

## 1. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

### 1.1. Introdução

O arranjo geral da Usina Hidrelétrica (UHE) Belo Monte desenvolvido no Projeto Básico de Engenharia, e referência para a elaboração deste Plano Básico Ambiental (PBA), guarda bastante similaridade com o arranjo definido nos Estudos de Viabilidade (Eletronorte/Eletróbrás) de 2002 e considerado para fins de elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (Rima) – Eletróbrás, 2009.

A concepção do empreendimento manteve-se, assim, focada no aproveitamento de cerca de 90 m de desnível natural existente ao longo de 150 km da Volta Grande do Xingu, entre a cidade de Altamira e as localidades de Belo Monte e Belo Monte do Pontal, respectivamente situadas nos municípios de Vitória do Xingu e Anapu, a partir de onde o rio já passa a sofrer influências do rio Amazonas e da maré. Esse aproveitamento se faz através da configuração de um reservatório com dois setores - o do Xingu, na calha do rio, e aquele a ser conformado fora da calha, situado na margem esquerda do corpo hídrico em tela (setor antes denominado Reservatório dos Canais e, agora, Reservatório Intermediário). Além disso, o trecho do rio Xingu, ao longo da chamada Volta Grande, com 100 km de extensão, será submetido, durante a operação do empreendimento, a um regime de restrições de vazão determinado por um hidrograma ecológico.

A despeito de a concepção básica do empreendimento não ter sofrido modificações, conforme acima abordado, algumas otimizações de arranjo foram desenvolvidas entre as etapas de viabilidade e Projeto Básico. As principais, grosso modo, podem ser assim sintetizadas:

- A adução de água do Reservatório do Xingu para o Reservatório Intermediário será feita apenas por um canal de derivação, e não mais por dois;
- Esse fato, conjugado a algumas alterações na geometria do Reservatório Intermediário, conduziram a uma redução no volume de escavação necessário para conformar esse reservatório;
- A otimização nos volumes a serem escavados, combinada com a distância média de transporte a partir dos pontos de origem dessas escavações, levaram a um rearranjo da área a ser territorialmente afetada pelos botafora, mas ainda restrita à parcela da Área Diretamente Afetada (ADA) antes delineada no EIA para ser ocupada por essas intervenções;
- A redução no número de diques a serem construídos para delimitar o Reservatório Intermediário, fechando vales de drenagens naturais e pontos de fuga de água em selas e talvegues;
- A supressão do Vertedouro Complementar, antes localizado no então denominado Sítio Construtivo Bela Vista, passando a descarga da cheia de projeto a ser feita integralmente pelo Vertedouro localizado no Sítio Pimental;
- A redução no número de unidades geradoras das Casas de Força Complementar e Intermediária, sem alteração na energia a ser gerada; e
- Em consequência dos fatores supracitados, bem como da reavaliação da logística construtiva, otimização em cerca de um ano do cronograma físico previsto até a entrada em operação, em plena carga, da UHE Belo Monte.

Nesse contexto, apresenta-se, neste Capítulo, a caracterização do empreendimento detalhado no âmbito do Projeto Básico de Engenharia e, reitera-se, referência para elaboração deste PBA. Após a contextualização do arranjo, são abordadas mais demoradamente, em um item específico, as suas otimizações em relação àquele dos estudos de viabilidade, procedendo-se, em seguida, à caracterização da infraestrutura e das estruturas principais componentes do arranjo atual, segmentadas por sítio construtivo. Por fim, apresenta-se o novo cronograma construtivo.

Especificamente no que tange ao hidrograma ecológico, a sua caracterização, em acordo com a solução proposta no EIA, bem como as alterações nela induzidas por força de condicionante da Licença Prévia (LP) nº 342/2010 emitida pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) são objeto de item específico deste PBA relativo ao Plano de Gerenciamento Integrado da Volta Grande do Xingu.

Cabe aqui ainda registrar que a referência para a elaboração deste Capítulo é o documento “Usina Hidrelétrica Belo Monte – Relatório Final do Projeto Básico de Engenharia”, elaborado pelas empresas integrantes do Consórcio Projetista - Intertechne Consultores, Engevix Engenharia e PCE Projetos e Consultoria de Engenharia - e apresentado pelo empreendedor da UHE Belo Monte – a Norte Energia S.A. (NESA) - à Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), para fins de sua análise e aprovação.

Por fim, vale ressaltar o já exposto pela NORTE ENERGIA junto ao IBAMA em reunião realizada em 18/04/11, no Workshop levado a termo no período de 28/02/11 a 02/03/11, e reiterado no corpo da Nota Técnica de Esclarecimento sobre a versão consolidada (março/11) do PBA da UHE Belo Monte: que eventuais alterações de engenharia na concepção do Reservatório Intermediário, em especial na região onde está hoje prevista a implantação da Barragem de Santo Antônio, ainda encontram-se em estudo, e que caso tais alterações venham a se materializar as mesmas deverão ser apresentadas para análise do IBAMA, com vistas a obter sua anuência, acompanhadas de seus respectivos rebatimentos em Planos, Programas e Projetos do PBA, em especial naqueles que apresentem interveniência com aspectos de proteção de cavidades subterrâneas.

## 1.2. Contextualização do Arranjo Geral configurado no Projeto Básico de Engenharia

A UHE Belo Monte será construída no rio Xingu, nos municípios de Altamira e Vitória do Xingu, no Estado do Pará, sendo que apenas uma pequena parcela do Reservatório do Xingu afetará diretamente áreas do município de Brasil Novo.

O arranjo geral da UHE Belo Monte, conforme consolidado no Projeto Básico de Engenharia e visualizado na **FIGURA 1.2-1**, se caracteriza por apresentar sítios de obras distintos e distantes entre si, desde as obras do barramento propriamente dito do rio Xingu, no sítio denominado Pimental, até o sítio Belo Monte, onde será construída a Casa de Força Principal. A distância entre estes dois sítios, em linha reta, é de aproximadamente 40 km. Entre estes dois sítios será construído o sistema de adução à Casa de Força Principal, constituído pelo Canal de Derivação e pelo Reservatório Intermediário (formado por diques e canais de transposição). Esses canais de transposição serão escavados principalmente em selas topográficas, ao longo do Reservatório Intermediário, com a finalidade de condução das vazões para geração, sem perdas de carga excessivas, até a Tomada de Água Principal, no Sítio Belo Monte.

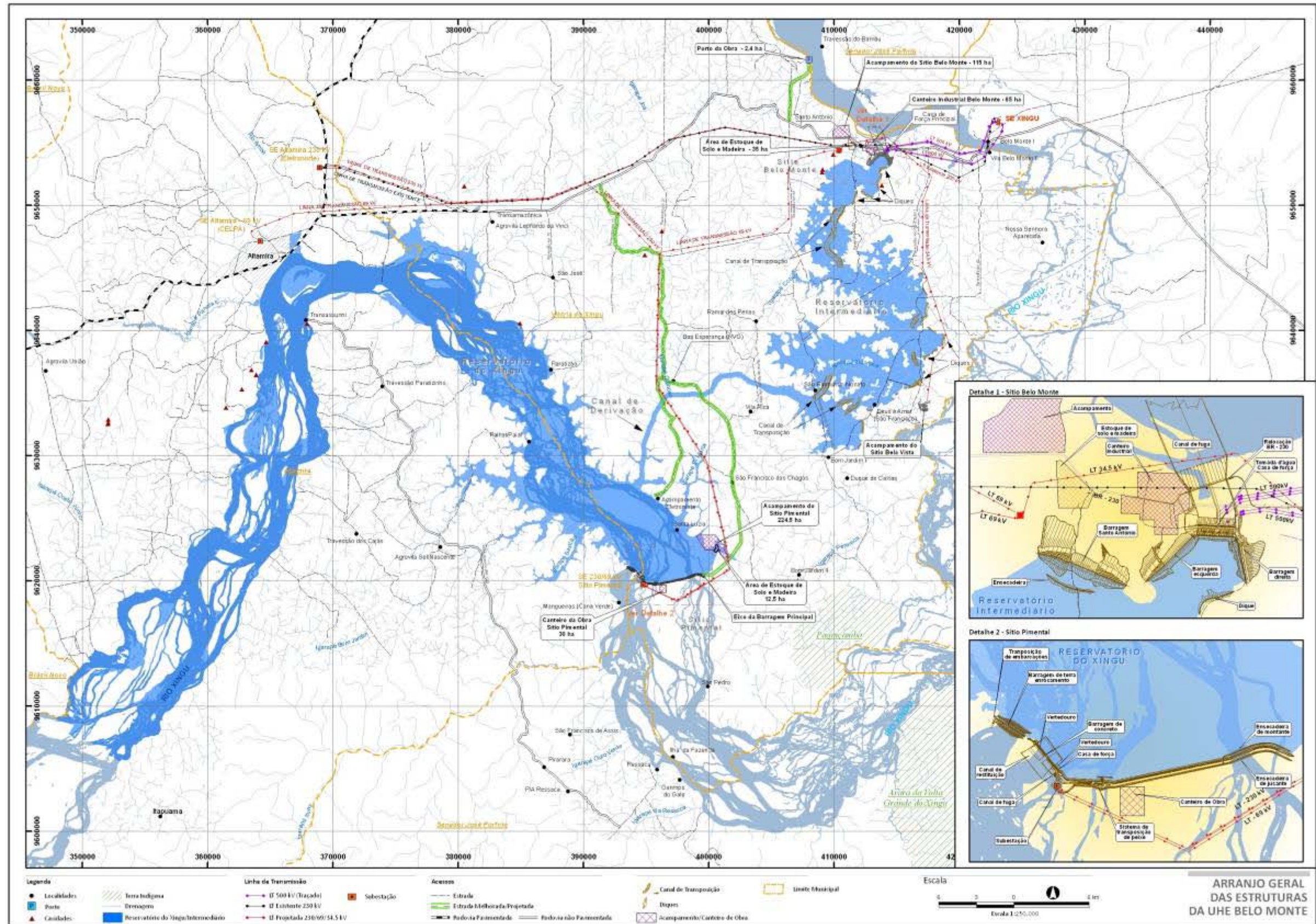


FIGURA 1.2-1 - Arranjo geral da UHE Belo Monte segundo Projeto Básico de Engenharia (NESA, 2010)

O Sítio Belo Monte fica na margem esquerda do rio Xingu, localizado a 52 km da cidade de Altamira pela rodovia Transamazônica e a cerca de 10 km a jusante da interseção do rio Xingu com essa rodovia, no local denominado Belo Monte. Nesse sítio serão construídos a Casa de Força e a Tomada de Água Principais e o Canal de Fuga, com fechamento do Reservatório Intermediário por barragens, em particular a Barragem de Santo Antonio. As coordenadas geográficas do local são 03° 07' de latitude Sul e 51° 46' de longitude Oeste.

Já o Sítio Pimental está localizado nas coordenadas geográficas 03° 26' de latitude Sul e 51° 56' de longitude Oeste, a 40 km a jusante da cidade de Altamira, e nele serão implantados o barramento principal do rio Xingu, o Vertedouro e a Tomada de Água e Casa de Força Complementares, sendo esta última concebida para gerar energia a partir de parte das vazões restituídas para o estirão de jusante do rio, segundo o hidrograma ecológico proposto, com fins de manter condições mínimas que atendam a questões ambientais.

Quanto à ocupação de territórios municipais, o Sítio Belo Monte situa-se inteiramente dentro dos limites do município de Vitória do Xingu, enquanto que o Sítio Pimental ocupa áreas em Vitória do Xingu e também em Altamira, com seu eixo de barramento posicionado na calha do rio Xingu, que é o elemento geográfico de divisão municipal.

Cabe ainda registrar que a manutenção no Projeto Básico de Engenharia da disposição, em termos gerais, das estruturas do aproveitamento e, em especial, do eixo de barramento principal definido nos Estudos de Viabilidade de 2002 deixa inalteradas as características do reservatório que foi objeto do licenciamento ambiental prévio. Assim, com o Nível d'Água Máximo Normal na El. 97,00, o reservatório acumula um volume da ordem de  $4.802,3 \times 10^6$  m<sup>3</sup>, ocupando uma área de 516 km<sup>2</sup>. Desta área, 386 km<sup>2</sup> correspondem ao reservatório da calha do rio Xingu e 130 km<sup>2</sup> ao Reservatório Intermediário.

Por fim, observa-se que o Projeto Básico foi elaborado tendo por base as diretrizes e requisitos do Edital do Leilão da Aneel 006/2009<sup>1</sup> e as recomendações, critérios e normas preconizados pelo setor elétrico.

Nesse sentido, foram respeitados:

Os elementos estruturantes dos Estudos de Inventário e Viabilidade, relacionados aos aspectos técnicos do aproveitamento hidroenergético e às condições essenciais de segurança do empreendimento quanto a:

Nível d'Água (NA) Máximo Maximorum do Reservatório	El. 97,50
NA Máximo Normal do Reservatório	El. 97,00
Capacidade Total Instalada	11.233,1 MW
Potência Instala da Casa Força Principal	11.000 MW
Potência Instalada da Casa Força Complementar	233,1 MW

<sup>1</sup> No Leilão da Aneel 006/2009 foi colocada em licitação a concessão para exploração da UHE Belo Monte, tendo por referência os Estudos de Viabilidade do empreendimento e as otimizações propostas pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Esse leilão teve como vencedor o Consórcio Norte Energia, atualmente Norte Energia S. A (NESA)

## Descarga de Projeto do Vertedouro

62.0 <sup>3</sup>/s

- a) Os resultados do estudo de otimização do projeto da UHE Belo Monte, realizado em setembro de 2009 pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) com o propósito de reduzir os quantitativos e, conseqüentemente, o custo de investimento do empreendimento. Basicamente, as otimizações realizadas foram as seguintes:

Redução do número de turbinas/geradores na Casa de Força Principal de 20 para 18 unidades;

Redução do número de turbinas/geradores na Casa de Força Complementar, que passaram de 9 para 6 unidades;

Redução de um vão no Vertedouro Principal;

Redução das áreas das seções dos canais de Adução<sup>2</sup>; e

Redução da largura das cristas dos diques, da barragem do sítio Pimental e das enscadeiras.

- b) As condicionantes da Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica - Resolução da Agência Nacional das Águas (ANA) nº 740, de 06 de outubro de 2009, que definiram as condições gerais de vazões mínimas a transitar pelo Reservatório Intermediário e as vazões médias mensais a serem mantidas no denominado Trecho de Vazão Reduzida (TVR). Lembra-se que essas condições, a seguir relacionadas, impactam os estudos energéticos da UHE Belo Monte, assim como a regra operacional do reservatório:

Vazão mínima a ser mantida no Reservatório Intermediário de 300 m<sup>3</sup>/s;

Vazões médias mensais a serem mantidas no TVR (conforme **QUADRO 1.2-1**), alternando-se os hidrogramas A e B em anos consecutivos, e atendendo ainda às seguintes premissas:

- ✓ Caso, em dado mês, a vazão afluente seja inferior à prescrita para os hidrogramas A e B, deve ser mantida no TVR vazão igual à afluente;
- ✓ A vazão instantânea no mês de outubro no TVR não poderá ser inferior a 700 m<sup>3</sup>/s, exceto se a vazão afluente o for;
- ✓ Nos meses de ascensão do hidrograma, a vazão instantânea no TVR não deverá ser inferior à vazão média prescrita para o mês anterior, exceto caso a vazão afluente o seja; e
- ✓ Nos meses de recessão do hidrograma, a vazão instantânea no TVR não deverá ser inferior à vazão média prescrita para o mês seguinte, exceto caso a vazão afluente o seja.

<sup>2</sup> À época da elaboração do estudo pela EPE ainda permanecia o arranjo dos Estudos de Viabilidade, contemplando dois canais de adução

### QUADRO 1.2-1

Vazões médias mensais a serem mantidas no TVR, em m<sup>3</sup>/s

Hidrograma	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
A	1100	1600	2500	4000	1800	1200	1000	900	750	700	800	900
B	1100	1600	4000	8000	4000	2000	1200	900	750	700	800	900

O NA mínimo do reservatório poderá ser reduzido para atender simultaneamente às condições expressas, quando a vazão afluyente for inferior à vazão prescrita para o TVR somada a 300 m<sup>3</sup>/s; e

O início do enchimento do reservatório deverá ocorrer entre os meses de janeiro e junho, mantendo-se nesse período, no TVR, as vazões mínimas do Hidrograma B.

As condicionantes da Licença Prévia (LP) IBAMA nº 342/2010, de 01 de Fevereiro de 2010, que ditam as seguintes regras relativas ao hidrograma ecológico, à navegabilidade e aos materiais naturais de construção:

Os Hidrogramas definidos na Resolução nº 740 da ANA deverão ser testados após a conclusão da instalação da plena capacidade de geração da Casa de Força Principal. Os testes deverão ocorrer durante seis anos associados a um robusto plano de monitoramento, com a identificação dos impactos resultantes. Entre o início da operação e a geração com plena capacidade deverá ser mantido no TVR, minimamente, o Hidrograma B (vide **QUADRO 1.2-1**);

Será necessário adotar soluções de engenharia que permitam a continuidade da navegação durante todo tempo de construção e de operação da Usina, no trecho do rio Xingu submetido à vazão reduzida e no rio Bacajá. Será necessário detalhar o mecanismo de transposição de embarcações no barramento do Sitio Pimental; e

Prever o uso de materiais provenientes das escavações obrigatórias, nas construções de barramento previstas, bem como nas demais obras associadas ou decorrentes do empreendimento como rodovias, aterros e residências, sendo vedada a abertura de novas jazidas, salvo autorização do IBAMA.

## 1.3. Alterações em Relação ao Arranjo Geral dos Estudos de Viabilidade de Engenharia

### 1.3.1. Considerações Gerais sobre o Arranjo da Viabilidade

O arranjo geral definido nos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental da UHE Belo Monte, que pode ser visualizado na **FIGURA 1.3.1-1**, englobava três sítios além de dois conjuntos de obras que não se concentravam em sítios específicos: os canais de adução e os diques que permitem a formação da parcela do hoje denominado Reservatório Intermediário, situado na margem esquerda da Volta Grande. Nessa época foi confirmada a viabilidade econômica de se construir a segunda casa de força junto ao barramento principal do rio Xingu para gerar energia a partir das vazões restituídas para o estirão de jusante do rio.

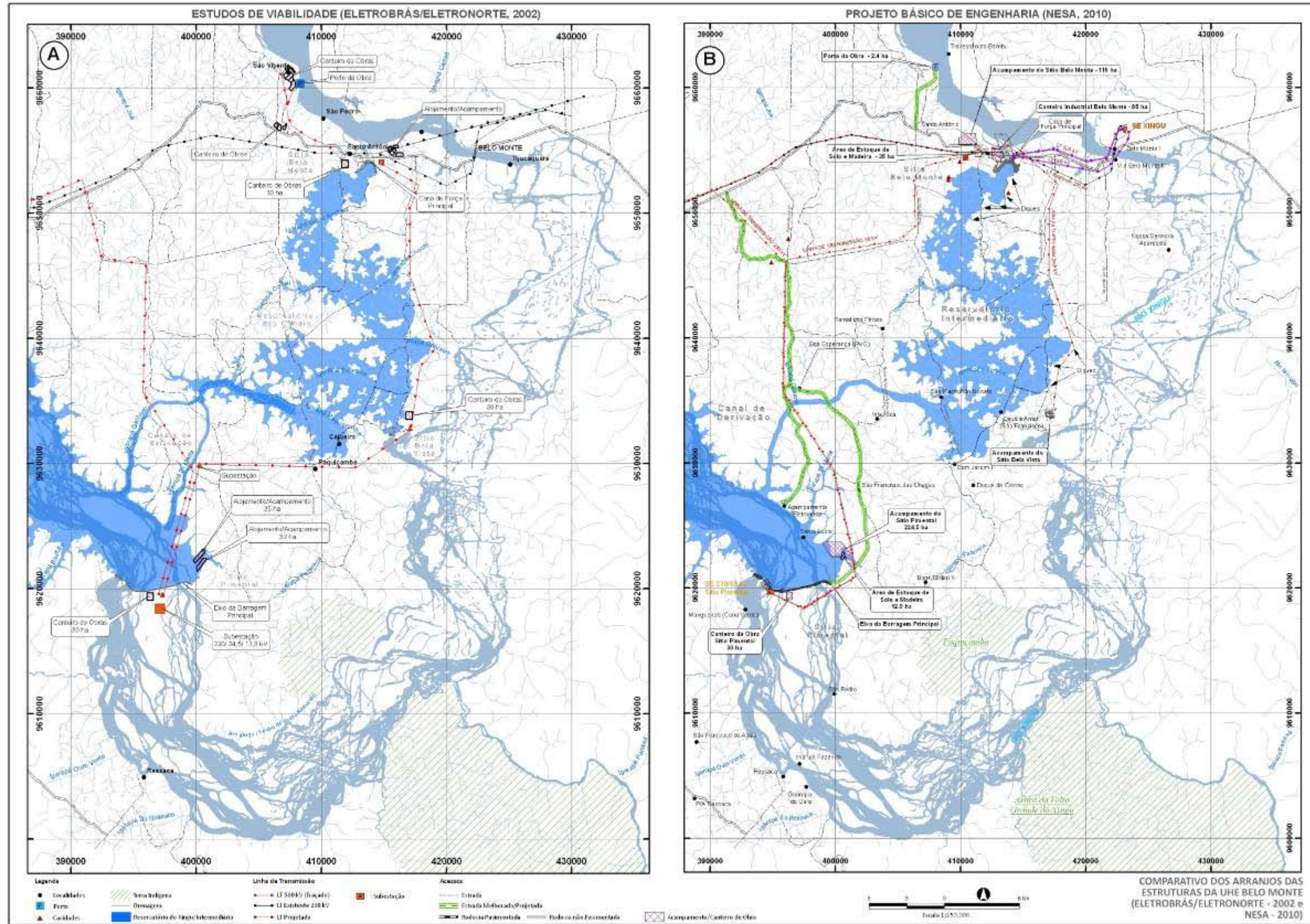


FIGURA 1.3.1-1 - Comparação entre os Arranjos Gerais dos Estudos de Viabilidade e do Projeto Básico de Engenharia

Os sítios que continham obras do então Complexo Hidrelétrico Belo Monte denominavam-se Belo Monte, Pimental e Bela Vista. No Sítio Belo Monte estavam localizadas a Tomada de Água e a Casa de Força Principais, além de barragens de fechamento de vales locais. O barramento principal do rio se situava no Sítio Pimental, 40 km a jusante da cidade de Altamira, e nele estavam localizados o Vertedouro Principal, a Tomada de Água e a Casa de Força Complementar. O Sítio Bela Vista posicionava-se próximo ao antigo barramento Bela Vista (antigo sítio Juruá), na margem esquerda do Xingu, numa posição intermediária entre os Sítios Pimental e Belo Monte. Esse foi o sítio selecionado para implantação de um órgão extravasor complementar ao Vertedouro Principal. O Vertedouro Principal estava dimensionado para descarga da cheia de 47.400 m<sup>3</sup>/s e o Vertedouro Complementar para a vazão de 14.600 m<sup>3</sup>/s, totalizando a vazão de projeto para a cheia decamilenar, igual a 62.000 m<sup>3</sup>/s.

Os canais de adução se constituíam em uma série de obras de escavação não contínuas, executadas para permitir o escoamento da vazão de projeto da calha natural, a montante do barramento principal, no Sítio Pimental, até a Tomada de Água Principal, no Sítio Belo Monte. Os Canais Principais de Derivação, localizados a montante do Reservatório Intermediário, contemplavam dois canais separados (esquerdo e direito) que se uniam num único canal (Junção), formando uma figura em forma de “Y”. Na sua maior extensão esses canais eram revestidos com concreto no piso e nas laterais, sendo que na porção final era previsto revestimento com enrocamento. No Reservatório Intermediário estava prevista a escavação de sete canais de transposição para a redução das perdas de carga ao longo do mesmo.

A Casa de Força Principal seria equipada com turbinas do tipo Francis de eixo vertical, em número de 20, com potência instalada total de 11.000 MW. A Casa de Força Complementar no Sítio Pimental, por sua vez, seria motorizada com 9 grupos turbina-gerador do tipo Bulbo, totalizando 181,3 MW de potência instalada.

Por fim, há que se destacar as otimizações nessa concepção dos Estudos de Viabilidade que foram introduzidas por força de recomendações do EIA, a saber:

A mudança, para a sede municipal de Vitória do Xingu, da vila residencial prevista originalmente para ser implantada junto ao Sítio Construtivo Belo Monte;

A não construção de uma vila residencial isolada na cidade de Altamira, recomendando-se que as 500 residências previstas nos Estudos de Viabilidade para essa vila fossem integradas ao tecido urbano em diferentes locais;

A implantação, em alguns dos diques previstos para a conformação do então Reservatório dos Canais, de dispositivos que garantissem a liberação de uma vazão residual a jusante para os igarapés barrados por essas estruturas, de forma a manter as condições mínimas necessárias dos ecossistemas e os usos da água aí identificados;

A não implantação de uma escada de peixes junto ao barramento principal no Sítio Construtivo Pimental, substituindo-a por outro tipo de mecanismo mais eficaz, recomendando-se, em caráter preliminar, a construção de um canal de deriva nesse sítio;

A implantação de um mecanismo para transposição do barramento principal no rio Xingu por embarcações típicas de uso na região; e

A liberação de um hidrograma ecológico de consenso entre as demandas ambientais e aquelas de geração de energia pela UHE Belo Monte para o TVR. Esse hidrograma



contempla vazão mínima mensal de 700 m<sup>3</sup>/s na estiagem e, na cheia, vazão mínima mensal de 4.000 m<sup>3</sup>/s, sendo que, no ano que não passar uma vazão mensal de 8.000 m<sup>3</sup>/s no outro ano será obrigatória a redução de geração para a liberação de uma vazão mínima mensal de 8.000 m<sup>3</sup>/s.

### 1.3.2. Alterações no Arranjo Geral Introduzidas pelo Projeto Básico de Engenharia

São elencadas a seguir, para cada um dos sítios construtivos, as principais alterações introduzidas no Projeto Básico de Engenharia em relação ao arranjo estabelecido no Estudo de Viabilidade de 2002. Recomenda-se a sua leitura à luz da **FIGURA 1.3.1-1** antes apresentada, observando-se que a caracterização desse empreendimento será objeto de abordagem nos itens subseqüentes deste Capítulo.

#### a) **Sítio Pimental**

As seções típicas das barragens e ensecadeiras foram ajustadas visando otimizar os taludes e volumes de aterros;

As dimensões e o número de comportas do Vertedouro Principal sofreram alteração, sendo essa estrutura dimensionada para escoar integralmente a vazão decamilenar de 62.000 m<sup>3</sup>/s. Para tanto é provida com 20 vãos com comportas com 20,0 m de largura e crista da ogiva na Elevação 75,20. Para ajustar-se ao esquema de manejo do rio durante a Etapa de Implantação, o Vertedouro Principal foi dividido em dois conjuntos de 8 e 12 comportas separados por um trecho de barragem de concreto a gravidade. Essa modificação levou à eliminação do Vertedouro Complementar no Sítio Bela Vista, antes constantes do Estudo de Viabilidade;

A potência instalada da Casa de Força Complementar foi alterada para 233,1 MW, passando a contar com seis unidades geradoras. Esta alteração levou a uma modificação geral na configuração da Casa de Força Complementar;

Foi eliminada a ponte provisória no braço esquerdo do rio Xingu para acelerar o acesso durante a construção ao canteiro principal e à região das estruturas principais (Casa de Força Complementar e Vertedouro Principal);

Os tempos de recorrência das cheias estabelecidos tanto para o desvio de 1ª fase como de 2ª fase foram compatibilizados com os riscos a elas associados. Em linhas gerais houve aumento nas vazões e das cotas de proteção associadas;

Para compatibilização com os resultados e recomendações do EIA foi considerado um Sistema de Transposição de Peixes constituído por um canal de derivação disposto paralelamente ao pé da barragem, localizado à esquerda do Canal de Fuga da Casa de Força Complementar, ao invés da escada de peixe anteriormente prevista nos Estudos de Viabilidade; e

Com relação aos Estudos de Viabilidade, o hidrograma de vazões mínimas a serem mantidas no TVR sofreu alteração, aumentando-se as vazões a serem descarregadas neste trecho, em compatibilização com o hidrograma ecológico proposto no EIA (vide subitem 1.3.1) e com as restrições complementares ditadas na Condicionante 2.1 da LP IBAMA nº 342/2010 (vide item 1.2.d).

**b) Sítio Bela Vista e Diques**

O Vertedouro Complementar e barragens laterais associadas foram eliminados, possibilitando a realocação dos diques 19, 20, 23, 24, 25 e 26. Esses diques foram substituídos por aqueles de números 19B, 19C, 19D e 19E, formando um Reservatório Intermediário um pouco menor que o contemplado nos Estudos de Viabilidade;

A largura das cristas dos diques foi reduzida de 10,0 m para 7,0 m, tendo sido a cota de coroamento dos mesmos definidos na El. 100,00. Em linhas gerais, os taludes dos diques foram otimizados em decorrência de estudos geotécnicos específicos; e

Para os diques que estão dispostos sobre os córregos principais foram concebidas galerias de desvio e sistemas de vazão sanitária, de modo a possibilitar a restituição de água a jusante dos mesmos, em acordo com as recomendações do EIA (vide subitem 1.3.1).

**c) Canais de Derivação e de Transposição no Reservatório Intermediário**

Na atual configuração, a ligação entre o Reservatório do Xingu e o Reservatório Intermediário é efetuada por um Canal de Derivação único, que no seu trecho de montante acompanha o leito do córrego Galhoso, sendo que no trecho final segue aproximadamente pelo córrego Paquiçamba. No trecho inicial, com extensão de cerca de 16,7 km, o fundo do canal será revestido com concreto compactado com rolo, ao passo que nas laterais é revestido com enrocamento. O trecho final do canal (cerca de 3,5 km) apresenta o fundo revestido com enrocamento. Cabe aqui lembrar que nos estudos anteriores essa ligação entre os dois setores do reservatório da UHE Belo Monte era feita por meio de dois canais;

Em função da mudança na configuração geral do Canal de Derivação, no tipo de revestimento e das informações geológicas obtidas na presente fase, os canais foram redimensionados, alterando-se as cotas de fundo e larguras da base das seções ao longo dos mesmos. Em linhas gerais houve significativa redução dos volumes de escavação dos canais;

Verificou-se que as perdas de carga no Canal de Derivação e Reservatório Intermediário contempladas nos Estudos de Viabilidade oneravam demasiadamente os custos associados ao circuito de adução. Assim, para redução dos volumes de escavação e demais obras associadas, essas perdas de carga foram aumentadas. Isso foi possível em decorrência da diminuição das perdas de carga no restante do circuito de adução à Casa de Força Principal (condutos e Canal de Fuga) e pela adoção de melhores rendimentos dos equipamentos de geração da Casa de Força Principal. Dessa forma, no Projeto Básico de Engenharia passou-se a considerar uma perda de carga total no aproveitamento de 3,58 m, atribuindo-se 2,23 m para o Canal de Derivação e Reservatório Intermediário;

O aumento das perdas de carga no Canal de Derivação e no Reservatório Intermediário resulta em um nível mínimo normal de operação do Reservatório Intermediário, junto à Tomada de Água Principal, na Elevação 94,77, ao invés da Elevação 96,00 dos Estudos de Viabilidade; e

Os Canais de Transposição foram reestudados, sendo que no Projeto Básico conta-se com cinco canais escavados no Reservatório Intermediário, três fazendo a transposição entre as bacias dos córregos Paquiçamba e Ticaruca, e dois entre as bacias dos córregos Santo Antonio e Cobal.

**d) Sítio de Belo Monte e Barragem de Santo Antonio**

O número de unidades geradoras na Casa de Força Principal foi reduzido de 20 (vinte) do Estudo de Viabilidade para 18 (dezoito). A potência instalada total de 11.000 MW foi mantida. Por conseguinte, a potência unitária foi alterada para 611,1 MW;

A Casa de Força e a Tomada de Água Principais foram subdivididas em dois grupos, um com 10 (dez) unidades e outro com 8 (oito), possibilitando a antecipação da geração do primeiro conjunto de unidades antes da conclusão da construção do segundo. Para tanto, criou-se um muro de separação entre os grupos de tomadas de água, sendo que, a jusante, o Canal de Fuga foi seccionado em dois com a manutenção de um septo de rocha;

Em conjunto com as alterações no número de unidades, a Casa de Força e Tomada de Água Principais sofreram alterações significativas de concepção (posição de galerias, pontes rolantes, paredes entre blocos etc.), com redução significativa no volume de concreto dessa estrutura. Em função do cronograma de entrada em operação das unidades geradoras, as dimensões da área de montagem foram aumentadas para que esta fosse tornada compatível com o intervalo entre unidades geradoras;

O Canal de Fuga foi redimensionado, levando a um aumento de escavações, porém reduzindo as perdas de carga associadas a esse trecho; e

A Barragem de Santo Antonio e as barragens de fechamento da Tomada de Água Principal foram reavaliadas, levando-se em conta as características geomecânicas bastante reduzidas das fundações de solos residuais e rochas sedimentares que ocorrem no local. Esse novo dimensionamento resultou em um aumento significativo dos volumes de aterro.

**1.3.3. Reflexos Ambientais das Mudanças no Projeto de Engenharia**

Uma análise ambiental das alterações de projeto ocorridas entre a fase de elaboração do EIA e o PBA indicam que a proposição de um único Canal de Derivação, conforme apresentado no PBA, implica em algumas importantes vantagens socioambientais quando comparada à concepção de dois canais constante no EIA da UHE Belo Monte.

A primeira e mais relevante vantagem diz respeito ao volume de escavação. Conforme descrito nesta caracterização, esse volume foi reduzido em aproximadamente 43%, saindo de um volume de escavação, que era da ordem de 180 milhões de metros cúbicos na concepção de dois canais, para um volume, previsto na configuração final indicada pelo Projeto Básico de Engenharia, correspondente a, aproximadamente, 103 milhões de metros cúbicos.

Essa redução de volume escavado implica em uma significativa diminuição das áreas necessárias para serem utilizadas para bota fora. Na proposta constante no EIA, previa-se 3.113 hectares para a disposição do material escavado. Com somente um canal, há uma redução de 37,2 % nas áreas necessárias à destinação dos botafora, reduzindo-se a demanda total de locais para esse material resultante das escavações em 1159 hectares.

Essa redução de volume de escavação implica ainda na redução da área que será exposta a esse impacto com necessidade de movimentos de terra, supressão vegetal, resgate de flora e fauna, além de vários outros impactos associados. A quantidade da área de escavação, que na proposta presente no EIA atingia 1321 hectares, sofre uma redução de 346 hectares, o que representa 26,2%, com a eliminação de um dos canais.

Essa redução de área implica também em redução de quantidade de cursos d'água que serão interceptados, além da preservação do próprio igarapé Di maria.

A **FIGURA 1.3.3-1** apresenta os quantitativos de comparação dessa otimização apresentada no PBA em comparação ao arranjo do EIA. Uma tabela apresentada nessa Figura compara os quantitativos de uso e cobertura vegetal que serão afetados no arranjo de um canal em relação aos dois canais do EIA.

A análise dessa tabela mostra que há uma diminuição mais significativa do comprometimento de áreas de Associação entre Vegetação Secundária e Áreas de Cultivo e de áreas de Floresta Ombrófila Aberta com Palmeiras. A quantidade de Floresta Ombrófila Aberta com Palmeiras afetada se reduz à metade e a associação de vegetação secundária com área cultivada afetada se reduz em 70% quando se adota a escavação de somente um canal. Por outro lado, a Floresta Ombrófila Densa Aluvial atingida aumenta em 85%, dado os locais previstos nesse momento de projeto para disposição de bota fora.

Nesse sentido, observa-se que um dos critérios determinantes da delimitação da largura variável da Área de Preservação Permanente (APP) proposta neste PBA, no âmbito do Plano de Conservação e Uso do Entorno dos Reservatórios Artificiais (Pacuera), é exatamente a preservação de uma maior abrangência de planícies aluviais e, conseqüentemente, das formações vegetacionais a elas associadas, como forma de mitigação/compensação dos impactos que o empreendimento irá impor sobre esses ambientes.

Vale ainda observar outro benefício associado à adoção de um único canal de derivação: a preservação de nove imóveis rurais, que totalizam cerca de 855 hectares, anteriormente atingidos, e que nessa nova configuração se manterão sem nenhum comprometimento. No entanto, há que se ressaltar que essa quantificação é ainda preliminar, desenvolvida com base na concepção de Projeto Básico de Engenharia no que tange aos bota fora. Assim, quando do desenvolvimento do Projeto Executivo, com a melhor definição dos locais para conformação desses depósitos através de uma combinação de fatores técnico-econômicos e ambientais, poderá ser ter uma variação nesse número de imóveis rurais que passarão a não ser mais afetados com a exclusão de um dos antes dois canais de derivação.

Por fim, é importante ressaltar que não haverá implicações da alteração do projeto dos canais (dois canais para um) em relação aos níveis de água no Reservatório do Xingu e, por consequência, na cidade de Altamira. Isto porque as características do reservatório principal, notadamente em termos de seu remanso, independem por completo da configuração geométrica e específica do Canal de Derivação, uma vez em as condições hidrodinâmicas do fluxo por este reservatório estão integralmente mantidas. Confirma esta afirmação o fato de não terem sido alteradas: (i) as vazões no circuito de geração da Casa de Força Principal, com valor máximo de 13.950 m<sup>3</sup>/s; e (ii) a concepção do circuito de adução pela margem esquerda do rio Xingu com Canal de Derivação, canais de transposição e o Reservatório Intermediário.

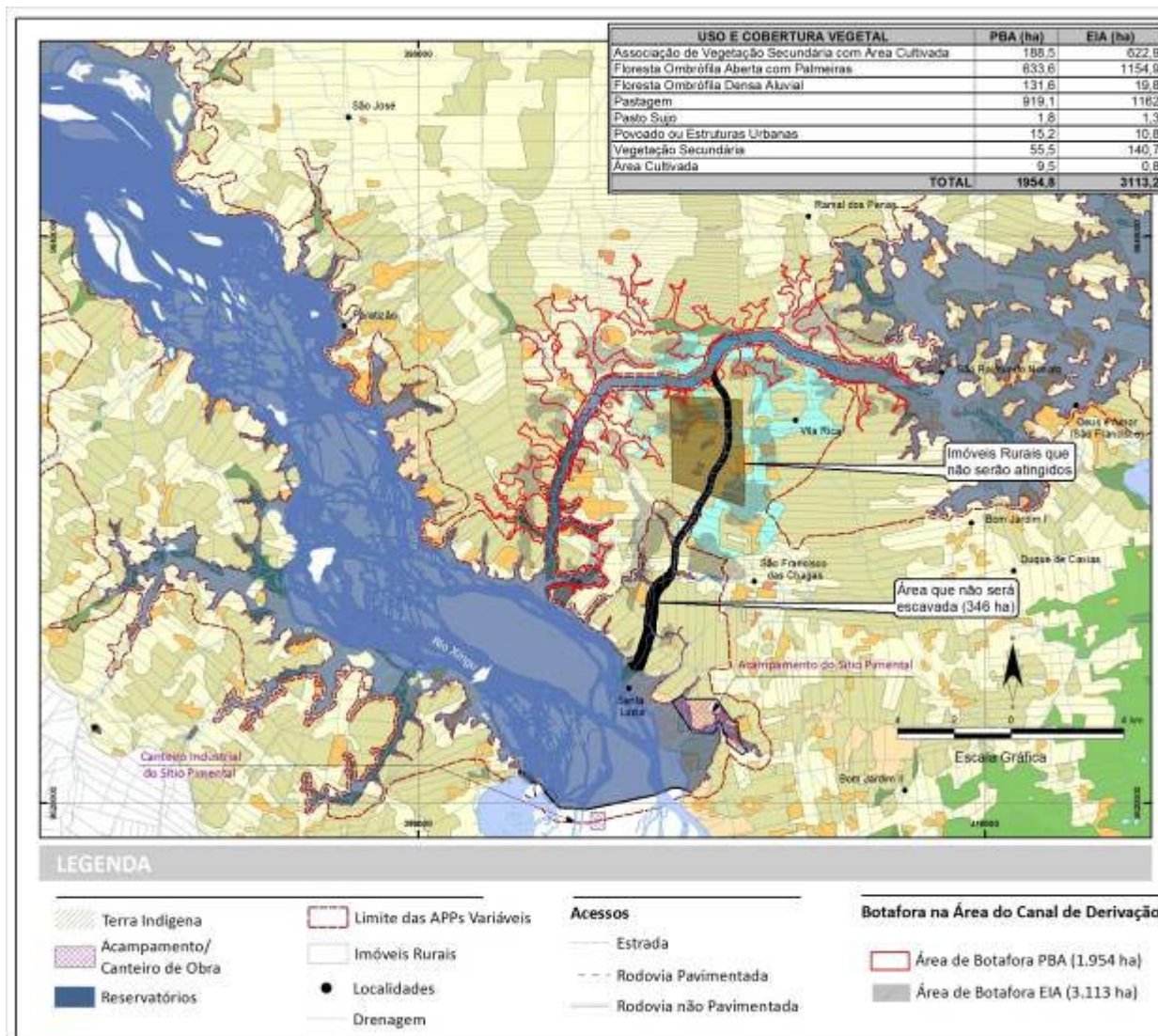


FIGURA 1.3.3 - 1 – Reflexos Ambientais Decorrentes das Alterações no Projeto de Engenharia

#### 1.4. Caracterização do Arranjo Geral do Projeto Básico de Engenharia

Conforme pontuado no item introdutório deste Capítulo, procede-se, neste item, à caracterização, inicialmente, da infraestrutura logística e, em sequência e por sítio construtivo, das obras principais componentes do arranjo geral da UHE Belo Monte a partir das informações constantes do Projeto Básico de Engenharia.

Há que se ressaltar, no entanto, que o programa de construção das obras civis principais da UHE Belo Monte prevê o seu início efetivo no primeiro semestre do ano de 2011. Assim, para que essa meta seja atingida, há obras de infraestrutura de apoio que devem estar obrigatoriamente concluídas ou em fase final de construção para que seja possível às Construtoras empreenderem as obras principais em ritmo inicial condizente com o Programa Geral de Construção das Obras de Belo Monte.

Essas obras de infraestrutura de apoio constituem, assim, intervenções iniciais, sendo imprescindíveis as seguintes instalações:

- Canteiro industrial e acampamento do Sítio Belo Monte;
- Canteiro industrial pioneiro e acampamento do Sítio Pimental, situados na margem esquerda do rio Xingu;
- Estrada de acesso do Travessão 27 até o Sítio Pimental e o Acampamento da Eletronorte;
- Acesso viário interligando a BR-230 (Rodovia Transamazônica) à área de terraplenagem para implantação do porto da obra;
- Área de terraplenagem para implantação do porto da obra;
- Áreas de estoque de solo e madeira (uma no Sítio Pimental e outra do Sítio Belo Monte);
- Linha de transmissão (LT) de 69 kV para suprimento de energia elétrica aos canteiros industriais e acampamentos das obras, contemplando a faixa de servidão desta LT. A referida LT fará a interligação da Subestação Altamira (atualmente em operação) com os Sítios Belo Monte e Pimental; e
- Subestações para a entrada da LT 69 kV.

A localização dessa infraestrutura está indicada no mapa das instalações iniciais apresentado no **FIGURA 1.4-1**, apresentado a seguir, e suas áreas estão quantificadas no **QUADRO 1.4-1**, subsequente.

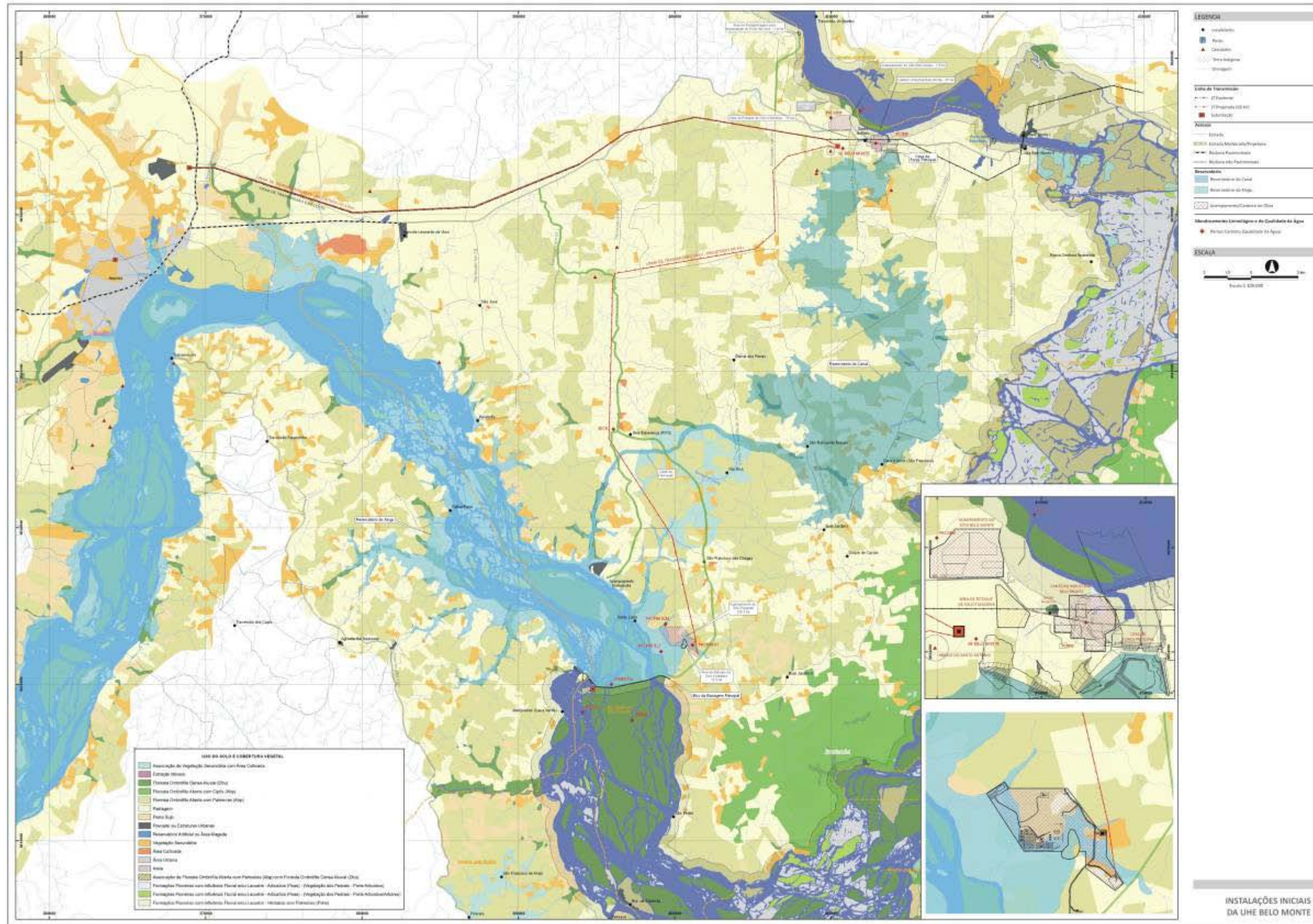


FIGURA 1.4- 1- Instalações iniciais da UHE Belo Monte

### QUADRO 1.4-1

Áreas de Intervenção para implantação dos Canteiros dos Sítios Pimental e Belo Monte

Áreas de Intervenção	Extensão (km) / Área (ha)
Acesso Projetado/Melhorado	58,5 km / 116,9 ha
LT 69 kV - SE Altamira - Sítio Belo Monte (*)	43,4 km
LT 69 kV - Sítio Belo Monte - Sítio Pimental	45 km / 135,3 ha (**)
Acampamento / Canteiro Industrial Pioneiro Sítio Pimental	224,5 ha
Acampamento do Sítio Belo Monte	115,0 ha
Canteiro Industrial Belo Monte	85,0 ha
Área de Estoque de Solo e Madeira (Sítio Pimental)	12,5 ha
Área de Estoque de Solo e Madeira (Sítio Belo Monte)	35,0 ha
Área de Terraplenagem para implantação do Porto da Obra	2,4 ha

(\*) Essa LT estará localizada ao longo da rodovia Transamazônica e da área de servidão da LT de 230 kV existente.

(\*\*) Faixa de servidão com 30 metros de largura

Os sistemas construtivos planejados para essa fase inicial do empreendimento são estruturas que permitirão rapidez de implementação e posteriormente, na fase do canteiro definitivo, possibilitarão rápida desmontagem e fácil relocação.

Para suprimento de energia elétrica serão instalados grupos geradores distribuídos pelos sítios que atenderão à construção nos primeiros 14 meses de obra, incluída a fase pré-operacional, período em que estarão sendo implantadas as redes e subestações alimentadas pela concessionária. As obras operarão com a energia elétrica da concessionária a partir do mês 15. Após a ligação à rede da concessionária os grupos geradores ficarão em “stand by” para fornecimento de energia em caráter emergencial ou para absorver os picos de consumo.

Outro assunto com tratamento diferenciado na etapa inicial do projeto diz respeito à política de alojamento do efetivo. O abrigo oferecido a cada trabalhador será de um único tipo a ser localizado nos acampamentos.

A caracterização dessas instalações iniciais é apresentada, nos itens subsequentes, no bojo dos sítios construtivos aos quais estão associadas.



#### 1.4.1. Caracterização da Infraestrutura Construtiva

##### 1.4.1.1. Acessos

Os materiais, equipamentos e os eletromecânicos para construção das obras deverão chegar ao destino por via marítima/fluvial ou rodoviária; já os importados deverão entrar no País pelo Porto de Belém, seguindo por via fluvial para a obra.

Os equipamentos nacionais chegarão à obra diretamente pela rodovia Transamazônica (BR-230), ou por via marítima até Belém e daí em diante por via fluvial. Os custos de frete definirão o meio de transporte.

Para as cargas com origem na Região Sudeste (São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais), as rotas prioritárias são: rodoviária, pelas rodovias Belém-Brasília (BR-153) e Transamazônica (BR-230), ou rodoviária até os portos de Santos (SP), Rio de Janeiro (RJ) e Vitória (ES), e marítimo-fluvial via Porto de Belém/rio Amazonas/Transamazônica (porto da obra).

As cargas com origem na Região Norte (Manaus, Belém, Itaituba) teriam como rota prioritária a fluvial via rios Amazonas, Tapajós e Xingu, sendo que para as cargas originárias de Itaituba haveria ainda a opção rodoviária, pela rodovia Transamazônica.

Para as cargas provenientes da Região Nordeste, tem-se três rotas prioritárias. A primeira, marítimo-fluvial com transbordo no Porto de Belém, sendo a parte fluvial via rios Amazonas e Xingu (Porto da Obra). A segunda, rodo-fluvial, sendo a parte rodoviária pelas rodovias BR-232, BR-316, BR-360, BR-010 até Belém e de lá, por via fluvial pelos rios Amazonas e Xingu (Porto da Obra). E a terceira, totalmente rodoviária, pelas rodovias BR-232, BR-316, BR-222, BR-010 e BR-230.

Em acordo com a logística supracitada, as seguintes providências deverão ser tomadas:

Garantia das condições de tráfego nas rodovias que ligarão a obra às outras regiões do país, basicamente com melhorias realizadas na Transamazônica;

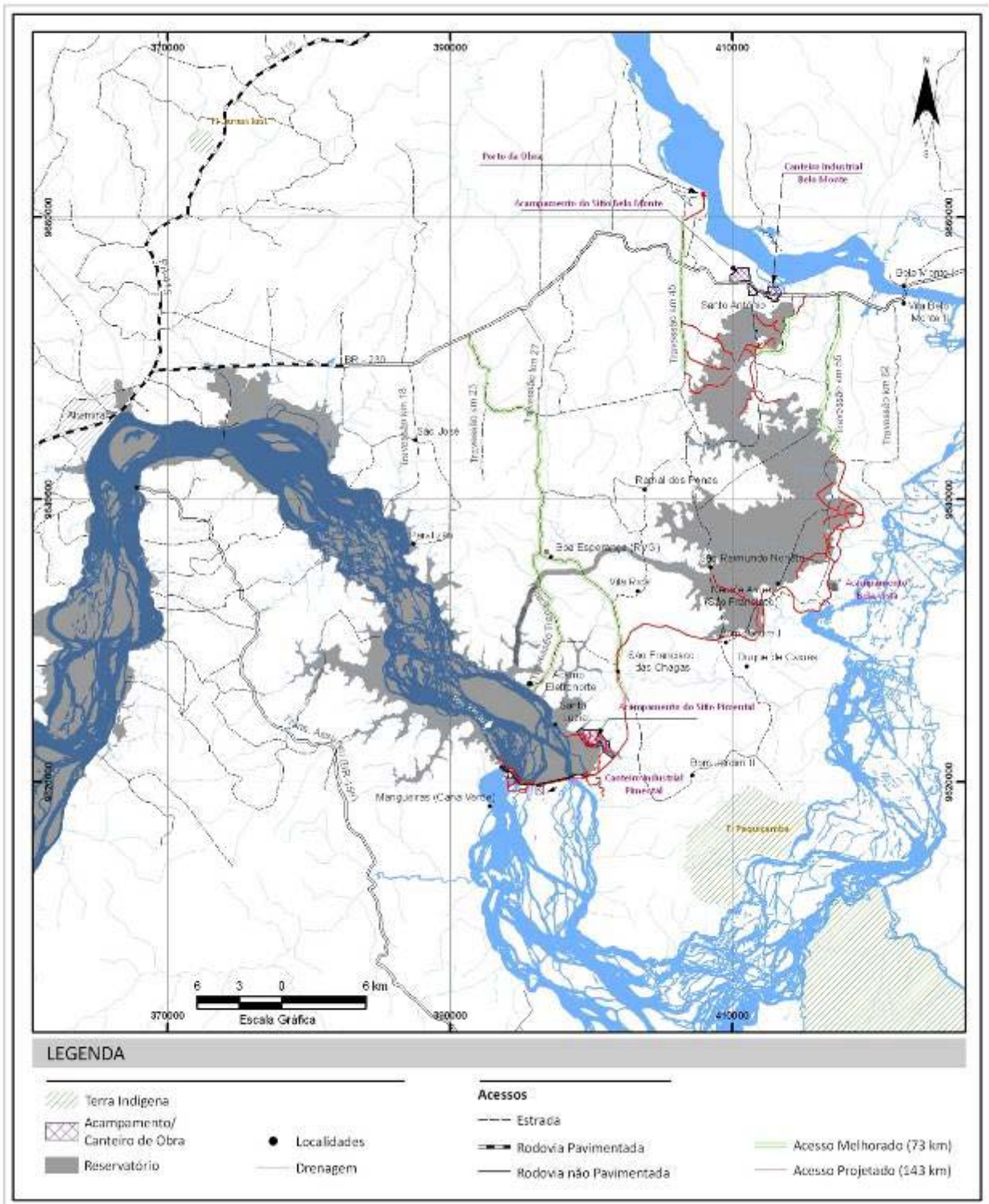
Implantação de um sistema confiável de transporte fluvial de Belém a Belo Monte, que deverá ser feito através de empresa especializada; e

Implantação de porto fluvial na obra que atenda à demanda e às características das cargas para a etapa de construção, e que deverá ficar o mais próximo possível do local da obra para reduzir o transporte rodoviário complementar. O porto deverá ficar a jusante do Sítio Belo Monte e todos os sítios deverão ser atendidos pelo mesmo, ligando-se a eles através de acesso rodoviário.

#### Infraestrutura Rodoviária

A **FIGURA 1.4.1-1**, a seguir, ilustra os acessos que correspondem à Área Diretamente Afetada (ADA) da UHE Belo Monte e que deverão atender à logística de transporte rodoviário necessário às obras. Para tanto, far-se-á necessário melhorar as condições de trafegabilidade em 73 km da malha de acessos já existente e implantar 143 km de novos acessos.

Observa-se que as características dessas intervenções de forma a atender às condições requeridas de trafegabilidade e segurança são objeto de abordagem, neste PBA, no âmbito do Plano Ambiental de Construção (PAC).



**FIGURA 1.4.1- 1- Infraestrutura de acessos da ADA a ser objeto de intervenções para as obras**

### **Infraestrutura Portuária**

Dois pontos básicos foram considerados nos estudos da infraestrutura portuária a ser implantada para suprir as necessidades da obra: o primeiro diz respeito à localização do porto; e o segundo ao tipo de porto a ser adotado para atender à obra.

No tocante à localização do porto dedicado, foram observados alguns trechos na margem esquerda do rio Xingu que permitem a sua implantação. Um local apropriado foi previamente selecionado e está situado na margem esquerda, a aproximadamente 7 km a jusante do Canal de Fuga da futura Casa de Força Principal da UHE Belo Monte (vide **FIGURA 1.4.1-2**).

O porto contará com um cais com cerca de 150 m de extensão e um píer com 110 m de comprimento, com rampa de acesso de veículos. A estrutura do cais será formada por plataforma estruturada em concreto armado, com partes moldadas *in loco*, e outras partes compostas por peças pré-moldadas. As fundações da plataforma serão compostas por estacas metálicas de revestimento circular, do tipo camisa perdida, preenchida com concreto aramado.

Da mesma forma, o píer terá um trecho para atracação com 106,5 m de extensão, com superestrutura apoiada em estacas metálicas, do tipo camisa perdida, preenchida com concreto armado, onde serão descarregados equipamentos de grande porte, como transformadores e rotores dos equipamentos de geração. No final do píer está prevista uma rampa para operação “roll-on”/“roll-off”.

As estruturas estão dimensionadas para variações de nível de água da ordem de 6 m.

### **Infraestrutura Hidroviária**

As melhorias na infraestrutura hidroviária referem-se basicamente ao aumento das condições de segurança à navegação, ou seja, implementação de dragagens e eventuais derrocamentos, além da sinalização de pontos localizados da rota de navegação.

Nos estudos de localização do porto da obra deve-se prever a restrição de calado existente nesse trecho do rio Xingu, apesar de ser uma restrição existente somente em anos de estiagem rigorosa. Deve ser lembrado que a montante desse trecho com restrições à navegação, a mesma é franca até as localidades de Belo Monte e Belo Monte do Pontal.

O calado mínimo considerado para embarcações foi de 1,80 m, o que exige lâmina de água mínima de 2,30 m, sendo a ideal acima de 2,80 m.

#### **1.4.1.2. Canteiros de Obras, Alojamentos e Vilas Residenciais**

Para execução das obras foi prevista a construção de quatro canteiros principais nos sítios definidos, cujas localizações e dimensões estão identificadas e descritas sucintamente a seguir, podendo ser visualizados no Desenho BEL-B-GR-DE-GER-000-006 R0 (**FIGURA 1.4.1-2**):

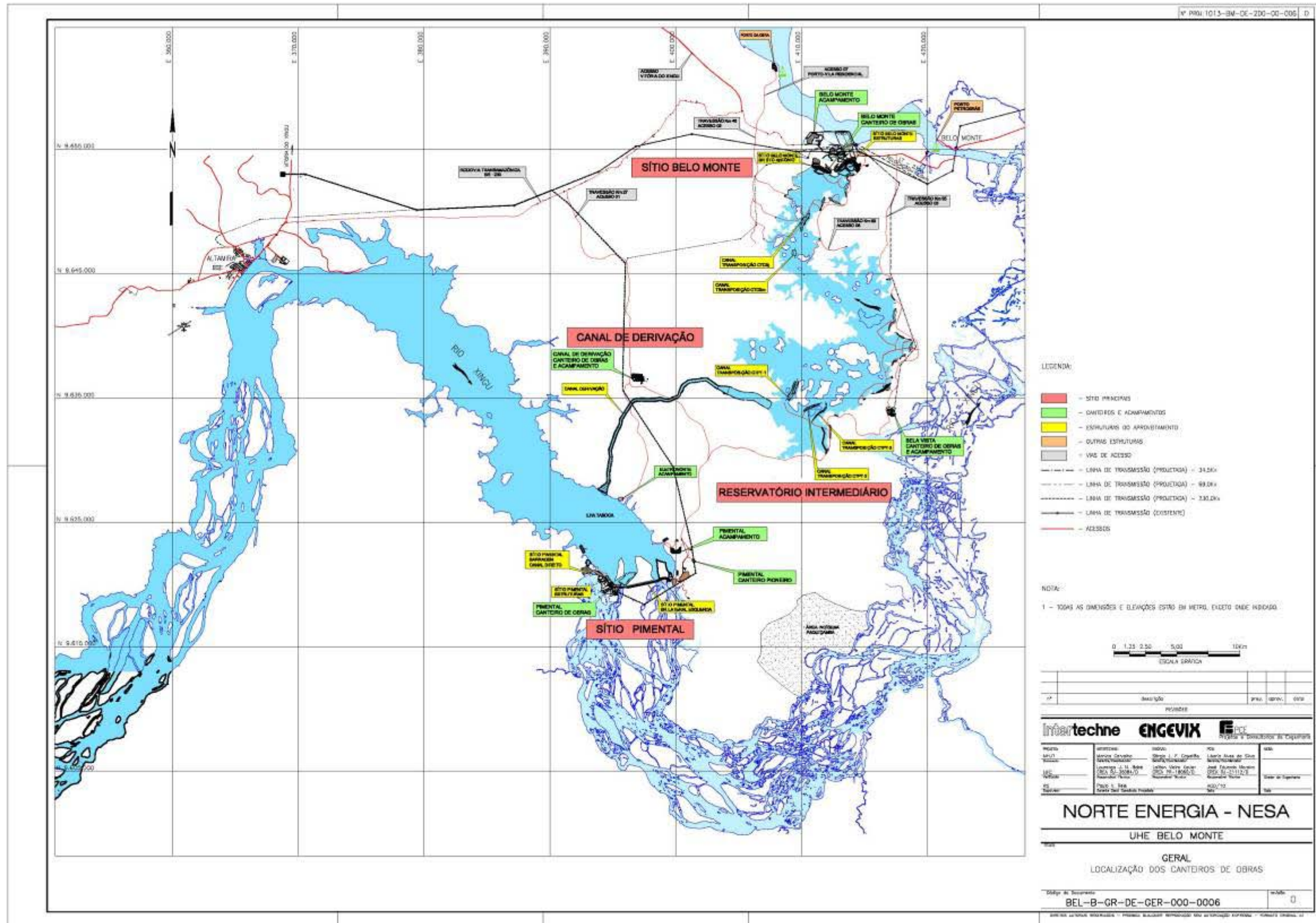


FIGURA 1.4.1- 2 - Desenho BEL-B-GR-DE-GER-000-0006 R0 – Localização dos Canteiros de Obras

Belo Monte - localizado a jusante da Barragem Lateral de Fechamento Esquerdo e nas proximidades e à esquerda da Casa de Força Principal e Canal de Fuga, na margem esquerda do rio Xingu, junto à rodovia Transamazônica, com uma área construída prevista de 22.300 m<sup>2</sup>, com área total dos pátios da ordem de 50 ha;

Bela Vista - localizado aproximadamente no primeiro terço do Reservatório Intermediário, próximo ao local onde havia sido previsto anteriormente o Vertedouro Complementar. Fica na margem esquerda do rio Xingu, com uma área construída prevista de 8.200 m<sup>2</sup> e com área total do pátio da ordem de 10 ha;

Canal de Derivação – localizado junto ao Travessão 27, a cerca de 20 km do entroncamento com a Rodovia Transamazônica e à esquerda hidráulica do Canal de Derivação. Fica na margem esquerda do rio Xingu, com uma área construída prevista de 12.000 m<sup>2</sup> e área total do pátio de 14 ha; e

Pimental – localizado a 45 km de Altamira (medidos ao longo do rio), sendo instalado no leito ensecado do rio Xingu, a jusante da barragem e das estruturas principais de concreto, com uma área construída prevista de 19.900 m<sup>2</sup> e área total de pátios de 40 ha.

Além disso, são previstos quatro alojamentos, a saber:

Alojamento de Belo Monte - localizado 2 km a leste do Canteiro de Obras desse sítio, com área construída prevista de 40.000 m<sup>2</sup> e mão-de-obra a ser alojada de 7.000 trabalhadores;

Alojamento de Bela Vista - localizado contíguo ao Canteiro de Obras homônimo, com área construída prevista de 12.700 m<sup>2</sup> e mão-de-obra a ser alojada de 1.300 trabalhadores;

Alojamento do Canal de Derivação - localizado contíguo ao Canteiro de Obras do Canal de Derivação, junto ao Travessão km 27, com área construída prevista de 20.000 m<sup>2</sup> para uma população prevista em cerca de 3.000 pessoas; e

Alojamento de Pimental - localizado na margem esquerda do rio Xingu, cerca de 2 km da barragem do braço esquerdo de Pimental, com área construída prevista de 26.500 m<sup>2</sup> para uma população prevista em cerca de 3.700 pessoas.

À parte desses alojamentos, observa-se que está prevista a construção, operação e manutenção de duas vilas residenciais, totalizando cerca de 2.000 casas, para abrigar funcionários mais graduados durante a construção das obras e, posteriormente, a serem reservadas para residência das pessoas a cargo da operação da UHE Belo Monte. Observa-se que, em acordo com o Projeto Básico de Engenharia, a exata localização dessas vilas será definida posteriormente pela NESA.

Vale ainda destacar que especificidades relativas à constituição desses canteiros e alojamentos, bem como aos dispositivos de controle ambiental intrínsecos a serem nele instalados são objeto de abordagem, neste PBA, no contexto do Plano Ambiental de Construção (PAC).

Apresenta-se, a seguir, particularidades relativas aos canteiros dos sítios Pimental e Belo Monte relativas às intervenções iniciais neles previstas, conforme antes aqui apontado.

#### a) Instalações iniciais no Sítio Pimental

Localizada a aproximadamente 78 km por rodovia do centro de Altamira, a área onde serão instalados o Acampamento do Sítio Pimental e o Canteiro Industrial Pioneiro possui extensão de 224,5 ha. Além dessa área, neste Sítio também está destinada área de 12,5 ha para estocagem de solo e madeiras.

Os acampamentos do Sítio Pimental, localizados na margem esquerda do rio Xingu, corresponderão ao abrigo quase total do efetivo do empreendimento e sua mobilização ocorrerá logo após a conclusão do acesso ao sítio. Em função da logística de fornecimento de materiais, serão utilizadas barracas de lona plastificada compostas por estrutura arqueadas em aço e revestimento (teto, parede e piso) em lona laminada em PVC, instaladas sobre base de concreto magro e preparadas internamente com *kits* elétricos e hidro-sanitários.

O acampamento pioneiro contará com edificações metálicas modulares para atender às necessidades de Lavanderia provisória e área de lazer. Na área do Acampamento/Alojamento do Sítio Pimental (vide **FIGURA 1.4.1-3**) as edificações serão as seguintes: portaria/controlador; pátio para estacionamento de ônibus; ambulatório médico; sanitários; cozinha/refeitório; quiosque (churrasqueira); administração do canteiro; lavanderia industrial; escola (adultos); centro de convivência; alojamento tipos A, B e C; lavanderia comunitária; e quadras.

Já no Canteiro Industrial Pioneiro do Sítio Pimental as edificações serão: escritório administrativo; escritório de engenharia; refeitório; oficina mecânica (escritório e pátio de serviço); ambulatório de campo; sanitários; central de armação (escritório e pátio de serviço); almoxarifado; central de carpintaria (escritório e pátio de serviço); e paiol de explosivos e acessórios.

O abastecimento de água para esse canteiro pioneiro será feito através de captação de água bruta no rio Xingu, através de tubulação de recalque. A partir do reservatório/decantador de água bruta sairão linhas para alimentação dos consumos de água industrial, combate a incêndio e a estação de tratamento de água tratada. Esta será constituída de módulos compactos, permitindo a ampliação/redução da capacidade em função da demanda.

Enquanto a obra não estiver sendo atendida pelo sistema de energia elétrica captado da LT de 69 kV, a necessidade de energia será atendida por grupos geradores instalados nos locais de necessidades específicas ou gerais.



FIGURA 1.4.1- 3 - Arranjo geral de detalhe do Acampamento/Alojamento Pioneiro do Sítio Pimental



## b) Instalações iniciais no Sítio Belo Monte

No Sítio Belo Monte a área onde serão instalados o Acampamento e o Canteiro Industrial possui extensão de aproximadamente 200 ha (vide Desenho BEL-B-BM-DE-GER-100-0001 apresentado na **FIGURA 1.4.1-4**). Além dessa área, neste Sítio também está destinada área de 35 ha para estocagem de solo e madeiras. Estarão localizadas as seguintes edificações:

- Canteiro Industrial: almoxarifado; central de manutenção; borracharia, lavagem e lubrificação; planta de combustíveis; central de armação; central de embutidos; central de carpintaria; central de ar comprimido; laboratório de concreto/solos; depósito de cimento; pátio de pré-moldados; depósito de tambores de óleo; depósito de tambores de oxiacetileno; oficina da central de britagem; central de grupos-geradores; e usina de reciclagem de lixo; e
- Acampamento/Alojamento: portaria/controlê; estacionamento de ônibus; ambulatório médico; sanitários; cozinha/refeitório; quiosque (churrasqueira); administração do canteiro; lavanderia industrial; escola (adultos); centro de convivência; alojamento tipos A, B e C; lavanderia comunitária; e quadras.

O abastecimento de água também será através de captação de água bruta no rio Xingu, através de tubulação de recalque. A partir do reservatório ter-se-á a água para os consumos industrial, combate a incêndio e a estação de tratamento. Esta será constituída de módulos compactos, permitindo a ampliação/redução da capacidade em função da demanda, devendo ter capacidade compatível com a demanda estabelecida pelo consumo de água *per capita* de 150 l/dia para a população alojada e para a não alojada.

O tratamento dos efluentes sanitários gerados no canteiro de obras para o Sítio Belo Monte deverá atender ao pico efetivo de trabalhadores, conforme população *per capita*, considerando taxa de retorno de 100% da água consumida.

Da mesma forma que para o Sítio Pimental, a energia elétrica será fornecida por grupos geradores instalados nos locais de necessidades específicas ou gerais.

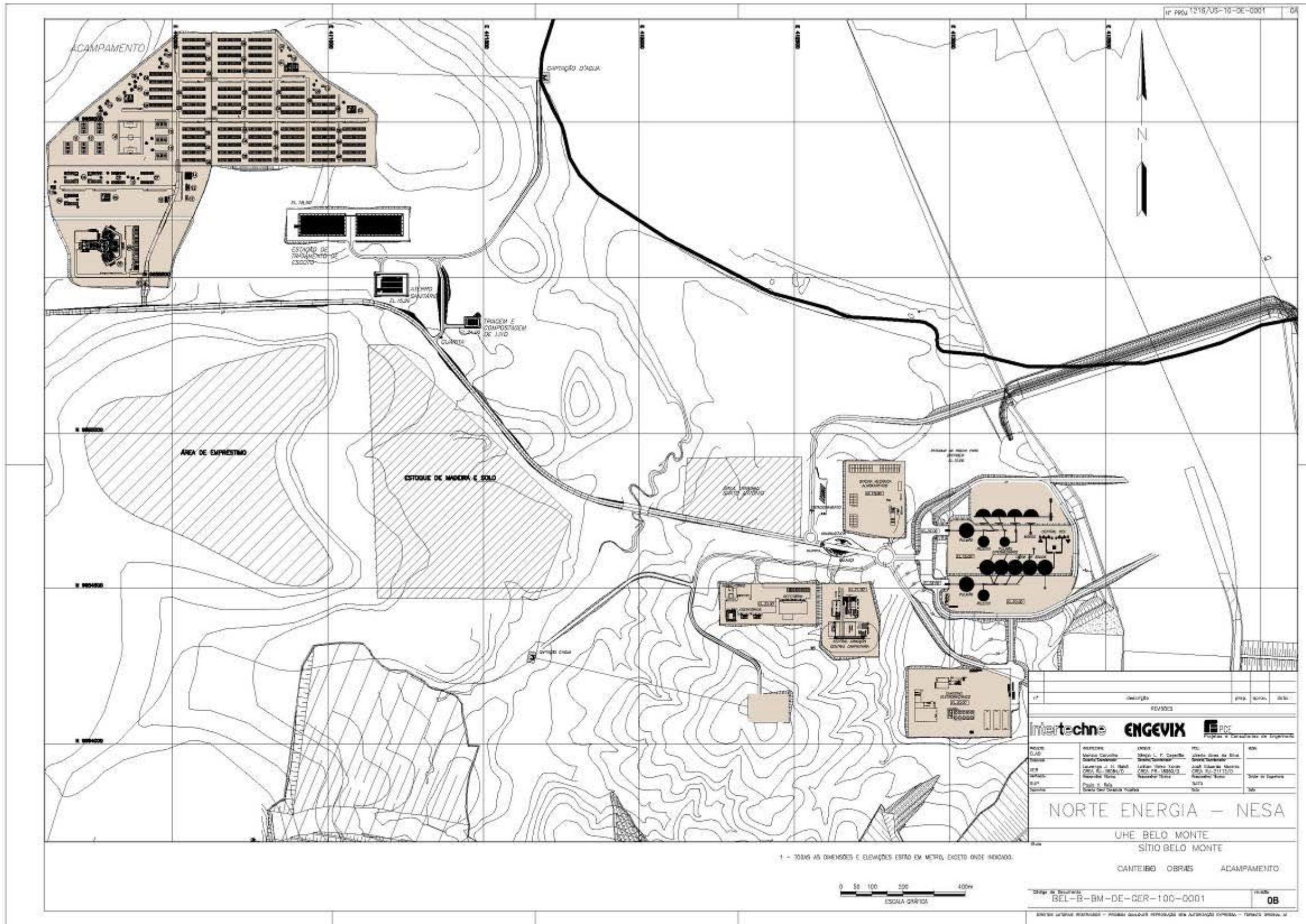


FIGURA 1.4.1-4 - Desenho BEL-B-BM-DE-GER-100-0001 – Sítio Belo Monte – Canteiro de Obras e Acampamento

#### 1.4.1.3. Linhas de Transmissão e Subestações

A **FIGURA 1.2-1**, antes apresentada, ilustra a localização das linhas de transmissão (LTs) e subestações (SEs) previstas para abastecer a infraestrutura construtiva da UHE Belo Monte e para, durante a etapa de operação, disponibilizar ao Sistema Interligado Nacional (SIN) a energia a ser gerada nas Casas de Força Principal e Complementar.

O sistema de transmissão divide-se, basicamente, em três subsistemas específicos caracterizados pelos níveis de tensão 500, 230 e 69 kV, a saber:

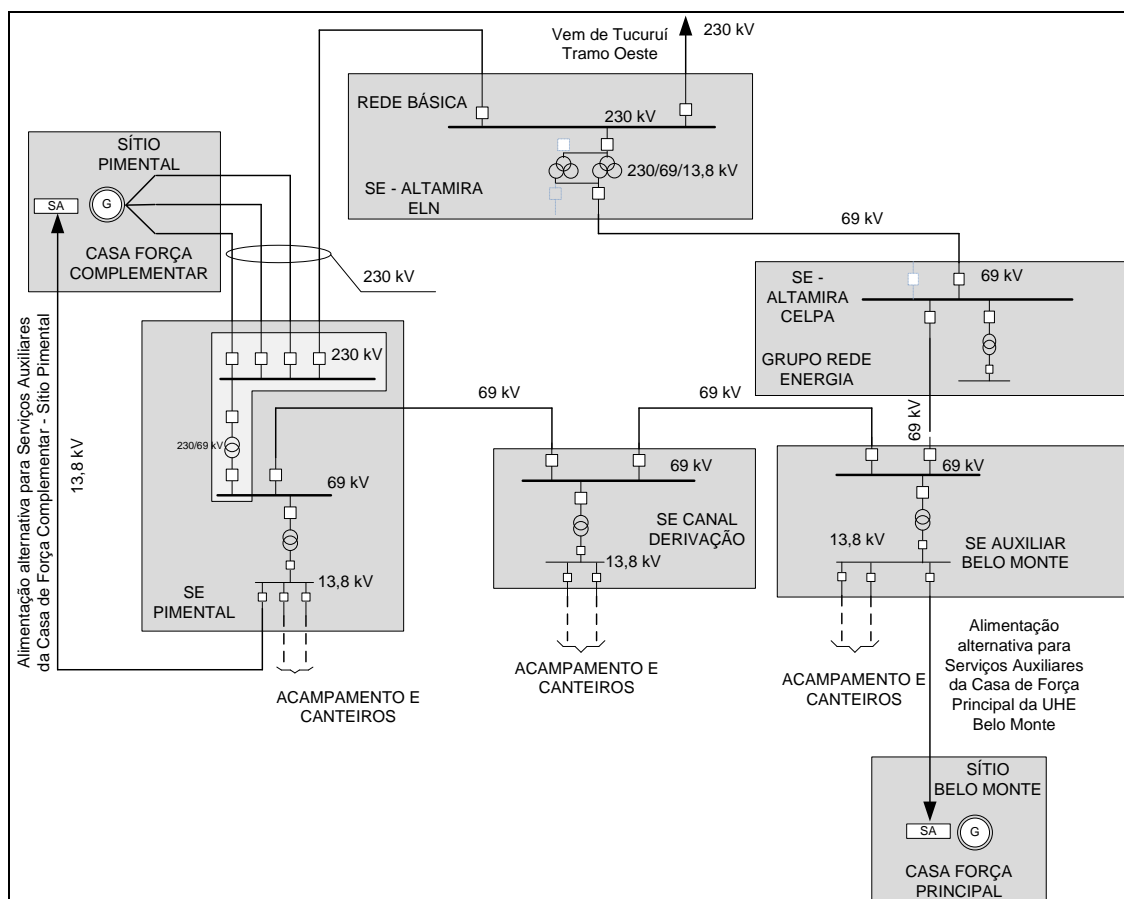
Interligação da Casa de Força Principal à SE Xingu – 500 kV;

Interligação da Casa de Força Complementar à SE Altamira/ELN – 230 kV; e

Interligação da SE Altamira/Celpa às SEs Auxiliares Belo Monte, Canal de Derivação e Pimental – 69 kV.

A seguir proceder-se-á apenas à caracterização do subsistema de 69 kV, dado estar diretamente relacionado à Etapa de Implantação e, conseqüentemente, ao atendimento da demanda da infraestrutura logística, sendo os demais subsistemas objeto de abordagem mais à frente, neste Capítulo.

Essa interligação de 69 kV, em uma primeira fase, irá alimentar, em configuração radial, as cargas provisórias referente aos canteiros de obra, acampamentos, porto e demais instalações específicas de infraestrutura para atender à implantação da UHE Belo Monte, cabendo destacar que a previsão de cargas elétricas para as obras é de 31,8 MW de potência, correspondendo a 37,4 MVA de demanda. Após a conclusão da obra ela servirá para compor o anel projetado com a finalidade de dar confiabilidade à alimentação alternativa dos Serviços Auxiliares das Casas de Forças Principal e Complementar. O diagrama mostrado na **FIGURA 1.4.1-5** caracteriza essa configuração.



Fonte: Projeto Básico de Engenharia da UHE Belo Monte. NESAs, 2010.

**FIGURA 1.4.1-5 - Concepção da Rede 69 kV de Subtransmissão**

Para alimentação dos canteiros considera-se a construção de uma rede na tensão de 69 kV, proveniente da SE Altamira/Celpe 69 kV, pertencente ao Grupo Rede Energia, de maneira que alcance as três subestações 69 kV localizadas nos principais pontos de obras - sítios Belo Monte, Canal de Derivação e Pimental -, nomes dados também às respectivas SEs.

A SE Altamira/Celpe 69 kV atende ao município de Altamira e tem suprimento proveniente do transformador 230/69/13,8 kV – 60 MVA da SE Altamira/Eletronorte. Existe paralelo ao citado, outro transformador de mesma potência. A utilização dessa infraestrutura está sendo estudada de maneira conjunta com os planos de expansão da rede de distribuição do Grupo Rede Energia, de maneira a disponibilizar a energia necessária.

Reitera-se aqui que essa rede, assim como as SEs Auxiliar Belo Monte e Pimental, já será construída em caráter definitivo, compondo o sistema de 69 kV da UHE Belo Monte.

O atendimento às cargas referentes à infraestrutura de obras (canteiros, acampamentos, porto e etc.) será efetuado por redes de 13,8 kV, oriundas das subestações acima mencionadas e cujo detalhamento constará no projeto específico de cada unidade de obra, não sendo escopo do Projeto Básico de Engenharia.

#### 1.4.1.4. Telecomunicações

O sistema de telecomunicações a ser implantado para conectar os diversos escritórios dos sítios do empreendimento deverá ser composto de canais de vozes e dados em conexão à rede pública de telecomunicações mais próxima que se encontra na cidade de Altamira.

O sistema de telecomunicações poderá, desde que negociado com a Eletronorte, ser conectado à rede de fibra ótica (Tramo Oeste) de sua propriedade, com a rede de fibra ótica a ser implantada juntamente com sistema de transmissão interligando os sítios de Belo Monte, Bela Vista, Canal de Derivação e Pimental.

O Sistema de Transmissão de TV será via satélite sem estação retransmissora. Também, poderá ser utilizado o sistema de transmissão de vozes e dados via satélite.

#### 1.4.1.5. **Suprimentos**

##### **a) Materiais Básicos**

São considerados materiais básicos cimento pozolânico e aço de construção. Em peso devem representar 95% do abastecimento da obra.

A distância entre as fontes de produção dos materiais básicos e a obra, e o conseqüente transporte, são fatores que pesam consideravelmente nos custos do empreendimento. Reduzir esta distância e sistematizar o transporte é, então, objetivo básico da logística de abastecimento.

O cimento poderá vir de Itaituba (Nassau), Belém (Capanema) e da região Nordeste. A solução Itaituba, desde que o cimento atenda aos requisitos e quantidades necessários, parece ser a mais econômica. Para todas as opções, duas alternativas de transporte foram analisadas:

- Via marítimo/fluvial com uso de *containers* plásticos de 1,5 t, cujo controle de qualidade deverá ser feito no local de origem; e
- Via rodoviária, com caminhões de transporte a granel de até 30 t.

O aço de construção tem fontes produtoras no Nordeste, no Sudeste e no Centro-Oeste, e seu transporte deverá ser marítimo/fluvial ou rodoviário.

Os quantitativos dos materiais para as obras de concreto foram estimados nos seguintes valores de consumo total:

- cimento: 975.000 toneladas;
- aço de construção: 130.000 toneladas;
- brita: 3.750.000 toneladas; e
- areia: 4.500.000 toneladas.

## b) Materiais Diversos

O número de itens arrolados no âmbito dos materiais diversos deverá atingir 10.000 itens, observando-se que são considerados materiais diversos: os combustíveis e lubrificantes; as peças de reposição dos equipamentos; os materiais de construção predial (vila residencial, alojamento e canteiro de obras); os materiais de consumo das áreas de saúde e de educação; e outros de menor importância.

Combustíveis e lubrificantes: virão de Belém por via fluvial, em barcaças de 500 ton. O estoque na obra deverá cobrir, no mínimo, um consumo de 15 dias. O consumo total de óleo diesel para toda obra, estimado em 450 milhões de litros, foi definido em função de sua utilização para operação dos equipamentos das obras civis e veículos de serviço ao longo da obra;

Peças e reposição de equipamentos: as peças importadas chegarão via Belém e as nacionais, pela quantidade (10.000 itens) e pelas pequenas dimensões das unidades, irão diretamente para a obra, utilizando, predominantemente, transporte rodoviário. Representantes dos principais fornecedores deverão se estabelecer no local da obra, com estoques para atendimento rápido, sendo necessária previsão de área junto ao canteiro para suas instalações;

Materiais de construção predial: deverá ser incentivada a produção local de materiais tais como tijolos, telhas, piso cerâmico ou de madeira e madeira para cobertura, de acordo com o processo de inserção regional do empreendimento;

Materiais de consumo das áreas de saúde e educação: estes materiais mais específicos, na sua maioria, serão importados diretamente pela administração da obra e deverão chegar basicamente por via rodoviária ou então fluvial e até aérea, em casos de emergência ou quando forem requeridos cuidados; e

- Gêneros alimentícios: a região deve ser preparada o mais depressa possível para produzir alimentos para o consumo durante a execução da obra. Essa atitude, além de ser fundamental no aspecto da inserção regional do empreendimento, deverá resultar num menor custo operacional das vilas e na melhor qualidade e confiabilidade deste abastecimento, que é ponto básico para fixação de mão-de-obra. Assim sendo, é desejável que os hortifrutigranjeiros, a carne bovina e o leite sejam produzidos na região. Observa-se que nela já se produz arroz, feijão e outros cereais, e a complementação da demanda poderá ser feita por importação das regiões Centro-Oeste, Nordeste, Sul e Sudeste, através de transporte rodoviário.

### 1.4.2. Caracterização das Obras Principais no Sítio Pimental

#### a) Concepção Geral

Na região do Sítio Pimental, o rio Xingu apresenta vários braços com a formação de algumas ilhas, dentre as quais se destacam, da margem esquerda para a direita: Ilha do Forno, Ilha Pimental, Ilha Marciana, Ilha do Reinaldo (a jusante do barramento), Ilha do Meio (a montante do barramento) e Ilha da Serra (vide DESENHO BEL-B-PM-DE-GER-000-0001 constante da **FIGURA 1.4.2-1**).

É nesse Sítio que será implantado o conjunto de obras principais que efetivamente barrará o rio Xingu, permitindo a formação do Reservatório do Xingu e a adução de água para o circuito principal de geração. Nesse contexto, o Sítio Pimental compreende as seguintes estruturas, conforme pode ser visualizado no desenho supracitado: Barragem Lateral

Esquerda; Casa de Força Complementar; Vertedouro; Barragem de Concreto entre grupos de vãos do Vertedouro; Barragem de Ligação com a Ilha da Serra; Barragem do Canal Direito; Subestação; Sistema de Transposição de Peixes; e Sistema de Transposição de Embarcações.

As principais estruturas de concreto do referido Sítio são a Casa de Força Complementar e o Vertedouro, ambos dispostos sobre a calha principal do rio Xingu, entre a Ilha Marciana e a Ilha da Serra.

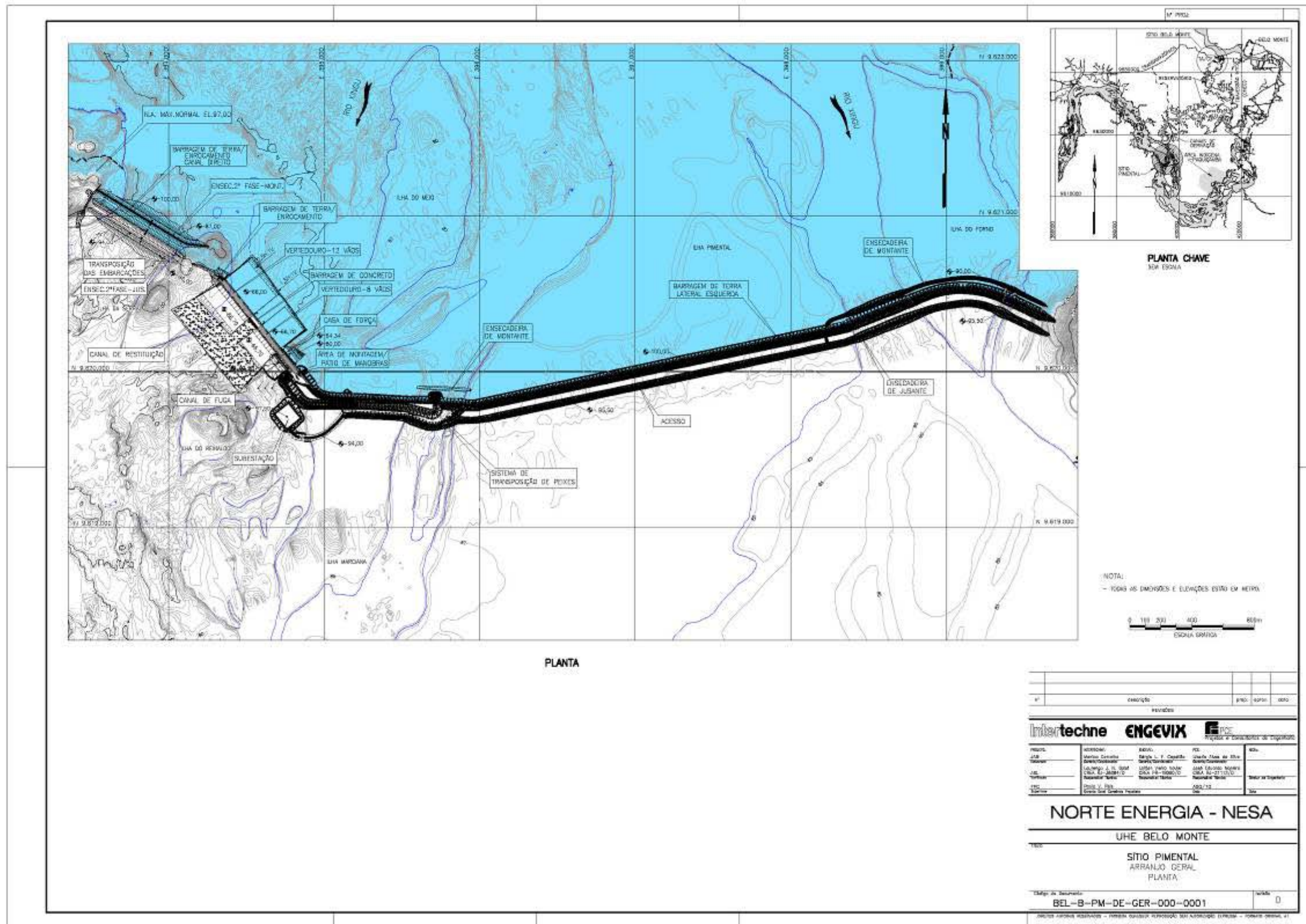


FIGURA 1.4.2- 1 - Desenho BEL-B-PM-DE-GER-000-0001 – Sítio Pimental – Arranjo Geral



A Casa de Força Complementar possui 6 unidades geradoras tipo Bulbo com potência unitária de 38,85 MW, totalizando uma potência instalada de 233,1 MW. A estrutura será composta por três blocos de 38,10 m, cada um dos quais abrigando duas unidades geradoras. Na lateral esquerda da Casa de Força é disposta a Área de Montagem que propicia também acesso ao interior da estrutura. Na lateral direita está previsto um bloco de ligação com o Vertedouro, sendo que neste bloco estão situados os poços de esgotamento e drenagem da Casa de Força. A Casa de Força e a Tomada de Água formarão uma única estrutura.

As seis unidades geradoras serão protegidas, cada uma, por comporta do tipo vagão para fechamento de emergência do Tubo de Sucção sob quaisquer condições de vazão da turbina e de nível de água a montante e a jusante. Cada comporta será manobrada por servomotor óleo-hidráulico de simples efeito, operada localmente através da sala das centrais óleo-hidráulicas e remotamente da sala de comando da Usina, sendo prevista uma central óleo-hidráulica para as duas comportas.

Ainda com relação à Casa de Força Complementar, vale observar que a mesma será equipada com uma ponte rolante, com finalidade, inicialmente na etapa de construção e montagem da Usina, de auxiliar o içamento e transporte dos conjuntos mais pesados das turbinas e geradores, bem como de auxiliar as montagens parciais desses equipamentos. Posteriormente, durante a etapa de operação, será utilizada na manutenção geral dos equipamentos contidos na Casa de Força Complementar.

O *deck* principal da Tomada de Água está situado na El. 100,00 e coincide com a crista das diversas estruturas do barramento. O *deck* de jusante fica na El. 97,50. A Subestação está localizada a jusante do barramento e à esquerda do Canal de Fuga, sendo formada por um aterro compactado onde se localizam os diversos equipamentos eletromecânicos dessa estrutura. A plataforma apresenta dimensões de 126 m de comprimento e 112 m de largura, estando a plataforma do aterro na El. 97,50.

O paramento de montante da Tomada de Água/Casa de Força Complementar será dotado de grades na entrada nas unidades. A montante haverá comportas ensecadeiras estocadas nas ranhuras e na área de montagem. Tanto as grades como as comportas ensecadeiras serão operadas através de pórtico rolante, o qual será equipado com um mecanismo completo capaz de fazer a limpeza das grades de proteção da Tomada de Água. A jusante existirão comportas vagão operadas por cilindros hidráulicos, mas com manutenção realizada através de pórtico rolante. Tanto por montante quanto por jusante a ponte contará com trilhos para o pórtico rolante e uma pista de acesso permanente.

O Vertedouro está localizado à direita da Casa de Força Complementar e foi dimensionado para descarregar a cheia decamilenar com pico de 62.000 m<sup>3</sup>/s, com o reservatório na El. 97,50 m (NA Máximo Maximorum). Conforme pode ser visualizado no DESENHO BEL-B-PM-DE-VTD-140-0001-R0 (**FIGURA 1.4.2-2**), é provido de 20 vãos (subdivididos em dois grupos, um de 12 vãos e outro de 8) com 20,00 m de largura cada e crista na El. 75,20. Entre esses dois grupos de vãos do Vertedouro é disposto um trecho de barragem de concreto com 80,0 m de extensão. O Vertedouro é controlado por comportas tipo segmento, sendo que a montante e a jusante estão previstas comportas ensecadeiras para manutenção. A dissipação da energia das vazões vertidas será feita por meio de uma bacia curta de dissipação. O Vertedouro possui duas pontes, uma a montante e outra a jusante. O tabuleiro da ponte de montante encontra-se na El. 100,00, sendo que o da ponte de jusante na El. 98,00.

A barragem será coroada na El. 100,00 m, formada por diversos tramos de barragem de terra e/ou enrocamento, adjacentes às estruturas da Casa de Força Principal e do Vertedouro. O **QUADRO 1.4.2-1** apresenta as características básicas das barragens do Sítio

Pimental, passando-se, em seguida, a caracterizar cada um de seus tramos, podendo os mesmos serem observados nos DESENHOS BEL-B-PM-DE-BTE-100-0001-R0 e BEL-B-PM-DE-BTE-100-0003-R0 (**FIGURA 1.4.2-3 e 1.4.2-4**).

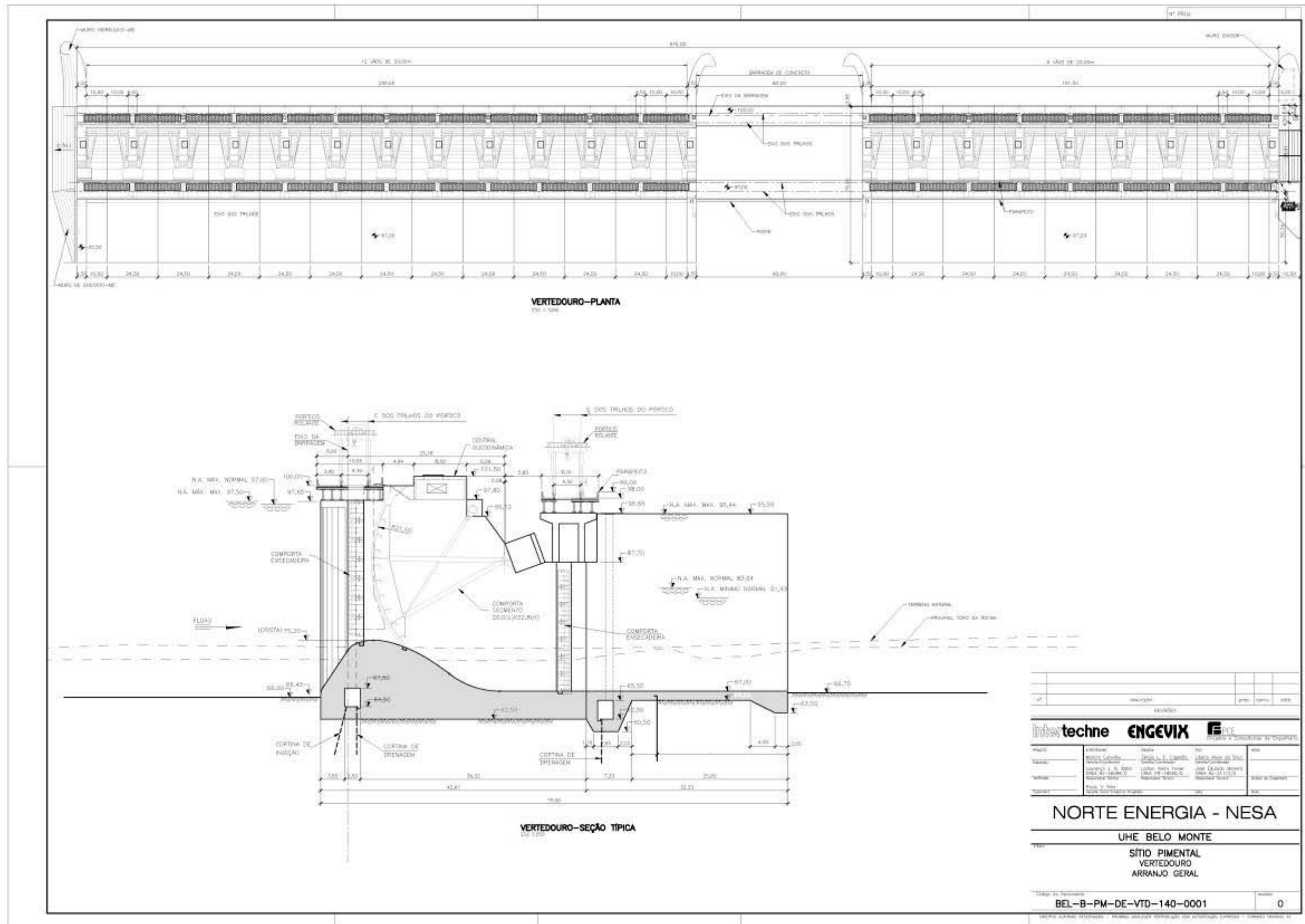


FIGURA 1.4.2- 2 - Desenho BEL-B-PM-DE-VTD-140-0001 R0 – Sítio Pimental – Vertedouro – Arranjo Geral

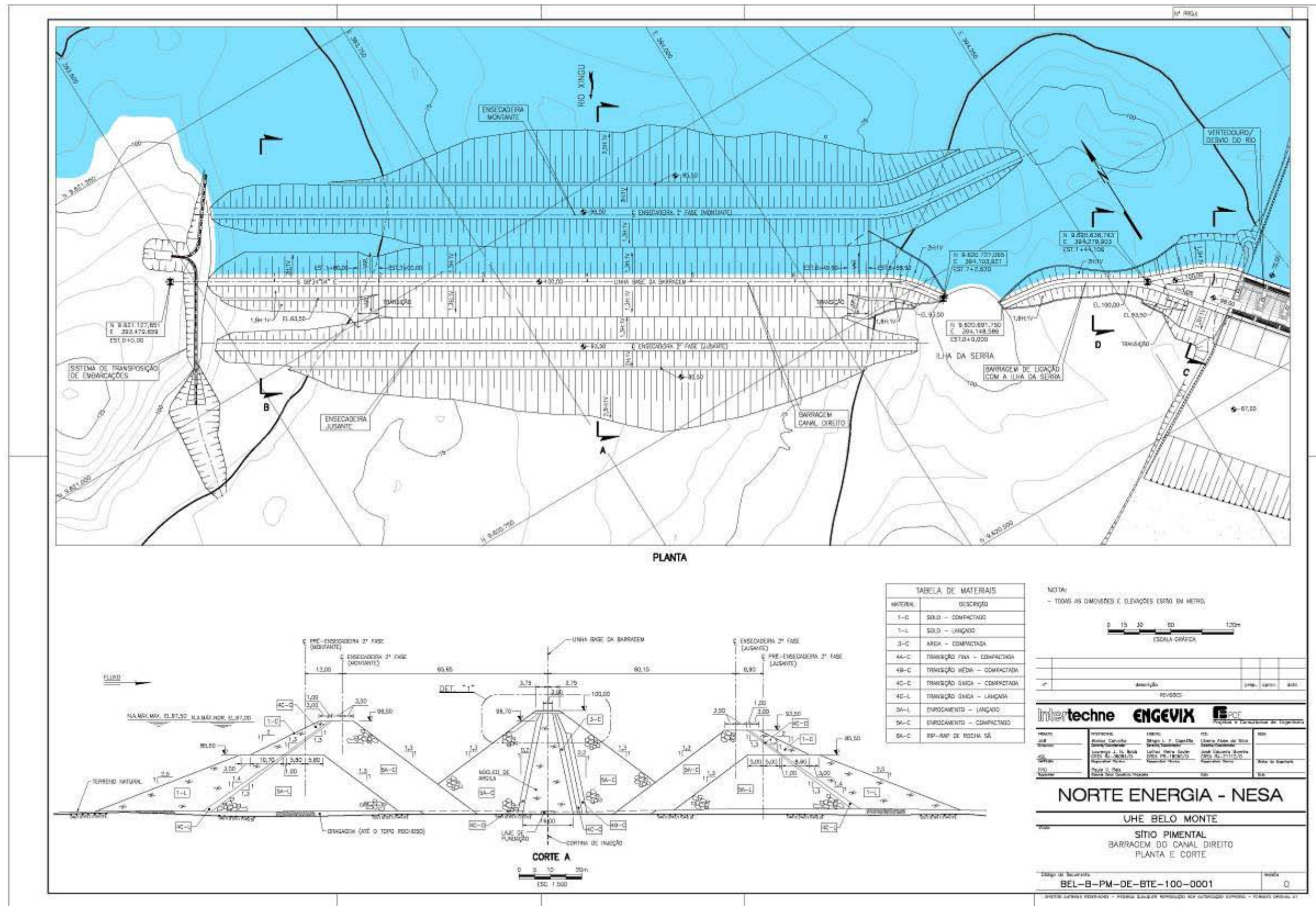


FIGURA 1.4.2-3 - Desenho BEL-B-PM-DE-BTE-100-0001 R0 – Sítio Pimental – Barragem do canal direito

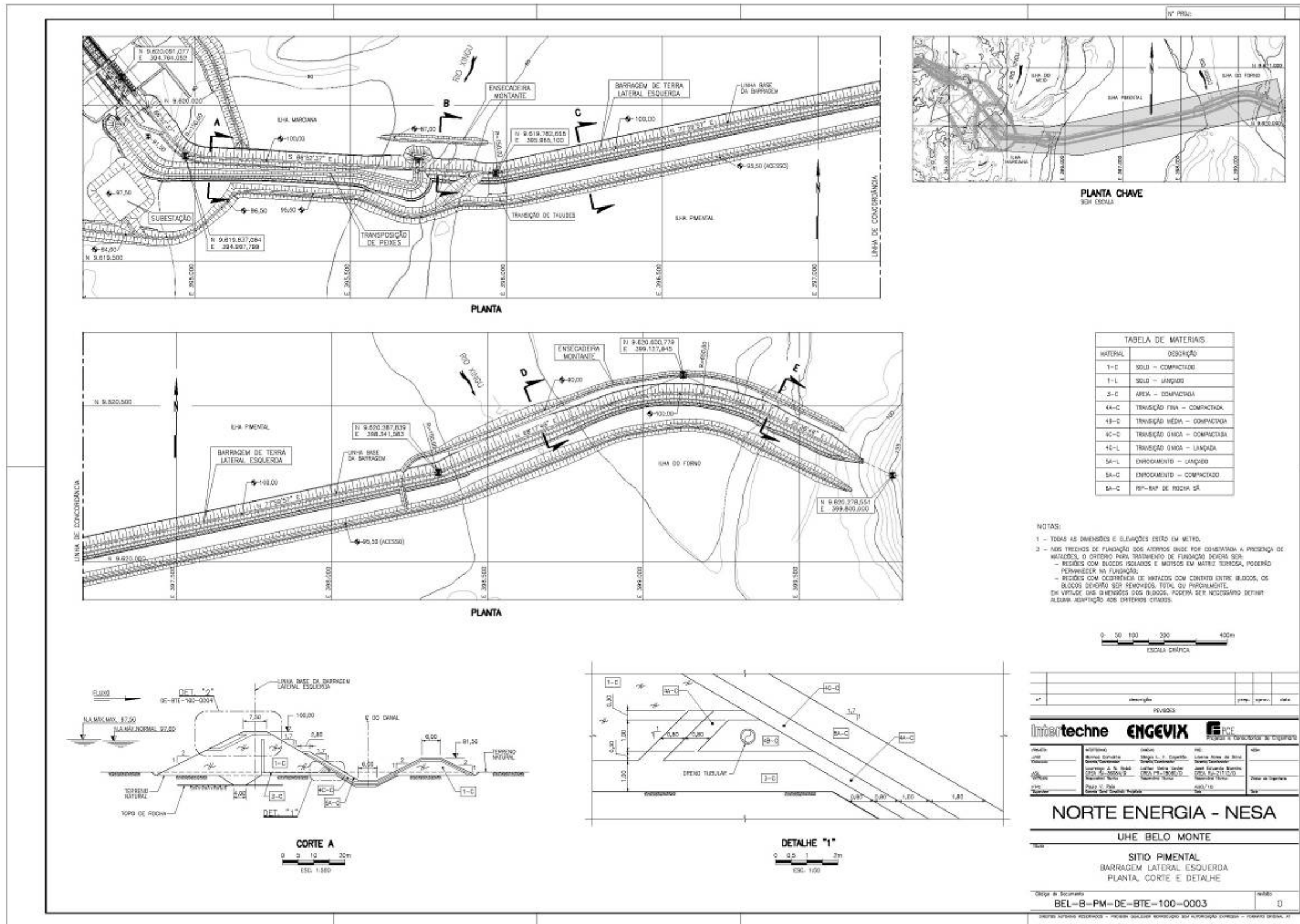


FIGURA 1.4.2-4 - Desenho BEL-B-PM-DE-BTE-100-0003 R0 – Sítio Pimental – Barragem lateral esquerda

**QUADRO 1.4.2-1**  
Características básicas das Barragens do Sítio Pimental

Barragem	Seção	Talude de Montante	Talude de Jusante	Comprim. da Crista (m)	Altura da Barragem (m)
Barragem do Canal Direito - Leito do Rio	Enrocamento com núcleo de material terroso e seção homogênea	1,3H:1V 2,0H:1V	1,3H:1V 1,8H:1V (entre bermas)	740,00	34,00
Barragem de Ligação com a Ilha da Serra	Seção Homogênea e Enrocamento com núcleo de material terroso	1,3H:1V 2,0H:1V	1,3H:1V 1,8H:1V (entre bermas)	250,00	18,00
Barragem Lateral Esquerda - Ilha Marciana	Seção Homogênea	2,0H:1V	1,7H:1V (entre bermas)	970,00	14,00
Barragem Lateral Esquerda - Ilha Pimental	Seção Homogênea	2,0H:1V	1,8H:1V (entre bermas)	2900,00	13,00
Barragem Lateral Esquerda - Ilha do Forno	Seção Homogênea	2,0H:1V	1,8H:1V (entre bermas)	1230,00	14,00

**Fonte:** Projeto Básico de Engenharia da UHE Belo Monte. NESA, 2010.

À esquerda da Casa de Força Complementar estará a Barragem Lateral Esquerda, que se estende por cerca de 5,1 km, desenvolvendo-se em grande parte por sobre a Ilha Pimental. Essa barragem apresenta seção homogênea de solo compactado com trincheira de vedação (“*cut-off*”), apoiada em maciço rochoso de migmatito ou sobre o solo alteração de migmatito/tremolito, interceptando totalmente a camada aluvionar até o topo rochoso. Essa camada aluvionar tem permeabilidade elevada relacionada à gênese do próprio material ou à existência de canalículos. A barragem será dotada ainda de sistema interno de drenagem composto por um filtro tipo chaminé ligado a um tapete drenante. No pé de jusante está prevista uma trincheira drenante com poços de alívio com a finalidade de reduzir subpressões e controlar a saída das águas de percolação pela fundação. A jusante desse trecho da barragem está previsto um acesso para a construção das estruturas principais durante a fase de desvio.

O barramento entre o Vertedouro e a Ilha da Serra, com uma extensão de 250,0 m, apresenta seção de enrocamento com núcleo argiloso junto à estrutura. No trecho restante, até o fechamento na ombreira, apresenta seção homogênea de terra, com sistema de drenagem interna composto de filtro tipo chaminé ligado a um tapete drenante horizontal, e no pé de jusante uma trincheira drenante com poços de alívio.

A Barragem do Canal Direito, na calha principal do canal de mesmo nome, é de enrocamento com núcleo argiloso numa extensão de cerca de 710,0 m. As enseadeiras de 2ª Fase no leito do rio têm seção de enrocamento com vedação externa em solo argiloso e são parcialmente incorporadas à barragem de enrocamento. Nas ombreiras, a barragem apresenta seção homogênea de terra, semelhante à seção acima descrita para a Barragem de Ligação com a Ilha da Serra.

O Sistema de Transposição de Peixes está localizado à esquerda da Casa de Força Complementar e compreende um canal de derivação que busca simular as condições naturais de escoamento no rio.

O Sítio Pimental também será provido de um sistema de transposição de pequenas embarcações, inicialmente em caráter provisório, operando durante a 2ª fase de desvio do rio (vide item subsequente) e, posteriormente, em cunho definitivo a partir do enchimento do Reservatório do Xingu.

#### 1.4.2.1. **Desvio do Rio e Sequência Construtiva**

Dos sítios que compõem a série de obras da UHE Belo Monte, apenas o Sítio Pimental está situado na calha do rio Xingu. Dessa forma, para as atividades de construção deste sítio será necessário o desvio do rio, previsto para ser feito em duas fases principais.

Na 1ª fase o rio será desviado para a sua calha principal (Canal Direito), à direita da Ilha da Serra, sendo as atividades de construção protegidas por ensecadeiras. Durante a 2ª fase, o rio será desviado pelos 12 vãos do lado direito do Vertedouro, propiciando a construção da Barragem do Canal Direito, protegida por ensecadeiras para esta finalidade.

Durante a 1ª fase também serão desenvolvidas as atividades de construção localizadas na margem esquerda, na Ilha Pimental e no Canal Central, com o rio escoando pelo Canal Direito.

A seqüência construtiva para a 1ª fase consistirá em:

Execução de acesso entre margem esquerda e canteiro, com cota de coroamento na El. 95,50, correspondente a uma cheia anual de 50 anos de recorrência (37.014 m<sup>3</sup>/s);

Fechamento do Canal Central no período seco com pré-ensecadeira na El. 84,00 m, dimensionada para vazão média mensal de agosto (1.584 m<sup>3</sup>/s), e alteamento das ensecadeiras de montante e jusante nas El. 96,50 e 94,00, respectivamente, protegidas para uma cheia anual de 100 anos de recorrência (40.262 m<sup>3</sup>/s), concluídas até início do período úmido;

Com o Canal Central ensecado, terão início as atividades para a execução das estruturas do Vertedouro, Barragem de Concreto e Casa de Força Complementar compreendendo: esgotamento, escavações, Canais de Aproximação e de Restituição, tratamentos de fundação, concretagem e montagem eletromecânica;

Após a construção da Barragem de Concreto entre os dois grupos de comportas do Vertedouro deverão ser construídas as ensecadeiras de montante e jusante, no Canal Central, paralelas ao fluxo;

Para a construção da Barragem Lateral Esquerda, entre a Ilha do Forno e a Ilha Pimental, poder-se-á optar pela execução no primeiro período seco, paralelamente com o ensecamento do Canal Central, ou no segundo período seco, juntamente com outras atividades de construção. Para construção da Barragem Lateral Esquerda foi adotada ensecadeira para uma vazão de 17.221 m<sup>3</sup>/s, correspondente a uma cheia de 100 anos no período entre julho e dezembro;

Considerou-se a execução da Barragem Lateral Esquerda na Ilha Pimental em período seco, protegida por septos naturais, de forma que a mesma possa ser executada a seco, sem a necessidade de lançamento de ensecadeira por montante. A barragem de terra estará protegida para uma cheia de 100 anos no período de agosto a novembro (5.320 m<sup>3</sup>/s); e

Concluídas as obras do grupo de 12 vãos do Vertedouro e da Barragem de Ligação com a Ilha da Serra, poder-se-á iniciar a remoção das ensecadeiras do Canal Central e o arranque das ensecadeiras no Canal Direito para início da 2ª fase de desvio do rio.

Durante a segunda fase, o rio passará a escoar através dos 12 vãos do Vertedouro executados na primeira fase, permitindo assim a execução das obras da Barragem do Canal Direito. Para tanto serão removidas parcialmente as ensecadeiras de 1ª fase no Canal Central e lançadas as pré-ensecadeiras de montante e de jusante no Canal Direito, nas El. 87,00 e 86,00, respectivamente, protegidas para vazão média mensal do mês de junho (7.381 m³/s).

As ensecadeiras de segunda fase serão alteadas e coroadas nas El. 96,50 de montante e 93,50 de jusante, protegidas para cheias de 100 anos de recorrência. Após a conclusão das atividades de construção da Casa de Força Complementar e dos 8 vãos restantes do Vertedouro, as ensecadeiras de montante e jusante do Canal Central deverão ser removidas.

#### 1.4.2.2. Sistema de Transposição de Peixes

O Sistema de Transposição de Peixes está localizado à esquerda hidráulica da Casa de Força Complementar (vide DESENHO BEL-B-PM-DE-EPE-100-0001 constante da **FIGURA 1.4.2-5**), tendo sido projetado para uma vazão de 20 m³/s, que resultará em tirante médio de 1,30 m.

A estrutura de controle da vazão e monitoramento (saída) do canal se situará na El. 100,0 e a cerca de 1.000,0 m da Tomada de Água/Casa de Força Complementar. Essa estrutura será dotada de três comportas do tipo segmento, de fundo, instaladas em aberturas com 2,0 m de vão por 2,0 m de altura, as quais, em posição de abertura parcial ou total, permanecerão submersas devido a um rebaixo côncavo na laje de fundo.

A estrutura de controle e monitoramento também possuirá ranhuras e guias para colocação de comportas-ensecadeira (“*stop-logs*”) e painéis de telas ou grades, estes últimos como dispositivos auxiliares no monitoramento ou manuseio de exemplares e direcionamento de peixes para as proximidades das janelas de observação.

O canal será concebido com seção trapezoidal com 6,0 m de base e taludes laterais de 1,0 V: 2,0 H. Terá declividade de 0,00167 m/m e 60,0 m de extensão, intercalado por trechos de 10,0 m em desnível de 1,0 m, constituído por degraus de 0,25 m de altura em patamares de 3,33 m de extensão, constituídos de blocos de rocha de dimensões adequadas (grandes diâmetros). No trecho em degrau a largura da base do canal trapezoidal se reduzirá para 5,0 m de largura.

A estrutura de entrada estará situada na lateral esquerda do Canal de Fuga da Casa de Força Complementar, na El. 81,0 (crista na El. 97,0) e possuirá 6,0 m de largura. Essa estrutura será dotada de comporta ensecadeira e comporta mitra. Esta em diferentes aberturas poderá controlar a velocidade entre o desnível de água a montante e a jusante da estrutura de entrada do sistema de transposição de peixes.



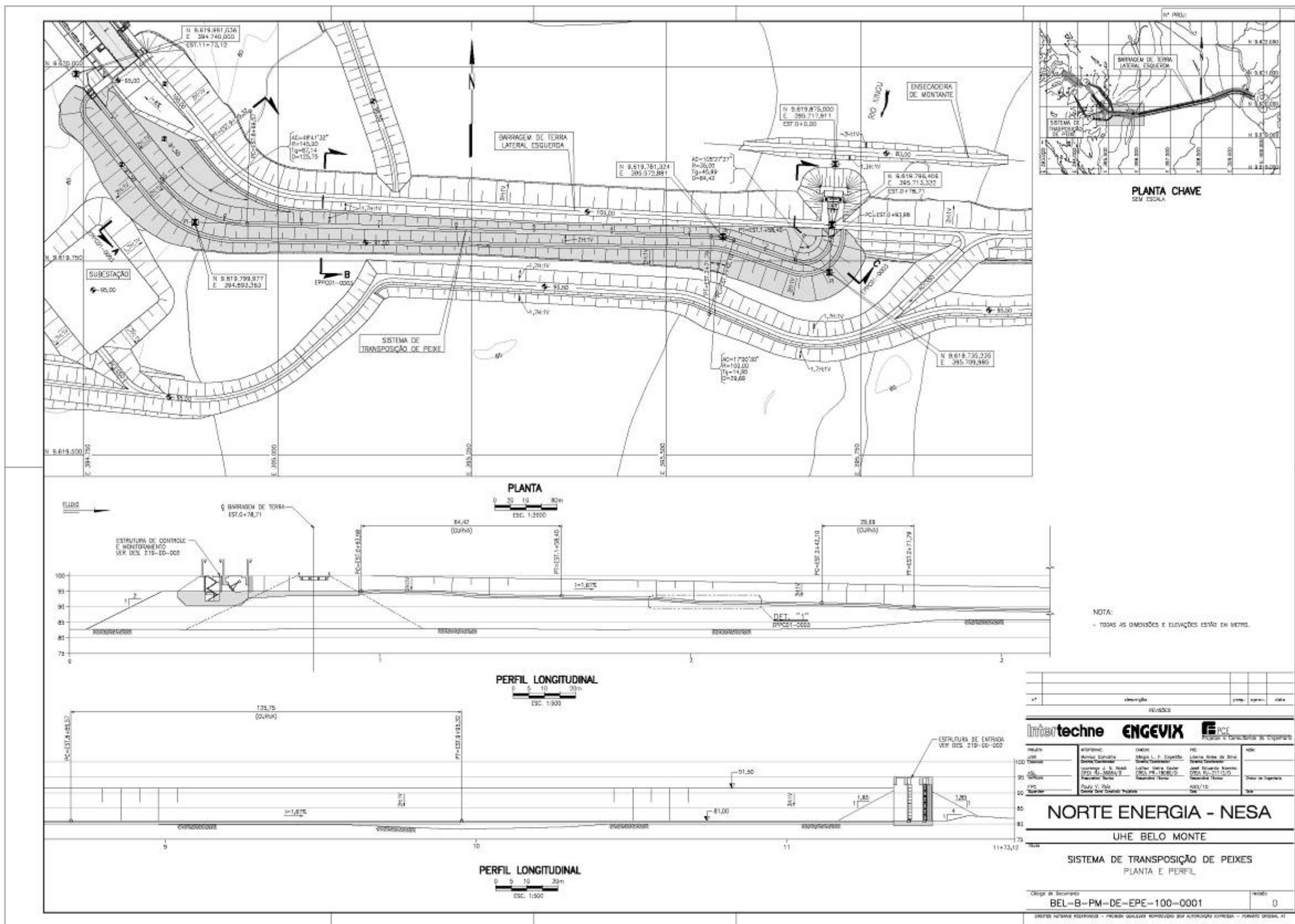


FIGURA 1.4.2-5 - Desenho BEL-B-PM-DE-EPE-100-0001 R0 – Sistema de transposição de peixes

### 1.4.2.3. Sistema de Transposição de Embarcações

#### a) Sistema Provisório

Durante a construção das estruturas do Sítio Pimental, quando já não for possível navegar pelo rio Xingu em função da instalação das ensecadeiras e dos desvios das águas, ou quando o rio já estiver passando pelo Vertedouro, deverá ser colocado em prática um procedimento provisório de transposição visando a não haver ruptura na continuidade da movimentação das embarcações na região.

O sistema provisório constará de dois atracadouros, sendo um a montante e outro a jusante do barramento, situados na margem direita do rio Xingu e localizados fora das áreas de segurança das obras e dos trechos do rio onde ocorrerão aumentos das velocidades, devido aos estreitamentos provocados pelas ensecadeiras. Esses atracadouros serão formados por rampas direcionadas para o rio e escavadas no terreno natural, com topografia favorável e coerente com os níveis do rio previstos para as fases construtivas (vide exemplo ilustrado na **FIGURA 1.4.2-6**). Uma carreta tipo prancha, que disporá inclusive de carretilha para puxar a embarcação, ficará incumbida de transladar as embarcações e ficará fazendo o trajeto entre os dois atracadouros, durante a luz do dia, através de uma via de ligação a ser aberta.

Em épocas de vazões baixas, quando as velocidades no canal de desvio forem compatíveis com as embarcações que circulam na região, não haverá necessidade de transposição. O sistema provisório funcionará por cerca de um ano até que o definitivo esteja concluído.



**FIGURA 1.4.2-6** – Fotos ilustrativas do modelo de dispositivo provisório de transposição de embarcações a ser utilizado durante a etapa de construção da UHE Belo Monte

**b) Sistema Definitivo**

O Sistema de Transposição de Embarcações tem a finalidade de mitigar o impacto do Aproveitamento sobre a navegação de pequenas embarcações, permitindo o acesso das populações à jusante do sítio Pimental até Altamira e vice-versa.

O mecanismo de transposição dispositivo de pequenas embarcações estará localizado na ombreira direita do barramento e será constituído por uma via permanente em plano inclinado, dividido em dois ramais: o ramal de montante, ligando a crista do barramento com o Reservatório do Xingu, e o ramal de jusante, ligando a crista com o leito do rio. O Desenho BEL-B-PM-DE-ACF-100-0001 (**FIGURA 1.4.2-7**) apresenta o arranjo geral dessa solução.

A embarcação será fixada em uma carreta, dimensionada para carga de 5.000 Kgf, que correrá sobre trilhos da via permanente, com bitola de 1,0 m, içada por guincho ligado por cabo de aço até o sistema de elevação motorizado, instalado na casa de máquinas. O cabo de aço, quando totalmente desenvolvido ao longo da via, ficará apoiado em roletes de eixo horizontal, nos trechos de mudança vertical e por roletes de eixo vertical, nos trechos de curvas horizontais. Após passar pelo aparelho de mudança de via, o conjunto carreta/embarcação será baixado em segurança pelo mesmo sistema motorizado até o lado oposto do içamento.

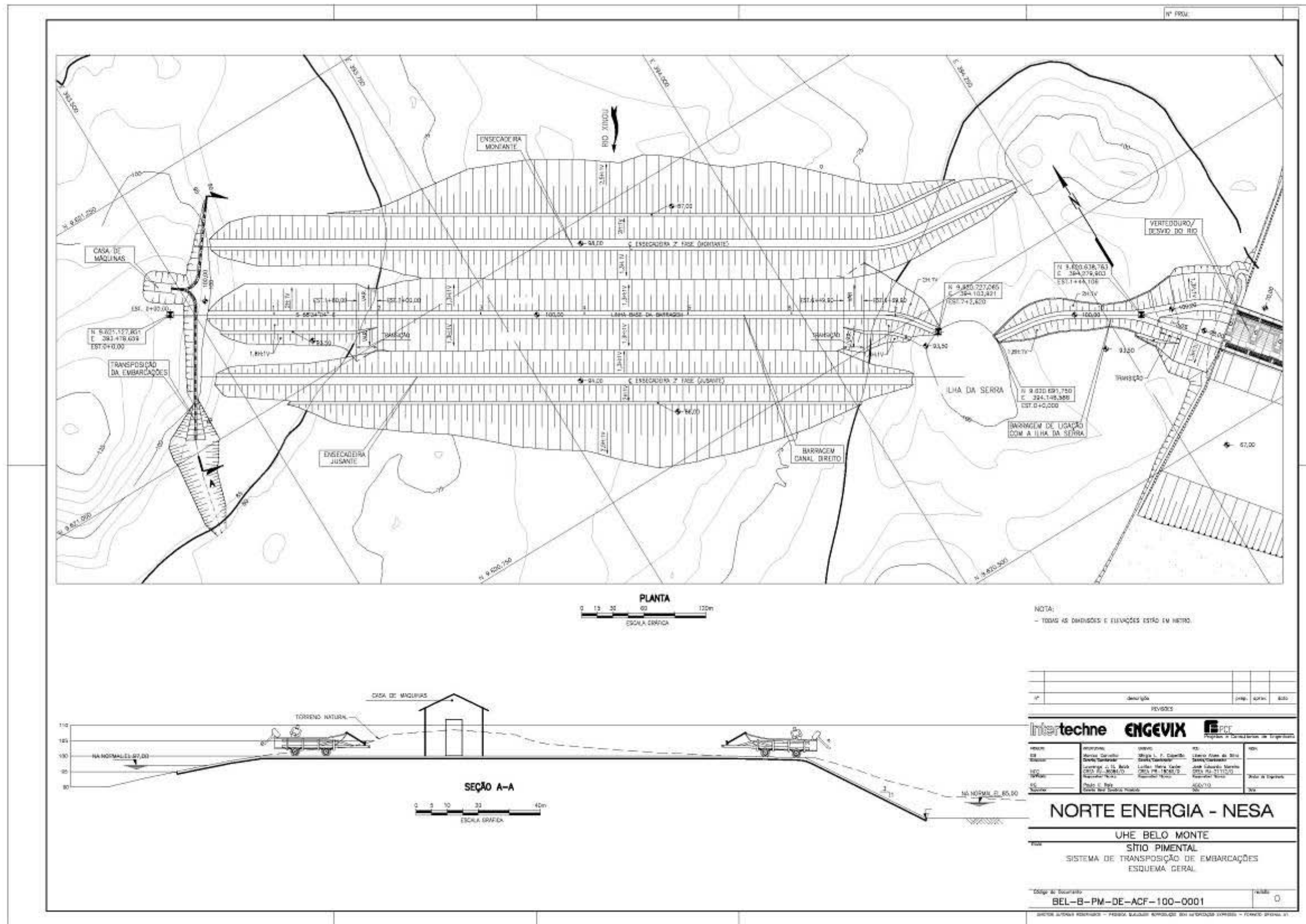


FIGURA 1.4.2-7 - Desenho BEL-B-PM-DE-ACF-100-0001 R0 – Sistema de transposição de embarcações

### 1.4.3. Caracterização dos Canais de Adução e do Reservatório Intermediário

#### 1.4.3.1. **Concepção Geral**

Conforme antes aqui já abordado, o Barramento no sítio Pimental propicia a formação do reservatório principal no leito do rio Xingu, sendo seu nível máximo operacional estabelecido na El. 97,00. A Casa de Força Principal situar-se-á próxima à localidade de Belo Monte no trecho de jusante da Volta Grande do Xingu, existindo uma distância em linha reta de cerca de 33,0 km entre o Reservatório do Xingu e essa Casa de Força. Para interligar esses dois componentes do arranjo geral da UHE Belo Monte, foi projetado um sistema de adução composto por um Canal de Derivação com cerca de 20,2 km de extensão, que conduzirá as vazões destinadas à geração para um Reservatório Intermediário fora da calha do rio, localizado na margem esquerda da Volta Grande do Xingu. Esse sistema foi dimensionado no bojo do Projeto Básico de Engenharia para possibilitar a adução da vazão de 13.950 m<sup>3</sup>/s com uma perda de carga de 2,23 m.

O Reservatório Intermediário será formado pelos diques de contenção nomeados como 1, 2, 3, 4, 6A, 6B, 6C, 7A, 7B, 7C, 7D, 10A, 11, 12, 13, 14A, 14B, 14C, 14D, 14E, 18, 19B, 19C, 19D, 19E, 27, 28 e 29. Além desses diques, na região de Belo Monte, o reservatório será limitado pela Barragem de Santo Antonio, pelas Barragens de fechamento lateral esquerda e lateral direita e pela própria Tomada de Água. Para possibilitar a redução das perdas de carga ao longo do Reservatório Intermediário serão escavados cinco canais de transposição denominados de CTPT1, CTPT2, CTPT3, CTCSm e CTCSj, objeto da caracterização apresentada a seguir, bem como o Canal de Derivação e o Reservatório Intermediário supracitados.

Há que se destacar que a concepção ora adotada resultou de um estudo exaustivo de alternativas de traçado, buscando soluções diferenciadas daquela apresentada nos Estudos de Viabilidade, com vistas, principalmente, à redução dos volumes de escavação. Nesse sentido, ressalta-se que, enquanto na alternativa considerada nos Estudos de Viabilidade o volume de escavação era da ordem de 180 milhões de metros cúbicos, a configuração final indicada pelo Projeto Básico de Engenharia conduz a uma escavação no Canal de Derivação de aproximadamente 95 milhões de metros cúbicos, que somada aos 8 milhões de metros cúbicos previstos para os Canais de Transposição, resulta em um montante de escavação da ordem de 103 milhões de metros cúbicos, implicando em uma redução em torno de 43%.

#### 1.4.3.2. **Canal de Derivação**

A configuração atual da adução apresenta um Canal de Derivação único, com cerca de 20,2 km de extensão, que segue o alinhamento dos córregos Galhoso (montante) e Paquiçamba (jusante), em posições similares às dos braços dos canais de montante e da junção contemplados nos Estudos de Viabilidade. Em termos de revestimento, no trecho inicial (16,7 km) o canal será revestido com concreto compactado a rolo (CCR) no piso e enrocamento nos taludes laterais. No trecho final (3,5 km), o canal será parcialmente revestido com enrocamento.

Para essa configuração do Canal de Derivação, a vazão turbinada de 13.950 m<sup>3</sup>/s está associada a uma perda de carga de 1,33 m.

Com relação ao trecho inicial do canal, vale destacar que o mesmo apresentará larguras e elevações de fundo variáveis ao longo do seu desenvolvimento. Ao longo do canal serão desenvolvidos acessos nas duas laterais em seu trecho principal, com canaleta de drenagem para condução das águas coletadas para o interior do canal. Acima da El. 100,00, os taludes de escavação em solo terão proteção vegetal. Onde o terreno natural está abaixo

da El. 100,00, as laterais do canal serão geometricamente conformadas com a criação de um dique, coroado na El. 100,00, que terá também a função de garantir a continuidade do acesso ao longo do canal e de apoiar o pé de jusante dos Diques de Contenção de igarapés para disposição final de material de bota-fora. No trecho restante do canal, mais em seu tramo final, onde o terreno natural situar-se abaixo da El. 100,00, os aterros de botafora serão dispostos lateralmente ao Canal de Derivação, não configurando necessariamente um acesso lateral aos canais.

Os detalhes supracitados podem ser visualizados, em seu conjunto, em algumas seções transversais do Canal de Derivação constantes do Desenho BEL-B-CA-DE-CDA-100-0005 R0 (**FIGURA 1.4.3-1**).

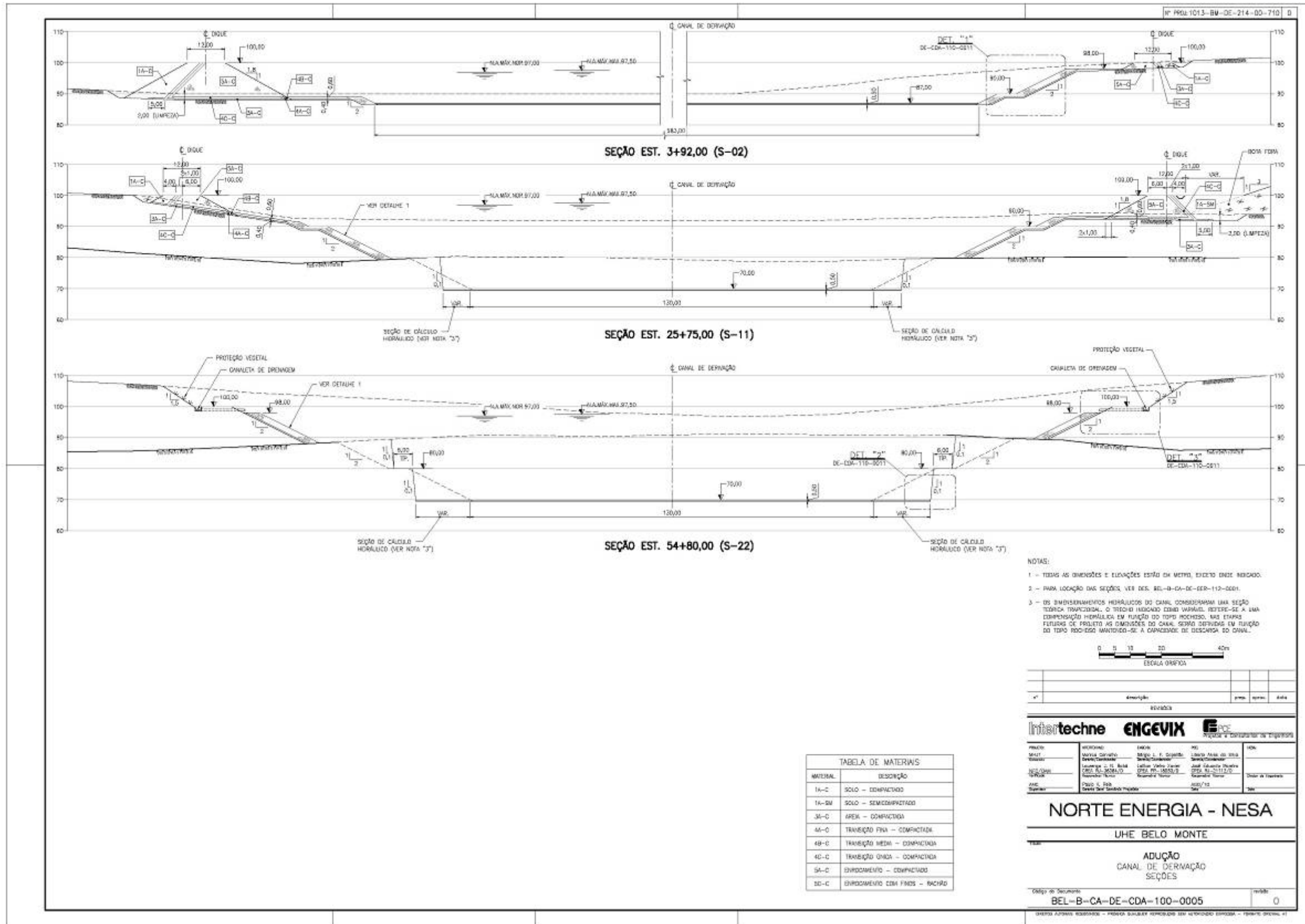


FIGURA 1.4.3- 1 - Desenho BEL-B-CA-DE-CDA-100-0005 R0 – Canal de Derivação - Seções

#### 1.4.3.3. Canais de Transposição e Reservatório Intermediário

Para possibilitar a condução das vazões turbinadas ao longo do Reservatório Intermediário sem a ocorrência de perdas de carga excessivas, está prevista, conforme mencionado anteriormente, a escavação de cinco canais de transposição distribuídos ao longo do Reservatório. Para essa configuração, a perda de carga no Reservatório Intermediário será de 0,90 m para a vazão turbinada de 13.950 m<sup>3</sup>/s.

Observa-se que os Canais de Transposição foram revestidos com base nas velocidades do fluxo e, no caso dos taludes, também com base na altura dos mesmos, para evitar eventuais erosões nas superfícies escavadas. Adicionalmente, em algumas regiões do Reservatório Intermediário, fora das áreas escavadas, poderá ser necessária a proteção do terreno natural em decorrência das velocidades do fluxo.

Em sua maioria, os Canais de Transposição serão escavados em solo, com fundo revestido com enrocamento tipo “rachão”, com espessura de 0,4 m e, em alguns deles, taludes laterais protegidos com enrocamento com 0,35 m de espessura sobre uma camada de transição de 0,25 m de espessura. Para facilitar a construção e lançamento de enrocamento, os taludes laterais terão declividade de 3H :1,0 V intercalados com bermas de 3,0 m de largura, espaçadas tipicamente a cada 10,0 m de altura.

Um primeiro conjunto de canais (CTPT 1 a CTPT 3) possibilitará a transposição entre as bacias do igarapé Paquiçamba e Ticaruca. Mais para o final do Reservatório Intermediário, os canais CTCSj e CTCSm propiciarão a transposição entre as bacias dos igarapés Cobal e Santo Antonio. As localizações desse conjunto de canais podem ser visualizadas no Desenho BEL-B-BM-DE-BTE-100-0005 R0 (**FIGURA 1.4.3-2**).



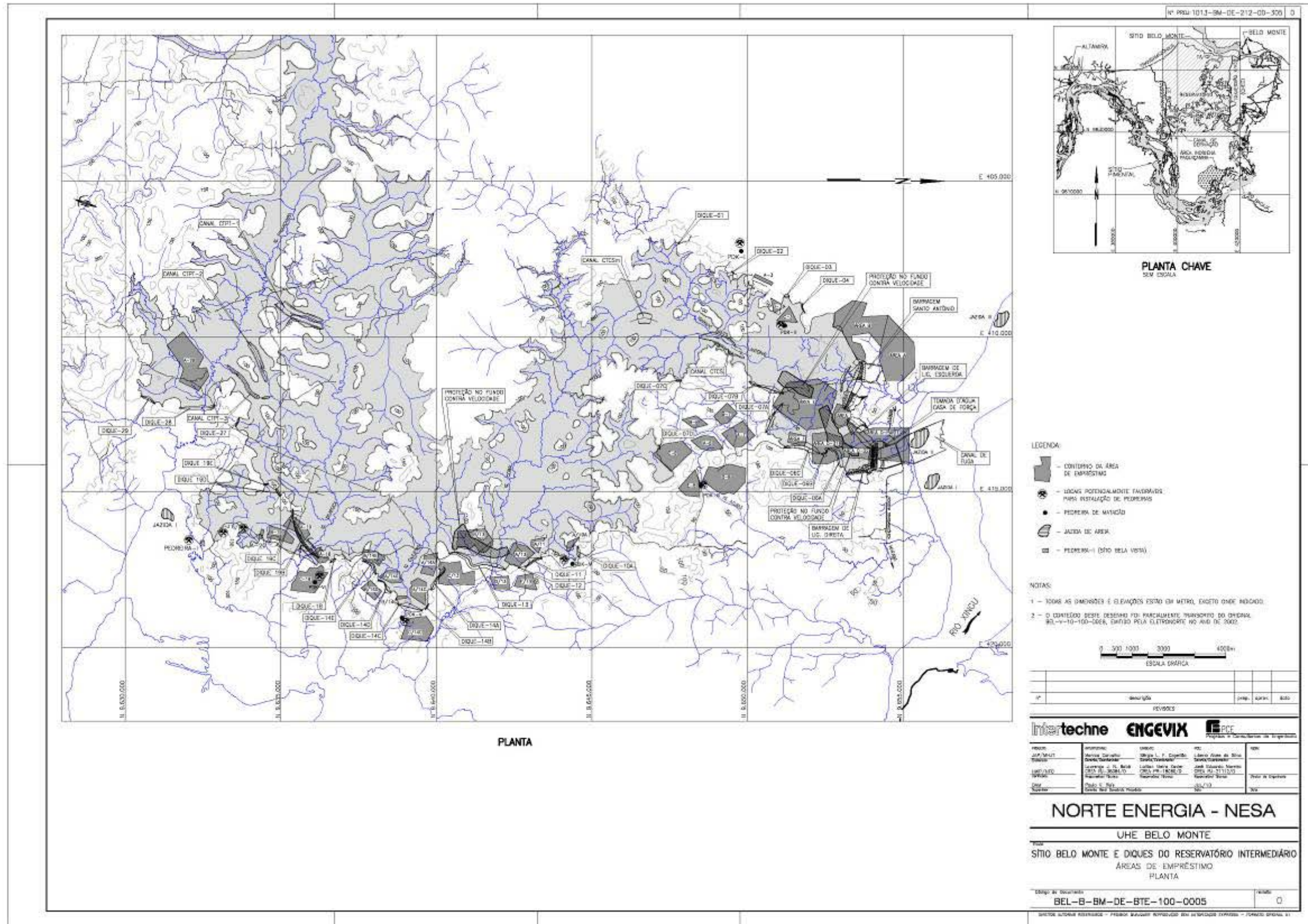


FIGURA 1.4.3- 2- Desenho BEL-B-BM-DE-BTE-100-0005 R0 – Sítio Belo Monte e Diques do Reservatório Intermediário

#### 1.4.3.4. **Botafora**

Os canais de transposição escavados no Reservatório Intermediário terão volume de escavação estimado da ordem de 8 milhões de metros cúbicos. Parte deste volume será empregada na construção de diques, sendo o restante descartado em pilhas de botafora próximo aos locais de escavação, sem interferir nas condições de fluxo no Reservatório Intermediário. A cota máxima desses botafora será limitada de modo que fiquem submersos, após a formação do Reservatório Intermediário.

Já para o Canal de Derivação, somente uma parte reduzida de seu volume de escavação (cerca de 95 milhões de metros cúbicos), da ordem de 10%, será utilizada para a execução dos revestimentos do próprio canal e construção dos diques laterais a ele. Desse modo, existirá um excedente significativo de material das escavações obrigatórias a serem lançados em aterros de botafora.

Nos Estudos de Viabilidade, esses botafora estavam localizados nas regiões de igarapés que ladeavam, à época, os dois canais de derivação. Na atual concepção do projeto, esse conceito foi mantido, sendo os bota-foras localizados no leito de igarapés que afluem lateralmente ao Canal de Derivação. Reitera-se aqui que as otimizações realizadas nesse canal reduziram significativamente os volumes de escavação quando comparados aos volumes contemplados nos Estudos de Viabilidade, ou seja, as otimizações do canal além de serem benéficas do ponto de vista econômico, também apresentam benefícios ambientais decorrentes de menores impactos nesse sitio construtivo.

A **FIGURA 1.4.3-3** ilustra a disposição geral atualmente contemplada para os botaforas. O **QUADRO 1.4.3-1**, por sua vez, apresenta as suas características principais, lembrando-se que nas próximas fases do Projeto essas configurações poderão sofrer alterações em função do processo e do planejamento detalhados de construção do Canal de Derivação.

Observa-se que os Diques de Contenção serão constituídos por aterro semi-compactado, com emprego dos materiais terrosos provenientes das escavações obrigatórias, e dotados de um dreno de pé e configurados com taludes com inclinação suave, igual a 3,0 H:1V, tanto a montante quanto a jusante das áreas de disposição. Eles terão elevações do coroamento variáveis, de forma a garantir a capacidade de armazenamento dos materiais de escavação obrigatória a serem descartados nos botaforas.

Para que tais aterros sejam construídos em área seca, os talvegues e córregos serão barrados inicialmente por ensecadeiras que tem por finalidade conter as águas e permitir o desvio para os canais de drenagem mencionados mais à frente neste subitem.

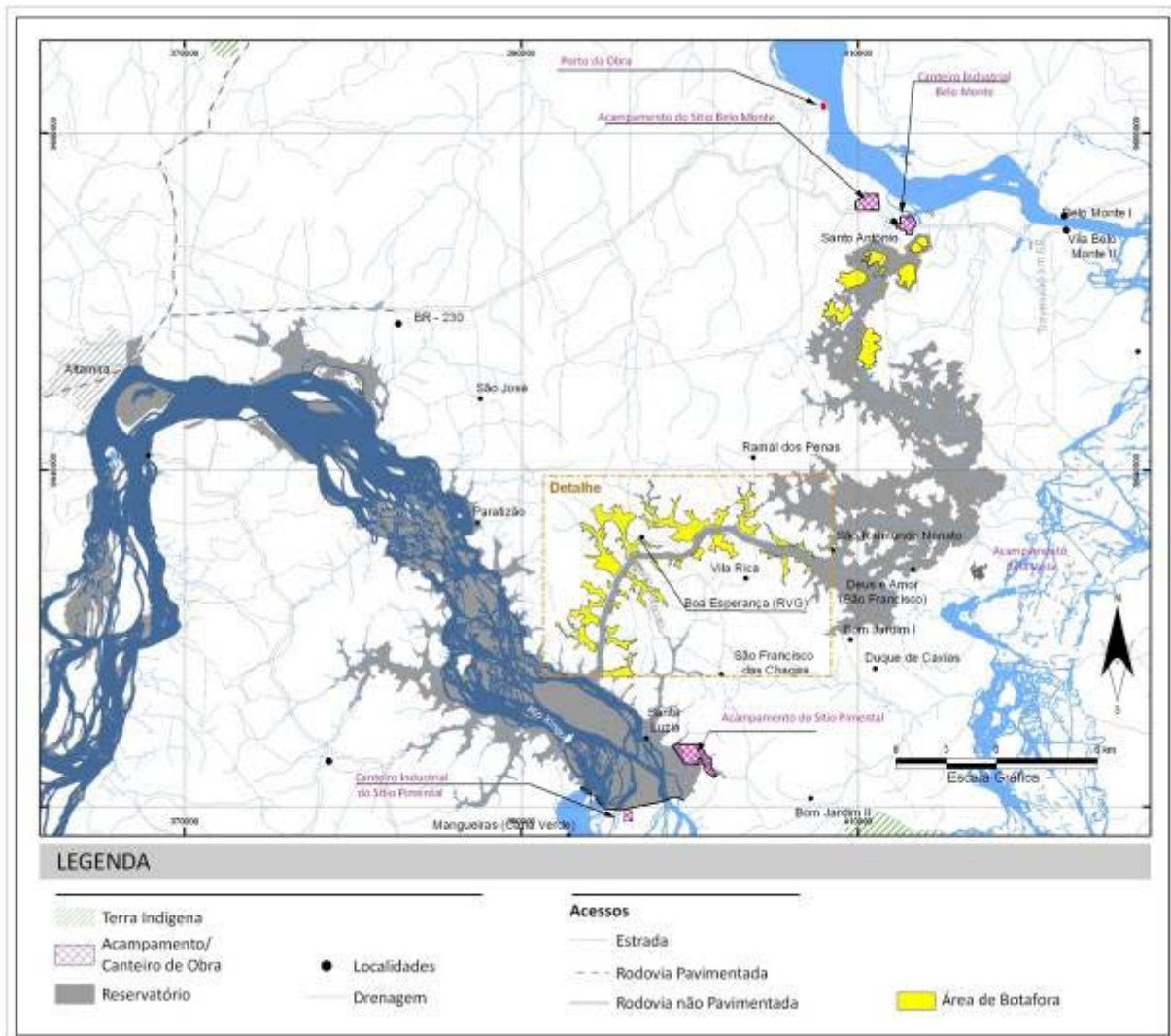


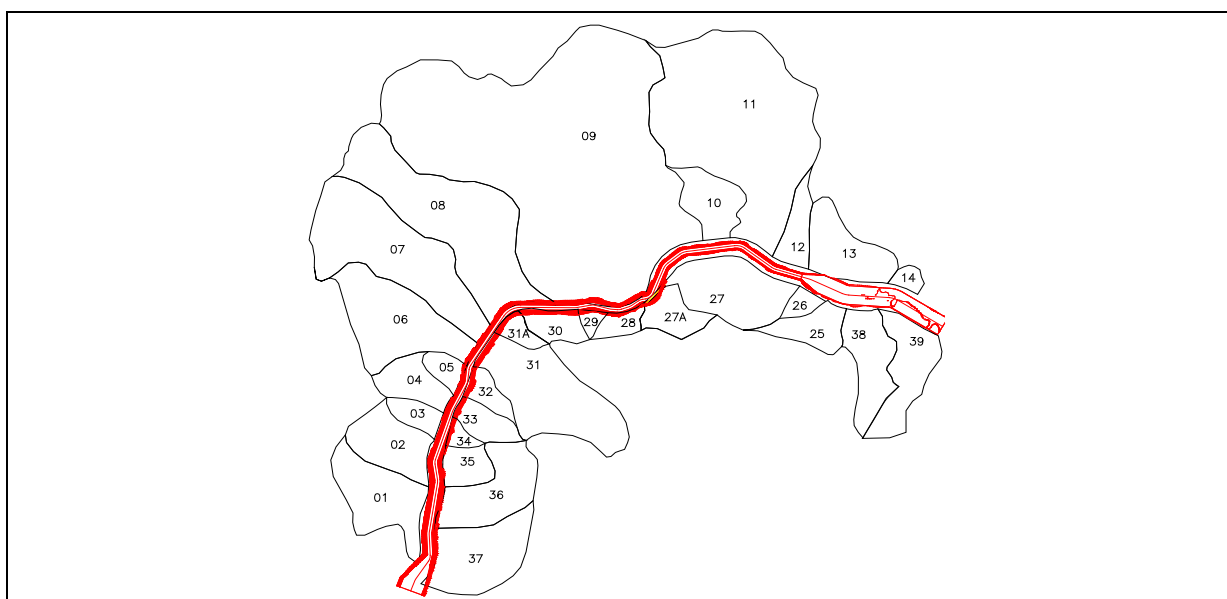
FIGURA 1.4.3-3 – Localização relativa dos botaforas

**QUADRO 1.4.3-1**  
Características principais dos botaforas

Botafora	Elevação do Botafora (m)	Coroamento do Dique de Contenção (m)	Dique de Contenção de Igarapé
1	100	102	DCII-1
2	105	108	DCI-2
3	105	108	DCI-3
4	105	108	DCI-4
5	115	118	DCI-5 E DCI-6
6	115,5	118	DCI-7
7	116	119	DCI-8
8	110	114	DCI-9 e DCI-10
9	110	113	DCI-11
10	115	118	DCI-12
11	115	118	DCI-13
12	115	117	DCI-14
13	120	123	DCI-15A
14	120	123	DCI-15
15	115	118	DCI-16
16	105	109	DCI-17
17	100	103	DCI-16A e DCI-16B
18	105	109	DCI-19
19	105	108	DCI-20
20	90	93	DCI-21
21	90	94	DCI-21A

Fonte: Projeto Básico de Engenharia da UHE Belo Monte. NESAs, 2010.

Um aspecto que está intimamente associado à configuração dos botaforas e do próprio Canal de Derivação diz respeito ao manejo das águas afluentes a este canal nas fases de construção e de operação. Ao todo podem ser contabilizadas 31 áreas de drenagem principais que afluem ao Canal de Derivação, totalizando uma área de drenagem da ordem de 126 km<sup>2</sup>. A **FIGURA 1.4.3-4** ilustra essas áreas de drenagem.



Fonte: Projeto Básico de Engenharia da UHE Belo Monte. NESAs, 2010.

**FIGURA 1.4.3-4** - Áreas de Drenagem Laterais ao Canal de Derivação

Por estar a UHE Belo Monte localizada na Região Amazônica, as precipitações médias anuais são significativas. Se toda a contribuição de precipitações, considerando a área de contribuição de cerca de 126 km<sup>2</sup>, fosse conduzida para o Canal de Derivação durante as escavações, a capacidade requerida para bombeamento seria provavelmente inviável de ser implementada.

Além disso, a região é caracterizada por eventos de precipitação bastante intensos, tendo sido registrados eventos extremos de precipitação diária em Altamira da ordem de 240 mm. Precipitações da ordem de 150 mm diários ocorrem com maior frequência. Na hipótese de afluência direta das precipitações na região dos canais pelos igarapés, neste tipo de evento haveria certamente a descontinuidade dos trabalhos de escavação, associada à necessidade de sistemas de bombeamento superdimensionado para possibilitar o esgotamento das áreas em tempo compatível com o cronograma da obra. Um aspecto adicional que dificulta este bombeamento é a extensão do canal, gerando distâncias consideráveis para restituição das águas para o rio Xingu ou para o Igarapé Paquiçamba.

Em função desses aspectos, foi concebido um sistema de drenagem para o Canal de Derivação que minimiza a incidência de águas na região das obras. A água de precipitação é barrada por Diques de Contenção de Igarapés e conduzida para o rio Xingu ou para Igarapés (Paquiçamba, Ticaruca, Di Maria, etc.) por meio de canais de drenagem auxiliares e vertedouros. Este sistema constitui-se em uma solução utilizada durante as escavações e proteções do Canal de Derivação, mas também apresenta um caráter definitivo para a drenagem superficial dos botaforas.

Vale destacar que, dado a segurança do sistema de drenagem estar associada aos volumes afluentes, optou-se por adotar os volumes totais diários associados aos eventos de precipitação com 1.000 anos de recorrência (316 mm diários). Em termos de dimensionamento, o valor diário de precipitação foi reduzido para 80 % do valor estimado gerando uma precipitação efetiva de 253 mm diários. A adoção da recorrência de 1.000 anos se deve ao fato de que eventuais galgamentos dos Diques de Contenção devem apresentar baixa probabilidade devido à possibilidade de obstrução do Canal de Derivação, caso ocorra o galgamento dos Diques próximos ao canal.

#### 1.4.4. Caracterização dos Diques

Com a eliminação do Vertedouro Complementar no Sítio de Bela Vista, o Reservatório Intermediário será formado exclusivamente por diques de contenção coroados na El. 100,00 m, com largura de coroamento de 7,00 m. Com essa eliminação, houve o rearranjo na disposição dos diques, sendo que aqueles antes identificados como 19, 20, 23, 24, 25 e 26 foram substituídos pelos diques 19B, 19C, 19D e 19E.

A avaliação da sobrelevação do nível de água do Reservatório Intermediário devido às ondas provocadas pelo vento e a proteção de enrocamento (*“rip-rap”*) dos diques foi feita considerando o *“fetch”* máximo em cada dique. Para a borda livre normal de todos os diques foi adotado o valor mínimo de 3,0 m.

No **QUADRO 1.4.4-1** a seguir estão apresentadas as principais características geométricas dos diques de fechamento do Reservatório Intermediário, cuja localização pode se observar no Desenho BEL-B-CA-DE-CDA-100-0010 R0 (**FIGURA 1.4.4-1**).

**QUADRO 1.4.4-1**  
Principais Características dos Diques

Nº Dique	Comprimento da crista (m)	Altura (m)	Taludes	
			Montante	Jusante
DIK 1	76,0	8,4	2,0H:1V	1,8H:1V
DIK 2	114,0	5,5	2,0H:1V	1,8H:1V
DIK 3	256,0	19,4	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 4	434,0	4,3	2,5H:1V	2,5H:1V
DIK 6A	829,0	34,6	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 6B	329,0	9,6	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 6C	1.228,0	63,0	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 7A	1.105,0	50,0	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 7B	1.181,0	48,0	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 7C	201,0	18,0	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 7D	139,8	8,70	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK10A	351,0	24,5	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 11	656,0	9,4	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 12	66,0	4,5	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 13	2.076,0	56,5	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 14A	908,0	22,6	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 14B	232,0	10,9	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 14C	530,0	56,0	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 14D	638,0	39,2	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 14E	676,0	19,3	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 18	216,0	22,8	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 19B	1.442,0	42,4	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 19C	274,0	10,0	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 19D	297,0	14,5	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 19E	166,0	11,5	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 27	344,0	13,3	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 28	1.178,0	32,0	2,1H:1V	1,8H:1V
DIK 29	535,0	21,0	2,1H:1V	1,8H:1V

Fonte: Projeto Básico de Engenharia da UHE Belo Monte. NESA, 2010.

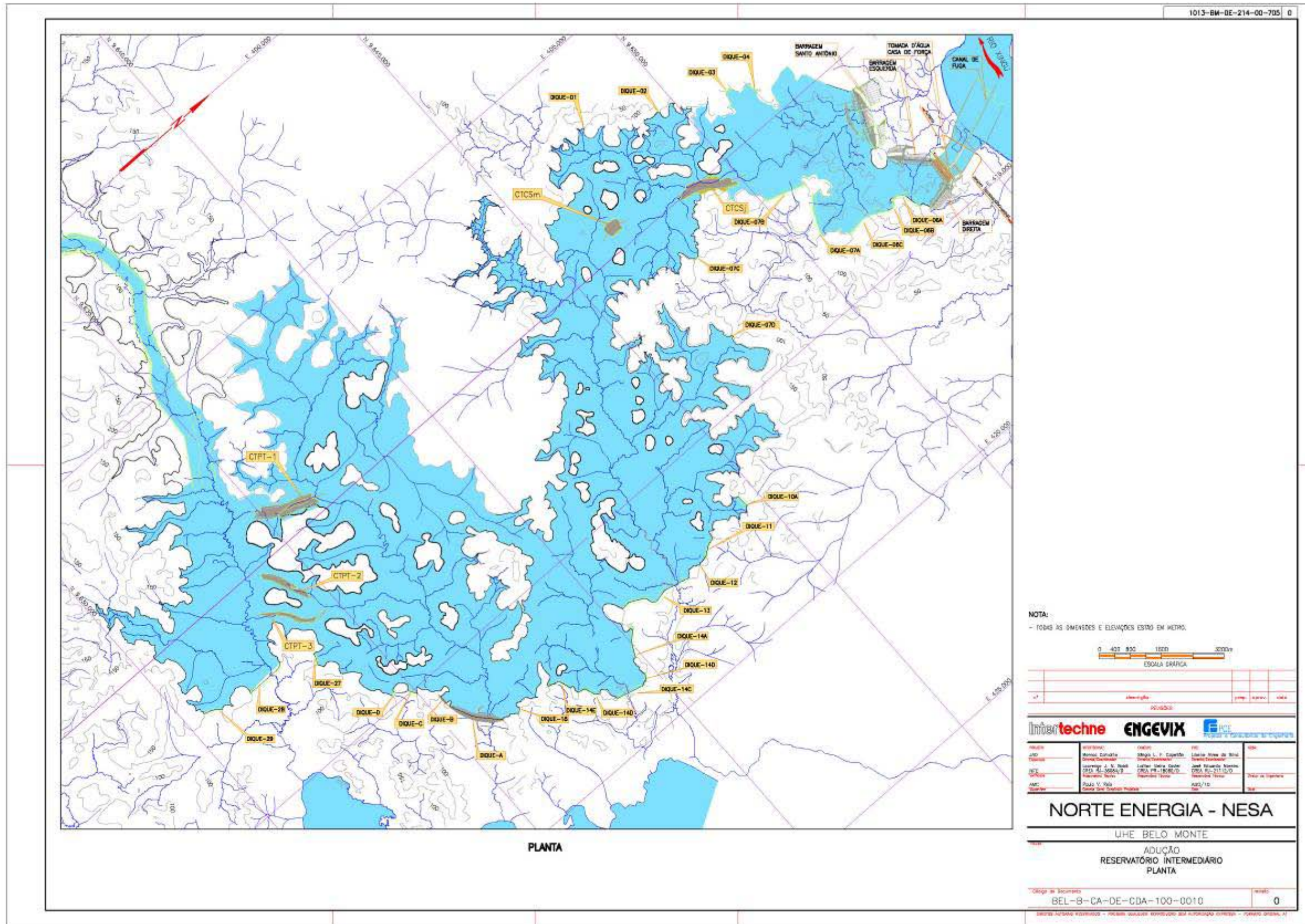


FIGURA 1.4.4- 1 - Desenho BEL-B-CA-DE-CDA-100-0010 R0 – Reservatório Intermediário

Os diques terão seção de terra homogênea, com sistema interno de drenagem composto por filtro vertical de areia, tipo filtro chaminé, ligado a um tapete drenante homogêneo ou tipo sanduíche. Na saída do sistema interno de drenagem, junto ao pé do talude de jusante, está previsto filtro invertido e enrocamento de proteção sobre o mesmo.

De uma forma geral, para assentamento dos aterros serão removidas as camadas superficiais de solos aluvionares/coluvionares com permeabilidade elevada e/ou baixa resistência, sendo que em alguns diques será necessária a execução de um “cut-off” nos trechos de maior altura, ultrapassando integralmente a cobertura de solo e apoiando-se na superfície da rocha.

Considerando-se a possibilidade eventual de ocorrência de horizontes de rocha alterada/fraturada de permeabilidade elevada e da eventual presença de canalículos, comuns em solos da região amazônica e raramente observados em poços de investigações executadas na fase de viabilidade, foi previsto, exceto para os diques de pequena altura, uma trincheira drenante no pé de jusante complementada por poços de alívio. Eventualmente essas soluções foram associadas a um tapete impermeável a montante, visando a redução das subpressões e das vazões de percolação pelas fundações.

Tais soluções de proteções de jusante, assim como o eventual tapete impermeável a montante, serão reavaliadas na fase de projeto básico consolidado com base em novos dados provenientes da complementação das campanhas de investigação geológico-geotécnica.

A proteção com enrocamento tipo rip-rap dos taludes de montante antes aqui mencionada, a estender-se até a El. 91,00 m, será configurada por blocos obtidos de pedreiras e/ou escavações obrigatórias em migmatito, enquanto que os taludes de jusante terão proteção vegetal e sistemas adequados de drenagem superficial com a implementação de canaletas de drenagem em bermas, além das interligações com descidas em degraus e dissipadores de energia.

Para a execução dos diques 28, 19B, 14C, 13 e 6C será necessário realizar o desvio dos córregos existentes, efetuados em cada um deles por duas galerias de 2,0 m de diâmetro sob os diques. Estas estruturas possuirão a montante comportas vagão com dimensões de 2,0 m de largura por 2,0 m de altura e, a jusante, haverá uma estrutura de saída para dissipação de energia.

As estruturas de desvio foram dimensionadas para um tempo de recorrência igual a 50 anos.

Para evitar o aporte das águas na região de fundação da Barragem de Santo Antônio, está prevista a construção de uma ensecadeira imediatamente a montante dessa Barragem, com coroamento na El. 46,70, que possibilitará desviar parte das águas dessa bacia para o talvegue do dique 6C. A outra parcela das águas do igarapé Santo Antônio, no trecho situado a montante do Canal de Transposição denominado como CTCSSM, será desviada para a bacia do igarapé Cobal, e direcionada para a estrutura de desvio do dique 13.

Por fim, há que se destacar que foram previstos dispositivos de vazão sanitária para os diques 28, 19B, 14C e 13, que estarão posicionados em talvegues com igarapés. Esses dispositivos consistirão em galerias de concreto de 3,0 m de largura na El. 94,00 m, com tubulações com fluxo controlado através de válvulas. Essas galerias estarão sobre o aterro dos diques e, a jusante, terão seu escoamento controlado por soleira. O escoamento será conduzido através de escada com a mesma declividade do talude do dique. Junto ao pé do dique estarão dispostas estruturas de dissipação da energia do escoamento.



As características das tubulações de descarga com válvulas de vazão sanitária são apresentadas no **QUADRO 1.4.4-2**, a seguir.

**QUADRO 1.4.4-2**  
Dados básicos das válvulas nas tubulações de descarga de diques

Dique	Tipo	Diâmetro (mm)	Carga hidráulica máxima (mca)	Quantidade	Acionamento
13	Dispersora	500	100	3	Elétrico
14C	Dispersora	250	100	2	Elétrico
19B	Dispersora	450	100	3	Elétrico
28	Dispersora	600	100	3	Elétrico

Fonte: Projeto Básico de Engenharia da UHE Belo Monte. Norte Energia, 2010.

#### 1.4.5. Caracterização das Obras Principais no Sítio Belo Monte

##### 1.4.5.1. Concepção Geral

Em termos gerais a disposição das estruturas que compõem o Sítio Belo Monte não sofreu alterações significativas com relação ao arranjo estabelecido nos Estudos de Viabilidade. Desse modo, o arranjo atual compreende, além do circuito de geração propriamente dito, cujas laterais do Canal de Adução são fechadas por barragens de terra, o barramento de Santo Antonio disposto sobre o córrego de mesmo nome. Esse arranjo pode ser visualizado no Desenho BEL-B-BM-DE-BTE-100-0005 R0 (**FIGURA 1.4.3-2**).

O circuito de adução é formado pela Tomada de Água Principal, Conduitos Forçados, Casa de Força Principal e Canal de Fuga. Essas estruturas estão locadas em posição similar ao estabelecido na Viabilidade.

A Casa de Força e a Tomada de Água Principais no Sítio Belo Monte serão construídas em duas etapas, sendo que na primeira serão implantadas dez unidades geradoras e, na seguinte, serão concluídas as outras oito unidades restantes. De acordo com o cronograma geral de construção, o início da geração das dez primeiras unidades ocorrerá antes da conclusão total das estruturas civis do segundo grupo de oito unidades.

Inicialmente, as atividades de construção na área da Casa de Força e Tomada de Água Principais se concentrarão nas escavações obrigatórias, em área que abranja as estruturas de concreto de modo a liberar com maior rapidez os serviços de concretagem. Para esta fase, a área prioritária de escavação estará completamente protegida pelo terreno natural, que propiciará uma proteção superior a 500 anos para cheias pelo rio Xingu.

Para a escavação do Canal de Fuga será executada, durante o primeiro período de estiagem (Agosto a Novembro), uma ensecadeira no trecho mais a jusante do canal (parcialmente sobre a ilha aluvionar a jusante). Esta ensecadeira será coroada na elevação 5,0 m, o que proporcionará uma proteção para vazões com cerca de 25 anos de recorrência. Com essa proteção serão executadas as escavações em solo e rocha do trecho final do Canal de Fuga de modo a possibilitar a construção da ensecadeira de 2ª fase. Esta, por sua vez, proporcionará proteção contra cheias com 250 anos de recorrência. De acordo com o cronograma, a ensecadeira de 2ª fase poderá ser construída no segundo período seco.

Após a construção da ensecadeira de 2ª fase, as escavações do Canal de Fuga prosseguirão com as estruturas de concreto já protegidas.

Entre os dois conjuntos de unidades geradoras (da Unidade 1 a 10 e da Unidade 11 a 18) será deixado um septo de rocha, separando esses conjuntos. Com isso será possível desvincular a sua construção, ganhando-se flexibilidade no planejamento de implantação e

picos de obras de concreto. A jusante das unidades 11 a 18 (segundo conjunto de unidades da Casa de Força Principal) será construída uma ensecadeira para a proteção deste conjunto, fechando o trecho entre o septo rochoso e o talude direito hidráulico da escavação do Canal de Fuga. Essa ensecadeira será coroada na El. 11,50, propiciando também proteção para cheias com 250 anos de recorrência.

#### 1.4.5.2. Os Barramentos

São três os barramentos previstos para implantação no Sítio Belo Monte, a saber, Barragem de Santo Antônio, Barragem de Fechamento Esquerda e Barragem de Fechamento Direita.

##### a) Barragem de Santo Antônio

A Barragem de Santo Antônio estará situada no vale do córrego homônimo, com crista coroada na El. 100,00 e com cerca de 90,0 m de altura máxima. A crista possuirá uma largura de 7,5 m e extensão da ordem de 1.630 m (vide planta no Desenho BEL-B-BM-DE-BTE-100-0001 R0 constante da **FIGURA 1.4.5-1**).

As condições de fundação da Barragem de Santo Antônio exercem uma forte influência nas características da geometria de seus taludes, assim como na necessidade de prever bermas de equilíbrio que garantam a adequada estabilidade do maciço. Na parte central, a fundação é formada por maciço terroso constituídos por solos coluvionares e residuais de migmatito, que resulta em fundação convencional de barragens. Nas ombreiras, o material de fundação é constituído predominantemente por ritimitos e folhelhos, com a porção superior da ombreira esquerda constituída por maciços areníticos. Esses materiais apresentam baixos parâmetros de resistência, resultando em maciços de fundação pouco resistentes, em condições pouco usuais para barragens com tal envergadura.

Tendo em conta essas condições de fundação, a Barragem de Santo Antonio apresenta duas seções transversais típicas, conforme indicado no Desenho BEL-B-BM-DE-BTE-100-0002 R0 (**FIGURA 1.4.5-2**). Na região central, com cerca de 440,0 m de extensão, onde as condições de fundação são mais favoráveis, a seção da barragem será de enrocamento com núcleo central de solo argiloso. Os taludes de montante e de jusante são desprovidos de bermas e apresentarão inclinações de 1,8H:1,0V e 2,1 H:1,0H, respectivamente. O núcleo central terá declividades de 0,25 H:1,0 V, tanto no paramento a montante quanto no de jusante. A montante do núcleo será disposta uma camada de transição entre este elemento e o espaldar de enrocamento e, a jusante, a barragem contará com três camadas entre o núcleo e o espaldar, bem como um tapete horizontal, constituído por filtro arenoso e transições fina e média.

Nas ombreiras, onde as condições de fundação são desfavoráveis, a seção da barragem será homogênea, contando com sistema interno convencional de drenagem composto por filtro tipo chaminé interligado a um tapete drenante. O talude de montante será contínuo, apresentando inclinação de 2,6 H:1,0 V. O talude de jusante apresentará inclinação de 2,2 H: 1,0 V, entre bermas de 4,0 m de largura, situadas a cada 10,0 m de altura da barragem.

Condicionalada pelas características de baixa resistência da fundação nas ombreiras, além da declividade topográfica do terreno, para garantir a adequada estabilização da barragem foi necessário prever a implementação de berma de equilíbrio a montante, na ombreira direita, composta por enrocamento com 50,0 m de largura de crista, e inclinação de 2,2 H:1,0 V, até encontrar a superfície de fundação. Da mesma forma, na ombreira esquerda essa berma apresentará crista com 30,0 m de largura, e inclinação de 4,0 H:1,0 V.

Uma solução similar mostrou-se também necessária para garantir a estabilidade na região de jusante da barragem. As soluções definidas para as ombreiras direita e esquerda

apresentam-se ligeiramente diferentes em função das nuances topográficas, como a inclinação do terreno da fundação e formato do talvegue adjacente à área de implantação da barragem.

Assim sendo, para a estabilização do talude de jusante nas ombreiras foi necessário o emprego de uma berma de enrocamento com 90,0 m de largura e declividades de 8,0 H:1,0 V (ombreira esquerda) e 6,0 H:1,0 V (ombreira direita). Adicionalmente, na ombreira direita, será escavada uma trincheira, sob a berma de equilíbrio, com 5,0 m de largura na base (El. 15,65 m) e taludes de escavação com declividade de 2,5 H:1,0 V, intercalados com bermas de 3,0 m de largura a cada 5,0 m de altura.

Tendo em vista a presença de maciço arenítico de alta permeabilidade na fundação da ombreira esquerda, está prevista a instalação de tapete impermeável a montante da barragem, constituído por um sanduiche de solo com manta de polietileno de alta densidade. Observa-se que tal condicionante geológica só afeta a fundação da barragem na ombreira esquerda.

As águas provenientes do córrego Santo Antônio serão desviadas para a galeria de desvio do dique 6C, conforme antes já abordado.

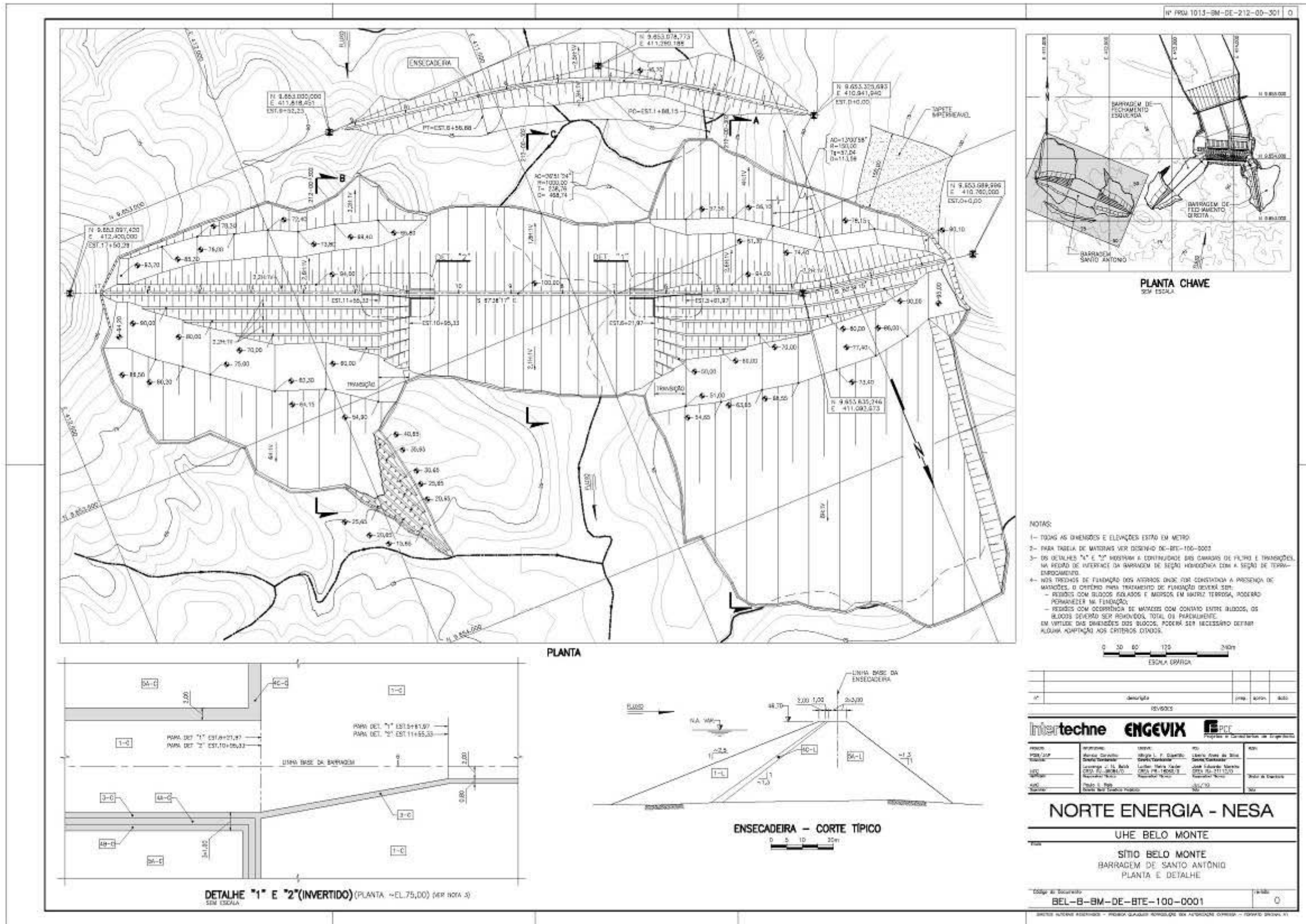


FIGURA 1.4.5-1 - Desenho BEL-B-BM-DE-BTE-100-0001 R0 – Sítio Belo Monte – Barragem de Santo Antônio

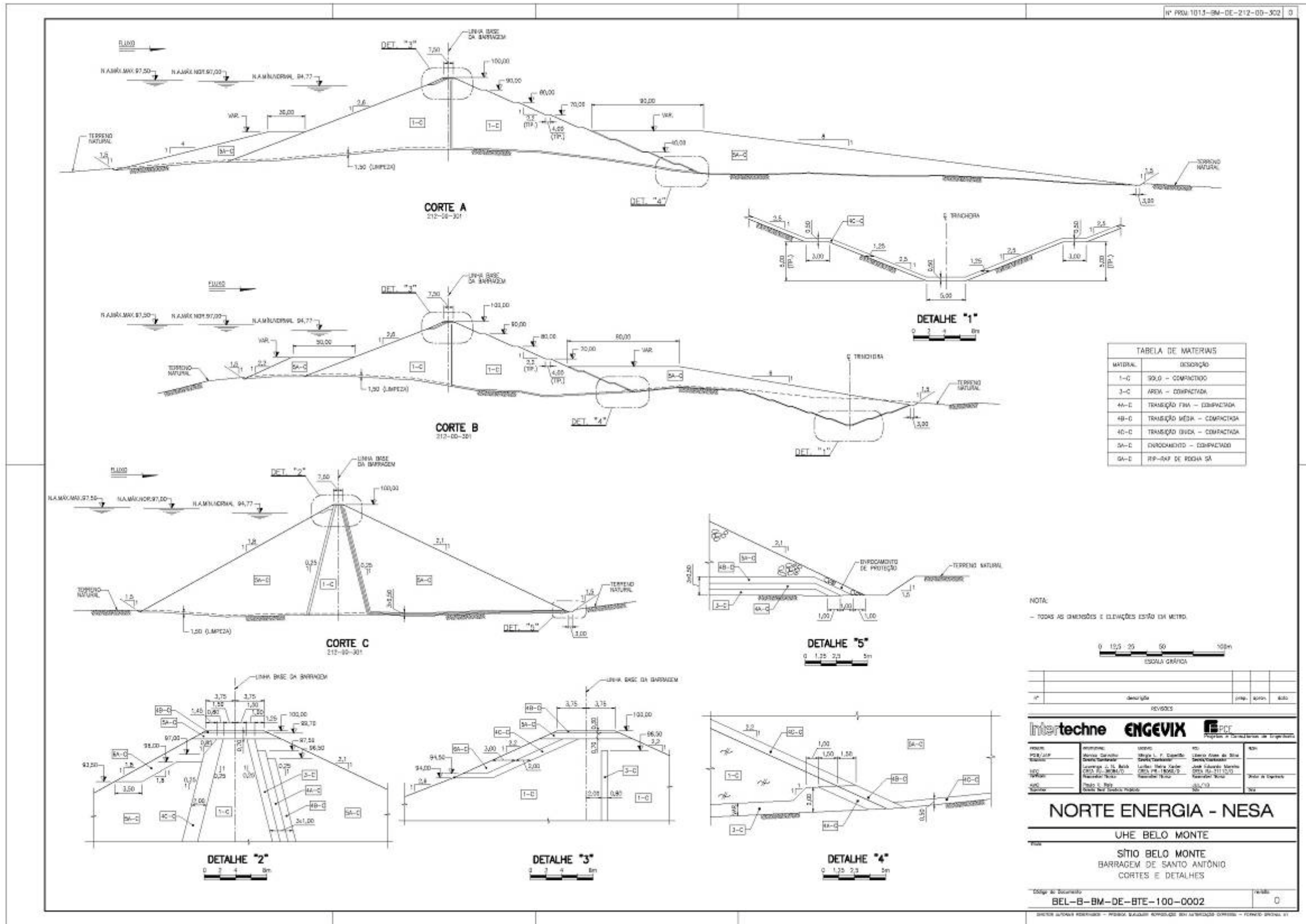


FIGURA 1.4.5-2 - Desenho BEL-B-BM-DE-BTE-100-0002 R0 – Barragem de Santo Antônio – Cortes e Detalhes

**b) Barragem de Fechamento Esquerda**

A Barragem de Fechamento Esquerda apresenta a crista coroada na El. 100,00, com altura máxima da ordem de 74,0 m. A crista possui largura de 7,5 m com uma extensão da ordem de 1.130,0 m.

As condições de fundação da Barragem de Fechamento Esquerda são semelhantes as da Barragem de Santo Antônio, existindo a predominância de condições desfavoráveis no fechamento junto à ombreira esquerda em decorrência de presença de maciços rochosos sedimentares, ritimitos e folhelhos. Desse modo essa barragem está concebida considerando as particularidades de cada trecho da fundação.

Na extremidade direita, onde existe o encosto da barragem com o trecho de barramento em concreto da Tomada de Água Principal, o maciço será de enrocamento com núcleo de argila sobre o maciço rochoso. Os taludes de montante e de jusante serão desprovidos de bermas e apresentarão declividades de 1,4 H:1,0 V. O núcleo central terá declividades de 0,25 H:1,0 V tanto a montante quanto a jusante, transicionando até o espaldar de enrocamento com camadas de filtro e transições.

Na região central (cerca de 620,0 m), onde as condições de fundação são mais favoráveis, a barragem também será de enrocamento com núcleo de argila. Os paramentos de montante e de jusante serão desprovidos de bermas e terão declividades de 1,8 H:1,0 V e 2,1 H:1,0, respectivamente. O núcleo central apresentará as mesmas declividades que as da seção junto ao encontro com a estrutura de concreto.

Na ombreira esquerda, onde as condições de fundação são desfavoráveis, a barragem terá seção homogênea, dotada de sistema interno de drenagem constituído por filtro septo vertical interligado a um tapete drenante. O talude de montante será desprovido de bermas intermediárias e apresentará declividade de 2,6 H:1,0 V. O talude de jusante terá inclinação de 2,2 H:1,0 V, com bermas de 4,0 m espaçadas a cada 10,0 m de altura. Em função das condições de fundação a montante na ombreira, a barragem será provida com uma berma de estabilização de enrocamento com 50,0 m de largura e declividade de 2,2 H:1,0 V. Para a estabilização do paramento de jusante a barragem apresentará uma berma de enrocamento com 90,0 m de largura e declividades de 6,0 H :1,0. Adicionalmente, na ombreira, deverá ser escavada uma trincheira, sob a berma de equilíbrio, com 5,0 m de largura na base (cota mais baixa na El. 29,00 m) e taludes de escavação com declividade de 2,5 H:1,0 V intercalados com bermas de 3,0 m de largura a cada 5,0 m de altura.

**c) Barragem de Fechamento Direita**

A Barragem de Fechamento Direita também terá a crista coroada na El. 100,00, com altura máxima da ordem de 54,0 m. A crista possuirá uma largura de 7,5 m, com uma extensão da ordem de 780,0 m. As condições de fundação da Barragem de Fechamento Direita são semelhantes as dos outros barramentos dessa região, existindo a predominância de condições desfavoráveis em decorrência de presença de rochas sedimentares, ritimitos e folhelhos.

Apenas junto à interface com a estrutura de concreto a barragem apresentará fundação com características mais favoráveis. Nessa região, a seção no encontro com o trecho de barramento em concreto da Tomada de Água Principal terá espaldares em enrocamento com núcleo central de argila, fundada sobre maciço rochoso de migmatito. As características desse trecho são semelhantes ao apresentado na ombreira esquerda da Barragem de Santo Antônio.

Na ombreira direita, onde as condições de fundação são desfavoráveis, a seção da barragem será homogênea com sistema interno de drenagem, filtro septo vertical interligado a um tapete drenante. O talude de montante será desprovido de bermas intermediárias e terá declividade de 2,6 H:1,0 V. O talude de jusante apresentará declividade de 2,2 H:1,0 V, intercalado com bermas de 4,0 m espaçadas a cada 10,0 m de altura. Em função das condições de fundação a montante na ombreira, a barragem será provida com uma berma de estabilização de enrocamento com 30,0 m de largura e inclinação de 4,0 H:1,0 V. Para a estabilização do talude de jusante a barragem apresentará uma extensa berma de enrocamento com 30,0 m de largura e declividades de 11,0 H:1,0, condicionada pela topografia levemente inclinada e a baixa resistência do material de fundação.

#### 1.4.5.3. **As Estruturas de Concreto e Principais Equipamentos Eletromecânicos Associados**

Conforme antes abordado, a Tomada de Água Principal possuirá dezoito blocos com largura de 33,0 m, dispostos ao longo do alinhamento do eixo do barramento, de forma que dez blocos se agrupam na esquerda hidráulica e os oito restantes à direita. Esses dois grupos são separados por dois blocos de gravidade, fechando o barramento. A ligação entre a Tomada de Água e as barragens de terra e enrocamento será feita através de dois muros de fechamento, laterais a esta estrutura.

O conjunto formado pela Tomada de Água Principal, pelos muros centrais e pelos muros laterais de fechamento possuirá uma extensão total de 819,0 m, com coroamento na El. 100,00, conforme pode ser observado nos Desenhos BEL-B-BM-DE-CAF-140-0001 e BEL-B-BM-DE-CAF-140-0002 R0 (**FIGURAS 1.4.5-3 e 1.4.5-4**).

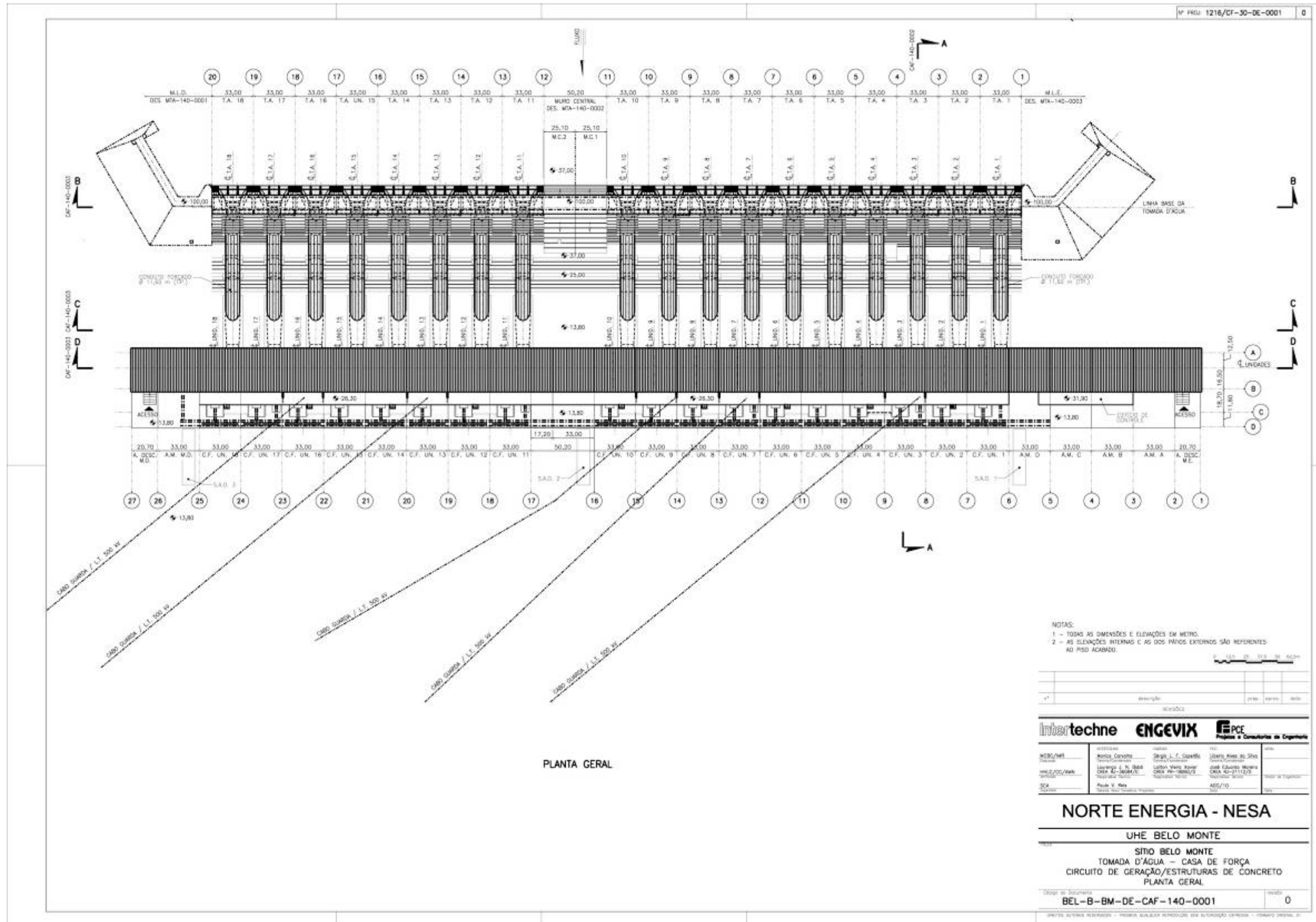


FIGURA 1.4.5-3 - Desenho BEL-B-BM-DE-CAF-140-0001 R0 – Sítio Belo Monte – Tomada d’Água e Casa de Força – Planta Geral



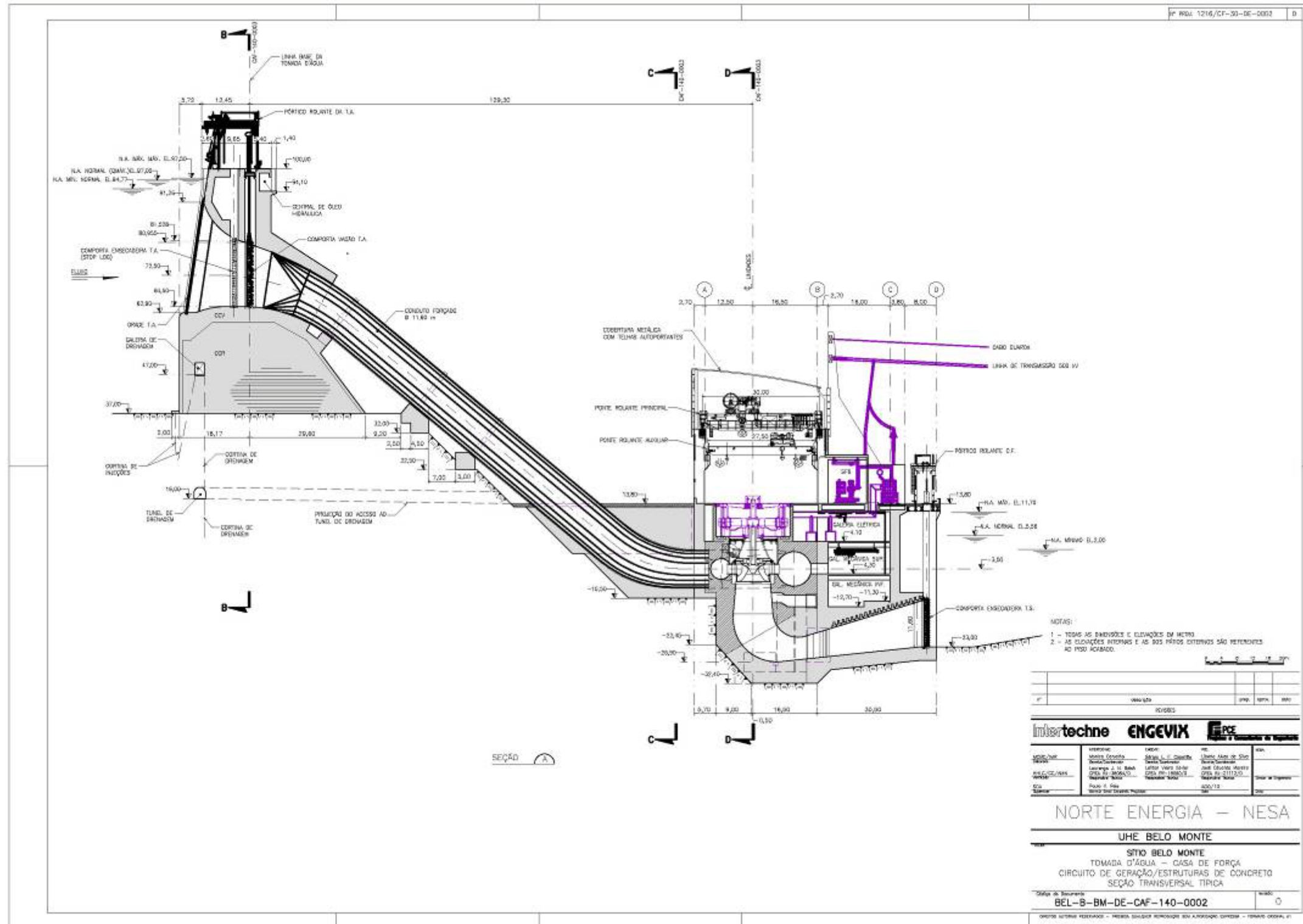


FIGURA 1.4.5-4 - Desenho BEL-B-BM-DE-CAF-140-0002 R0 – Sítio Belo Monte – Tomada D'Água e Casa de Força – Seção Transversal Típica

Cada um dos blocos terá emboques de adução de água de seção retangular, que derivarão as águas aos condutos forçados. O traçado hidráulico e as aberturas foram dimensionados para uma vazão nominal de 775 m<sup>3</sup>/s por emboque.

A seção da entrada onde serão instaladas as grades será dividida em três aberturas por bloco, separadas entre si por dois pilares, tendo cada uma das aberturas seção retangular de 6,30 m de largura por 28,0 m de altura. Essa seção hidráulica sofrerá redução gradual até a região da comporta vagão, mantendo o fluxo sempre em compressão.

Na Tomada de Água Principal serão instaladas dezoito comportas vagão, de emergência, com acionamento hidráulico por cilindros hidráulicos. Para a inspeção e a manutenção destas comportas será empregada uma comporta ensecadeira, a ser instalada na ranhura prevista a montante da comporta vagão.

A movimentação da comporta ensecadeira e das grades metálicas, bem como a manutenção das comportas vagão, será acionada por um pórtico rolante com capacidade de 1600 kN (gancho principal) e 700 kN (gancho auxiliar), tendo o caminho de rolamento uma extensão aproximada de 640 m.

A jusante do paramento vertical, na elevação 47,0 m, é prevista uma galeria de drenagem para implantação de um sistema de alívio de subpressões por intermédio de uma cortina de drenagem interligando a galeria a um túnel de drenagem com o piso na elevação 15,15 m. Sob o piso do túnel também é prevista uma cortina de drenagem com 10,0 m de profundidade. A água de infiltração captada pelos drenos será escoada para jusante, através de dois túneis de acesso que se desembocam na parede rochosa de escavação, a montante da Casa de Força Principal, na El. 13,8 m.

A exemplo da Tomada de Água, a Casa de Força Principal da UHE Belo Monte, do tipo abrigada, será composta por dezoito unidades geradoras, cada uma com 33,0 m de largura. Possuirá cinco unidades de Área de Montagem (AM), com 33,0 m cada, e duas unidades de Área de Descarga (AD), com 20,7 m de largura cada. Essas unidades serão dispostas em dois grupos separados: na esquerda hidráulica estarão agrupadas dez unidades geradoras, uma unidade AD e quatro unidades AMs; na direita, oito unidades geradoras, uma AM e uma AD. Esses grupos são separados por um septo rochoso de 50,2 m de largura, que se estenderá ao longo do Canal de Fuga, dividindo-o em dois canais, também conforme antes aqui já apontado.

No grupo das unidades da esquerda, uma AD e quatro AMs posicionam-se na margem esquerda do Canal de fuga, tendo em frente ao pátio de manobras, com 176,0 m de largura e destinado a manobras e acesso de carretas e caminhões. Em frente ao pátio e a jusante da AM, localiza-se o Edifício de Controle da usina, com 75,30 m de largura e quatro pisos para utilização das áreas de serviços vinculadas. No térreo desse edifício, contígua à área de montagem, estarão situadas as oficinas elétrica e mecânica, ferramentaria, almoxarifado, baterias, recepção e serviços de apoio. As salas de controle, engenharia, telecomunicações, painéis elétricos, administração, reuniões e pessoal em trânsito serão distribuídas nos demais pisos. Todos os pisos serão providos de sanitários e copa, elevador e escada. Na cobertura do prédio estarão a sala de máquinas do elevador, ar condicionado, caixa de água e barrilete.

Oito unidades da Casa de Força, uma AM e uma AD compõem o segundo grupo (o grupo da direita hidráulica). A montante das unidades da AM e AD, a direita do Canal de Fuga, está previsto também um pátio de manobras com 62,0 m de largura, destinado ao acesso a usina pelo lado direito.

Estão previstos três poços separadores de água e óleo para atender à drenagem da bacia dos transformadores da usina: dois posicionados nos pátios de manobras nas margens direita e esquerda hidráulica e um posicionado no septo rochoso que separa o canal.

Toda a área para acesso e circulação externa da usina encontra-se na EL. 13,80. A travessia para as laterais do Canal de Fuga será feita tanto por montante quanto por jusante da edificação. O acesso jusante/montante se dará através dos corredores que correm lateralmente às Áreas de Descarga (esquerda e direita). No trecho montante da usina estarão localizados os condutos forçados e os acessos ao túnel de drenagem.

Na área externa a jusante da edificação, na EL.13,80, estarão localizados os transformadores, a galeria da subestação SF6, as salas dos sistemas de ventilação e exaustão, as saídas de emergências e o caminho de rolamento do pórtico rolante para acionamento das comportas.

O acesso principal e controlado da usina será através do edifício de controle.

As entradas de equipamentos para a usina será feita pelas Áreas de Descarga, através de portões metálicos.

As dezoito turbinas hidráulicas, previstas para instalação no Sítio Belo Monte da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, são do tipo “Francis” de eixo vertical, com potência nominal estimada de 619,16 MW adequadas para acoplamento direto a um gerador de corrente alternada, trifásico.

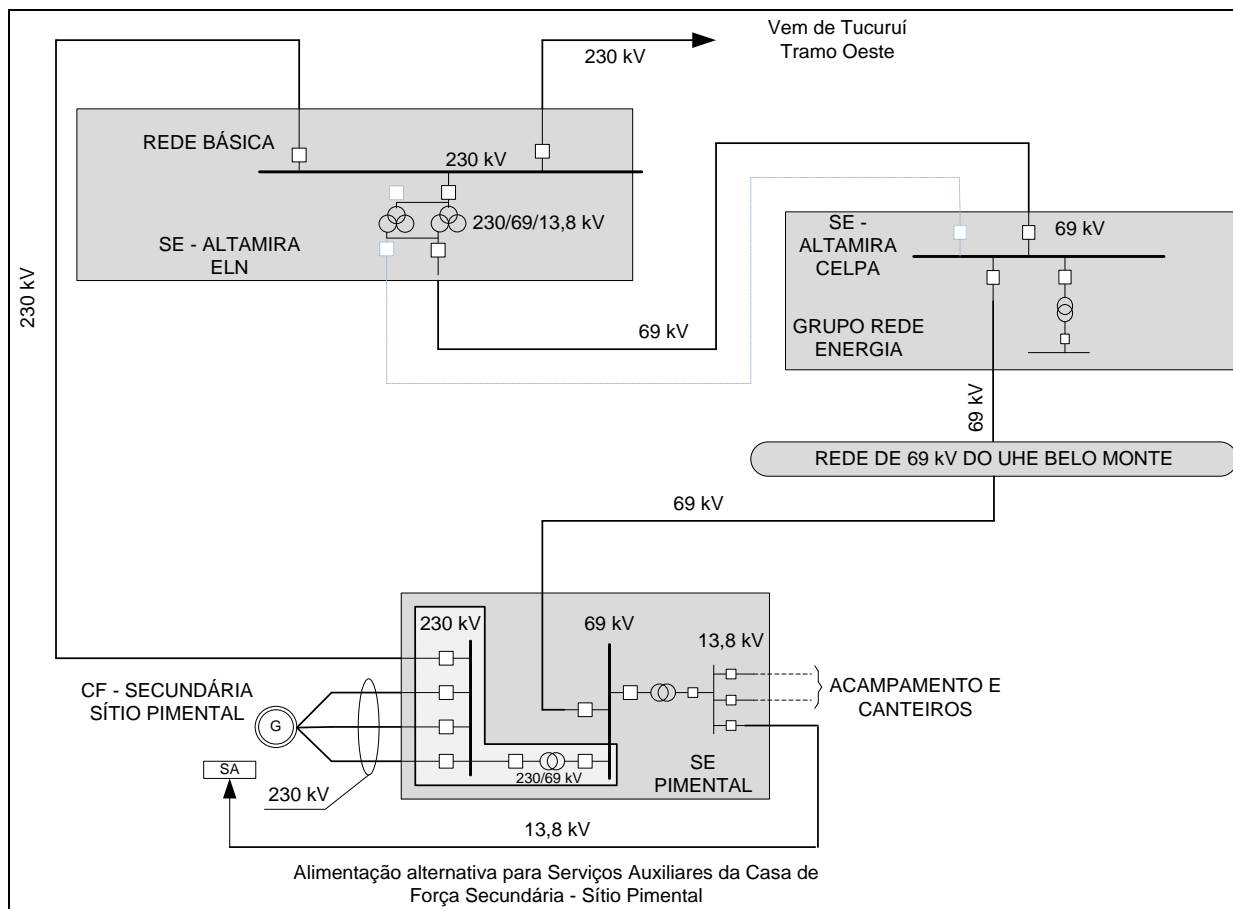
Comportas ensecadeiras do Tubo de Sucção serão utilizadas durante o esvaziamento e manutenção das unidades geradoras. A comporta ensecadeira será metálica de construção soldada, possuindo paramento e plano de vedação voltados para o lado de montante. Cada comporta ensecadeira será formada por painéis iguais e intercambiáveis, exceto o painel superior que será dotado de válvula *by-pass*. Os painéis serão manobrados com o auxílio da viga pescadora montada no gancho do pórtico rolante do Tubo de Sucção.

Estão previstas duas pontes rolantes principais para uso abrigado e duas auxiliares, acionadas por motores elétricos e equipadas com um gancho principal com capacidade estimada de 8.000 kN, a ser confirmada pela equipamento com maior carga. As pontes deverão ser usadas em conjunto para a instalação das turbinas e geradores, descarregamento de equipamentos dos caminhões no piso da Área de Montagem, assim como para serviços gerais.

Por fim, cabe pontuar que serão instalados dezoito geradores na Casa de Força Principal, do tipo síncrono, eixo vertical, polos salientes e regime contínuo. Sua potência nominal será de 679 MVA, com fator de potência nominal igual a 0,9, tensão nominal de 20 kV e frequência nominal de 60 Hz.

#### 1.4.6. Linhas de Transmissão e Subestações Associadas às Casas de Força Principal e Complementar

A potência instalada da Casa de Força Complementar, cujo montante é de 233,1 MW, será transmitida na tensão de 230 kV por um circuito de uso exclusivo até a SE 230 kV de Altamira Eletronorte, distante cerca de 61 km, que compõe a Rede Básica de Transmissão. Essa configuração pode ser observada na **1.4.6-1**.



Fonte: Projeto Básico de Engenharia da UHE Belo Monte. NESA, 2010.

**FIGURA 1.4.6-1** - Interligação 230 kV da Casa de Força Complementar e Fechamento de Anel em 69 kV entre as Casas de Força

A SE 230 kV Altamira/ELN atualmente funciona com a configuração de barra simples e deverá ser adequada pela transmissora para o arranjo de barra dupla 4 chaves.

A Casa de Força Complementar será interligada através de 03 (três) linhas curtas a SE Pimental 230/69/13,8 kV de uso exclusivo da usina. O setor de 230 kV terá a configuração Barra Dupla a 4 Chaves e além dos 03 (três) vãos de linha curta, contará com o vão de linha para interligação com a SE Altamira/ELN, um vão de interligação de barras e vão para um transformador 230/69 kV.

O setor de 230 kV da SE Pimental, cuja operação será iniciada quando da energização da primeira máquina da Casa de Força Complementar, será integrado ao setor de 69 kV, através de um transformador de 230/69 kV. É importante lembrar que quando ocorrer a entrada em operação do setor de 230 kV, o setor de 69 kV já estará instalado na subestação, cumprindo a função de alimentar as cargas dos canteiros de obra e acampamentos do Sítio Pimental.

A conexão dos setores de 230 kV e 69 kV da SE Pimental terá um papel importante na configuração do Sistema de Transmissão e Subtransmissão da UHE Belo Monte. Tal conexão propiciará o fechamento do anel 230/69 kV entre as SEs Altamira, Pimental (Casa de Força Complementar) e SE Auxiliar Belo Monte (Casa de Força Principal), provendo confiabilidade na alimentação alternativa dos Serviços Auxiliares das Casas de Forças Principal e Complementar da UHE Belo Monte.

Por sua vez, a potência instalada da Casa de Força Principal, cujo montante é de 11.000 MW, será transmitida na tensão de 500 kV através de 5 (cinco) circuitos de uso exclusivo até a SE 500 kV de Xingu, distante cerca de 17 km, cuja concessão pertence ao grupo Isolux-Corsán Energia, encontra-se atualmente em construção e faz parte da interligação Manaus – Tucuruí.

A modulação da Casa de Força Principal será desenvolvida de forma a se construir primeiro um conjunto modular para 10 (dez) máquinas e, posteriormente, o segundo conjunto para 08 (oito) máquinas, resultando assim na configuração mostrada na **1.4.6-2**.

Observa-se pela configuração o agrupamento das unidades geradoras em cinco conjuntos, relacionados às suas respectivas Linhas de Transmissão:

Conjunto 1: unidades G1, G2, G3 e G4;

Conjunto 2: unidades G5, G6, G7 e G8;

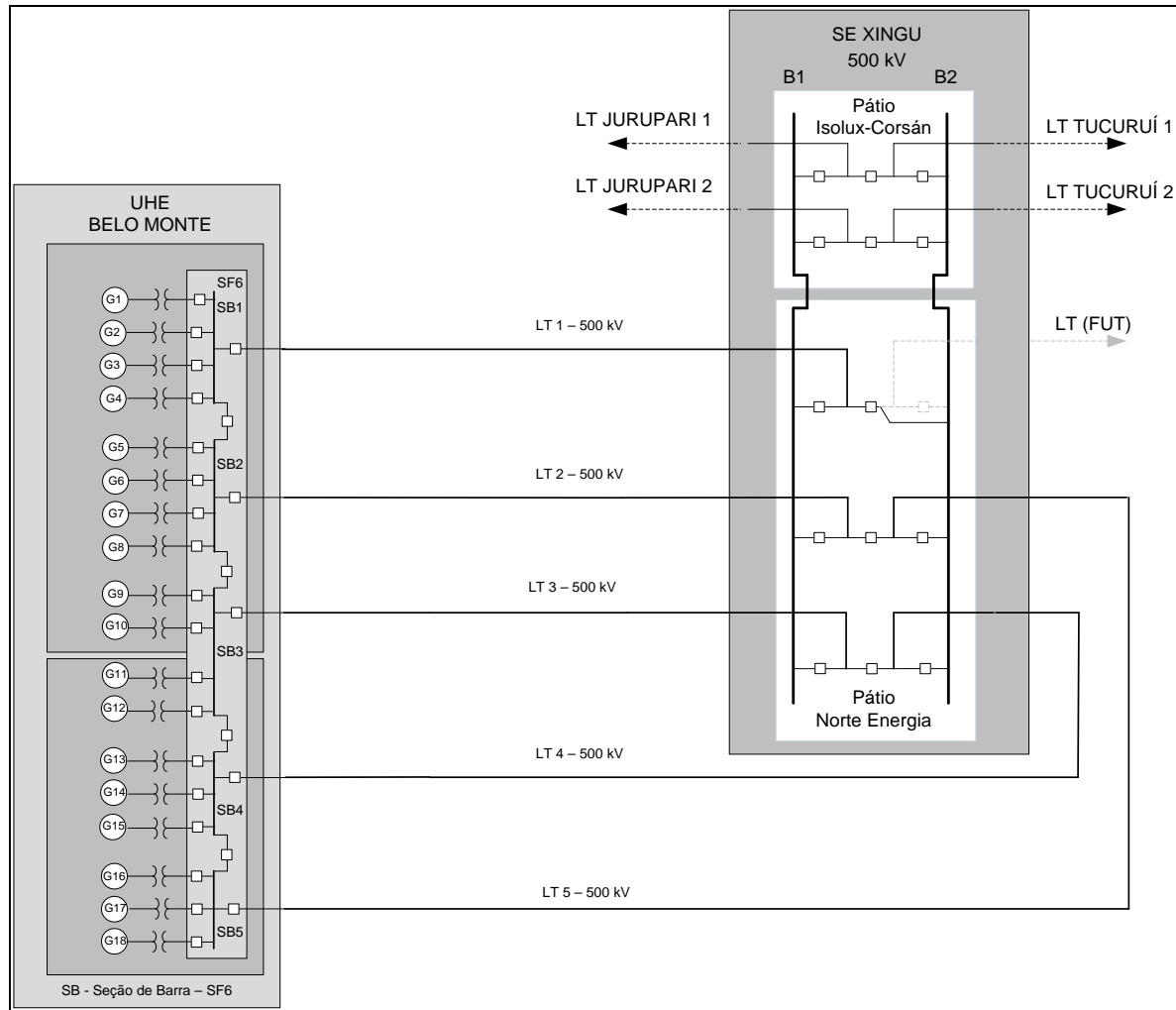
Conjunto 3: unidades G9, G10 e G11;

Conjunto 4: unidades G12, G13 e G14; e

Conjunto 5: unidades G15, G16, G17 e G18.

A subestação da Casa de Força Principal terá a configuração em Barra Simples isolada em SF6, dividida em seções conforme os agrupamentos de máquinas descritos.

As Linhas de Transmissão 500 kV foram concebidas de modo a seguirem duas rotas distintas visando a reduzir as respectivas faixas de servidão e, conseqüentemente, atenuando o impacto ambiental na região. As conexões das linhas na SE Xingu se efetuarão em lados opostos da subestação compondo vãos específicos, também conforme indicado no diagrama da **1.4.6-2**.



Fonte: Projeto Básico de Engenharia da UHE Belo Monte. NESA, 2010.

**FIGURA 1.4.6-2** - Concepção do Sistema 500 kV de Transmissão da Casa de Força Principal

A SE Xingu da Isolux-Corsán Energia será ampliada para receber a conexão da UHE Belo Monte e os reforços de transmissão necessários ao escoamento da energia gerada pela usina. A SE Xingu é do tipo desabrigada e possui arranjo de barramento tipo Barra Dupla com Disjuntor e Meio.

O sistema de transmissão a partir da SE 500 kV Xingu, necessário ao escoamento da energia gerada na Casa de Força Principal da UHE Belo Monte, está sendo estudado pela EPE. Esse sistema integrará a Rede Básica de Transmissão e, portanto, deverá ser licitado pelo Poder Concedente de acordo com as normas vigentes.

#### 1.4.7. Materiais Naturais de Construção

A pesquisa de materiais naturais de construção para as estruturas de terra (diques e barragens) e de concreto englobou a ocorrência de materiais argilosos, jazidas de areia e pedreiras, levando em consideração seus posicionamentos em relação aos locais de aplicação, as distâncias de transporte decorrentes, bem como as disponibilidades de volumes em cada local estudado. Observa-se, no entanto, que por ocasião do desenvolvimento do Projeto Básico de Engenharia não foram realizadas investigações

geológico-geotécnicas complementares àquelas antes efetivadas e, assim, foram mantidas as conclusões antes constantes dos Estudos de Viabilidade de Engenharia.

#### 1.4.7.1. Sítio Belo Monte

##### a) Solos

O Desenho BEL-B-BM-DE-BTE-100-0005, apresentado na **FIGURA 1.4.3-2**, indica a localização das principais fontes de materiais investigados no Sítio Belo Monte, onde a pesquisa das áreas de empréstimo abrangeu uma superfície total da ordem de 17,2 km<sup>2</sup>, distribuída ao longo de vinte e seis áreas investigadas, todas localizadas dentro de um afastamento inferior a 2 km em relação aos eixos dos barramentos.

Nas áreas de empréstimo do Sítio Belo Monte existe grande diversidade de solos, verificando-se, portanto, materiais com características geotécnicas bastante distintas. Conforme suas destinações, todos os solos investigados podem ser indistintamente aplicados nas obras de terra. Em geral, verifica-se não existir diferenças numéricas significativas nos parâmetros de permeabilidade e de compressibilidade desses solos, que possam interferir nos dimensionamentos dos barramentos. De qualquer modo, pode-se prever que algum zoneamento dos aterros poderá se mostrar interessante, durante a execução das estruturas, em função das umidades naturais que estiverem sendo observadas e das características de compactação verificadas para cada material, em função dos equipamentos de transporte e de compactação.

Com relação aos parâmetros de resistência, é importante ressaltar que todos os solos possuem envoltórias de resistência superiores ou, no mínimo, iguais às dos solos de fundação.

Como fonte principal de material para os aterros, foi previsto o aproveitamento quase integral dos solos oriundos de escavações obrigatórias, sobretudo do Canal de Fuga, incluído quase que integralmente na Área de Empréstimo D. Considerando as suas propriedades geotécnicas, deverão ser utilizados prioritariamente os solos residuais e de alteração de granito-gnaiss (migmatito), o colúvio superficial e os terraços fluviais, destinados principalmente às Barragens Lateral Direita e Esquerda da Tomada de Água.

No trecho de jusante do Canal de Fuga, apesar de ocorrerem em camadas com espessuras da ordem de até 10,0 m, esses solos situam-se, em grande parte, em locais topograficamente baixos, sujeitos sazonalmente à submersão pelas águas do rio Xingu e à saturação completa por águas de chuva. Dessa forma, é indispensável programar adequadamente a escavação destes solos de forma a controlar o seu teor de umidade, tanto para uso nos maciços das barragens como pela necessidade de se garantir o tráfego dos equipamentos. Para tanto, o planejamento deverá contemplar que as escavações deverão ocorrer principalmente nos períodos de estiagem, devendo também ser prevista a execução de trincheiras drenantes que assegurem o rebaixamento do lençol freático nas áreas mais baixas.

Quanto aos solos das áreas de empréstimo, sobretudo aqueles existentes nas áreas D1, D2, E e F, localizadas dentro dos limites do reservatório, prevê-se a sua utilização nos diques 6A, 6B, 6C, 7A e 7B.

## b) Areia e Cascalho

As três jazidas estudadas de areia e cascalho, denominadas de Jazidas I, II e III, localizam-se no rio Xingu, a distâncias de 6, 1,5 e 14 km da Casa de Força Principal, respectivamente. O volume total disponível nessas jazidas é de aproximadamente 28 milhões de m<sup>3</sup>, sendo a Jazida III a maior, com cerca de 22 milhões de m<sup>3</sup>.

As areias investigadas no Sítio Belo Monte apresentam valores de permeabilidade da ordem de  $1 \times 10^{-2}$  cm/s. Análises granulométricas realizadas em amostras das jazidas I e III indicam que, na matriz arenosa, cerca de 35% é de areia fina, sendo os 65% restantes constituídos por frações médias e grossas. Na jazida II, a areia apresenta granulometria predominantemente fina.

Como agregado miúdo para concreto, os materiais de todas as jazidas pesquisadas apresentam boas características físicas, são inócuos à atividade álcalis-sílica e com características granulométricas adequadas.

## c) Rocha

Foi considerada a utilização das rochas cristalinas do Complexo Xingu, provenientes das escavações obrigatórias que serão realizadas nas áreas da Tomada de Água Principal, Conduitos Forçados, Casa de Força Principal e Canal de Fuga.

Testemunhos de rocha obtidos nas sondagens rotativas, executadas na fundação das estruturas de concreto, foram submetidos a ensaios de caracterização, visando avaliar suas qualidades como agregados para concreto, enrocamento e materiais de filtros e transições. A análise dos resultados desses ensaios mostrou que o material é adequado para estas finalidades.

### 1.4.7.2. Diques

A pesquisa de materiais naturais de construção executada para os diques do Reservatório Intermediário envolveu a localização e caracterização de áreas de empréstimo de solos, pedreiras e depósitos de materiais granulares, buscando atender a uma seção típica de barramento, constituída por maciço de terra homogêneo. O Desenho BEL-B-BM-DE-BTE-100-0005 (**FIGURA 1.4.3-2**), antes aqui referenciado, apresenta a localização das fontes de materiais investigados.

No reconhecimento geológico de campo, restrito aos locais de implantação das obras e às áreas de empréstimo circunvizinhas, foram localizados depósitos de materiais granulares, nas imediações do antigo sítio Bela Vista, que atenderá aos diques localizados na porção sul da área. Para a fase de Projeto Executivo, o Projeto Básico de Engenharia recomendou novas pesquisas com esta finalidade,

A pesquisa de materiais pétreos limitou-se à seleção de locais favoráveis à implantação de pedreiras, os quais deverão ser investigados na fase de Projeto Executivo, para caracterização física e tecnológica desses materiais. Ressaltam-se também os quatro afloramentos rochosos identificados no antigo Sítio Bela Vista, que apresentam potencialidade para instalação de pedreiras. Destes, dois estão situados juntos ao trecho final do Travessão do km 55, e os outros na forma de lajedo, na margem esquerda do rio Xingu.

As áreas de empréstimo, delimitadas principalmente nas encostas dos morros próximos aos diques, foram investigadas através de mapeamento geológico de superfície e sondagens a trado para amostragem do material. Foram realizados ensaios de caracterização e



especiais, em materiais coletados em diversas áreas de empréstimo e considerados representativos das diversas ocorrências. Da análise dos resultados dos mapeamentos e ensaios, ficou caracterizada a existência de coluviões, solos residuais e de alteração de arenito, migmatito e granito, não havendo restrições à utilização desses materiais em qualquer dos diques previstos.

Os volumes disponíveis nas áreas de empréstimo são bem superiores aos volumes necessários à construção dos diques, recomendando-se que os estudos posteriores sejam conduzidos em áreas menores, selecionando-se os materiais mais adequados às estruturas.

Para os diques situados na região do Sítio Belo Monte, foram investigadas 26 áreas de empréstimo, situadas em duas regiões geologicamente distintas: a primeira, de rochas sedimentares, abrangendo os diques DIK-01 a DIK-04 e parcialmente os DIK-6A, DIK-6B, DIK-6C e DIK-7A; e a segunda, de rochas migmatíticas e graníticas, que se estende do DIK-7B ao DIK-20. Na amostragem foram coletados solos residuais e de alteração de migmatitos, granitos, arenitos e ritmitos e, ainda, coluviões.

No Sítio Pimental não foram detalhadas áreas de empréstimo para construção dos prováveis diques, sendo que o mapeamento geológico de superfície identificou a ocorrência de solos provenientes das rochas cristalinas do Complexo Xingu e, limitada aos talwegues, a presença de aluviões.

#### 1.4.7.3. Sítio Pimental

O Desenho BEL-B-PM-DE-GER-112-0012 (**FIGURA 1.4.7-1**) apresenta a localização e volumes das principais fontes de materiais investigados.

##### a) Solo

Para a construção das barragens de terra e terra-enrocamento, do eixo selecionado do Sítio Pimental, foram investigadas áreas de empréstimo nas margens e ilhas do rio Xingu, todas situadas nas proximidades do eixo das estruturas.

Na margem direita do rio foram estudadas duas áreas de empréstimo, enquanto na esquerda somente uma, todas localizadas nas ombreiras do barramento ou elevações próximas. Nestas áreas foram identificados apenas solos de alteração do migmatito, recobertos por pequena espessura de material coluvionar.

O traço mais notável das áreas de empréstimo das margens é a ocorrência de blocos de migmatito, aleatoriamente distribuídos ao longo dos morros e baixadas, cuja delimitação é de grande importância nas estimativas de volumes.

Para a estimativa dos volumes de solo dessas áreas foi considerado o mapeamento das ocorrências de blocos (matacões) em superfície, com posterior verificação dessa feição em subsuperfície, através de sondagens a trado realizadas na região para cubagem das áreas. Com isso foi possível delimitar regiões com pouca ocorrência de blocos em superfície e subsuperfície, em relação a áreas com maiores concentrações. Nessas condições, chegou-se a uma disponibilidade superior a 9,5 milhões de m<sup>3</sup> de solos que podem ser aproveitados nas estruturas de terra.

Com a mesma origem geológica dos solos de migmatito identificados nas margens do rio Xingu, deve-se ressaltar a ocorrência de materiais capeando as Pedreiras 1 e 4, situadas nas ilhas do Reinaldo e da Serra, respectivamente, que poderão ser utilizados nas diversas estruturas de terra, incluindo as ensecadeiras mais próximas. O volume global estimado para as duas áreas é de cerca de 0,6 milhões de m<sup>3</sup>.

Outro material investigado, que capeia as Ilhas do Forno, Pimental, Marciana, do Meio e do Canteiro, é o aluvião argilo siltoso. Para este material foi cubada uma reserva da ordem de 10 milhões de m<sup>3</sup>.

Como o solo originado do migmatito possui origem geológica semelhante ao que ocorre no Sítio Belo Monte, estudado detalhadamente nos Estudos de Viabilidade, julgou-se ser possível adotar os mesmos parâmetros e índices físicos utilizados na fase anterior de estudos.

Já com relação ao aluvião argilo siltoso, por não apresentar similaridade com o material estudado nesses Estudos, julgou-se pertinente a realização de ensaios de laboratório para permitir sua caracterização geotécnica. Esse solo apresenta características altamente plásticas, cor cinza amarelada, com 70% de argila, 29% de silte e 1% de areia fina, sendo que a sua umidade ótima é de aproximadamente 30%. Pela forma de sua ocorrência na região de interesse, e pelos resultados obtidos nos ensaios de laboratório sobre amostras deste material, o mesmo mostrou-se adequado para uma intensa utilização nas estruturas de barramento, podendo ser incluída também a perspectiva de lançamento nos aterros das diversas enseadeiras previstas para esse sítio.

#### **b) Areia e Cascalho**

Todas as jazidas de areia pesquisadas, denominadas de A a G, estão localizadas ao longo do rio Xingu, com distâncias nunca superiores a 4 km do eixo de barramento. Exceto a Jazida G, todas as demais estão situadas a montante das estruturas, sendo que o volume cubado em todas as jazidas é de aproximadamente 2,2 milhões de m<sup>3</sup>.

Para utilização como material em filtros e transições, a areia ensaiada apresentou coeficientes de permeabilidade adequados, com valores próximos a  $2 \times 10^{-2}$  cm/s. Análises granulométricas realizadas no material pesquisado indicam que na matriz arenosa cerca de 15% é de areia predominantemente fina, 75% de areia média e 10% de areia grossa. Os percentuais de cascalho encontrados foram insignificantes.

Como agregado miúdo para concreto, os materiais de todas as jazidas pesquisadas apresentam, visualmente, boas características para esta finalidade. Os materiais ensaiados nas jazidas denominadas Ilhas da Serra (englobando as áreas D, E e G), Marciana (C), Pimental (englobando as áreas A e B) e de Areia (F), apresentam boas características físicas, são inócuos à atividade álcalis-sílica e com características granulométricas aceitáveis.

#### **c) Rocha**

Como fonte de material pétreo para utilização nas estruturas de concreto, de terra e enrocamento, enseadeiras, proteções e canteiros, foram identificadas cinco pedreiras, distribuídas ao longo do sítio estudado. Exceto a Pedreira 2, localizada a cerca de 3 km, todas as demais situam-se muito próximas ao eixo das estruturas. O volume cubado nestas pedreiras foi estimado em 3,3 milhões de m<sup>3</sup>.

Deve-se considerar também a disponibilidade de rocha oriunda das escavações obrigatórias nas fundações das estruturas de concreto e nos canais de aproximação e restituição do Vertedouro. Dependendo do interesse verificado durante a construção, os canais de aproximação e de restituição poderão ser ampliados para obtenção de volumes adicionais.

Não foram executados ensaios em amostras de rocha do Sítio Pimental, visando a sua caracterização como material de filtros e transições, e como agregado grosso para concreto. Dada a similaridade da origem geológica das rochas deste local com as do Sítio Belo Monte,

estudadas nos Estudos de Viabilidade, julgou-se ser possível adotar os mesmos parâmetros e índices físicos utilizados na fase anterior de estudos.

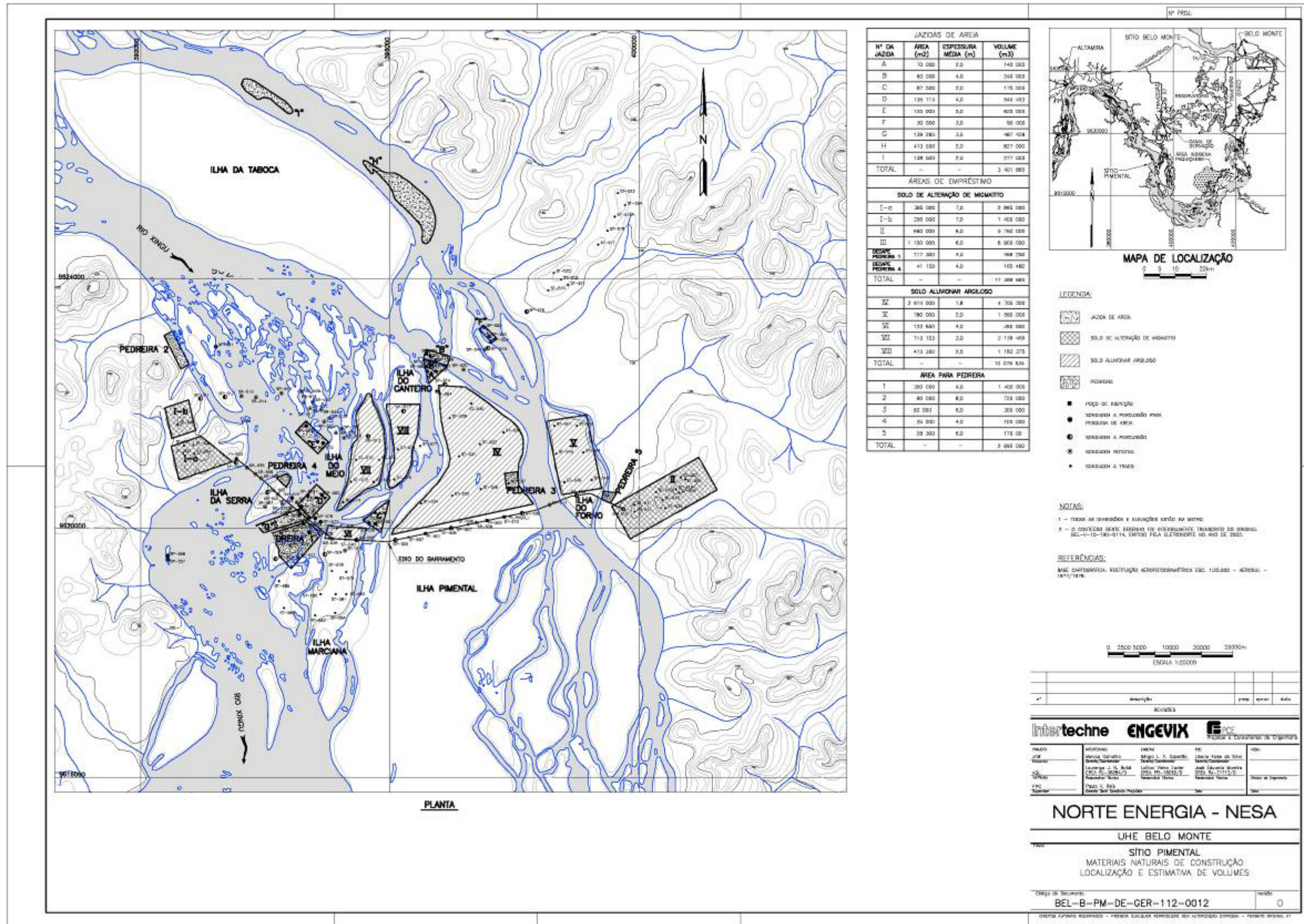


FIGURA 1.4.7-1 - Desenho BEL-B-BM-DE-GER-112-0012 R0 – Materiais Naturais de Construção – Localização e Estimativa de Volume

#### 1.4.7.4. **Canal de Derivação e Canais de Transposição**

A utilização de materiais terrosos e pétreos para a execução do revestimento de fundo e taludes do Canal de Derivação e dos Canais de Transposição terá sua origem nas escavações obrigatórias desses componentes do arranjo geral.

O mapeamento geológico de superfície indicou que todos os canais serão implantados em solo ou rocha cristalina do Complexo Xingu. Durante a campanha executada no ano de 2009 foram realizadas algumas sondagens rotativas no local destas estruturas, que permitiram a classificação preliminar do maciço rochoso. Complementando essas informações diretas, considerando as altas velocidades de propagação de ondas sísmicas observadas durante a campanha de geofísica, pode-se esperar a ocorrência de rocha de boa qualidade geomecânica para as finalidades previstas. Considerando também o grande volume previsto de escavação em rocha para a implantação dos canais, bastante superior às necessidades de consumo estimadas, pode-se admitir que sempre será possível contar com o selecionamento de materiais mais adequados, a ser executado nas frentes de escavação.

Dada a similaridade da origem geológica das rochas deste local com as do Sítio Belo Monte, julgou-se ser possível adotar os mesmos parâmetros e índices físicos das rochas e solos utilizados na fase anterior de estudos.

Como fonte de material granular foram identificadas duas jazidas, denominadas H e I, localizadas na calha do rio Xingu, nas proximidades do emboque do canal. Por ocuparem uma extensa área superficial, não foram executadas sondagens para permitir o cálculo de volume com maior precisão, sendo estimado de forma conservadora um volume superior a 1,0 milhão de m<sup>3</sup> de material disponível. Visualmente apresentam características granulométricas semelhantes às encontradas nos materiais do Sítio Pimental.

Outra fonte de material granular, situada na porção sul do Reservatório Intermediário, denominada Jazida I, está localizada no leito do rio Xingu, a cerca de 3 km de distância do dique 28, possuindo volume cubado superior a 0,4 milhões de m<sup>3</sup>. Para utilização como material em filtros e transições, a areia ensaiada apresentou coeficientes de permeabilidade adequados, com valores médios de  $2 \times 10^{-2}$  cm/s. Análises realizadas no material pesquisado indicam que, na matriz arenosa e para a curva granulométrica média, cerca de 32% é de areia fina, 48% de areia média e 8% de areia grossa. Os percentuais de cascalho encontrados ficaram na faixa de 12%.

Ainda nessa região situada ao sul do Reservatório Intermediário, foram identificadas quatro áreas potenciais para instalação de pedreiras, todas elas com ocorrência de rochas migmatíticas do Complexo Xingu. Destas, duas estão situadas junto ao trecho final do Travessão 55, e as outras na forma de lajedo, na margem esquerda do rio Xingu. Não foram realizadas sondagens para investigação e cubagem das áreas, sendo que as inspeções de campo sugerem rocha de boa qualidade geomecânica, com volumes seguramente superiores aos necessários para utilização nas diversas estruturas, como material de filtros, transições e enrocamento e agregado graúdo para concreto.

## 1.5. Cronograma Construtivo

### 1.5.1. Considerações Gerais sobre a Logística de Construção

A seqüência de construção e os prazos adotados levam em conta os volumes de serviços a serem executados, bem como a melhor seqüência das atividades, de forma a manter o ritmo da produção e evitar a descontinuidade nos serviços.

O período mais propício para execução de serviços de escavação obrigatória comum e aterro é entre junho e dezembro. Nos outros meses foram previstos índices baixos de produção. Nas demais atividades foi prevista a execução de serviços nos meses de chuva com um índice de produção de cerca de 50 a 85% do normal.

Os prazos para execução dos serviços de escavação comum foram fixados de modo a se ajustarem ao reaproveitamento desses materiais para execução de aterro nas obras de barragens, diques, ensecadeiras e aterros para canteiros. O histograma dos serviços segue uma distribuição de acordo com a pluviometria ou trabalhabilidade do material terroso.

No Projeto Básico de Engenharia considerou-se que todas as escavações obrigatórias comuns do Canal de Derivação que se encontrarem a uma distância de transporte de até 3,0 km serão reaproveitadas em aterros de diques. Já para a escavação de rocha desse canal, todo material escavado, até a distância de transporte de 10,5 km, será reaproveitado como proteção de talude e transição nos diques.

Na escavação do Canal de Fuga da Casa de Força Principal, grande parte do material será reaproveitado diretamente na seção da Barragem do Santo Antônio. Do restante, parte irá para estoque intermediário e parte será utilizado como agregado de concreto.

O material aluvionar proveniente de escavação da área ensecada do Vertedouro será utilizado como agregado fino de concreto e filtro para barragens e ensecadeiras no Sítio Pimental. Para os outros sítios, os materiais arenosos serão provenientes das dragagens das jazidas no leito do rio e transportados para as áreas de aproveitamento ou beneficiamento. Os finos da britagem de materiais pétreos ou finos de escavações poderão ser aplicados diretamente nas seções de barragens ou ser utilizados como agregado de concreto.

Com relação ao histograma de lançamento e/ou compactação de aterro, o mesmo está previsto para seguir uma distribuição de acordo com o regime de chuvas da região e com a trabalhabilidade do material terroso.

O material rochoso lançado ou compactado acompanhará, nos casos possíveis, a escavação obrigatória de rocha a céu aberto ou de pedreira. As proteções a montante de diques e barragens serão efetuadas com materiais provenientes de estoques. Também está previsto o reaproveitamento de material proveniente da remoção de diversas ensecadeiras.

Já no tocante aos grandes volumes de escavação em solo e em rocha a serem realizados nos canais, notadamente para o Canal de Derivação, estes exigirão cuidados especiais na sua disposição nos bota-fora, tendo em vista que constituirão novos elementos importantes na paisagem local. A localização dos bota-foras deverá buscar a minimização das distâncias de transporte e áreas de desapropriação, que refletirão, inclusive, no custo direto da obra e deverão assegurar uma obra ambientalmente adequada.

### 1.5.2. Sequência Construtiva

Na **FIGURA 1.5.2-1** apresenta-se o cronograma físico constante do Projeto Básico de Engenharia, destacando-se os seguintes marcos principais:

Início das instalações dos canteiros (intervenções iniciais): final do terceiro trimestre do ano “zero” do cronograma;

Início das obras civis: meados do segundo trimestre do ano II;

Final da etapa de instalação dos canteiros: meados do segundo trimestre do ano IV;

Desvio do rio pelo Vertedouro: terceiro trimestre do ano IV;

Enchimento do Reservatório do Xingu: primeiro trimestre do ano VI;

Início da geração na Casa de Força Complementar: primeiro trimestre do ano VI, vinculado ao enchimento do Reservatório do Xingu;

Entrada em geração da última (sexta) unidade da Casa de Força Complementar: final do último trimestre do ano VI;

Início do enchimento do Reservatório Intermediário: início do primeiro trimestre do ano VII;

Início da geração da primeira unidade da Casa de Força Principal: início do primeiro trimestre do ano VII, vinculado ao enchimento do Reservatório Intermediário; e

Entrada em geração da última (décima oitava) unidade da Casa de Força Principal, caracterizando o início da operação a plena carga da UHE Belo Monte: primeiro trimestre do ano X.

#### 1.5.2.1. Sítio Pimental

A seqüência de construção das obras do sítio Pimental foi concebida considerando que o desvio do rio Xingu deverá ser realizado em duas fases, conforme antes explicitado.

Na primeira fase, que deverá ter duração de 34 meses contados a partir da emissão da ordem de serviço, o rio escoará pelos canais à direita da Ilha da Serra, com o fluxo nos canais central e esquerdo interrompido. Nessa fase, serão construídas as estruturas de concreto do Vertedouro, Muros, Tomada de Água/Casa de Força Complementares e a Barragem Lateral Esquerda.

Na segunda fase de desvio, com duração de 10 meses, o escoamento está previsto para ocorrer por doze vãos do Vertedouro concluídos na 1ª fase, estando o canal direito ensecado, para a construção da Barragem Lateral Direita. A ensecadeira de montante dessa etapa construtiva deverá ser alteada até cota apropriada para permitir a entrada em operação das primeiras unidades da Casa de Força Complementar.

O início do enchimento do Reservatório do Xingu, a partir da conclusão das obras no Sítio Pimental, poderá ser programado para dezembro de 2014.

#### 1.5.2.2. Reservatório Intermediário/Canal de Derivação

Para início das obras do Reservatório Intermediário, incluindo o trecho de jusante do Canal de Derivação, será necessária a execução de 30 km de novos acessos e de melhorias em outros 12 km existentes, a partir da rodovia Transamazônica, à altura do Sítio Belo Monte e por melhorias no Travessão 27.

No planejamento de construção apresentado no Projeto Básico de Engenharia, o Canal de Derivação foi dividido em oito trechos que serão executadas de forma consecutiva, mas independentes. As áreas de disposição dos botaforas estarão localizadas nos vales dos igarapés e está planejada a execução de um sistema secundário de canais e pequenos vertedouros para conduzir de forma controlada as vazões dos igarapés cortados e das vazões devido a chuvas para o leito do rio Xingu e para o leito dos igarapés na área do Paquiçamba.

A conclusão das obras no Reservatório Intermediário/Canal de Derivação liberará o enchimento final desse reservatório, possibilitando a entrada em operação das unidades geradoras do Sítio Belo Monte.

As obras do Sítio Belo Monte, estão previstas para serem executadas no prazo de 95 meses, compreendidos entre a emissão da ordem de serviço e a entrada em operação da 18ª Unidade.

A primeira Unidade Geradora é prevista entrar em operação comercial 61 meses após a emissão da ordem de serviço.



