

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHOW, V.T., "Open-Channel Hydraulics", 1959.

CRITÉRIOS de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas. Rio de Janeiro: Eletrobrás/CBDB, 2003

IDELCHIK, I. E. Handbook of Hydraulic Resistance. Washington, D.C.: Hemisphere Publ., 1986.

Lencastre, A., "Hidráulica Geral", edição do autor, Lisboa, 1996.

PINTO, N. L. S. Hidráulica Aplicada. Curitiba: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica / CEHPAR, 1987.