

**ATUALIZAÇÃO DO INVENTÁRIO HIDRELÉTRICO DA
BACIA DO RIO XINGU**

CONSOLIDAÇÃO DOS ESTUDOS REALIZADOS

RELATÓRIO GERAL

**VOLUME I – TEXTO
TOMO I**

PROCESSO ANEEL NÚMERO: 48500.004313/05-47

8892/00-10-RL-0001-0

OUTUBRO/2007

ELABO.: OBdS/CRV/JCF	VERIF.: OBdS	APROV.: FPA
-------------------------	-----------------	----------------

ESTRUTURA DO RELATÓRIO DOS ESTUDOS DE ATUALIZAÇÃO DO INVENTÁRIO HIDRELÉTRICO DA BACIA DO RIO XINGU

A documentação completa destes estudos está reunida em 6 cadernos:

- Relatório Geral
Volume I – Texto – Tomo I
- Volume I – Texto - Tomo II
- Relatório Geral
Volume II – Desenhos
- Relatório Geral
Volume III – Anexos: Orçamento, Ficha Técnica, Quadro Resumo e SIPOT
- Apêndice A – Estudos Ambientais
Volume I – Diagnóstico Ambiental
Volume II – Anexos: Listas, Desenhos e Tabelas
- Apêndice B – Alternativas Locacionais do AHE Belo Monte

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1-1
1.1 - Histórico	1-1
1.2 - Objetivo dos Atuais Estudos	1-5
1.3 - Caracterização da Área Estudada	1-8
1.3.1 - Fisiografia da Bacia do rio Xingu	1-8
1.3.2 - Climatologia da Bacia do rio Xingu	1-12
1.3.3 - Rede de Estações Hidrometeorológicas	1-14
1.4 - Estudos Anteriores	1-44
1.4.1 - Introdução	1-44
1.4.2 - Características Físicas e Energéticas das Alternativas A e B	1-45
1.4.3 - Impactos Ambientais Associados aos Aproveitamentos das Alternativas A e B	1-50
1.4.4 - Análise dos Aproveitamentos das Alternativas A e B à Luz dos Critérios Vigentes	1-54
1.4.5 - Conclusão	1-68
2 - PLANEJAMENTO DOS ESTUDOS	2-1
2.1 - Introdução	2-1
2.2 - Escopo dos Trabalhos	2-1
2.2.1 - Coordenação	2-1
2.2.2 - Planejamento dos Estudos	2-2
2.3 - Coleta de Dados Existentes	2-2
2.4 - Reconhecimento de Campo e Identificação de Locais Barráveis	2-3
2.4.1 - Características Gerais dos Locais Visitados	2-5
2.4.2 - Características Específicas dos Locais Identificados e Visitados	2-5
3 - COLETA E ANÁLISE DE DADOS BÁSICOS	3-1
3.1 - Cartografia	3-1
3.2 - Geologia e Geotecnia	3-8
3.3 - Hidrometeorologia	3-8
3.3.1 - Obtenção e Análise dos Dados Básicos	3-8
3.4 - Meio Ambiente	3-15
4 - LEVANTAMENTOS E ESTUDOS BÁSICOS	4-1

4.1 - Cartografia /Topografia.....	4-1
4.1.1 - Vetorização da Cartografia Existente	4-1
4.1.2 - Complementação da Cartografia Existente	4-1
4.2 - Geologia e Geotecnia.....	4-2
4.2.1 - Metodologia Utilizada	4-2
4.2.2 - Investigações Geológico-Geotécnicas Realizadas Anteriormente	4-3
4.2.3 - Geologia Regional	4-4
4.2.4 - Geomorfologia	4-14
4.2.5 - AHE Belo Monte – Geologia Local	4-15
4.2.6 - Aproveitamento de Altamira – Geologia Local	4-18
4.2.7 - Aproveitamento de Pombal – Geologia Local	4-22
4.2.8 - Aproveitamento de São Félix - Geologia Local	4-22
4.3 - Hidrometeorologia.....	4-25
4.3.1 - Áreas de Drenagem	4-25
4.3.2 - Descargas Médias Mensais	4-27
4.3.3 - Curvas de Permanência de Vazões Médias Mensais	4-36
4.3.4 - Estudos de Vazões Extremas	4-39
4.3.5 - Curvas-chave	4-44
4.3.6 - Estudos Sedimentológicos	4-48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 Mapa de Localização e Principais Acessos	1-11
Figura 1-2 Perfil do rio Xingu	1-12
Figura 1-3 Precipitação média mensal para os postos Fazenda Agrochapada, Primavera do Xingu, Altamira e Porto de Moz.....	1-20
Figura 1-4 Precipitação mínima, média e máxima mensal no posto Boa Esperança	1-21
Figura 1-5 Precipitação mínima, média e máxima mensal no posto Primavera do Xingu.....	1-22
Figura 1-6 Precipitação mínima, média e máxima mensal no posto Altamira	1-22
Figura 1-7 Temperaturas mínima, média e máxima na estação Porto de Moz	1-25
Figura 1-8 Temperaturas mínima, média e máxima na estação Altamira	1-26
Figura 1-9 Temperaturas mínima, média e máxima na estação São Félix do Xingu.....	1-26
Figura 1-10 Temperatura média mensal no trecho inferior da bacia	1-27
Figura 1-11 Temperatura média mensal no trecho médio da bacia	1-27
Figura 1-12 Temperatura média mensal no trecho superior da bacia	1-28
Figura 1-13 Evaporação média mensal no trecho inferior da bacia.....	1-30
Figura 1-14 Evaporação média mensal no trecho médio da bacia.....	1-30
Figura 1-15 Umidade Relativa mensal nas estações selecionadas dentro da bacia	1-32
Figura 1-16 Umidade Relativa mensal no trecho inferior da bacia	1-33
Figura 1-17 Umidade Relativa mensal no trecho médio da bacia	1-33
Figura 1-18 Umidade Relativa mensal no trecho superior da bacia	1-34
Figura 1-19 Insolação mensal nas estações selecionadas na bacia	1-35
Figura 1-20 Insolação mensal no trecho inferior da bacia	1-36
Figura 1-21 Insolação mensal no trecho médio da bacia	1-37
Figura 1-22 Insolação mensal no trecho superior da bacia	1-37
Figura 1-23 Nebulosidade mensal nas estações selecionadas na bacia	1-38
Figura 1-24 Nebulosidade mensal no trecho inferior da bacia.....	1-39
Figura 1-25 Nebulosidade mensal no trecho médio-superior da bacia.....	1-40
Figura 1-26 Vento na estação Altamira	1-41
Figura 1-27 Pressão atmosférica mensal nas estações selecionadas na bacia.....	1-42
Figura 1-28 Pressão atmosférica mensal no trecho inferior da bacia.....	1-43
Figura 1-29 Pressão atmosférica mensal no trecho médio-superior da bacia	1-43
Figura 1-30 Níveis de criticidade dos aproveitamentos em relação à área do reservatório.....	1-59
Figura 1-31 Níveis de criticidade dos aproveitamentos em relação à área inundada e geração de energia	1-60
Figura 1-32 Níveis de criticidade dos reservatórios em relação à extensão de área com cobertura vegetal natural inundada.....	1-62
Figura 1-33 Níveis de criticidade dos reservatórios em relação ao percentual de área com cobertura vegetal natural inundada.....	1-63

Figura 2-1 Planta mostrando a posição do eixo para o local São Félix, com destaque para a formação das ombreiras, o pequeno ponto de fuga na margem direita e afloramentos rochosos no leito do rio.....	2-7
Figura 2-2 Vista aérea do local São Félix com a representação do traçado do eixo, podendo se observar os acidentes assinalados na figura anterior.....	2-7
Figura 2-3 Planta de localização do eixo Pombal 1, identificado a cerca de 40 km a jusante da cidade de São Félix do Xingu, e 2 km a jusante da Ilha Pium Auara...	2-8
Figura 2-4 Desenho em planta do eixo Pombal 2, destacando-se a extremidade de jusante da Ilha do Campos e as ombreiras.....	2-10
Figura 2-5 Na foto a esquerda, em primeiro plano a Ilha do Campos, apresentando ao fundo a elevação situada por trás da ombreira direita. Na foto da direita, vista da ombreira esquerda, com destaque para a vegetação típica do trecho.....	2-10
Figura 2-6 Desenho em planta do Sítio Pombal 3, mostrando detalhe das ombreiras e o traçado do eixo.....	2-12
Figura 2-7 Vista da ombreira esquerda do Sítio Pombal 3	2-12
Figura 2-8 Desenho em planta mostrando a extremidade de montante da Ilha São Francisco e o traçado do eixo Pombal 4.	2-14
Figura 2-9 Vista de jusante para montante do canal esquerdo na Ilha São Francisco, no alinhamento do eixo Pombal 4.	2-14
Figura 2-10 Desenho em planta do sítio Pombal 5, mostrando detalhes das ombreiras e traçado do eixo de barramento	2-16
Figura 2-11 Vista aérea do sítio Pombal 5, tomada da margem direita, com detalhe da ombreira direita e esquerda e do traçado do eixo	2-16
Figura 2-12 Desenho em planta do sítio Altamira, com destaque para as ombreiras e o traçado do eixo.....	2-18
Figura 2-13 Vista aérea do sítio Altamira destacando-se as ombreiras e o traçado do eixo.....	2-18
Figura 3-1 Curva de descarga no posto fluviométrico Boa Sorte	3-12
Figura 3-2 Curva de descarga no posto fluviométrico São Félix do Xingu	3-13
Figura 3-3 Curva de descarga no posto fluviométrico Belo Horizonte	3-14
Figura 3-4 Curva de descarga no posto fluviométrico Altamira	3-15
Figura 4-1 Determinação do tempo de percurso das vazões entre os diversos postos da bacia e o posto Altamira.....	4-30
Figura 4-2 AHE São Félix do Xingu Curva de permanência de vazões médias mensais.....	4-37
Figura 4-3 AHE Pombal Curva de permanência de vazões médias mensais	4-37
Figura 4-4 AHE Altamira Curva de permanência de vazões médias mensais.....	4-38
Figura 4-5 AHE Belo Monte Curva de permanência de vazões médias mensais.....	4-38
Figura 4-6 Regionalização das vazões de cheia anuais instantâneas	4-41
Figura 4-7 Curva-chave no eixo São Félix	4-45
Figura 4-8 Curva-chave no eixo Altamira	4-46
Figura 4-9 Curva-chave no AHE Belo Monte (Canal de Fuga).....	4-47
Figura 4-10 Posto Altamira – Correlação entre Descarga Líquida e Descarga Sólida ...	4-49
Figura 4-11 Posto Belo Horizonte – Correlação entre Descarga Líquida e Descarga Sólida.....	4-49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-1 Estações meteorológicas localizadas na bacia	1-15
Tabela 1-2 Estações meteorológicas localizadas no entorno da bacia	1-15
Tabela 1-3 Postos pluviométricos localizados na bacia	1-16
Tabela 1-4 Postos pluviométricos localizados no entorno da bacia	1-17
Tabela 1-5 Precipitações mensais e anuais nos postos selecionados na bacia.....	1-19
Tabela 1-6 Precipitações mensais e anuais nos postos selecionados no entorno da bacia.....	1-20
Tabela 1-7 Número de dias com precipitação total igual ou maior que 0,1, 1,0, 2,0, 5,0 e 10,0 mm/dia- no Posto Boa Esperança.....	1-23
Tabela 1-8 Número de dias com precipitação total igual ou maior que 0,1, 1,0, 2,0, 5,0 e 10,0 mm/dia- no Posto Primavera do Xingu	1-23
Tabela 1-9 Número de dias com precipitação total igual ou maior que 0,1, 1,0, 2,0, 5,0 e 10,0 mm/dia- no Posto Altamira	1-24
Tabela 1-10 Temperaturas mensais e anuais nas estações selecionadas na bacia	1-24
Tabela 1-11 Temperaturas mensais e anuais nas estações selecionadas fora da bacia.....	1-25
Tabela 1-12 Evaporação mensal e anual nas estações selecionadas dentro da bacia..	1-29
Tabela 1-13 Evaporação mensal e anual nas estações selecionadas fora da bacia.....	1-29
Tabela 1-14 Umidade Relativa mensal e anual nas estações selecionadas na bacia....	1-31
Tabela 1-15 Umidade Relativa mensal e anual nas estações selecionadas no entorno da bacia.....	1-32
Tabela 1-16 Insolação mensal e anual nas estações selecionadas na bacia	1-35
Tabela 1-17 Insolação mensal e anual nas estações selecionadas no entorno da bacia.....	1-36
Tabela 1-18 Nebulosidade mensal e anual nas estações selecionadas na bacia	1-38
Tabela 1-19 Nebulosidade mensal e anual nas estações selecionadas no entorno da bacia.....	1-39
Tabela 1-20 Pressão atmosférica mensal e anual nas estações selecionadas na bacia.....	1-42
Tabela 1-21 Pressão atmosférica mensal e anual nas estações selecionadas no entorno da bacia.....	1-42
Tabela 1-22 Principais Características Físicas e Energéticas da Alternativa A.....	1-46
Tabela 1-23 Principais Características Físicas e Energéticas da Alternativa B	1-46
Tabela 1-24 Principais Características Físicas e Energéticas – Babaquara Isolado	1-48
Tabela 1-25 Principais Características Físicas e Energéticas do complexo	1-48
Tabela 1-26 Valores comparativos de volumes das Alternativas (complexo).....	1-49
Tabela 1-27 Valores comparativos de volumes das Alternativas (rio desenvolvido)	1-49
Tabela 1-28 População Indígena sujeita a repercussões diretas	1-53
Tabela 1-29 População Indígena passível de efeitos indiretos	1-53
Tabela 1-30 Critérios de avaliação do nível de criticidade de reservatórios na bacia hidrográfica do rio Xingu.	1-57

Tabela 1-31 Terras Indígenas afetadas pelos reservatórios e respectivas áreas a serem inundadas.....	1-66
Tabela 1-32 Unidades de Conservação afetadas pelos reservatórios e respectivas áreas a serem inundadas (Fontes: MMA, 2006; IBAMA, 2007; SECTAM, 2006; SEPLAN, 2006).....	1-67
Tabela 3-1 Postos fluviométricos com registros históricos disponíveis	3-10
Tabela 4-1 Seqüência cronológica dos eventos geológicos pertinentes à Bacia do rio Xingu.....	4-4
Tabela 4-3 Áreas de drenagem	4-26
Tabela 4-4 AHE Belo Monte – Série de Vazões Médias Mensais (m³/s).....	4-28
Tabela 4-5 Tempos de percurso entre os postos da bacia e o posto de Altamira	4-30
Tabela 4-6 Tempos de percurso entre os aproveitamentos e o posto de Altamira.....	4-31
Tabela 4-7 Vazões médias mensais (m³/s) – AHE São Félix	4-32
Tabela 4-8 Vazões médias mensais (m³/s) – AHE Pombal	4-33
Tabela 4-9 Vazões médias mensais (m³/s) – AHE Altamira	4-34
Tabela 4-10 Vazões médias mensais (m³/s) – AHE Belo Monte	4-35
Tabela 4-11 Curvas de permanência de vazões médias mensais nos aproveitamentos.....	4-36
Tabela 4-12 Vazões de cheia anuais nos postos fluviométricos	4-40
Tabela 4-13 Cheias anuais nos locais dos aproveitamentos.....	4-42
Tabela 4-14 Cheias no período de estiagem junto aos postos fluviométricos	4-43
Período: Agosto a Novembro	4-43
Tabela 4-15 Cheia no período de estiagem junto aos postos fluviométricos.....	4-43
Período: Julho a Dezembro	4-43
Tabela 4-16 Vazões de cheia de estiagem nos locais dos aproveitamentos	4-44
Tabela 4-17 Coeficientes dos polinômios PVN – Vazão x Nível de Jusante	4-47
Tabela 4-18 Postos Fluviométricos com medições de descargas sólidas	4-48
Tabela 4-19 Relação entre descarga sólida e líquida.....	4-48
Tabela 4-20 Descargas sólidas totais nos locais dos aproveitamentos hidrelétricos	4-50
Tabela 4-21 Taxa de sedimentos afluentes aos reservatórios	4-51
Tabela 4-22 Valores de produção de sedimentos aceitáveis	4-51

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Histórico

Os estudos para o aproveitamento do potencial hidrelétrico da bacia hidrográfica do rio Xingu remontam ao final da década de setenta, com os estudos de inventário realizados pela ELETRONORTE.

Naqueles estudos foram inicialmente identificados 47 possíveis locais de barramento, sendo posteriormente selecionados como objeto de investigações mais detalhadas, os 14 locais mais atraentes do ponto de vista do seu potencial de geração de energia. Esses locais possibilitaram a composição e análise de diversas alternativas de divisão de queda, sendo selecionadas as oito alternativas que melhor atendiam aos critérios e diretrizes existentes naquela ocasião.

Cabe ressaltar que, naquela ocasião, critérios socioambientais não estavam internalizados nas premissas básicas, não constituindo, portanto um condicionante importante para a seleção de alternativas.

As oito alternativas selecionadas foram investigadas nos estudos preliminares com o foco direcionado basicamente para as motorizações e os custos envolvidos, sustentado por considerações técnicas, socioeconômicas e físico-territoriais específicas a cada alternativa, despontando sempre como determinante a Volta Grande do Xingu, um sítio com acentuada vocação hidroenergética devido ao desnível ali concentrado associado aos grandes volumes de água em trânsito naquele trecho.

Como resultado dessas avaliações, foram eleitas duas alternativas de divisão de queda para um maior detalhamento na fase de estudos finais.

Os estudos finais aprofundaram o nível de detalhamento nas investigações das alternativas escolhidas, com destaque para o aproveitamento da Volta Grande do Xingu.

As premissas que nortearam aqueles estudos foram estabelecidas segundo condicionantes básicas tradicionalmente consideradas na época, para estudos de inventário hidrelétrico de bacias de grande porte. Em linhas gerais, buscavam obter grandes blocos de energia concentrados num número restrito de aproveitamentos, considerando a exportação de energia para outras regiões do país, resultando assim em concepções que envolviam grandes obras com elevados volumes de material e interferências diretas e indiretas em grau correspondente.

Devido a complexidade envolvendo a questão dos volumes dos diques necessários ao confinamento dos reservatórios nas alternativas estudadas, que transcendia o nível de detalhamento de um estudo de inventário, optou-se, naquela ocasião, por não definir uma única solução enquanto essa questão não fosse avaliada mais profundamente no futuro.

Assim sendo, aqueles estudos foram concluídos elegendo duas alternativas para a divisão de queda da bacia. A Alternativa A, composta pelos aproveitamentos de Kararaô,

Babaquara, Iriri, Ipixuna, Kokraimoro e Jarina e a Alternativa B, composta pelos aproveitamentos de Kararaô, Babaquara, Carajari, Iriri, Carajás, Kayapo, e Gorotire.

Ambas as alternativas de divisão de queda eram constituídas de aproveitamentos que se caracterizavam por reservatórios de grandes dimensões, de modo geral de conformação dendrítica, implicando o alagamento de amplas extensões de terrenos cobertos de florestas ombrófilas e ocupados, principalmente, por populações indígenas.

Em janeiro de 1980 a Eletronorte emitiu o Relatório Final dos Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do rio Xingu, também denominado de Estudos Xingu, que foi aprovado pelo DNAEE, através da Portaria nº 43 de 02 de março de 1988, publicado no D.O.U. de 04 de março de 1988.

Com base nas recomendações contidas nos Estudos Xingu, a Eletronorte começou os Estudos de Viabilidade de Babaquara.

Até 1986 atribuiu-se prioridade aos estudos do Aproveitamento Hidrelétrico de Babaquara em relação ao Aproveitamento Hidrelétrico de Kararaô, pelo fato de o primeiro aproveitamento possuir o reservatório regularizador de vazões.

Entretanto, a partir de setembro de 1986, com os estudos de Babaquara em pleno desenvolvimento, os trabalhos de campo e de escritório foram orientados com vistas a imprimir maior velocidade ao projeto do Aproveitamento Hidrelétrico de Kararaô. Isto porque estudos desenvolvidos no âmbito da Eletrobrás, considerando a interligação dos sistemas de geração Norte/Nordeste e Sul/Sudeste, indicavam, no Plano Decenal de Expansão do GCPS¹ a entrada em operação comercial desta usina no ano de 1999 como a melhor opção para o Sistema Brasileiro Interligado, antes, portanto, da data prevista para início da operação da UHE Babaquara.

Os Estudos de Viabilidade da UHE Kararaô, foram autorizados pela Portaria M.M.E. nº 1077, de 30 de agosto de 1988, publicado no D.O.U. de 12 de setembro de 1988.

Em 15 de janeiro de 1990 a Eletronorte enviou ao DNAEE o Relatório Final dos Estudos de Viabilidade do Aproveitamento Hidrelétrico de Kararaô, solicitando sua aprovação e a outorga de concessão para o aproveitamento. A primeira etapa dos Estudos de Viabilidade é concluída em 1988, à exceção dos estudos ambientais que se estenderam até o primeiro semestre de 1989.

Diante dos impactos socioambientais associados aos reservatórios com as características acima citadas, movimentos sociais de contestação começaram a se delinear, estabelecendo-se, em fins da década de 1980, um amplo debate acerca do alagamento de Terras Indígenas e das perdas de diversidade biológica em decorrência da implantação da UHE Kararaô e da UHE Babaquara, necessária, naquela concepção, para a regularização do rio Xingu. Este movimento foi acentuado pelas experiências, na época, recentes da implantação de vários empreendimentos de grande porte, entre os quais a UHE Tucuruí. São ilustrativas dessa forte preocupação das populações indígenas as manifestações ocorridas nessa ocasião contra a usina hidrelétrica de Kararaô, que

¹ Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos

culminou no chamado “Encontro de Altamira”, em 1989, tido como um marco da resistência dos índios, e que levou à paralisação dos estudos.

Note-se que no início da década de 1980 define-se a política ambiental no país, consolidada por meio da Lei de Política Ambiental (Lei nº6.938/81), a partir da qual se estabelecem as Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA e demais diplomas legais que normatizam, entre outros, os procedimentos para licenciamento ambiental de empreendimentos geradores de impactos, tais como usinas hidrelétricas.

Em paralelo, o próprio setor elétrico se mobiliza no sentido de fazer frente aos efeitos adversos provocados pelos empreendimentos hidrelétricos implantados. Nesse período são criados, nas empresas de geração de energia, setores especificamente voltados para o acompanhamento das questões ambientais associadas aos projetos, bem como são celebrados convênios com instituições de pesquisa e de ensino superior para suporte técnico e científico nos estudos de avaliação de impactos e na implantação de ações de mitigação. São também produzidos os primeiros documentos que viriam a nortear os agentes setoriais no tratamento dos temas críticos atribuídos à atuação do setor elétrico brasileiro. Dentre eles, destacam-se o Manual para Estudos de Efeitos Ambientais dos Sistemas Elétricos (1986) e o II Plano Diretor de Meio Ambiente do Setor Elétrico (1993). Em 1994, o Plano Nacional de Energia Elétrica 1993-2015 (Plano 2015) buscou tratar sistematicamente as questões ambientais do setor elétrico com foco na região Amazônica. Em adição, a partir de 1997, um novo manual de Inventário Hidrelétrico passa a ser adotado pelo DNAEE (Eletrobrás/DNAEE, 1997), onde a variável ambiental é considerada na fase de estudos de inventário, consolidada na forma de um Índice Ambiental introduzido para compor, juntamente com os custos e a geração de energia, o índice final para a seleção da alternativa de divisão de queda. Dessa maneira, as questões ambientais passam a ser consideradas no processo de planejamento desde sua fase inicial.

Especificamente no que se refere ao aproveitamento do potencial hidrelétrico da bacia do rio Xingu, em 1993, o DNAEE e a ELETROBRÁS, em uma avaliação conjunta, julgaram necessário uma revisão dos estudos já realizados, visando sua viabilização política e socioambiental.

Em 1994 a Portaria DNAEE n.º 769, de 25/11/94, criou um grupo de trabalho composto pela Eletronorte, Eletrobrás e DNAEE, que tinha como objetivo específico para a Volta Grande do Xingu, no chamado sítio Belo Monte: reavaliar o potencial energético da configuração estabelecida nos estudos de 1ª Etapa, objetivando confirmar a atratividade do empreendimento; atualizar os estudos ambientais, hidrológicos e de orçamento; e, analisar e propor ações para viabilização política e social do empreendimento. Os trabalhos resultaram na elaboração do relatório intitulado “UHE Belo Monte - Relatório do Grupo de Trabalho”, que apresentou um estudo preliminar de proposição de modificação do arranjo apresentado nos Estudos de Viabilidade, deslocando para montante o barramento e vertedouro e criando dois canais de adução, que permitiriam, sem alterar as características energéticas do empreendimento, reduzir sensivelmente a área do reservatório de 1.225 km² para cerca de 400 km². A consequência desta redução de área alagada foi a diminuição das interferências com as populações indígenas e locais.

Em 10 de dezembro de 1998, a Eletrobrás solicitou à ANEEL, pela carta CTA-DP-010605/98, autorização para a realização dos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte, em conjunto com a Eletronorte e associações com empresas privadas, através de convênios, aproveitando-se os estudos anteriormente executados.

A Superintendência de Gestão dos Potenciais Hidráulicos da ANEEL deu abertura ao processo no 27100.000057/88-70 e registrou tal solicitação, conforme ofício no 060/1999-SPH/ANEEL de 11/02/1999.

Essa decisão teve como desdobramento o Acordo de Cooperação Técnica firmado, entre a ELETROBRÁS e a ELETRONORTE em dezembro de 2000 que possibilitou a realização da 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte, perseguindo novas concepções para o empreendimento hidrelétrico, que fundamentalmente minimizassem os impactos socioambientais a ele associados.

Esses estudos abrangeram atividades multidisciplinares, desenvolvidas no campo e no escritório, alterando a concepção anterior do aproveitamento da Volta Grande de forma significativa no seu aspecto físico, embora mantendo praticamente as suas características hidroenergéticas.

Em linhas gerais, esses estudos propõem o deslocamento do barramento da calha principal do rio Xingu, na Volta Grande, 70 km para montante do eixo estabelecido nos Estudos de Viabilidade da 1ª Etapa, desenvolvidos pela ELETRONORTE. Além disso, introduz uma Casa de Força Complementar neste novo local, propõe a implantação de um Vertedouro Complementar e a construção de Canais de Derivação, visando a redução da área do reservatório de 1.225 km² para 440 km², para a cota correspondente ao nível de água máximo normal.

Em setembro de 2001, os estudos de impacto ambiental foram paralisados em decorrência de embargo judicial obtido pelo Ministério Público Federal do Estado do Pará, questionando os seguintes aspectos:

- Competência originária e exclusiva do IBAMA para acompanhamento e elaboração de EIA/RIMA;
- Idoneidade da FADESP (Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa/ Universidade Federal do Pará) para a execução do EIA/RIMA;
- Ilegalidade na contratação da FADESP;
- Falta de participação do IPHAN nos Termos de Referência para os estudos arqueológicos;
- Desrespeito ao Artigo 231, § 6º da Constituição sobre inexistência de aprovação do Congresso Nacional para a obra, por envolver Terra Indígena.

Em fevereiro de 2002, a Eletrobrás/Eletronorte encaminharam à ANEEL o “Relatório Final dos Estudos de Viabilidade da UHE Belo Monte”, não incluindo o capítulo referente aos Estudos Ambientais em decorrência do Embargo Judicial.

Em julho de 2005, o Congresso Nacional promulgou o Decreto Legislativo nº 788/2005 que autorizou o Poder Executivo a implantar o AHE Belo Monte após estudos de viabilidade técnica, econômica, ambiental e outros que se julgassem necessários a serem desenvolvidos pela Eletrobrás.

Em agosto de 2005, a ELETROBRÁS e as Construtoras ANDRADE GUTIERREZ, CAMARGO CORREA e NORBERTO ODEBRECHT assinaram um Acordo de Cooperação Técnica visando à conclusão dos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Socioambiental do Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte, incluindo a revisão do inventário do trecho principal do rio Xingu.

Em 09 de agosto de 2005, a Eletrobrás requereu à ANEEL o registro ativo para esta revisão do inventário, registro este deferido conforme Despacho nº 1380 de 29 de setembro de 2005, publicado no D.O.U. de 30 de setembro de 2005, que estabelecia as condições para a realização do reinventário, inclusive com a necessidade de se considerar os estudos de viabilidade do AHE Belo Monte, em análise na agência.

1.2 - Objetivo dos Atuais Estudos

Considerando a data da realização do estudo de inventário hidrelétrico da bacia hidrográfica do rio Xingu e a legislação vigente, tornou-se necessária a revisão daqueles estudos de inventário, incorporando a solução proposta para o AHE Belo Monte e reestudando o aproveitamento do trecho de montante do rio Xingu.

Neste novo contexto, segundo as orientações do Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas - ELETROBRÁS/DNAEE, 1997, doravante denominado Manual de Inventário, são consideradas como condicionantes ambientais as diversas Unidades de Conservação e Terras Indígenas existentes na bacia. Buscou-se, dessa forma, definir uma partição de queda para o rio levando em conta não apenas os enfoques energéticos e econômicos, mas também e principalmente aqueles inerentes às questões socioambientais.

Neste sentido, em consonância com os objetivos do Decreto Legislativo 788/2005, e com os termos do Acordo ECE 120/2005, a execução de tais estudos ficou a cargo da empresa Xingú Sócio-Ambiental Ltda, sendo os serviços de engenharia contratados em setembro de 2005, junto às empresas Engevix Engenharia S.A., Themag Engenharia e Gerenciamento Ltda. e Intertechne Consultores Associados S/C Ltda. Para a realização dos estudos ambientais correspondentes foi contratada a empresa Arcadis Tetraplan. Todos os serviços ficaram sob a gestão da CNEC Engenharia S.A.

Os estudos foram estruturados da seguinte forma:

- ELETROBRÁS/ELETRONORTE – Coordenação Geral dos Serviços;
- CNEC – Gestão dos Estudos de Engenharia e Meio Ambiente

Para a realização dos Levantamentos Cartográficos, Geológico-Geotécnicos e Hidrométricos foram contratadas as empresas Topocart, Geotec, Regea e UFC Engenharia.

Os estudos foram desenvolvidos tendo por base as recomendações do Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas, ELETROBRÁS/DNAEE, 1997, propondo-se realizar o seguinte elenco de serviços:

- coleta e análise de todo o material disponível de interesse;
- inspeções de campo e levantamentos topográficos, batimétricos e hidrossedimentométricos complementares;
- levantamento das condições geológico-geotécnicas regionais e locais, com realização de investigações;
- diagnóstico ambiental;
- avaliação dos impactos ambientais;
- estudos energéticos;
- desenvolvimento de arranjos dos empreendimentos;
- estimativa dos custos globais e dos benefícios correspondentes;
- estudos de alternativas de divisão de queda e seleção da melhor alternativa;
- elaboração de relatório final.

Entretanto, desde o início dos estudos, em setembro de 2005, até praticamente a sua conclusão, o Poder Judiciário deferiu diversas liminares interpostas que impediram a realização dos serviços complementares de campo.

Os estudos foram realizados considerando-se os dados básicos de cartografia, topografia e geologia/geotécnica levantados por ocasião dos estudos de inventário antigo (segunda metade da década de 70). Para os estudos hidrológicos, embora não se realizassem campanhas específicas nos eixos estudados, foram utilizados os dados da Agência Nacional de Água – ANA, que opera os postos e estações na bacia, permitindo a atualização dessas informações até dezembro de 2005. No que se referem aos estudos ambientais, estes foram realizados por meio de dados secundários disponíveis e elaboração de mapas da cobertura vegetal e uso do solo e mapa de terrenos, correspondente à integração de temas geomorfo-pedológicos, a partir dos quais se elaborou o mapa de paisagem.

Dessa forma, os atuais estudos foram desenvolvidos sem a realização de campanhas complementares de campo, com inferência de informações a partir de dados secundários existentes, principalmente no sítio Pombal.

Os estudos ora apresentados, realizaram um amplo diagnóstico das reais possibilidades a cerca do aproveitamento hidroenergético da bacia hidrográfica do rio Xingu, evidenciando

importantes subsídios que levaram a sólidas conclusões, ratificando a atratividade do sítio previsto para a instalação do AHE Belo Monte, independentemente de outros aproveitamentos a montante na bacia do rio Xingu.

Especificamente no que se refere às questões socioambientais, a conservação da complexa diversidade biológica dessa região, cujas dinâmicas ainda não estão completamente compreendidas, face às atividades humanas e, dentre elas, a geração de energia elétrica, tem sido um dos maiores desafios atuais. É dentro dessa ótica que se insere a variável ambiental no âmbito dos estudos para o Inventário hidroenergético da bacia hidrográfica do rio Xingu.

O reconhecimento da vocação dessa bacia hidrográfica como depositária de grande riqueza biológica e cultural é traduzido pela grande extensão de áreas sob proteção legal existentes. Um total de 89.847km² de Unidades de Conservação – UCs (ou 17,5% do território da bacia hidrográfica), aos quais se somam 199.165km² de Terras Indígenas – TIs (ou 39% do território), encontra-se atualmente implantado na bacia hidrográfica do Xingu. Isto significa aproximadamente 57% do total desse espaço geográfico e dá uma medida da ênfase conservacionista da política ambiental e indigenista, tanto na esfera federal quanto estadual, voltada para a preservação do patrimônio genético e cultural presente nessa bacia hidrográfica. À parte essas áreas protegidas, uma série de Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade, identificadas pelo Ministério de Meio Ambiente – MMA, indica a intenção de consolidar essa política voltada à preservação desse patrimônio natural e cultural.

Dentro desse amplo e complexo espaço geográfico, os estudos desenvolveram-se, portanto, segundo premissas básicas que procuravam levar em conta as características específicas da bacia. Duas grandes restrições se evidenciam: (i) uma delas resultante da fisiografia dos terrenos, uma vez que, à exceção da Volta Grande do Xingu, prevalece relevo relativamente suave o que se reflete na extensão dos possíveis reservatórios e, (ii) as características socioambientais, resultantes da integridade dos ecossistemas, da presença de Terras Indígenas e de Unidades de Conservação, cujos objetivos são difíceis de compatibilizar com usos que impliquem perda de terrenos ou alterações significativas nos ecossistemas que as compõem.

No desenho nº. 8892/00-30-DE-0008, encontra-se apresentado o mapa da bacia hidrográfica do rio Xingu, com as principais áreas de restrição que estabeleceram as condições de contorno para o estudo.

As citadas restrições nortearam o estabelecimento das premissas básicas para o desenvolvimento dos atuais estudos, entre as quais se destacam:

- investigação apenas no curso principal do rio Xingu, deixando de fora o rio Iriri, principal afluente pela margem esquerda, em função de sua localização em relação as Terras Indígenas e Unidades de Conservação;
- concepção de alternativas de divisão de queda que levando em consideração as fortes restrições ambientais existentes, permitam avaliar as possibilidades de aproveitamento do potencial hidrelétrico do rio Xingu, a montante do sítio do AHE Belo Monte.

Neste contexto, e considerando que o parágrafo 3º do artigo 231 da Constituição Federal, especificamente no que se refere ao aproveitamento dos recursos hídricos em Terras Indígenas, ainda não está regulamentado, foram consideradas: 1) alternativas de divisão de queda com aproveitamentos de baixa queda operando preferencialmente ao fio d'água; 2) alternativas de divisão de queda que objetivando definir uma condição de contorno entre a exploração do potencial hidrelétrico da bacia e a interferência direta nas Terras Indígenas ou Unidades de Conservação, admitiriam que os trechos finais dos remansos dos reservatórios inundassem alguma fração de Terras Indígenas e 3) alternativa de divisão de queda não admitindo nenhuma inundação de Terras Indígenas ou de Unidades de Conservação.

O presente relatório consolida os estudos realizados em uma única etapa, sem a distinção entre estudos preliminares e finais. Isto se deve às restrições de ordem socioambiental existentes na bacia, que reduziram substancialmente a consideração de possíveis eixos de barramento.

A documentação completa destes estudos está reunida nos seguintes volumes:

- Relatório Geral
Volume I – Texto
- Relatório Geral
Volume II – Desenhos
- Relatório Geral
Volume III – Anexos: Orçamentos, Fichas Descritivas e SIPOT
- Apêndice A – Estudos Ambientais
Volume I – Diagnóstico Ambiental
- Volume II – Compartimentação Espacial da Bacia Hidrográfica
- Apêndice B – Alternativas Locacionais do AHE Belo Monte

1.3 - Caracterização da Área Estudada

1.3.1 - Fisiografia da Bacia do rio Xingu

O rio Xingu, está inserido na sub-bacia 18 – área de drenagem do rio Amazonas, desenvolvendo-se entre a bacia hidrográfica do rio Tapajós a Oeste e a bacia hidrográfica do rio Tocantins, a Leste.

Sua bacia hidrográfica está compreendida entre os paralelos com latitude 1º 00' e 15º 00' S e entre os meridianos com longitude 50º 00' e 56º 00' W, abrangendo uma área total de cerca de 509.000 km².

O rio Xingu nasce nos contraforte da Serra Azul, no município de Chapada dos Guimarães, Estado do Mato Grosso, com a denominação de rio Culuene, até receber, pela margem direita, a contribuição do rio Sete de Setembro, passando então a

denominar-se Xingu, a uma altitude média de 600 m, desenvolvendo-se no sentido S-N até a confluência com o rio Amazonas, apresentando uma extensão total de cerca de 1.815 km.

De montante para jusante, os principais afluentes do rio Xingu pela margem direita são os rios Suia-Miçu, Liberdade, Fresco, Bacajá; e pela margem esquerda os rios Ronuro, Curuá, Maniçauá-Miçu e Iriri.

Na parte meridional da bacia, à exceção das cabeceiras, os cursos d'água possuem baixas declividades, percorrendo extensa planície, com trajetos sinuosos e formando lagoas e braços mortos. O rio Xingu, por sua vez, no trecho compreendido entre a rodovia BR-080 e a cidade de Altamira, apresenta declividade média da ordem de 0,15 m/km, que se eleva, acentuadamente, na chamada Volta Grande do Xingu, entre Altamira e Belo Monte, alcançando 0,53 m/km.

Devido as características fluviais singulares do trecho do rio Xingu situado a jusante do sítio Belo Monte e a grande restrição imposta pelos Espaços Territoriais Legalmente Protegidos, o trecho do rio Xingu, objetivo deste inventário, se estende desde o sítio Belo Monte, até a foz do rio Iriri, e além do trecho que vai dos limites da Terra Indígena Apyterewa até os limites da Terra Indígena Kayapo, no entorno do paralelo de latitude 07° 15' S.

As principais vias de acesso por terra à bacia do rio Xingu são as rodovias federais BR-163, 230 e 158; e as rodovias estaduais PA-279, 235 e 287. Tais rodovias permitem o acesso as principais cidades da região tais como Senador Porfírio, Vitória do Xingu, Altamira e São Félix do Xingu. As cidades de Altamira e São Félix do Xingu dispõem de aeroportos e são servidas por linhas aéreas regionais.

Dos 509.000 km² que constituem a bacia hidrográfica, 89.847,5 km² (cerca de 17,6%) compõem Unidades de Conservação e, entre estas, cerca de 50.000 km² (quase 10% do território da bacia) encontram-se na categoria de proteção integral, sendo o restante de uso sustentável. É lícito, portanto, afirmar que a política conservacionista para a bacia do rio Xingu está voltada, em grande parte, à preservação e ao fortalecimento de práticas sustentáveis do uso de seus recursos naturais, notadamente ao se considerar também as Terras Indígenas.

Estas ocupam 199.165 km² (aproximadamente 39% da área), incluindo o Parque Nacional do Xingu, primeira área delimitada para a manutenção do território e dos recursos naturais para populações indígenas. Também sob essa ótica, reforça-se o argumento da ênfase em práticas de apropriação dos recursos de forma sustentável, necessária à manutenção das populações e das tradicionais indígenas.

Ressalte-se, ainda, que a bacia hidrográfica do rio caracteriza-se por um contínuo de formações naturais, principalmente florestais, que se estende desde o alto curso, onde é limitado por cerrados e formações de transição, até a foz no rio Amazonas.

Essa continuidade ambiental da bacia hidrográfica do Xingu é interrompida por vetores de ocupação em localidades bem definidas: (i) ao sul, no alto curso do rio Xingu, na região das savanas e no contato destas com as formações florestais amazônicas (ii) a leste,

notadamente na região de São Félix do Xingu e a sul/sudeste desta e; (iii) ao norte, em correspondência à Rodovia Transamazônica.

Estes aspectos encontram-se mais bem explicitados no item 4.4, referente ao Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Xingu e apresentado de forma detalhada no Apêndice A – Estudos Ambientais.

A Figura 1-1 e o desenho 8892/00-30-DE-0001-0 apresentam o mapa de localização e vias de acesso da bacia do rio Xingu, permitindo apreciar o seu curso, seus afluentes, as principais vias de acesso e cidades, bem como as terras indígenas e áreas de proteção ambiental.

Observa-se, conforme o desenho 8892/00-30-DE-0002-0, que a bacia do Xingu apresenta forma bastante alongada, onde a alta bacia drena terrenos mais planos e sedimentares, sendo que a maior parte, ao norte, situa-se nos domínios do embasamento cristalino. Desta forma, as cheias da área norte e da área sul têm comportamento diverso, destacando-se a influência do abatimento das cheias devido ao efeito de acumulação das áreas permeáveis das cabeceiras. Na porção norte, incluindo a bacia do rio Iriri, as descargas acompanham de perto o regime das chuvas, resultando em cheias elevadas e estiagens severas. Da combinação dos citados comportamentos distintos resultam cheias no rio Xingu, no trecho em estudo, que dada sua gênese, podem ser classificadas como não muito elevadas, considerando as dimensões da bacia.

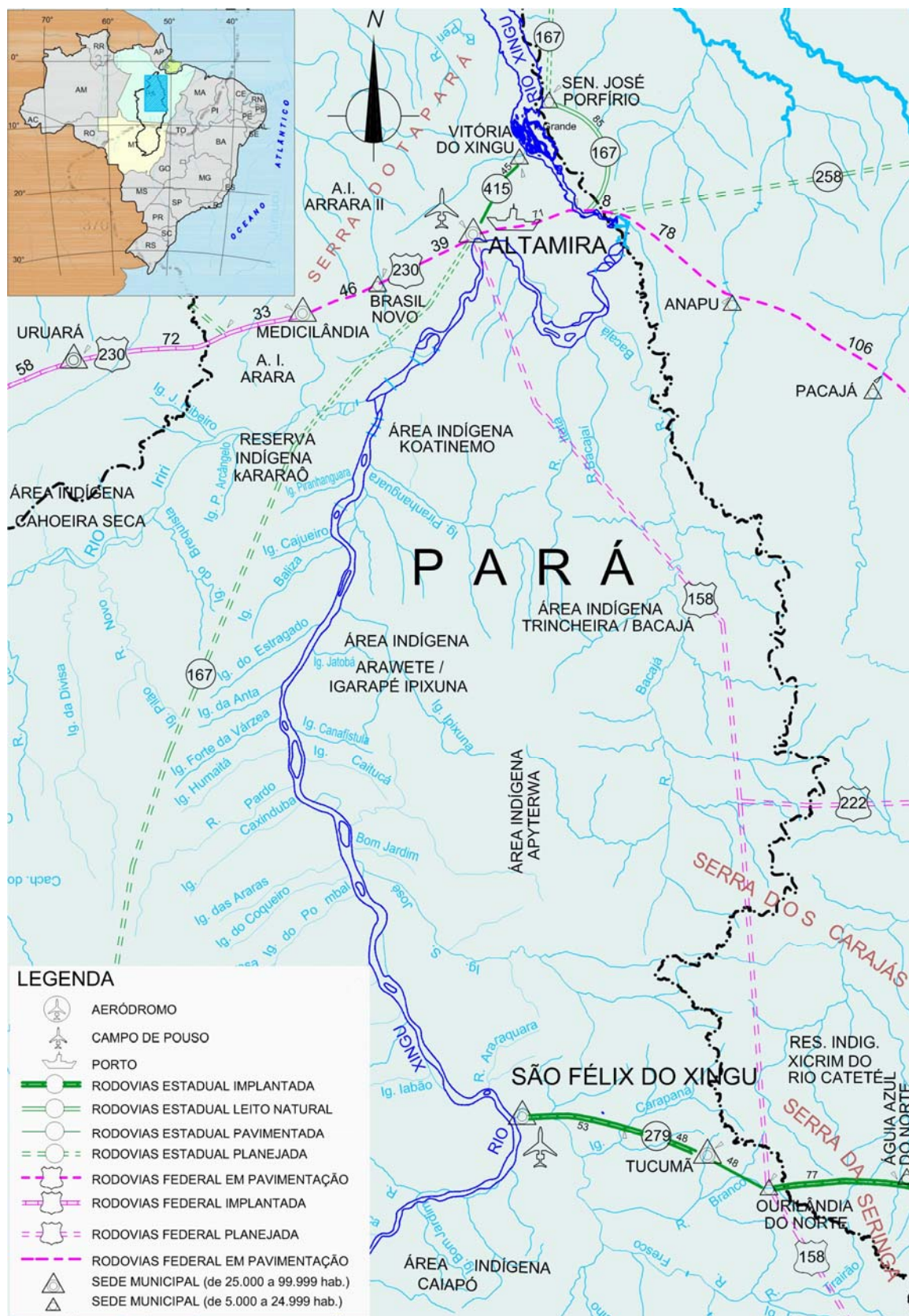


Figura 1-1
Mapa de Localização e Principais Acessos

A Figura 1-2 apresenta o perfil do rio Xingu, no qual podem ser caracterizados quatro segmentos distintos, a saber:

O primeiro corresponde ao seu baixo curso, se estende desde a confluência com o rio Amazonas, em Porto de Moz, até o km 200. O segundo, entre os quilômetros 200 e 280, caracterizando o desnível da Volta Grande do Xingu. O terceiro, do km 280 até o km 1000 no qual o rio desenvolve o seu trecho de declividade média, com uma inflexão no km 660. O quarto, a partir do km 1000 onde tem início o trecho alto do rio Xingu.

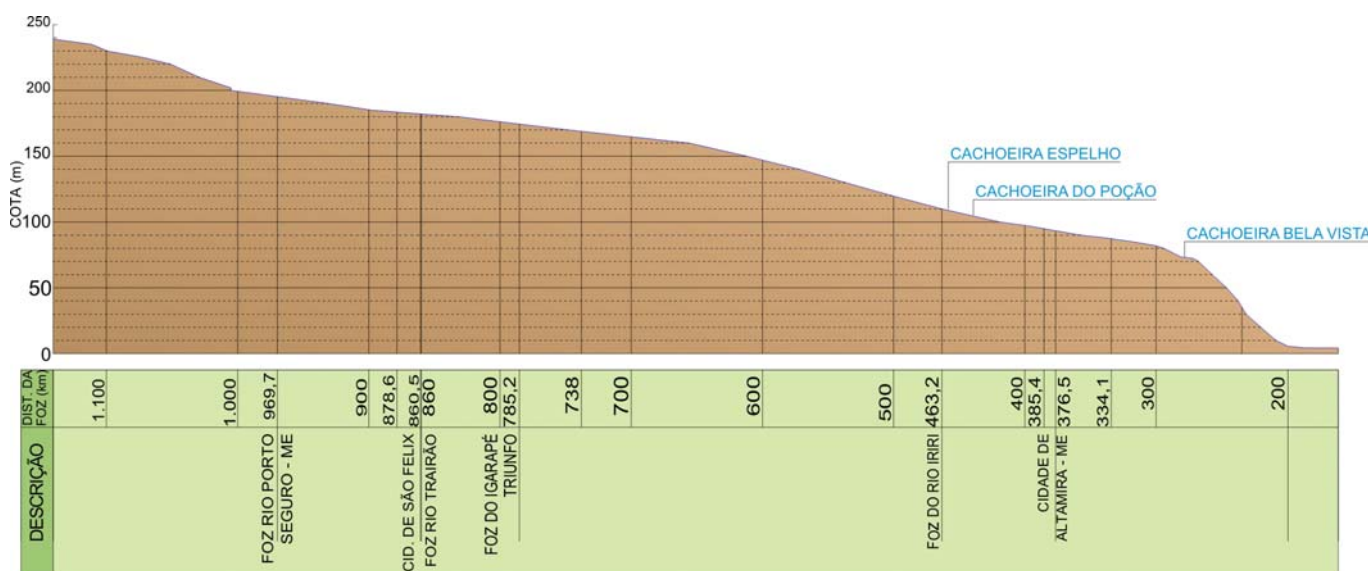


Figura 1-2
Perfil do rio Xingu

1.3.2 - Climatologia da Bacia do rio Xingu

O presente capítulo tem por objetivo apresentar as análises meteorológicas e climatológicas efetuadas no âmbito do desenvolvimento das atividades dos Estudos de Atualização do Inventário Hidrelétrico do Rio Xingu.

No presente estudo foram considerados os conhecimentos reunidos em estudos anteriores, tais como o Estudo de Inventário, concluído em Janeiro de 1980, e os estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental entregues na ANEEL em fevereiro de 2002, sem o capítulo referente aos estudos ambientais.

Na sequência são apresentados os itens referentes à caracterização da área em estudo e à caracterização dos parâmetros climatológicos.

Fundamentos Dinâmicos do Clima

Em vista da sua forma alongada no sentido dos meridianos, a bacia do rio Xingu induz a uma organização climática aproximadamente norte-sul. Sua posição oriental em relação ao "Cone Climático Amazônico" resulta em climas não equatoriais típicos, tendendo, em alguns setores, ao tropical alternadamente úmido e seco.

A climatologia da dinâmica da troposfera sobre a bacia do rio Xingu ainda não é bem conhecida. Em estudos recentes têm-se utilizado imagens de satélites meteorológicos geoestacionários para completar as análises de campos de vento e nebulosidade.

Os principais controles climáticos são aqueles determinados pela posição da Convergência Intertropical - CIT, do Sistema Equatorial Continental - SEC e da intensificação da Alta Subtropical do Hemisfério Sul.

São ainda fatores meteorológicos importantes as variações da temperatura das águas oceânicas do trecho equatorial do Atlântico Norte, área que se constitui em grande fonte de vapor d'água, bem como o papel comprovadamente importante representado pela cobertura vegetal na reciclagem do vapor d'água.

Dentro deste quadro, os principais sistemas atmosféricos determinados por esses controles climáticos, que interessam de perto à bacia, são o SEC, a CIT, os alíseos do nordeste do Hemisfério Norte e os alíseos de sudeste do Hemisfério Sul. O SEC e a CIT são os maiores responsáveis pela intensificação da pluviosidade, enquanto que os alíseos, principalmente os do Hemisfério Sul, são os que proporcionam a definição do período seco de inverno-primavera.

Ocorrem excepcionalmente escoamentos extratropicais, representados pela atuação de sistemas Polares Continentais, produzindo o fenômeno da friagem, ou pela intensificação da atividade convectiva no setor pré-frontal da Frente Polar Atlântica.

Variações Espaciais e Temporais dos Elementos do Clima

A análise dos elementos climatológicos teve como fonte de dados as normais climatológicas (1961-1990), registros de postos pluviométricos disponíveis no "site" da ANA, e os documentos relativos aos Estudos de Inventário do Rio Xingu e Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte.

Das normais climatológicas, foram selecionadas três estações meteorológicas existentes na bacia do rio Xingu: Porto de Moz, Altamira e São Félix do Xingu.

Estando estas estações concentradas mais ao Norte da bacia, adicionalmente foram também selecionadas estações em seu entorno, de maneira a melhor caracterizar o regime climático da mesma.

Foram traçados gráficos de variação mensal dos elementos climatológicos, enfatizando diferentes trechos da bacia: inferior, médio e superior.

Quanto às características hidrológicas, fica bem definida a existência de duas regiões com regimes pluviométricos distintos na bacia, com ocorrência defasada de períodos secos e chuvosos. Em linhas gerais, a maior parte da bacia se enquadra no regime de chuvas tropicais, com máxima pluviosidade no verão e mínima no inverno, controlado pelos Sistemas Tropical Continental e Equatorial Continental e Atlântico.

A parte correspondente ao baixo curso do rio Xingu está sujeita aos deslocamentos da Convergência Intertropical, com máximas no outono e mínimas na primavera.

A análise das características fluviométricas também permite verificar diversificações que se denotam com o desenvolvimento natural da bacia. Assim, na parte mais meridional, os rios correm em seções pouco encaixadas, apresentando aparecimento ocasional de desníveis localizados nos trechos de montante. À medida que os rios se desenvolvem, pode ser notada a existência constante de meandros, causando, eventualmente, formação de lagoas nas margens.

No trecho médio superior pode-se delimitar uma zona de transição, denotada pelo surgimento de acentuadas ombreiras em certos pontos, intercalados com a presença, ainda dominante, de margens baixas. Esta zona de transição é principalmente notada com o aparecimento de vegetação de grande porte. A altura da cidade de São Félix do Xingu, com a topografia mais acentuada, o rio segue seu curso, vencendo pequenas corredeiras, formando vários braços e ilhas e apresentando grandes variações de volume entre as épocas de cheia e de estiagem.

Já no seu curso médio inferior, onde recebe o seu principal afluente, o rio Iriri, os efeitos de retenção dos deflúvios nas baixadas marginais adjacentes são mais acentuados, ocasionando retardo e atenuação das descargas na época de enchente e acréscimos nas vazões na época da vazante.

Nas imediações da cidade de Altamira, está localizada a área mais importante da bacia, em termos de aproveitamento hidrelétrico. Neste ponto, o rio Xingu sofre uma acentuada deflexão, formando a chamada Volta Grande, trecho de grandes corredeiras, com um desnível de 85 m em 160 km. No fim deste trecho, à altura da localidade de Belo Monte, o rio se alarga consideravelmente, apresentando baixa declividade até sua foz, e sofrendo, inclusive, efeitos de remanso provocados pelo rio Amazonas.

Uma análise geral do potencial hídrico de superfície dos principais cursos d'água da bacia permite concluir que as maiores contribuições são oriundas das bacias do Iriri e seu formador, Curuá, com 26 l/s/km².

Em Altamira, o rio Xingu apresenta uma contribuição média de 16 l/s/km², relativamente alta em comparação com outras grandes bacias brasileiras, como, por exemplo: rio Tocantins em Tucuruí - 758.500 km², 13 l/s/km²; rio Araguaia em Xambioá - 366.700 km², 10,8 l/s/km²; rio Paraná em Jupiá - 478.000 km², 12,4 l/s/km²; rio São Francisco em Juazeiro - 490.000 km², 5,6 l/s/km².

1.3.3 - Rede de Estações Hidrometeorológicas

Até 1975, a rede fluviométrica da bacia do Xingu era composta de apenas seis postos, sendo três no rio Xingu, e os demais nos rios Iriri, Curuá e Fresco.

Também nessa época, as estações pluviométricas e climatológicas existentes na bacia eram restritas a alguns pluviômetros localizados em fazendas da região das cabeceiras do Xingu e às estações climatológicas de São Félix do Xingu, Altamira, Porto de Moz e da EMBRAPA, localizada junto à rodovia Transamazônica, nas proximidades de Altamira.

Tomando como base as recomendações da Organização Meteorológica Mundial, no que se refere à densidade mínima de rede pluvio-fluviométrica, verifica-se que a rede existente era insuficiente, já que as densidades mínimas aceitáveis, mesmo no caso de condições muito difíceis, de uma estação fluviométrica por 10.000 km² e de uma pluviométrica por 3.000 km² não eram satisfeitas.

Além disso, a distribuição espacial da rede era totalmente irregular, com áreas extensas sem nenhuma estação, enquanto que em outros locais havia postos relativamente próximos.

Com o início dos Estudos de Inventário do Rio Xingu, realizados entre 1975 e 1980, com edição do relatório em janeiro de 1980, a rede pluvio-fluviométrica foi ampliada com a instalação de novos postos, de modo a aumentar a densidade da rede, bem como melhorar sua distribuição espacial. Assim, até dezembro de 1978, foram instalados mais 11 postos fluviométricos e 25 pluviométricos na bacia do rio Xingu, o que elevou o total de estações da bacia a 48.

Nas Tabelas 1.1 a 1.4 são listadas as estações pluviométricas e meteorológicas localizadas na bacia do rio Xingu e no seu entorno. A localização destas estações é apresentada nos Desenhos 8892-00-3H-DE-0001 e 8892-00-3H-DE-0002.

Tabela 1-1
Estações meteorológicas localizadas na bacia

Código	Nome	Est.	Coordenadas		Altitude (m)	Período
			Latitude	Longitude		
00152001	Porto de Moz	PA	-01:44	-52:14	15,93	66/90
00352001	Altamira	PA	-03:12	-52:12	74,04	67/90
00651000	São Félix do Xingu	PA	-06:38	-51:59	150,00	73/90

Tabela 1-2
Estações meteorológicas localizadas no entorno da bacia

Código	Nome	Est.	Coordenadas		Altitude (m)	Período
			Latitude	Longitude		
00254002	Monte Alegre	PA	-02:00	-54:05	145,85	74/90
00455001	Itaituba	PA	-04:16	-55:35	45,00	71/90
00549002	Marabá	PA	-05:21	-49:09	95,00	73/90
00849000	Conceição do Araguaia	PA	-08:15	-49:17	157,85	66/90
01048003	Porto Nacional	TO	-10:43	-48:25	239,20	61/90
01247003	Paraná	GO	-12:33	-47:50	275,00	66/90
01256001	Cidade Vera	MT	-12:12	-56:30	415,00	73/90
01456005	Diamantino	MT	-14:24	-56:27	286,30	62/90
01548004	Pirenópolis	GO	-15:51	-48:58	740,00	76/90
01556002	Cuiabá	MT	-15:33	-56:07	151,34	61/90

Tabela 1-3
Postos pluviométricos localizados na bacia

Código	Nome	Rio	Est.	Município	Coordenadas		Período de Dados	
					Lat.	Long.	Início	Fim
00152000	PORTO DE MOZ	RIO XINGU	PA	PORTO DE MOZ	-01:45:00	-52:14:00	07/68	11/76
00352000	ALTAMIRA	RIO XINGU	PA	ALTAMIRA	03:12:30	-52:12:27	07/68	04/89
00451000	ALDEIA BACAIA	RIO BACAIA	PA	SENADOR JOSÉ PORFÍRIO	-04:54:55	-51:25:46	08/76	10/99
00452000	MONTE ALEGRE DO XINGU	RIO XINGU	PA	ALTAMIRA	-04:39:56	-52:43:13	08/76	10/04
00454000	PRAIA	RIO IRIRI	PA	ALTAMIRA	-04:48:46	-54:40:06	08/76	02/89
00552000	BELO HORIZONTE	RIO XINGU	PA	ALTAMIRA	-05:24:29	-52:54:07	05/76	02/98
00554000	CAJUEIRO	RIO CURUA	PA	ALTAMIRA	-05:39:01	-54:31:16	12/75	11/04
00651001	BOA ESPERANÇA (FAZ.OMETO)	RIO FRESCO	PA	SÃO FELIX DO XINGU	-06:43:00	-51:14:00	11/76	04/05
00652000	PRIMAVERA DO XINGU	RIO XINGU	PA	SÃO FELIX DO XINGU	-06:03:00	-52:36:00	07/76	12/97
00751000	GOROTIRE	RIO FRESCO	PA	ALTAMIRA	-07:46:00	-51:08:00	11/75	06/89
00754000	ALDEIA DO BAU	RIO CURUA	PA	ALTAMIRA	-07:20:00	-54:50:00	09/76	09/97
00852000	KUBENKRANKEIN	RIO XINGU	PA	SÃO FELIX DO XINGU	-08:02:00	-52:09:00	09/76	11/88
01052000	VILA SÃO JOSÉ DO XINGU	RIO XINGU	MT	LUCIARA	-10:48:16	-52:44:16	07/76	10/04
01053001	FAZENDA SANTA EMÍLIA	RIO XINGU	MT	MARCELÂNDIA	-10:32:21	-53:36:32	07/76	04/05
01152000	SUIA LIQUILÂNDIA	RIO XINGU	MT	LUCIARA	-11:43:19	-51:41:47	07/76	03/05
01154001	SANTA FELICIDADE	RIO XINGU	MT	VERA	-11:55:45	-54:59:53	04/82	04/05
01251000	ALO BRASIL	RIO XINGU	MT	SÃO FELIX DO ARAGUAIA	-12:09:51	-51:41:49	04/82	03/05
01254001	AGROVENSA	RIO RONURO	MT	CHAPADA DOS GUIMARÃES	-12:48:47	-54:45:06	04/82	04/05
01352000	FAZENDA SETE DE SETEMBRO	RIO XINGU	MT	BARRA DOS GARÇAS	-13:52:50	-52:24:43	01/85	03/05
01354000	FAZENDA AGROCHAPADA	RIO RONURO	MT	CHAPADA DOS GUIMARÃES	-13:26:48	-54:16:50	01/76	10/05
01453000	PASSAGEM BR-309	RIO CULUENE	MT	CHAPADA DOS GUIMARÃES	-14:36:43	-53:59:55	07/76	04/05

Tabela 1-4
Postos pluviométricos localizados no entorno da bacia

Código	Nome	Rio	Est.	Município	Coordenadas		Período de Dados	
					Lat.	Long.	Início	Fim
00250002	IRAPURU	RIO PACAJAS	PA	PORTEL	-02:27:12	-50:55:22	02/86	10/04
0035000	FAZENDA ESTRELA DO NORTE	RIO PACAJAS	PA	PORTEL	-03:51:14	-50:27:45	12/77	10/04
00455002	CUPARI	RIO TAPAJÓS	PA	AVEIRO	-04:10:30	-55:25:37	12/77	09/04
00956000	ALTA FLORESTA	RIO TELES PIRES (OU S. MANOEL)	MT	ALTA FLORESTA	-09:52:13	-56:06:08	08/78	09/97
01051001	PORTO ALEGRE DO NORTE	RIO DAS MORTES (ou MANSO)	MT	PORTO ALEGRE DO NORTE	-10:52:29	-51:37:50	01/84	10/04
01156000	FAZENDA ITAUBA	RIO TELES PIRES (OU S. MANOEL)	MT	PORTO DOS GAUCHOS	-11:28:17	-56:25:28	04/82	09/04
01351000	TRECHO MÉDIO	RIO DAS MORTES (ou MANSO)	MT	BARRA DO GARÇAS	-14:05:12	-51:41:47	01/85	10/04
01356002	NOVA MUTUM	RIO ARINOS	MT	NOVA MUTUM	-13:49:14	-56:05:03	01/85	09/04
01552002	TORIQUEJE	RIO DAS MORTES (ou MANSO)	MT	BARRA DO GARÇAS	-15:15:01	-53:03:17	04/71	04/05

a) Precipitação

Em posse dos registros de totais precipitados em postos localizados no interior e no entorno da bacia do rio Xingu, obtidos no “site” da ANA, foi determinada a distribuição anual da precipitação mínima, média e máxima mensal para cada um destes postos. Estes resultados são apresentados na Tabela 1-5 e na Tabela 1-6, para os postos localizados dentro e no entorno da bacia, respectivamente.

A partir dos registros de precipitação dos postos considerados como representativos da bacia, foi obtido o mapa de isoietas anuais apresentado no Desenho 8892-00-3H-DE-0003. Essas isoietas mostram que na bacia do rio Xingu a precipitação aumenta no sentido de seu desenvolvimento, de montante para jusante, variando de 1.500mm nas nascentes a 2.600mm na proximidade da foz.

A precipitação média anual na bacia, conforme determinada através da metodologia do Polígono de Thiessen nos Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu (Volume 2 – Estudos Hidrometeorológicos), resultou em 1.800mm.

Foram selecionados postos representativos da bacia ao longo de seu desenvolvimento: posto Fazenda Agrochapada na região da cabeceira, posto Primavera do Xingu na faixa média alta, posto Altamira na faixa média, e posto Porto de Moz na foz do rio Xingu (Porto de Moz), e com base em seus registros, traçado histograma de chuvas, de forma a distinguir o regime pluviométrico da bacia.

Esses histogramas são apresentados na Figura 1-3.

Tabela 1-5
Precipitações mensais e anuais nos postos selecionados na bacia

Estação		Mensal (mm/mês)												Extremos (mm/mês)	Anual (mm/ano)
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		
Porto de Moz	Mínima	96	187	302	205	237	160	129	80	32	16	0	11	0	1.996
	Média	213	290	370	364	360	264	204	122	114	38	70	92		
	Máxima	414	384	464	615	523	410	279	244	269	63	188	145	615	
Altamira	Mínima	183	213	285	230	176	69	24	11	0	4	0	95	0	2.239
	Média	275	333	401	382	262	123	61	38	41	38	105	179		
	Máxima	389	509	498	630	334	187	101	63	134	116	270	294	630	
Aldeia Bacajá	Mínima	134	146	128	90	32	0	1	0	0	20	0	68	0	1.819
	Média	273	295	317	218	150	32	18	25	33	76	96	197		
	Máxima	496	504	624	543	314	145	102	70	70	224	200	398	624	
Monte Alegre do Xingu	Mínima	121	0	0	73	13	0	0	2	0	8	0	46	0	1.614
	Média	281	234	251	206	144	58	24	33	37	68	96	150		
	Máxima	439	477	452	427	361	139	73	108	126	196	276	388	477	
Praia	Mínima	47	55	170	67	16	0	7	1	11	19	12	22	0	1.832
	Média	230	296	312	254	125	54	30	34	56	92	123	192		
	Máxima	497	495	455	633	328	184	114	97	166	210	277	530	633	
Belo Horizonte	Mínima	131	187	180	74	33	2	0	0	10	18	12	66	0	1.866
	Média	285	322	313	215	125	38	22	36	57	102	112	191		
	Máxima	509	530	448	445	262	114	118	110	206	241	236	520	530	
Cajueiro	Mínima	50	75	199	56	19	0	0	1	11	17	43	30	0	1.906
	Média	271	297	301	206	154	45	30	32	77	119	153	198		
	Máxima	417	491	446	412	293	128	134	97	225	233	357	725	725	
Boa Esperança	Mínima	28	124	128	44	28	0	0	0	32	50	47	49	0	1.936
	Média	276	258	349	237	101	32	13	56	97	158	182	230		
	Máxima	526	512	592	588	321	116	89	173	222	304	350	417	592	
Primavera do Xingu	Mínima	125	85	136	85	7	0	0	0	25	17	58	53	0	2.000
	Média	268	302	266	232	125	35	33	51	79	149	160	210		
	Máxima	441	789	482	407	241	106	211	226	181	324	288	516	789	
Gorotire	Mínima	0	0	27	14	0	0	0	0	17	36	47	26	0	1.718
	Média	207	196	253	174	57	12	4	26	86	191	199	259		
	Máxima	459	392	438	475	177	47	19	74	190	305	368	509	509	
Aldeia do Bau	Mínima	164	173	88	53	35	0	0	0	10	24	42	137	0	2.164
	Média	418	390	390	267	115	41	8	25	106	174	171	343		
	Máxima	751	692	886	524	266	114	28	100	187	395	308	590	886	
Kubenkranklein	Mínima	151	153	147	10	13	0	0	5	11	111	18	166	0	2.332
	Média	318	354	300	253	60	19	16	29	102	270	190	307		
	Máxima	647	603	545	590	130	85	78	61	177	465	341	438	647	
Vila São José do Xingu	Mínima	136	143	139	44	1	0	0	0	10	80	55	191	0	2.008
	Média	332	309	299	156	49	6	6	18	114	216	242	330		
	Máxima	597	561	620	291	122	52	57	117	199	521	495	545	620	
Fazenda Santa Emília	Mínima	224	90	152	45	0	0	0	0	27	83	85	100	0	2.273
	Média	382	309	303	173	43	2	2	12	112	218	261	365		
	Máxima	889	714	518	280	144	18	29	110	186	528	619	726	889	
Suia Liqueilândia	Mínima	128	110	115	15	0	0	0	0	0	38	42	174	0	1.810
	Média	285	253	232	123	46	3	2	3	62	181	248	309		
	Máxima	446	433	461	391	214	14	27	26	146	396	440	436	461	
Santa Felicidade	Mínima	163	150	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.973
	Média	336	325	264	130	26	5	2	5	30	150	263	288		
	Máxima	464	537	426	325	111	35	19	33	101	524	399	791	791	
Alô Brasil	Mínima	136	89	58	15	0	0	0	0	2	58	76	148	0	1.884
	Média	301	233	256	155	45	5	4	16	64	199	197	336		
	Máxima	519	456	543	565	216	68	31	169	147	899	388	1.075	1.075	
Agrovença	Mínima	123	136	91	28	0	0	0	0	0	33	82	122	0	1.541
	Média	281	262	237	114	31	2	5	7	37	137	206	262		
	Máxima	583	540	400	222	223	18	50	67	128	291	324	486	583	
Fazenda Sete de Setembro	Mínima	117	75	111	0	0	0	0	0	1	66	58	117	0	1.515
	Média	284	236	248	90	23	4	1	7	53	144	178	275		
	Máxima	635	538	575	301	82	44	9	78	177	289	401	480	635	
Fazenda Agrochapada	Mínima	133	133	87	12	0	0	0	0	0	57	49	146	0	1.750
	Média	342	325	254	123	38	6	2	15	46	174	218	328		
	Máxima	604	774	491	330	200	45	29	176	195	400	401	604	774	
Passagem da BR-309	Mínima	59	82	87	35	0	0	0	0	0	42	9	124	0	1.939
	Média	386	269	264	126	39	13	7	19	69	187	274	381	1.939	
	Máxima	924	667	687	446	114	98	82	119	304	772	1.105	774	1.105	

Tabela 1-6
Precipitações mensais e anuais nos postos selecionados no entorno da bacia

Estação		Mensal (mm/mês)												Extremos (mm/mês)	Anual (mm/ano)
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		
Irapuru	Mínima	116	162	283	271	135	48	28	9	9	11	12	50	9	2.591
	Média	327	413	454	403	288	154	106	52	80	69	94	147		
	Máxima	563	715	602	630	569	291	228	90	201	228	354	253	715	
Fazenda Estrela do Norte	Mínima	54	185	185	72	37	8	1	0	0	0	0	28	0	1.998
	Média	264	337	376	298	190	72	51	24	26	53	81	158		
	Máxima	484	652	572	458	402	199	172	73	97	236	272	327	652	
Cupari	Mínima	60	126	159	97	86	21	15	7	5	19	22	38	5	2.045
	Média	259	266	337	274	195	87	72	81	65	95	138	181		
	Máxima	447	422	544	580	368	222	160	225	136	240	265	476	580	
Alta Floresta	Mínima	186	133	217	35	24	0	0	0	41	89	132	184	0	2.292
	Média	343	362	347	221	86	17	8	26	122	206	260	313		
	Máxima	507	566	608	401	169	62	71	151	280	296	539	596	608	
Porto Alegre do Norte	Mínima	168	99	122	5	0	0	0	0	20	17	56	145	0	1.739
	Média	305	239	266	145	39	4	0	13	71	168	209	308		
	Máxima	460	411	445	397	133	42	5	77	166	357	303	561	561	
Fazenda Itauba	Mínima	117	140	166	37	0	0	0	0	0	64	103	142	0	1.913
	Média	311	271	283	186	32	11	3	14	82	157	245	311		
	Máxima	669	493	531	417	135	106	22	66	225	371	405	517	669	
Trecho médio	Mínima	49	91	52	21	0	0	0	0	0	32	19	87	0	1.406
	Média	268	240	211	94	22	4	3	36	115	176	274	274		
	Máxima	530	502	451	218	196	44	23	34	96	238	349	500	530	
Nova Mutum	Mínima	167	145	61	54	0	0	0	0	2	94	153	180	0	1.622
	Média	303	302	233	166	38	15	6	16	35	186	238	294		
	Máxima	455	541	330	388	140	93	70	68	90	383	315	419	541	
Toriqueje	Mínima	29	13	25	14	0	0	0	0	0	18	53	91	0	1.600
	Média	300	216	219	96	39	12	7	12	65	131	246	274		
	Máxima	937	527	741	703	216	156	112	113	224	239	561	585	937	

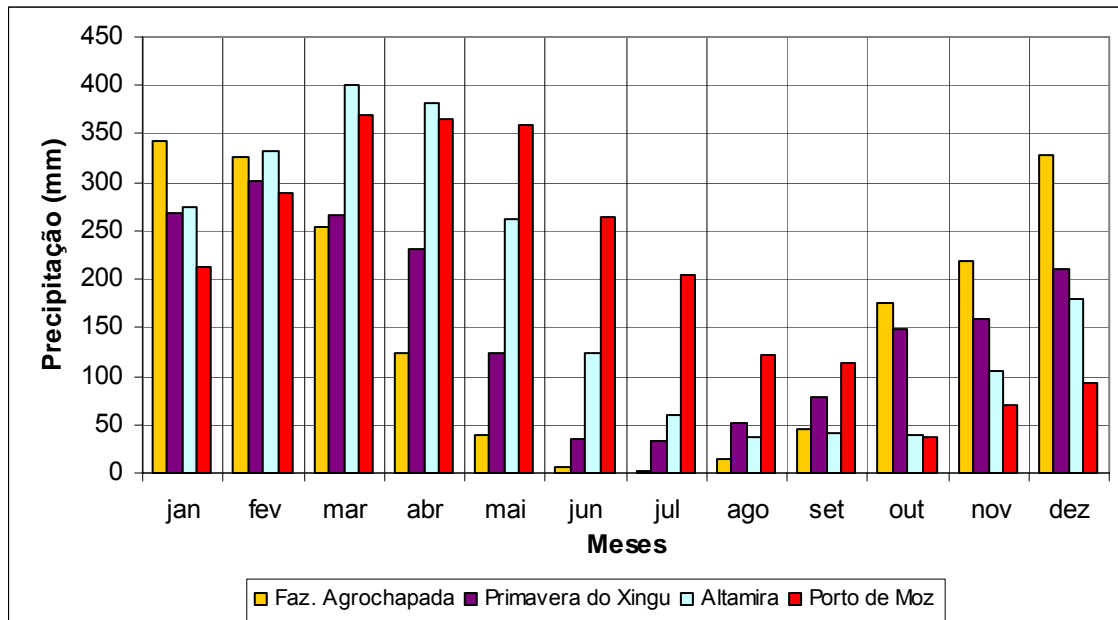


Figura 1-3
Precipitação média mensal para os postos Fazenda Agrochapada, Primavera do Xingu, Altamira e Porto de Moz

Pode-se concluir, a partir da Figura 1-3, que a bacia do rio Xingu apresenta uma sazonalidade bem definida. O período chuvoso, das cabeceiras do rio até a parte média alta da bacia, compreende os meses de dezembro a março; já na faixa média da bacia até o baixo curso, o período chuvoso vai de fevereiro a maio.

Nota-se claramente que, entre as cabeceiras e o baixo curso, o período chuvoso sofre um atraso de cerca de um a dois meses. Este fato favorece a ocorrência de grandes deflúvios nos trechos do médio e baixo cursos. As descargas que ocorrem nesses trechos, no período de fevereiro a abril, são provenientes do escoamento superficial das chuvas que atingem o segmento médio inferior da bacia e do escoamento dos deflúvios originários das precipitações de um a dois meses antes, nas partes média superior e alta da bacia. Merece citação também a grande acumulação na própria calha do rio e nas baixadas marginais adjacentes, o que tem grandes efeitos sobre o amortecimento das cheias e seu tempo de trânsito ao longo da calha principal do rio Xingu.

Para os postos Boa Esperança, Primavera do Xingu e Altamira, próximos aos locais dos aproveitamentos hidrelétricos São Félix do Xingu, Pombal (Eixo 4), Altamira e Belo Monte (Eixo Pimental), já definidos na presente atualização de inventário, conforme consta do Relatório de Planejamento da Atualização do Inventário Hidrelétrico da Bacia do Rio Xingu, e localização apresentada no Desenho 8892-00-3H-DE-0005, foram traçados histogramas da distribuição anual da precipitação (mínima, média e máxima mensal) apresentados nas Figuras 1-4 a 1-6.

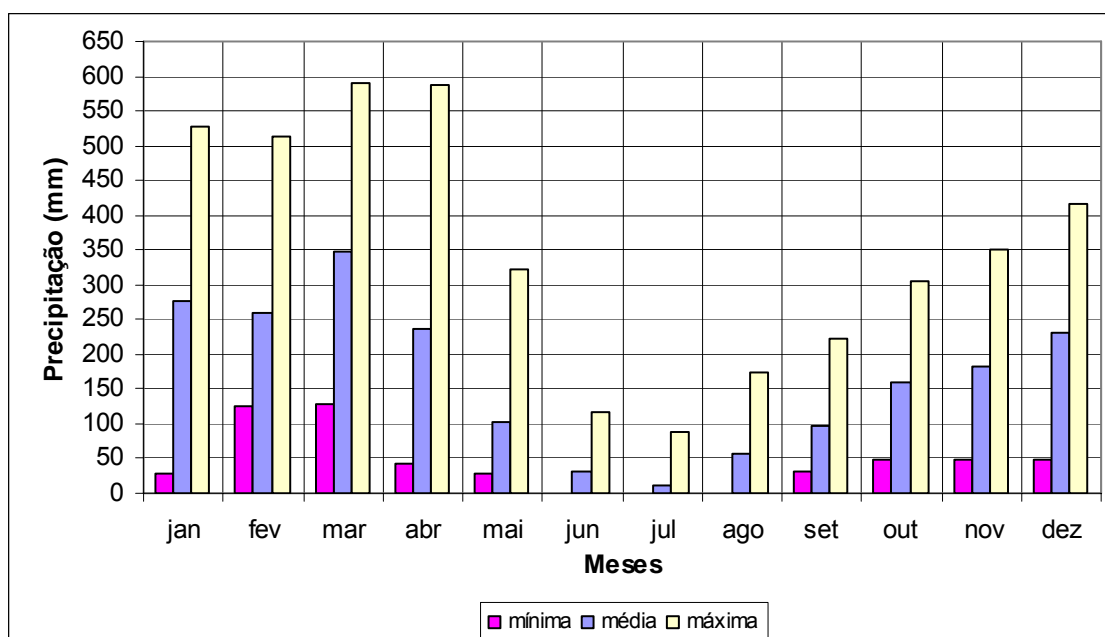


Figura 1-4
Precipitação mínima, média e máxima mensal no posto Boa Esperança

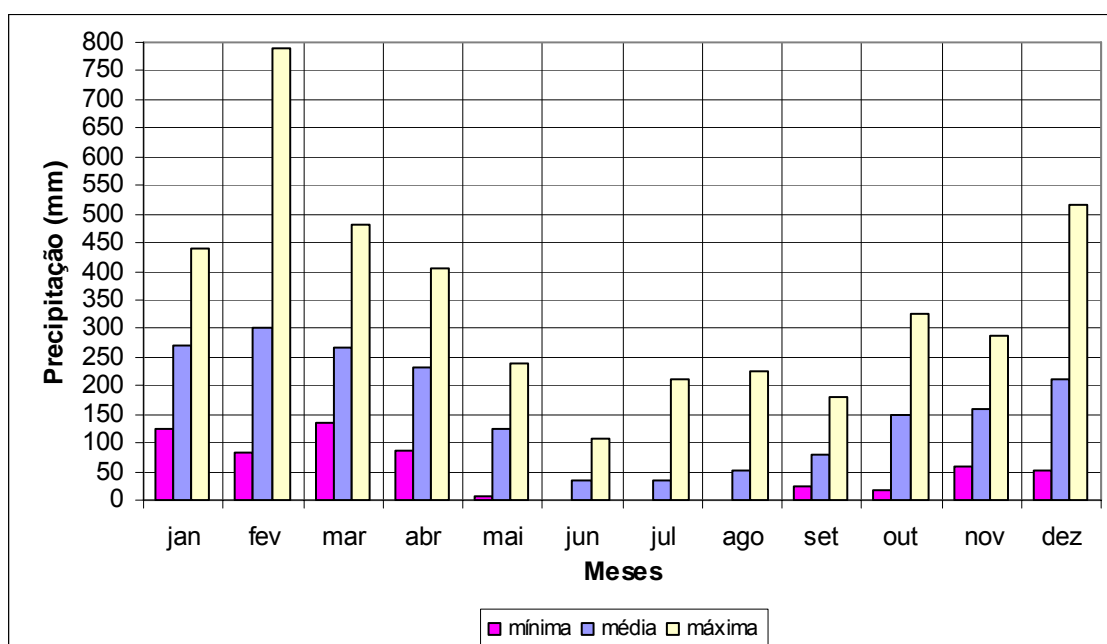


Figura 1-5
Precipitação mínima, média e máxima mensal no posto Primavera do Xingu

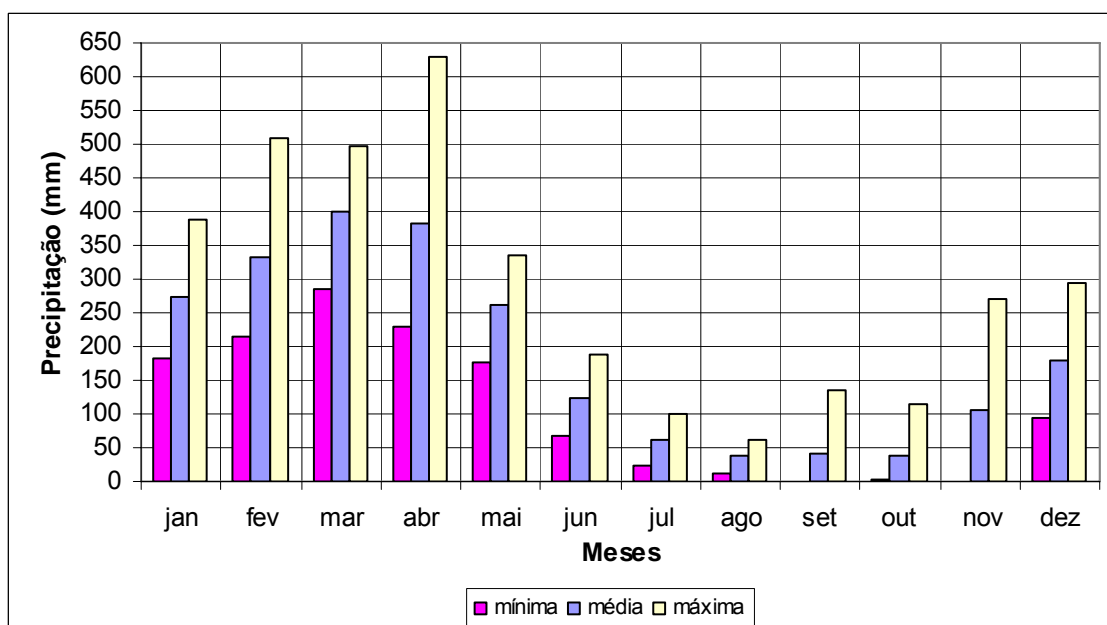


Figura 1-6
Precipitação mínima, média e máxima mensal no posto Altamira

Os histogramas apresentados nas Figuras 1-4 a 1-6 mostram que nos locais dos aproveitamentos hidrelétricos São Félix do Xingu e Pombal (Eixo 4) o período chuvoso compreende os meses de janeiro a março. Já para os aproveitamentos Altamira e Belo Monte há atraso de um mês, compreendendo os meses de fevereiro a abril.

Foi também pesquisada, para cada mês, a variação do número mínimo, médio e máximo de dias de precipitação diária com total igual ou maior do que 0,1 mm, 1,0 mm, 2,0 mm, 5,0 mm e 10,0 mm. Esses resultados são apresentados nas Tabelas 1-7 a 1-9.

Tabela 1-7
Número de dias com precipitação total igual ou maior que 0,1, 1,0, 2,0, 5,0 e 10,0 mm/dia- no Posto Boa Esperança

Mês	P ≥ 0,1 mm/d			P ≥ 1,0 mm/d			P ≥ 2,0 mm/d			P ≥ 5,0 mm/d			P ≥ 10,0 mm/d		
	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.
Jan	27	16	2	26	15	2	23	14	2	21	11	2	15	8	2
Fev	25	16	7	23	15	7	23	13	7	17	10	6	13	8	4
Mar	26	20	12	25	19	12	24	18	12	21	15	10	15	10	5
Abr	24	15	5	24	14	5	24	13	5	24	10	4	21	7	1
Mai	23	9	2	17	8	2	17	8	2	13	6	2	8	4	1
Jun	7	3	0	7	3	0	7	3	0	5	2	0	4	1	0
Jul	8	2	0	7	2	0	7	1	0	5	1	0	4	0	0
Ago	12	5	0	12	5	0	11	4	0	8	3	0	5	2	0
Set	15	9	4	15	8	4	13	7	4	12	5	2	9	3	1
Out	19	11	4	16	10	4	16	9	3	12	8	3	9	5	2
Nov	18	12	6	17	11	6	17	10	6	12	8	4	9	6	1
Dez	23	14	5	23	13	4	22	12	4	16	10	3	14	7	2

Tabela 1-8
Número de dias com precipitação total igual ou maior que 0,1, 1,0, 2,0, 5,0 e 10,0 mm/dia- no Posto Primavera do Xingu

Mês	P ≥ 0,1 mm/d			P ≥ 1,0 mm/d			P ≥ 2,0 mm/d			P ≥ 5,0 mm/d			P ≥ 10,0 mm/d		
	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.
Jan	25	18	12	25	17	7	24	15	7	19	12	5	15	8	5
Fev	24	18	12	24	17	9	21	15	7	18	12	5	16	9	3
Mar	24	19	9	22	18	9	22	16	9	19	12	9	14	8	5
Abr	25	18	11	25	15	9	20	14	9	16	10	6	13	7	3
Mai	22	13	1	21	11	1	20	10	1	13	7	1	10	4	0
Jun	11	4	0	9	3	0	7	3	0	5	2	0	5	1	0
Jul	10	3	0	7	2	0	7	2	0	7	2	0	7	1	0
Ago	9	5	0	8	4	0	8	4	0	8	3	0	5	2	0
Set	14	8	3	14	7	3	13	6	3	11	5	2	8	3	0
Out	17	11	3	15	10	3	15	9	3	13	7	1	9	5	0
Nov	17	11	6	16	10	5	13	9	5	11	7	2	11	5	1
Dez	20	13	6	19	12	4	19	10	4	17	8	4	14	6	2

Tabela 1-9
Número de dias com precipitação total igual ou maior que 0,1, 1,0, 2,0, 5,0 e 10,0 mm/dia- no Posto Altamira

Mês	P ≥ 0,1 mm/d			P ≥ 1,0 mm/d			P ≥ 2,0 mm/d			P ≥ 5,0 mm/d			P ≥ 10,0 mm/d		
	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.
Jan	27	18	1	26	17	1	25	15	1	19	11	1	15	8	1
Fev	27	18	0	27	17	0	25	15	0	19	12	0	15	8	0
Mar	28	19	0	25	17	0	22	15	0	19	12	0	13	8	0
Abr	27	17	4	23	15	3	19	13	2	15	10	2	12	7	2
Mai	29	13	4	24	12	4	20	10	3	14	7	1	12	5	0
Jun	15	7	0	12	6	0	12	5	0	9	4	0	7	2	0
Jul	13	4	0	10	4	0	7	3	0	4	2	0	3	1	0
Ago	12	4	1	9	4	1	6	3	0	6	2	0	4	1	0
Set	12	5	0	11	5	0	10	4	0	7	2	0	5	1	0
Out	15	6	1	14	5	1	13	4	1	10	3	1	5	2	0
Nov	17	7	0	14	6	0	12	5	0	9	4	0	6	2	0
Dez	19	11	1	16	10	1	15	9	1	14	6	1	10	4	1

Pôde-se concluir que, em termos médios, o número de dias de chuva apresenta-se menor nos meses de junho a agosto nos postos Boa Esperança e Primavera do Xingu, e, de agosto a outubro no posto Altamira, com no máximo 5 dias de precipitação ao mês para este período nestes locais.

b) Temperatura

Pela sua posição geográfica próxima ao Equador e pelas suas baixas altitudes, a bacia se caracteriza por um clima quente, ocorrendo de agosto a dezembro as temperaturas mais elevadas. As máximas não são excessivas, devido à forte umidade relativa e a intensa nebulosidade. Em contrapartida, nos meses mais frios, junho a julho, dificilmente a temperatura média fica abaixo dos 24 °C. Em casos particulares, quando ocorre a invasão do ar polar continental, as mínimas absolutas podem chegar aos 8 °C.

As Tabelas 1-10 e 1-11 contêm as temperaturas mínimas, médias e máximas para as estações meteorológicas selecionadas dentro e no entorno da bacia hidrográfica, respectivamente. As Figuras 1-7 a 1-9 apresentam essas mesmas informações em forma de gráfico.

Tabela 1-10
Temperaturas mensais e anuais nas estações selecionadas na bacia

Estação		Mensal (° C)												Extremos (° C)	Anual (° C)
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		
Porto de Moz	Mínima	22,1	22,1	22,3	22,4	22,5	22,4	22,0	22,3	22,5	22,7	22,7	22,7	22,0	26,4
	Média	25,8	25,5	25,9	26,1	26,2	26,0	26,2	26,7	27,0	27,3	27,1	26,7		
	Máxima	31,0	30,5	30,7	30,8	30,9	31,2	31,6	32,5	32,8	33,2	32,8	32,2	33,2	
Altamira	Mínima	22,0	22,0	22,3	22,3	22,3	21,5	20,8	21,1	21,8	22,2	22,5	22,4	20,8	26,0
	Média	25,6	25,4	25,4	25,6	25,8	25,7	25,6	26,2	26,8	27,0	26,9	26,4		
	Máxima	30,2	29,9	29,9	30,1	30,5	30,9	31,2	32,0	32,4	32,4	31,8	31,2	32,4	
São Félix do Xingu	Mínima	19,6	19,8	19,8	20,2	19,7	18,3	17,4	18,8	19,2	19,6	19,8	19,6	17,4	25,0
	Média	24,7	24,6	24,8	25,0	25,2	24,7	24,6	25,2	25,4	25,3	25,3	24,8		
	Máxima	30,6	30,6	30,8	31,2	31,8	32,1	32,8	33,4	33,0	32,2	32,0	31,0	33,4	

Tabela 1-11
Temperaturas mensais e anuais nas estações selecionadas fora da bacia

Estação		Mensal (° C)												Extremos (° C)	Anual (° C)
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		
Monte Alegre	Mínima	22,6	21,9	22,0	22,2	22,5	21,9	22,3	22,6	22,8	23,2	23,1	22,7	21,9	26,4
	Média	25,9	25,5	25,6	25,8	26,0	25,9	26,0	26,8	27,3	27,7	27,4	26,9		
	Máxima	30,5	29,9	29,9	29,9	30,0	30,0	30,5	31,4	32,3	32,5	32,3	31,8		
Itaituba	Mínima	22,5	22,3	22,5	22,9	22,8	22,0	21,3	21,7	22,4	22,8	22,8	22,8	21,3	26,7
	Média	26,2	25,8	26,2	26,4	26,5	26,4	26,4	27,0	27,5	27,8	27,5	26,8		
	Máxima	30,9	30,5	30,9	31,2	31,6	32,0	32,6	33,3	33,6	33,5	33,0	31,8		
Porto Nacional	Mínima	21,7	22,5	24,0	22,0	20,9	18,9	18,0	19,2	21,6	22,3	22,1	22,0	18,0	26,1
	Média	25,5	25,5	25,6	26,0	26,2	25,5	25,4	27,0	28,0	26,8	26,2	25,8		
	Máxima	31,3	32,5	31,2	32,2	33,0	33,4	33,8	34,1	35,6	33,2	32,1	31,4		
Paraná	Mínima	21,2	20,8	20,9	20,7	18,8	16,3	15,4	16,1	19,1	21,0	21,4	21,2	15,4	25,0
	Média	25,4	25,1	25,4	25,6	24,4	23,1	23,1	24,4	26,4	26,1	25,7	25,2		
	Máxima	31,0	30,7	31,2	31,8	31,9	32,0	32,4	34,4	35,2	33,3	31,1	30,6		
Cidade Vera	Mínima	19,9	19,5	19,7	20,5	17,2	15,4	14,9	16,2	17,6	19,6	19,8	20,0	14,9	24,0
	Média	24,3	24,4	24,2	24,5	23,9	22,4	21,9	23,2	24,2	25,0	24,8	24,8		
	Máxima	30,7	30,7	31,1	31,5	31,3	31,4	31,7	33,2	32,9	35,9	31,1	30,5		
Pirenópolis	Mínima	19,2	19,0	18,9	18,2	16,5	14,3	14,1	15,9	18,2	19,0	19,0	19,3	14,1	22,6
	Média	22,9	23,2	23,2	22,9	21,7	20,2	20,2	22,3	23,8	23,9	23,3	23,0		
	Máxima	28,3	29,2	29,4	29,5	29,2	28,8	28,8	31,1	31,5	30,6	29,2	28,1		
Cuiabá	Mínima	23,2	22,9	22,9	22,0	19,7	17,5	16,6	18,3	22,1	17,1	22,9	23,0	16,6	25,6
	Média	26,7	25,3	26,5	26,1	24,6	23,5	22,0	24,7	26,6	27,4	27,2	26,6		
	Máxima	32,6	32,6	32,9	32,7	31,6	30,7	31,8	34,1	34,1	34,0	31,1	32,5		

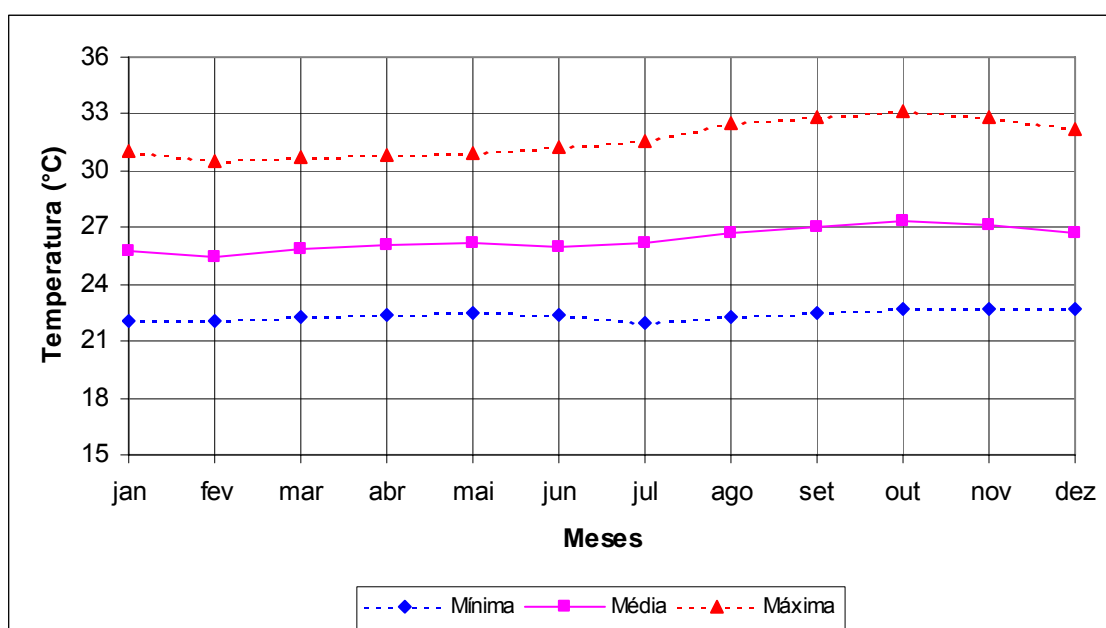


Figura 1-7
Temperaturas mínima, média e máxima na estação Porto de Moz

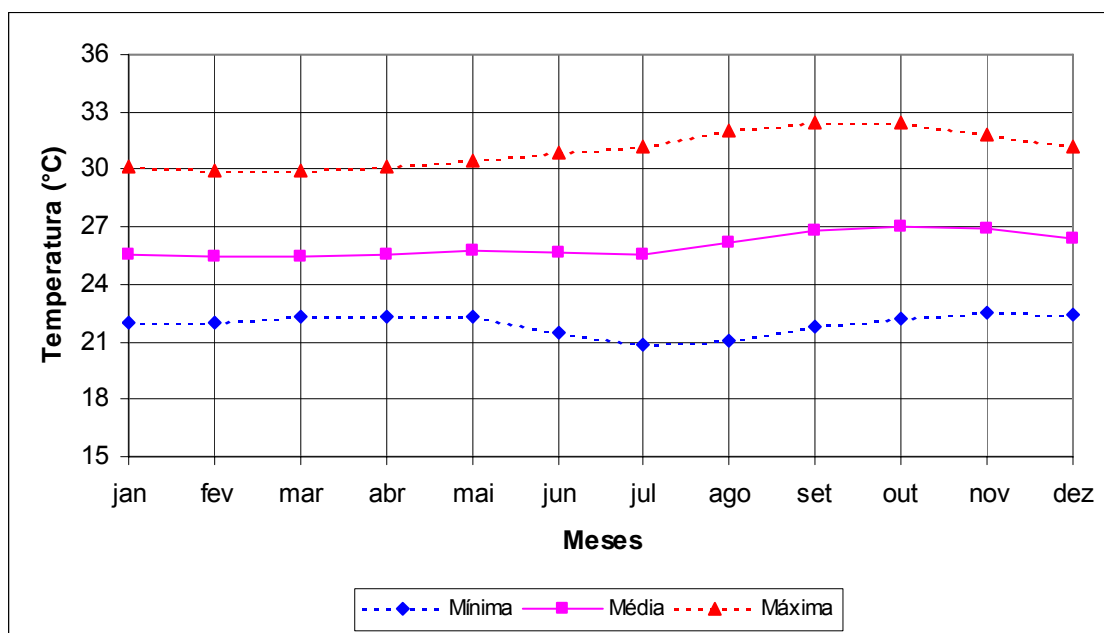


Figura 1-8
Temperaturas mínima, média e máxima na estação Altamira

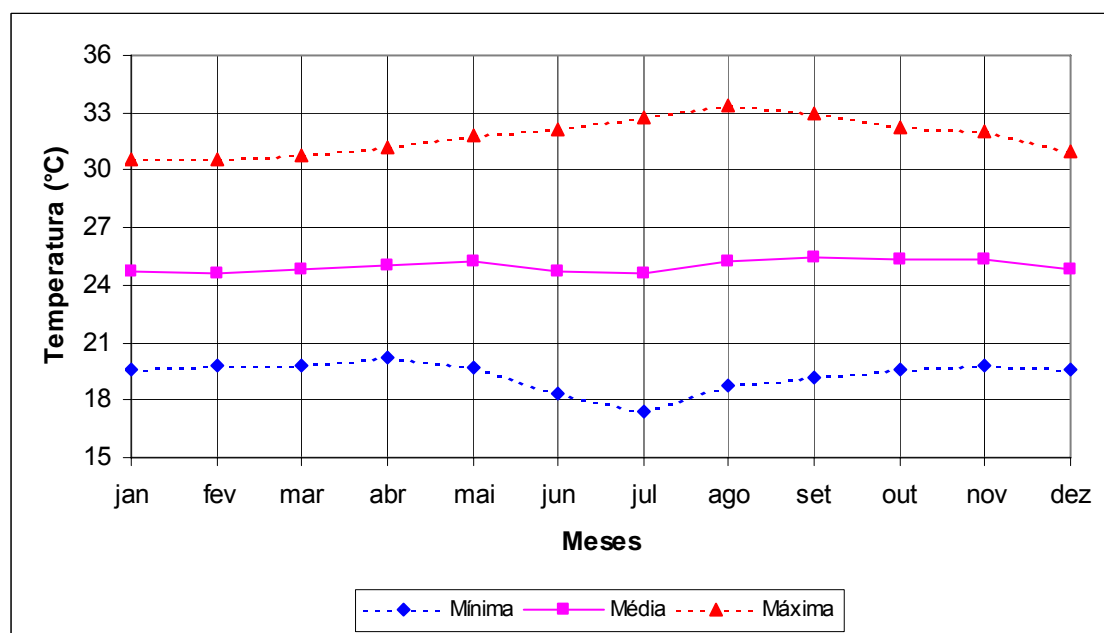


Figura 1-9
Temperaturas mínima, média e máxima na estação São Félix do Xingu

Observa-se, pela análise dos gráficos apresentados nas Figuras 1-7 a 1-9, que há um acréscimo nas médias anuais em direção ao trecho inferior da bacia. Adicionalmente, a estes dados de temperaturas médias, tem-se dados das estações climatológicas no

entorno da bacia, de maneira a distingui-la em trechos, conforme se pode analisar através das Figuras 1-10 a 1-12.

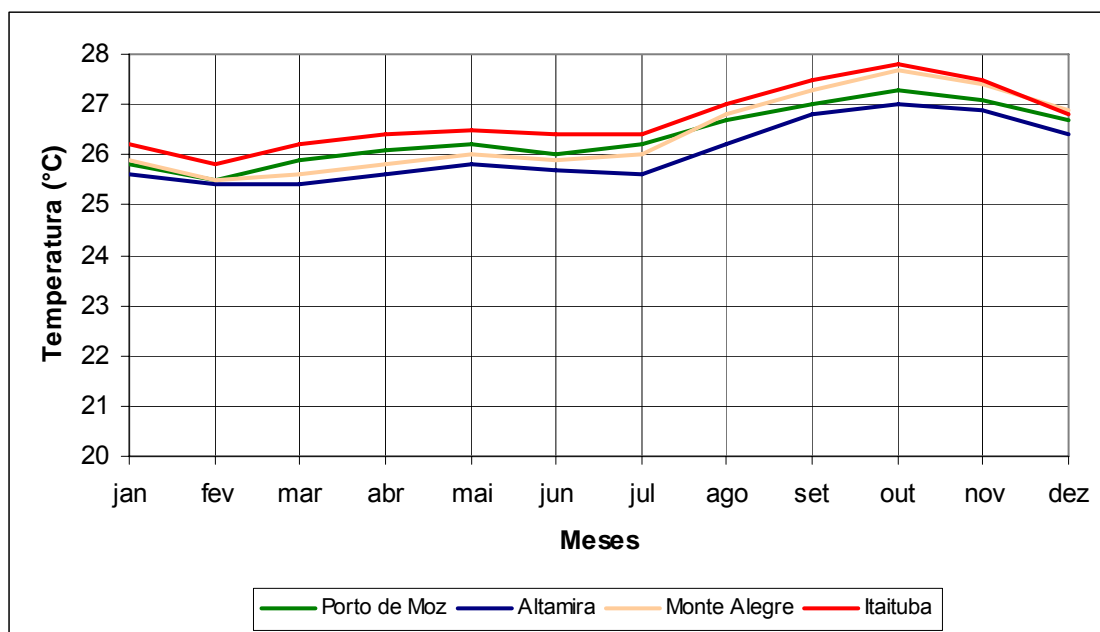


Figura 1-10
Temperatura média mensal no trecho inferior da bacia

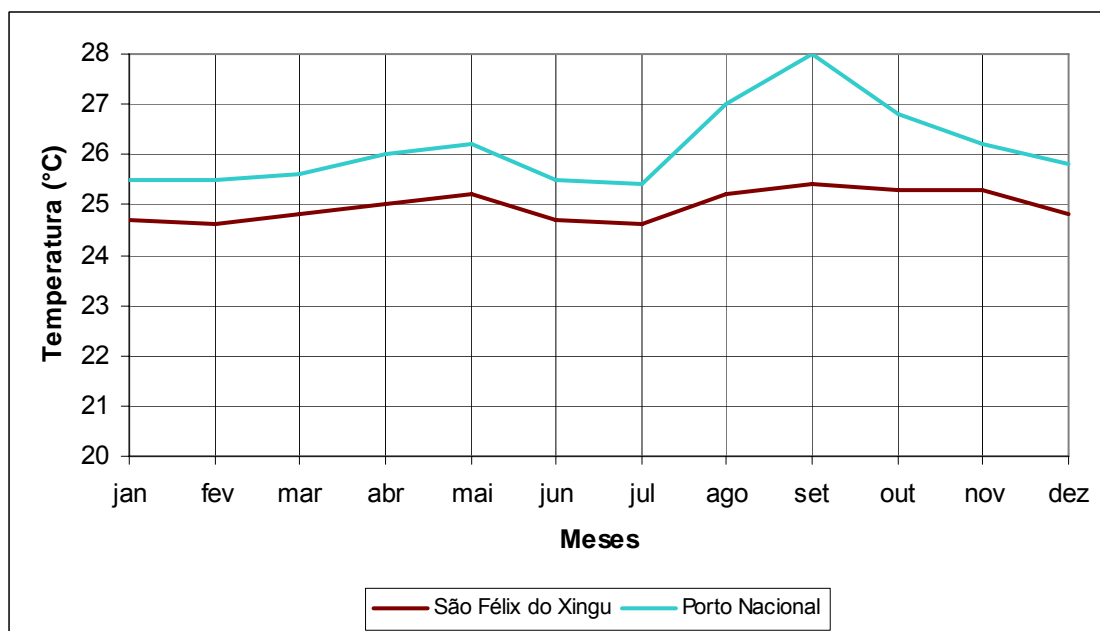


Figura 1-11
Temperatura média mensal no trecho médio da bacia

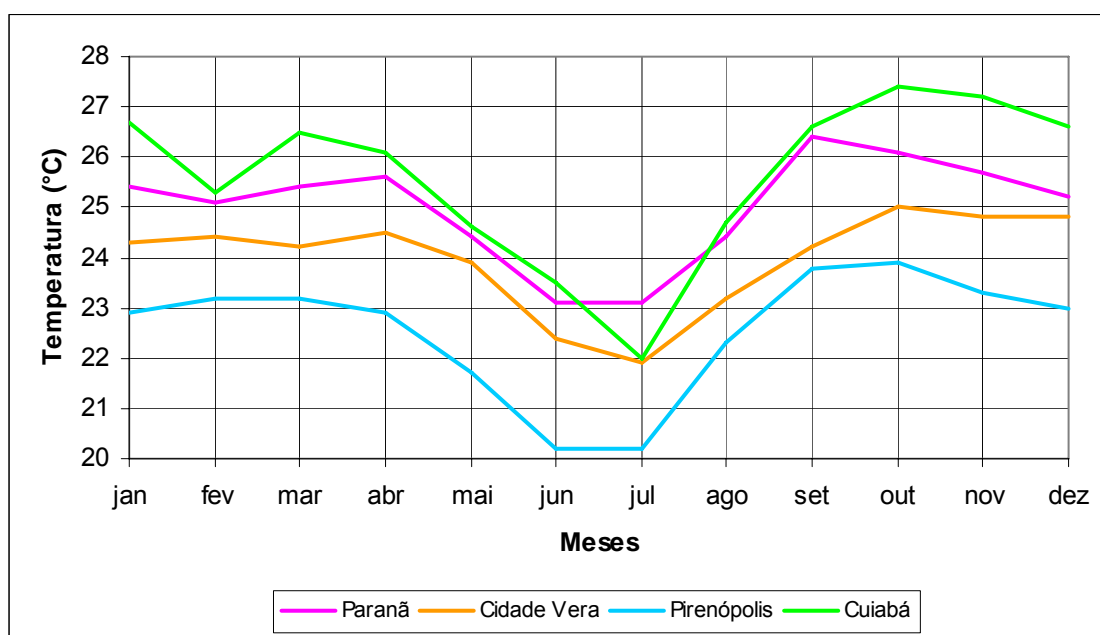


Figura 1-12
Temperatura média mensal no trecho superior da bacia

Na região de Altamira e Porto de Moz, trecho inferior da bacia, a temperatura média durante o ano fica entre 25,4°C e 27,3°C, com mínimas em fevereiro e máximas em outubro. Seguem a mesma variação gradual de temperaturas as estações de Monte Alegre e Itaituba, localizadas na periferia deste trecho.

Como indicador do trecho médio, tem-se a localidade de São Félix do Xingu. Nesta, em posição mais meridional e em altitude mais elevada que o trecho inferior, as médias mensais ficam entre 24,6°C (mínima em julho) e 25,4°C (máxima em setembro). Porto Nacional em posição periférica à bacia, mostra um mesmo regime térmico, mas com uma variação da amplitude de temperatura maior, devido à sua altitude e latitude.

Paranã, Cidade Vera, Pirenópolis e Cuiabá, estações no entorno do trecho superior da bacia, apresentam mínimas em julho, variando de 20,2°C a 23,1°C, e máximas geralmente em outubro, de 23,9°C a 28°C, demonstrando os valores mais baixos de temperatura neste trecho e comprovando a estreita relação entre a variação térmica e a latitude-altitude.

c) Evaporação

A análise dos dados de evaporação indica uma situação inversa à da precipitação, com os menores valores ocorrendo no período mais chuvoso e os maiores no período mais seco.

Em Porto de Moz e Altamira os menores valores ocorrem de fevereiro a abril, com totais mensais variando entre 46,5 e 51,8mm e 38,5 e 43,6mm, respectivamente. Quanto aos valores maiores de evaporação, para a primeira estação dá-se no período de outubro a

dezembro, com variação de 88,4 a 100 mm, e, para Altamira de setembro a novembro, variando de 90,6 a 78,5mm. Itaituba, estação no entorno da bacia, segue a mesma tendência de curva de evaporação destas, diferenciando-se nos valores máximos que ocorrem de agosto a outubro em maior elevação.

Já São Félix do Xingu, possui menores valores de janeiro a março (39,5 a 44,2mm) e maiores de junho a agosto (76,9 a 98,6mm). Seguindo a mesma tendência de curva de variação, tem-se a estação de Marabá.

Essas análises são apresentadas nas Tabelas 1-12 e 1-13 e nas Figuras 1-13 e 1-14.

Tabela 1-12
Evaporação mensal e anual nas estações selecionadas dentro da bacia

Estação	Mensal (mm/mês)												Anual (mm/ano)
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Porto de Moz	60,9	48,1	51,8	46,5	50,4	54,8	66,7	79,6	85,3	100,0	93,8	88,4	826,3
Altamira	48,2	38,5	43,2	43,6	49,8	56,0	65,6	73,5	85,8	90,6	78,5	64,4	737,7
S. Félix Xingu	43,3	39,5	44,2	46,9	59,7	76,9	98,6	97,1	75,1	64,7	55,8	47,1	748,9

Tabela 1-13
Evaporação mensal e anual nas estações selecionadas fora da bacia

Estação	Mensal (mm/mês)												Anual (mm/ano)
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Monte Alegre	102,0	70,4	75,2	65,5	70,8	80,2	101,6	128,2	144,0	150,5	151,0	131,6	1271,0
Itaituba	69,8	42,6	61,1	53,1	55,4	62,9	76,2	97,2	110,6	104,7	93,8	72,8	900,2
Marabá	59,3	49,1	55,8	58,3	76,0	101,5	124,2	128,5	102,4	83,9	74,3	66,9	980,2
P. Nacional	81,0	70,1	74,8	93,3	162,8	187,1	231,5	271,0	234,8	138,7	101,9	93,2	1740,2
Paraná	84,4	73,2	87,9	92,0	113,9	106,4	152,9	163,3	173,8	141,2	95,0	81,5	1365,5
Cidade Vera	107,5	81,2	64,1	69,1	161,4	101,0	150,0	146,3	120,8	93,3	72,6	61,8	1229,1
Diamantino	64,3	59,7	64,7	73,4	89,9	120,7	146,7	180,5	140,1	111,8	91,2	70,8	1213,8
Pirenópolis	85,1	89,3	100,2	103,6	140,9	162,6	214,8	259,8	235,4	161,1	105,6	79,5	1737,9
Cuiabá	89,4	76,2	78,1	40,5	93,2	106,2	132,8	173,6	156,2	143,4	111,0	92,7	1293,3

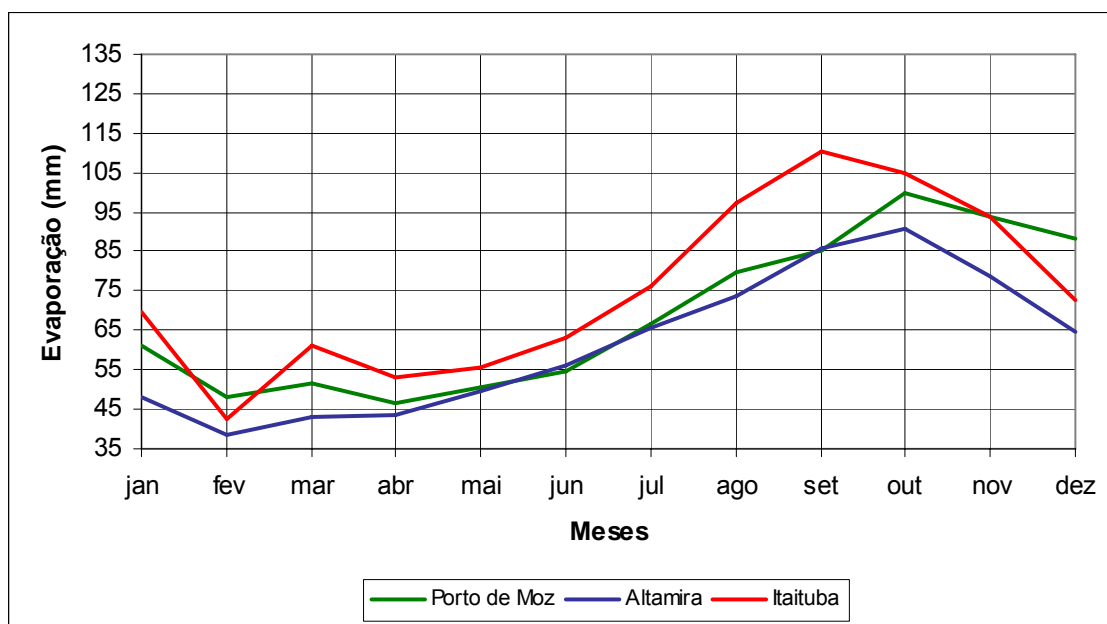


Figura 1-13
Evaporação média mensal no trecho inferior da bacia

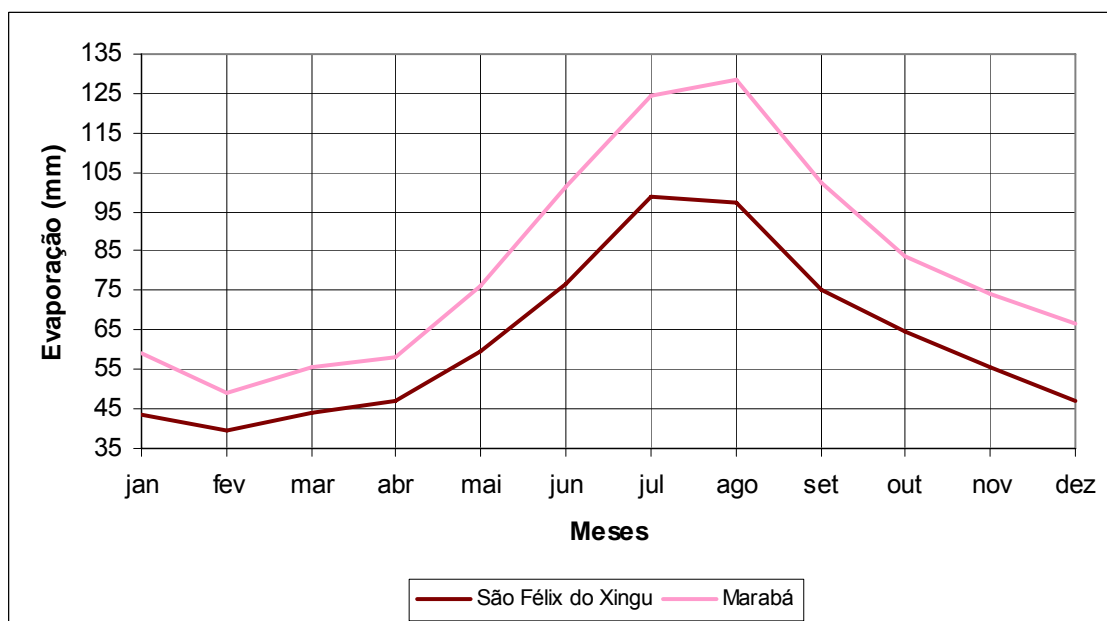


Figura 1-14
Evaporação média mensal no trecho médio da bacia

d) Umidade Relativa

No trecho inferior da bacia, tanto na latitude de Porto de Moz quanto de Altamira, a curva da umidade relativa cresce a partir de novembro até abril-maio, variando de 83% a 89% e 79% a 88%, respectivamente. Entre junho e outubro ela reduz até 82% em Porto de Moz, e entre maio e outubro até 78% em Altamira. O mesmo comportamento pode ser notado nas localidades de Monte Alegre e Itaituba.

Caracterizando o trecho médio da bacia, São Félix do Xingu demonstra uma ligeira modificação na curva de umidade relativa em relação ao trecho inferior, apresentando máxima em janeiro (89%) e mínimas entre julho e agosto (81%). Em Marabá e Porto Nacional, em posição periférica a este trecho da bacia, as máximas atrasam um mês, sendo em fevereiro e março respectivamente iguais a 87% e 84%, e com mínimas em agosto, de 76% e 50%.

Em direção ao trecho superior da bacia nota-se um claro aumento da amplitude anual da umidade relativa, devido à acentuada queda nos índices do período mais seco do ano. Paranã, Cidade Vera, Diamantino, Pirenópolis e Cuiabá têm um ritmo similar ao das localidades do trecho médio, com as máximas em janeiro ou fevereiro (87% em Cidade Vera) e mínima de 51% em Pirenópolis.

As Tabelas 1-14 e 1-15 e Figuras 1-15 a 1-18 apresentam as análises efetuadas.

Tabela 1-14
Umidade Relativa mensal e anual nas estações selecionadas na bacia

Estação	Mensal (%)												Anual (%)
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Porto de Moz	88,0	89,0	89,0	89,0	89,0	87,0	87,0	85,0	84,0	82,0	83,0	84,0	86,3
Altamira	86,0	87,0	88,0	88,0	87,0	85,0	83,0	81,0	79,0	78,0	79,0	86,0	83,9
S. Félix Xingu	89,0	88,0	88,0	88,0	86,0	84,0	81,0	81,0	82,0	85,0	85,0	88,0	85,4

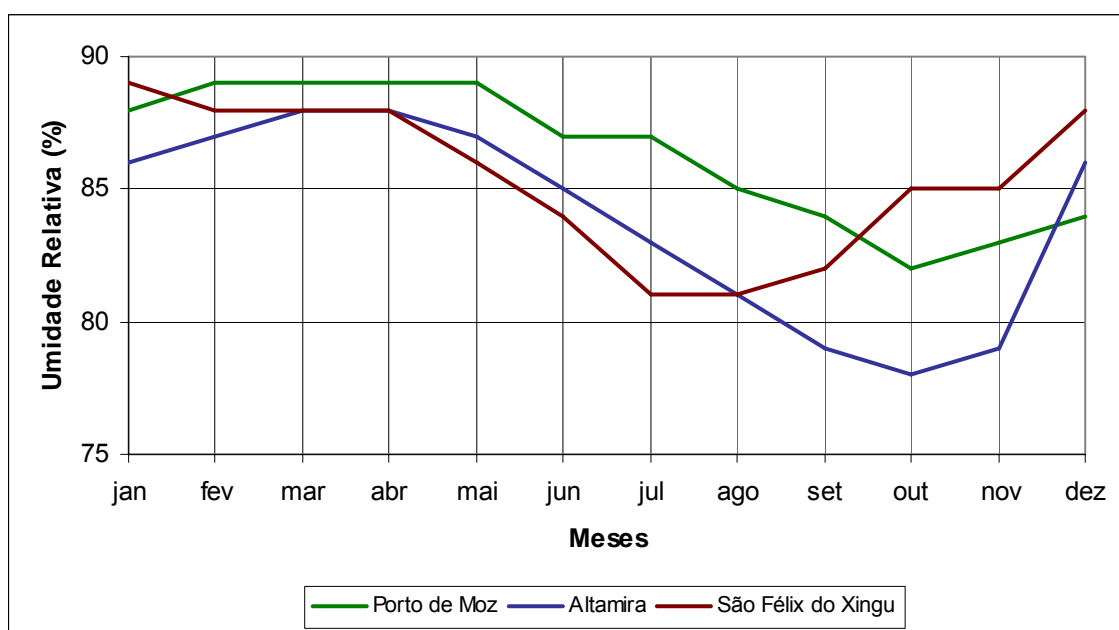


Figura 1-15
Umidade Relativa mensal nas estações selecionadas dentro da bacia

Tabela 1-15
Umidade Relativa mensal e anual nas estações selecionadas no entorno da bacia

Estação	Mensal (%)												Anual (%)
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Monte Alegre	80,0	82,0	84,0	84,0	84,0	81,0	80,0	75,0	73,0	71,0	76,0	75,0	78,8
Itaituba	88,0	91,0	91,0	91,0	91,0	89,0	88,0	85,0	84,0	83,0	84,0	88,0	87,8
Marabá	86,0	87,0	87,0	87,0	84,0	79,0	77,0	76,0	78,0	81,0	83,0	86,0	82,6
P. Nacional	83,0	84,0	84,0	80,0	72,0	64,0	56,0	50,0	56,0	74,0	79,0	80,0	71,8
Paraná	78,0	76,0	77,0	75,0	72,0	68,0	65,0	57,0	57,0	67,0	75,0	77,0	70,3
Cidade Vera	85,3	87,0	85,6	83,2	81,8	78,6	73,5	72,6	75,1	81,6	85,4	84,6	81,2
Diamantino	80,3	83,0	79,9	80,1	77,5	70,1	67,8	60,7	64,5	69,0	74,2	72,2	73,3
Pirenópolis	82,0	80,0	81,0	77,0	72,0	66,0	57,0	51,0	57,0	69,0	77,0	82,0	70,9
Cuiabá	80,7	81,6	81,0	79,5	74,2	73,7	65,4	57,3	61,8	69,6	74,2	78,5	73,1

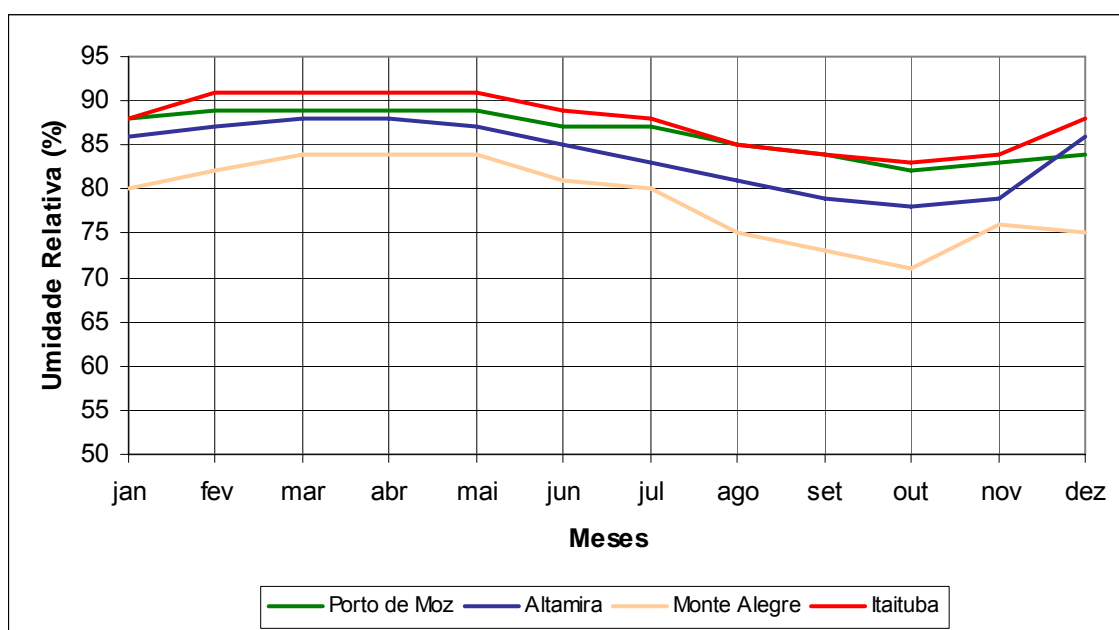


Figura 1-16
Umidade Relativa mensal no trecho inferior da bacia

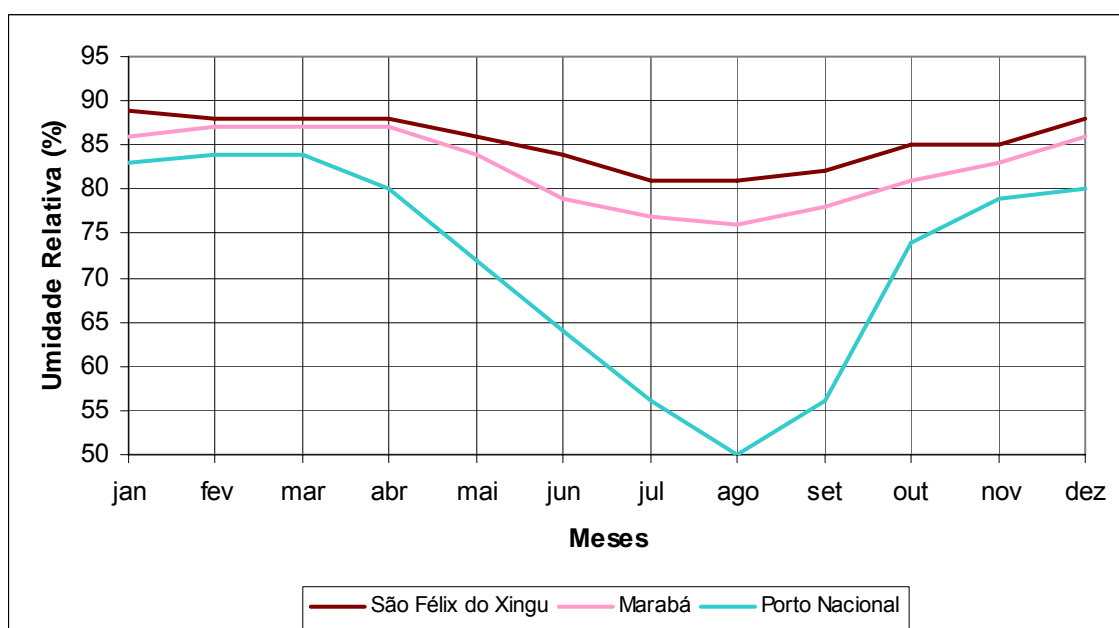


Figura 1-17
Umidade Relativa mensal no trecho médio da bacia

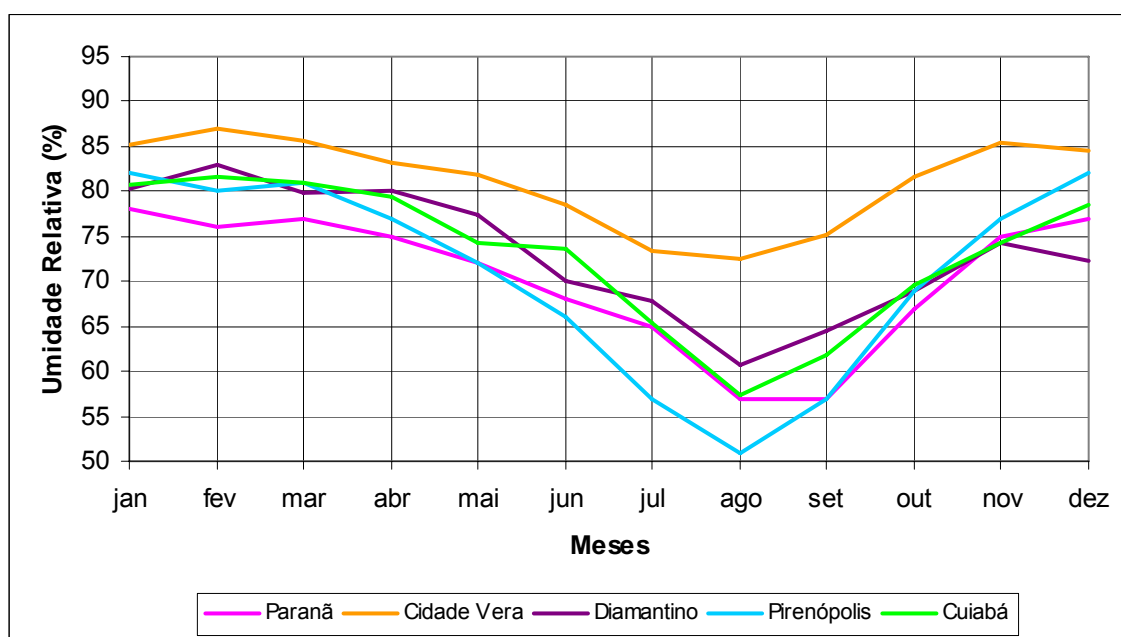


Figura 1-18
Umidade Relativa mensal no trecho superior da bacia

e) Insolação

A insolação em Porto de Moz apresenta acréscimo entre março e agosto variando de 103,2 a 254,7 horas e decrescendo em seguida. Altamira e São Félix do Xingu apresentam a mesma tendência, com insolação máxima em julho de 207,2 e 209,4 horas, respectivamente e menor número de horas de insolação no mês de fevereiro (80,6 e 66,6 horas).

Com relação às localidades situadas na periferia da bacia, Itaituba apresenta a mesma tendência que Altamira e São Félix do Xingu quanto à curva de insolação, com mínima em fevereiro de 111,3 horas e máxima em julho de 244,4 horas. Já Porto Nacional apresenta valor máximo em agosto (289,4 horas).

Quanto às estações situadas no trecho superior da bacia, há modificação na tendência de gradual acréscimo nas estações de Paranã que fica entre janeiro e julho (139,7 a 288,9 horas) e Pirenópolis entre dezembro e julho (122,4 a 271,9 horas). Já Cidade Vera e Cuiabá possui o mesmo comportamento que as demais estações. Na primeira localidade tem-se mínimo de 112,7 horas em fevereiro, subindo até 254,2 horas em julho, enquanto em Cuiabá esses valores são, respectivamente, de 158,4 e 247,1 horas.

Estes valores e comparações são apresentados nas Tabelas 1-16 e 1-17 e Figuras 1-19 a 1-22.

Tabela 1-16
Insolação mensal e anual nas estações selecionadas na bacia

Estação	Mensal (h)												Anual (h)
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Porto de Moz	127,8	103,2	118,8	129,6	168,6	191,2	228,1	254,7	243,1	221,9	168,5	146,6	2102,1
Altamira	101,2	80,6	92,7	101,8	144,2	164,8	207,2	205,8	164,4	134,3	93,2	98,4	1588,6
S. Félix Xingu	82,3	66,6	81,6	105,6	151,0	184,4	209,4	145,3	127,7	116,9	106,8	88,8	1466,4

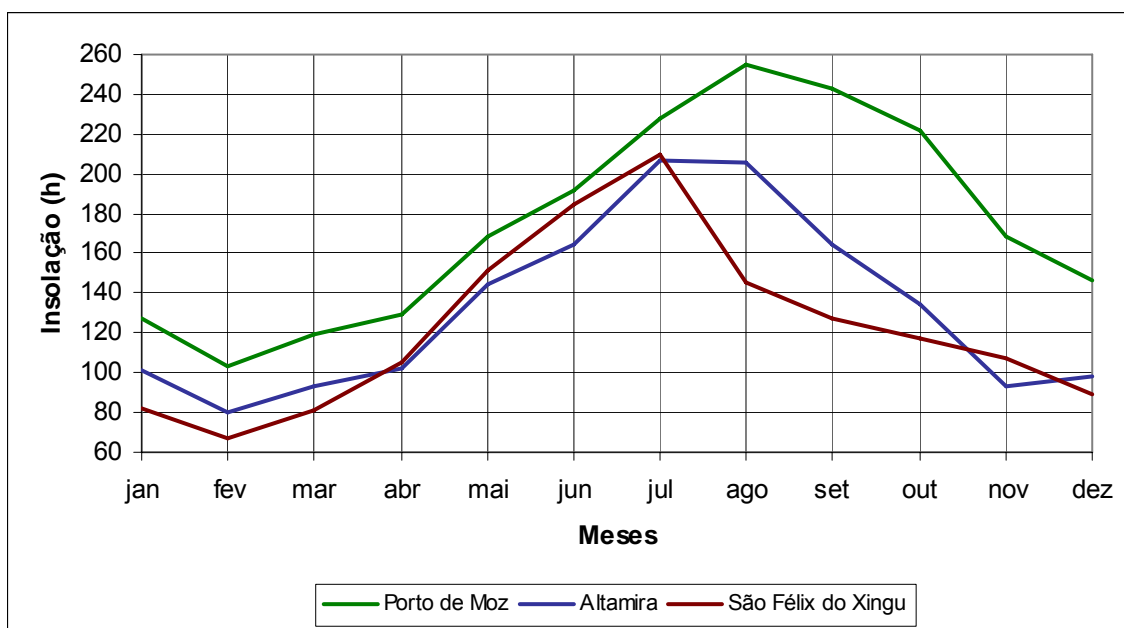


Figura 1-19
Insolação mensal nas estações selecionadas na bacia

Tabela 1-17
Insolação mensal e anual nas estações selecionadas no entorno da bacia

Estação	Mensal (h)												Anual (h)
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Itaituba	143,3	111,3	133,0	138,2	171,8	212,3	244,4	226,4	192,7	181,4	173,1	121,6	2.049,5
Marabá	129,2	116,9	141,6	161,2	199,4	227,7	248,7	189,9	122,3	106,9	111,9	119,4	1.875,1
P. Nacional	153,0	128,6	149,5	190,4	265,7	276,5	287,7	289,4	207,6	176,2	165,4	153,3	2.443,3
Paraná	139,7	159,9	178,3	212,9	252,3	272,7	288,9	272,5	198,3	179,3	150,1	153,1	2.458,0
Cidade Vera	115,7	112,7	124,2	163,9	217,2	246,2	254,2	215,7	151,4	157,8	115,0	107,2	1.981,2
Pirenópolis	133,2	148,2	176,3	211,0	241,7	244,8	271,9	258,1	179,0	190,6	150,8	122,4	2.328,0
Cuiabá	168,0	158,4	187,3	213,6	208,2	219,8	247,1	230,1	178,5	216,5	196,3	182,1	2.405,9

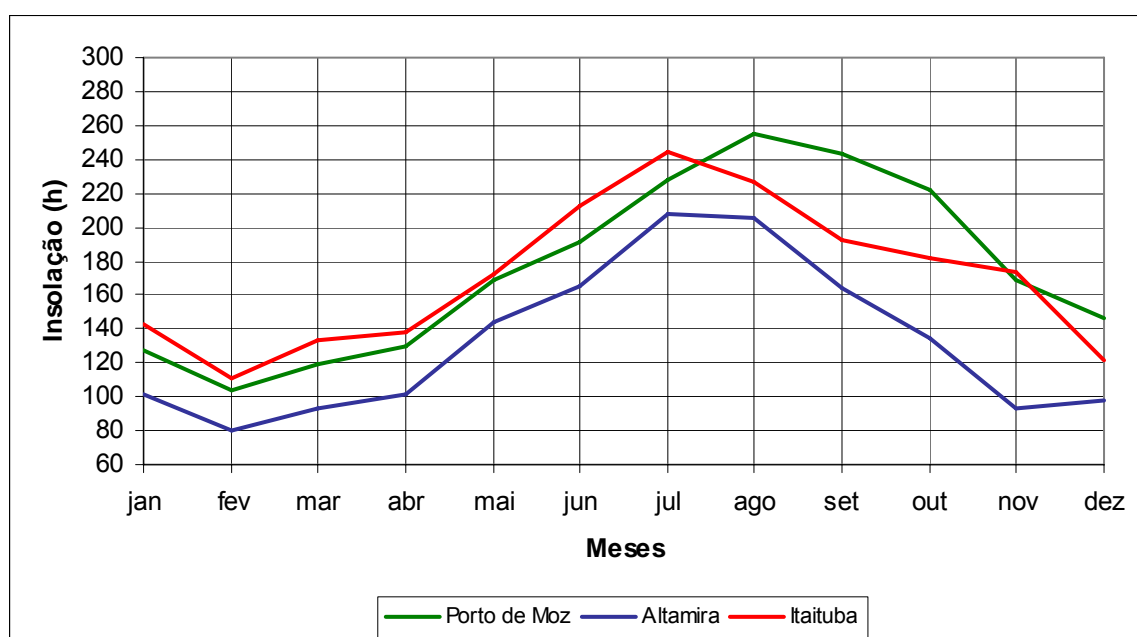


Figura 1-20
Insolação mensal no trecho inferior da bacia

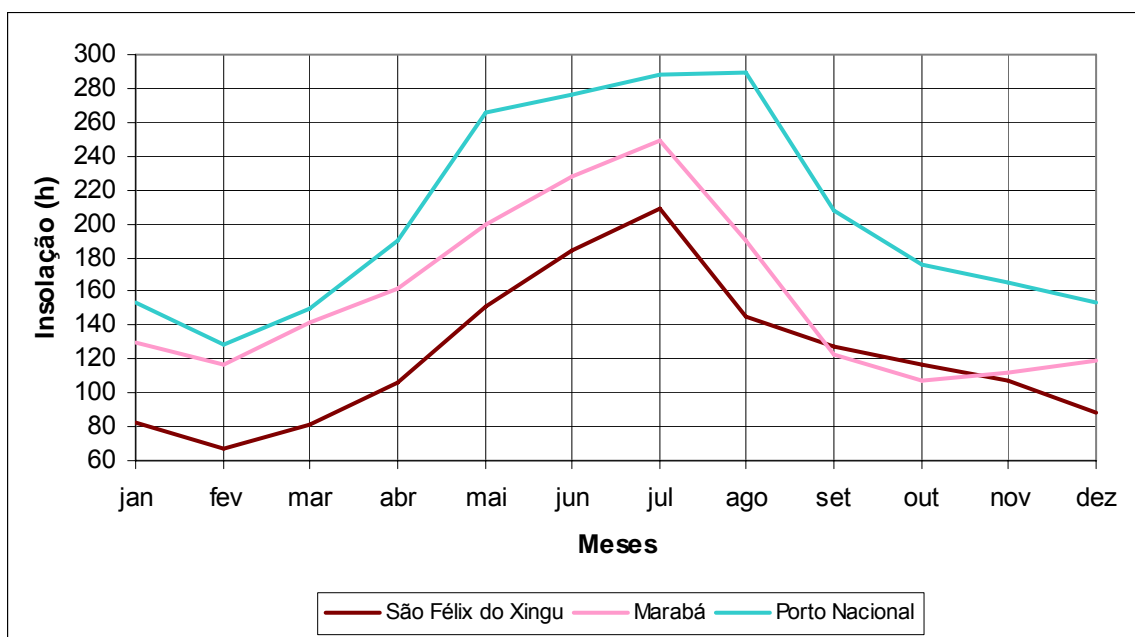


Figura 1-21
Insolação mensal no trecho médio da bacia

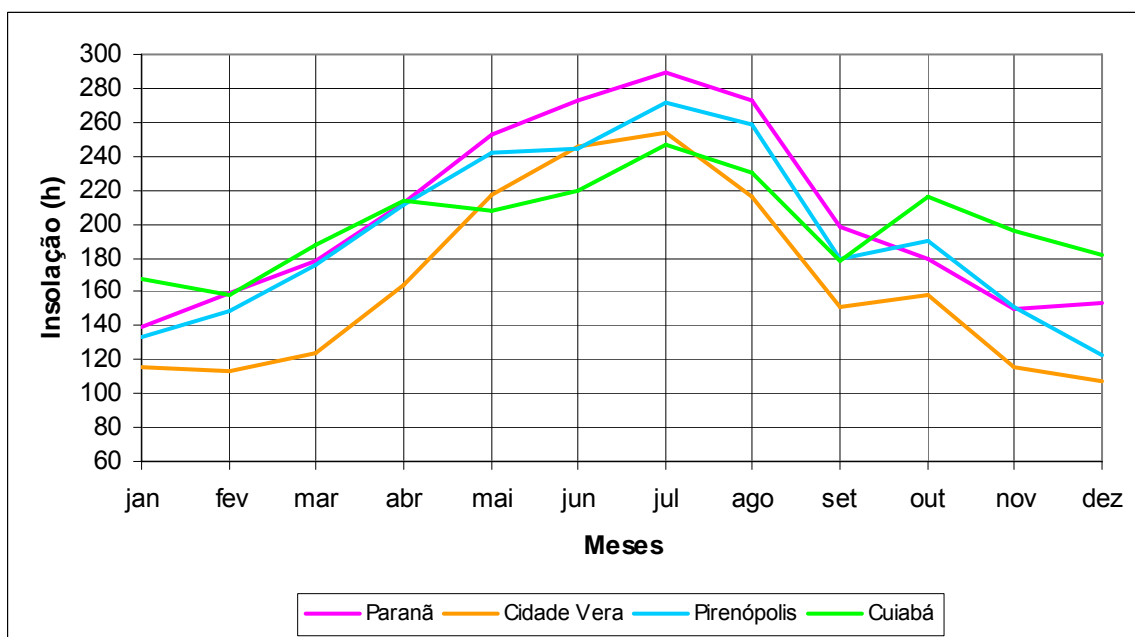


Figura 1-22
Insolação mensal no trecho superior da bacia

f) Nebulosidade

Ao analisar os dados de nebulosidade no decorrer do ano, nota-se uma diferenciação entre o trecho inferior e o médio superior.

No caso de Porto de Moz e Altamira, representando o trecho inferior, os totais de cobertura do céu (expressos em “oitavas de cobertura”) apresentam-se altos durante todo o ano, em torno de 6,4 a 6,7 e 6,9 a 7,2, respectivamente, nos primeiros meses. Entre maio e agosto há uma variação de 6,2 a 5,2 para ambas as estações. A partir do trecho médio, com o alargamento do período seco do meio do ano, diminuem nesta época. Em São Félix do Xingu tem-se mínima de 3,6 em julho.

As Tabelas 1-18 e 1-19 e Figuras 1-23 a 1-25 apresentam as análises efetuadas.

Tabela 1-18
Nebulosidade mensal e anual nas estações selecionadas na bacia

Estação	Mensal (0-10)												Anual (0-10)
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Porto de Moz	6,4	6,7	6,7	6,6	6,2	5,8	5,3	5,1	5,2	5,1	5,5	5,9	5,9
Altamira	6,9	7,2	7,2	6,9	6,4	5,4	5,4	5,2	5,5	5,9	6,1	6,9	6,3
S. Félix Xingu	7,1	7,2	7,0	6,6	5,4	3,8	3,6	5,3	6,3	6,6	6,8	7,1	6,1

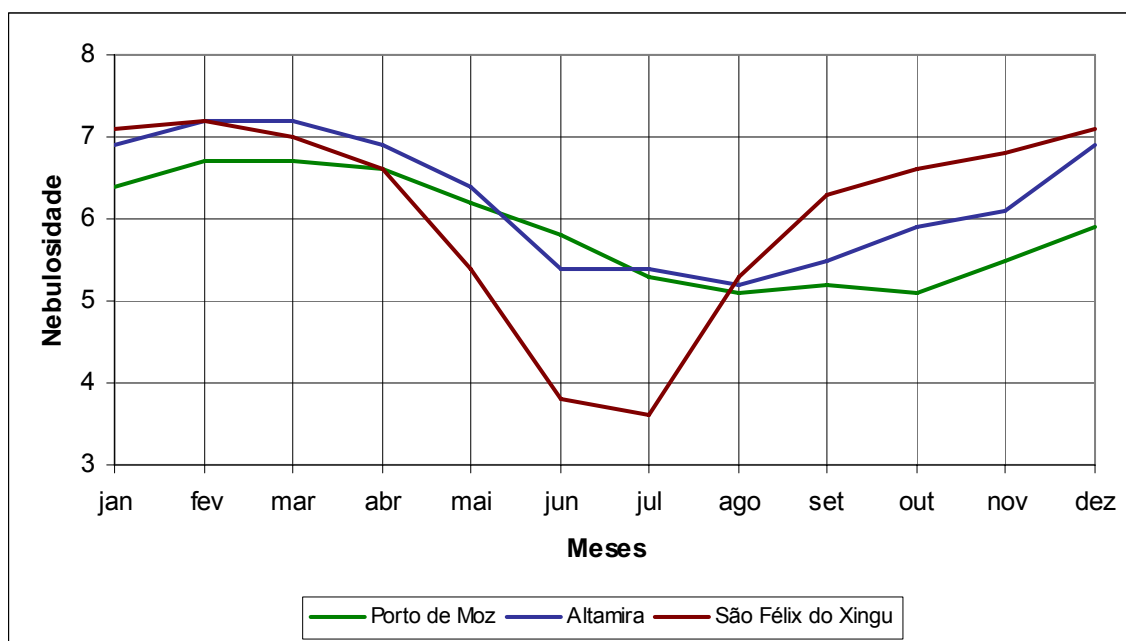


Figura 1-23
Nebulosidade mensal nas estações selecionadas na bacia

Tabela 1-19
Nebulosidade mensal e anual nas estações selecionadas no entorno da bacia

Estação	Mensal (0-10)												Anual (0-10)
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Itaituba	8,5	7,8	7,6	7,4	7,1	6,3	5,6	5,6	6,1	6,6	6,8	7,2	6,9
Marabá	6,9	7,3	7,1	6,5	5,1	3,8	3,4	3,6	5,1	6,2	6,0	6,6	5,6
P. Nacional	7,7	7,7	8,0	6,8	5,1	3,5	3,0	3,2	5,1	7,3	7,7	7,8	6,1
Paraná	6,7	6,7	6,5	5,6	4,5	3,6	3,1	3,0	4,2	6,1	6,8	6,8	5,3
Cidade Vera	7,5	7,8	7,3	6,0	4,4	2,8	2,1	2,5	4,3	6,3	7,4	7,7	5,5
Pirenópolis	7,9	7,3	7,0	5,6	4,6	3,6	3,1	3,6	5,5	6,8	7,4	8,1	5,9
Cuiabá	7,6	7,4	7,1	6,1	5,3	5,2	4,2	3,9	4,9	6,0	7,1	7,1	6,0

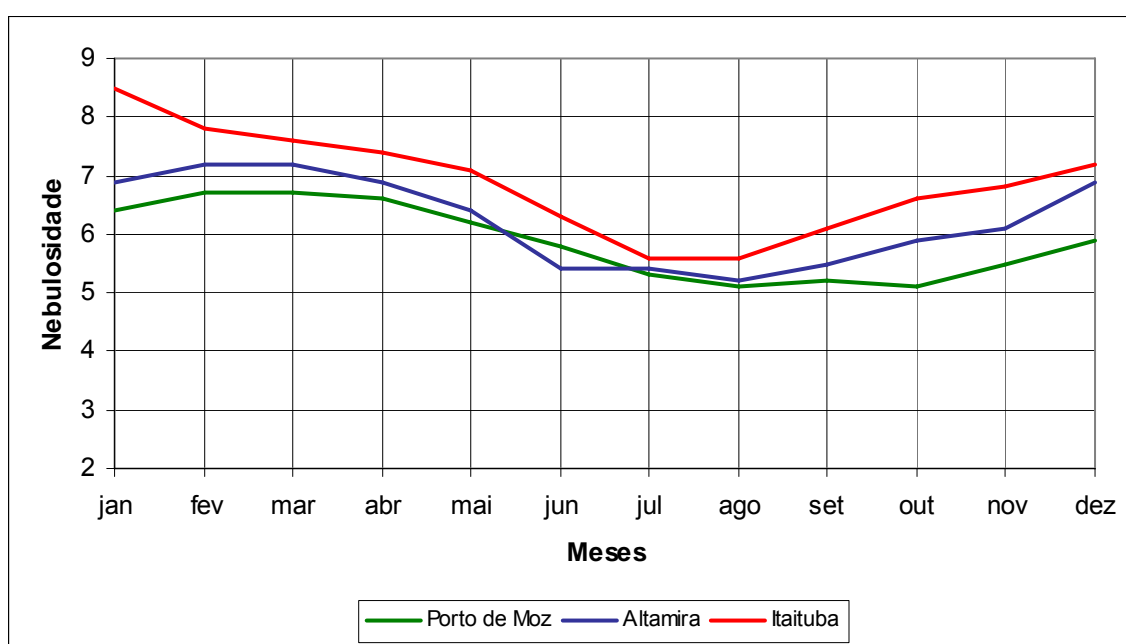


Figura 1-24
Nebulosidade mensal no trecho inferior da bacia

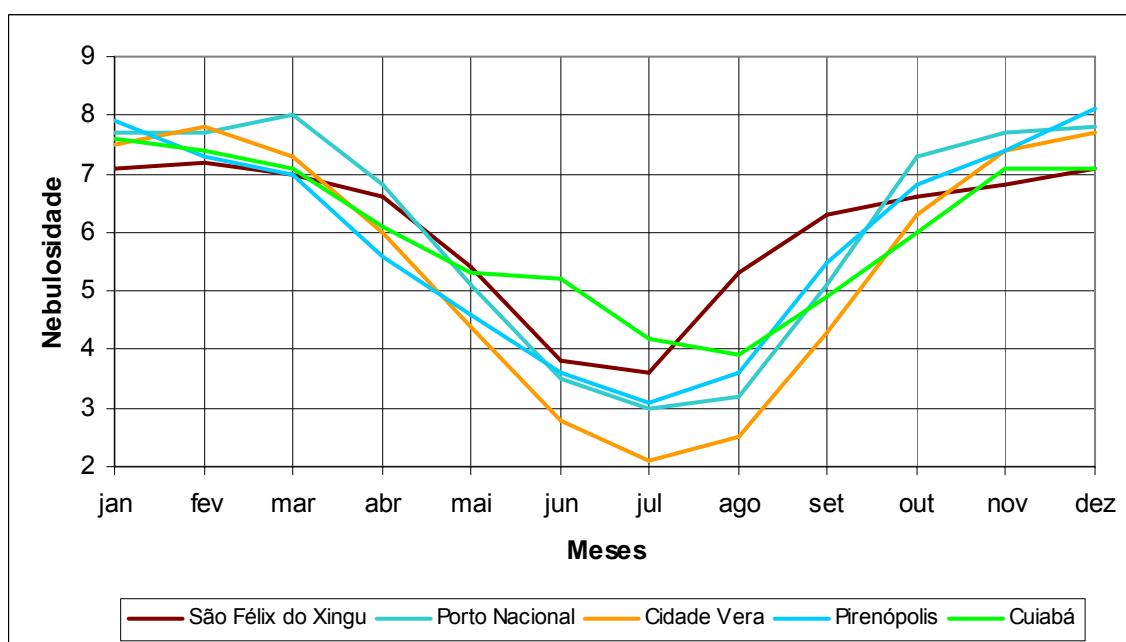


Figura 1-25
Nebulosidade mensal no trecho médio-superior da bacia

g) Vento

A ausência de fenômenos ciclônicos intensos sobre a bacia do rio Xingu acarreta a ausência de ventos intensos e persistentes.

Entre o verão e o outono, sob a ação do Sistema Equatorial Continental, os ventos dominantes são os de nordeste, variando, entre o inverno e a primavera, de sudeste a leste, já sob o Sistema Equatorial Atlântico.

Para a localidade de Altamira, não constam registros de velocidades acima de 30 km/h, para durações superiores a 60 minutos, e isso para qualquer direção. A direção predominante é nordeste e os valores médios variam entre 5 km/h e 10 km/h.

Quanto às rajadas observadas em Altamira, verificaram-se valores máximos da ordem de 100 km/h, com direções predominantes no quadrante leste.

Na Figura 1-26 apresenta-se um gráfico de circulação dos ventos, com as respectivas durações e direções.

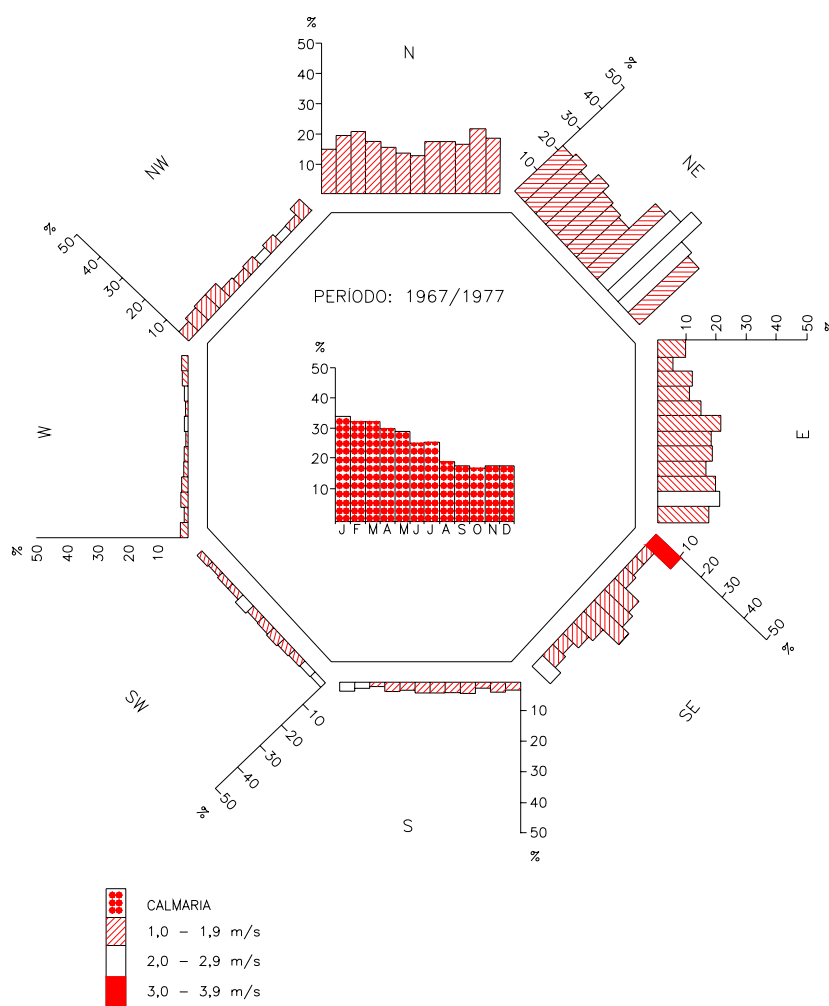


Figura 1-26
Vento na estação Altamira

h) Pressão Atmosférica

A pressão atmosférica tem uma variação anual semelhante nas estações analisadas, com seu valor mais alto no mês de julho, quando as temperaturas são mais baixas, caindo a partir daí, e chegando a novembro ou dezembro ao seu menor valor, quando as médias térmicas são mais elevadas.

A pressão, em média, aumenta progressivamente do trecho superior ao médio e inferior. Enquanto a máxima em Porto de Moz é de 1011,7 hPa, em Altamira é de 1001,8 hPa e em São Félix do Xingu de 992,0 hPa. Estes valores pouco variam em relação à pressão mínima que são respectivamente de 1008,6 hPa, 998,6 hPa e 989,4hPa.

As Tabelas 1-20 e 1-21 e Figuras 1-27 a 1-29 apresentam as análises efetuadas.

Tabela 1-20
Pressão atmosférica mensal e anual nas estações selecionadas na bacia

Estação	Mensal (hPa)												Anual (hPa)
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Porto de Moz	1009,1	1009,1	1009,1	1009,3	1009,7	1011,2	1011,7	1010,9	1010,3	1009,4	1008,7	1008,6	1009,8
Altamira	999,9	999,9	999,6	999,8	1000,4	1001,3	1001,8	1001,1	1000,7	999,4	998,6	999,4	1000,2
S. Félix Xingu	990,0	990,2	990,1	990,0	990,4	991,7	992,0	991,2	990,5	989,8	989,4	989,7	990,4

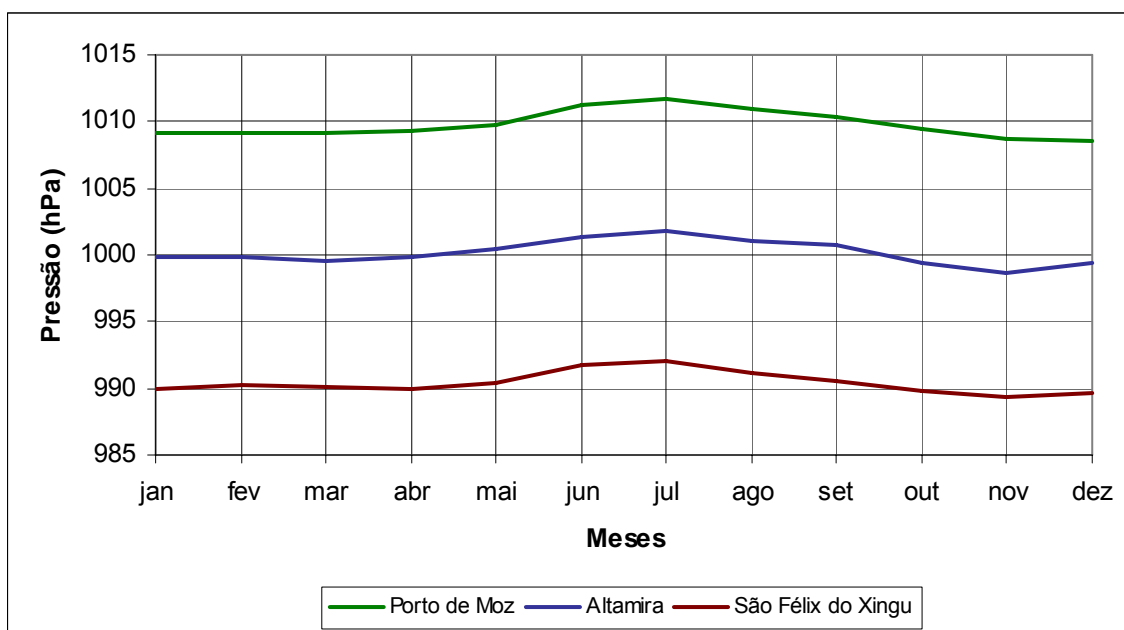


Figura 1-27
Pressão atmosférica mensal nas estações selecionadas na bacia

Tabela 1-21
Pressão atmosférica mensal e anual nas estações selecionadas no entorno da bacia

Estação	Mensal (hPa)												Anual (hPa)
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Itaituba	1006,6	1006,2	1005,6	1005,8	1006,4	1007,6	1007,7	1008,0	1007,2	1006,3	1005,7	1006,0	1006,6
Marabá	999,6	999,7	999,5	999,5	1000,0	1001,2	1001,4	1000,9	1000,3	999,5	999,1	999,3	1000,0
P. Nacional	984,6	984,8	985,1	985,4	985,9	986,8	987,0	985,8	984,6	984,6	984,3	984,7	985,3
Paraná	979,8	979,9	979,8	980,5	981,7	983,3	983,4	982,3	980,7	979,8	979,4	979,4	980,8
Pirenópolis	926,1	926,5	926,5	927,2	928,5	930,2	930,4	929,0	927,8	926,6	926,1	925,9	927,6
Cuiabá	990,7	991,3	991,2	992,8	994,4	996,1	996,4	993,9	993,1	991,5	990,3	990,5	992,7

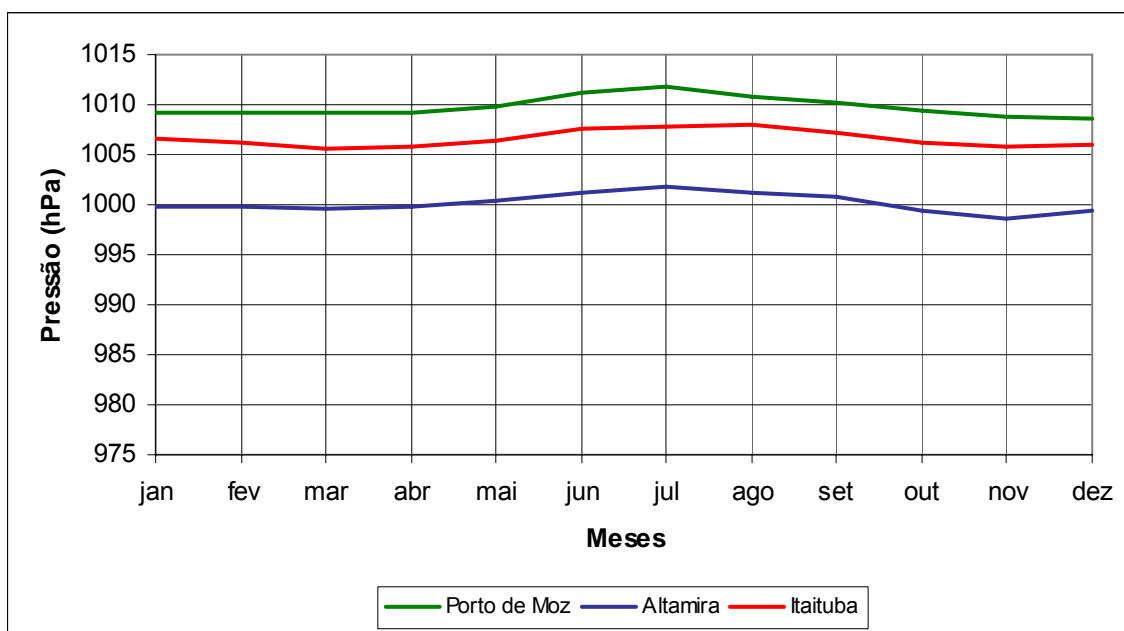


Figura 1-28
Pressão atmosférica mensal no trecho inferior da bacia

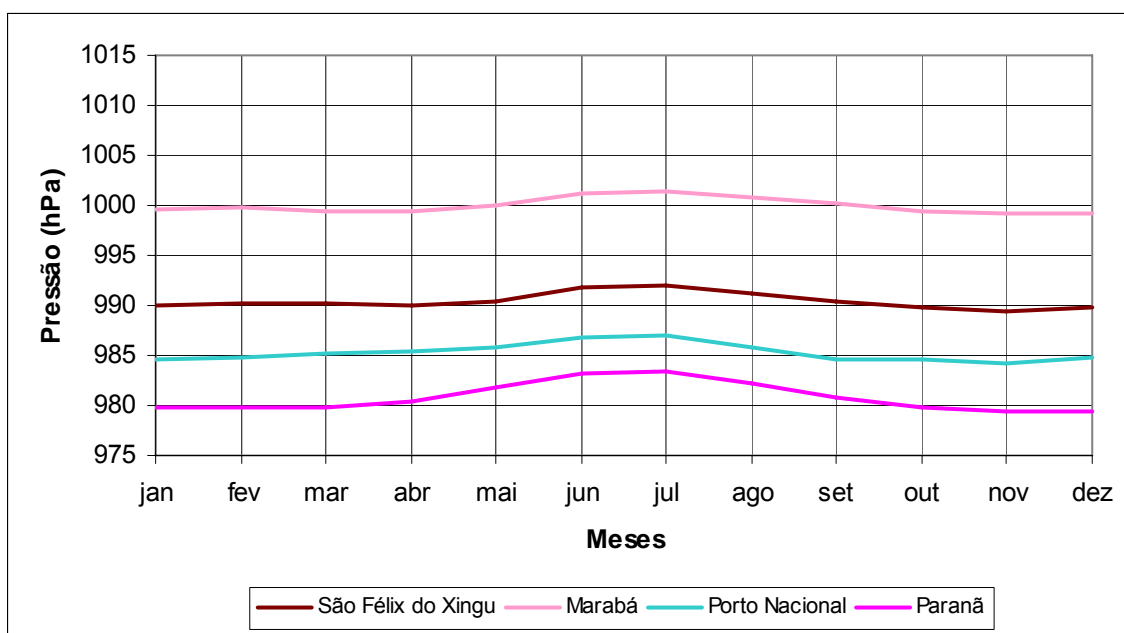


Figura 1-29
Pressão atmosférica mensal no trecho médio-superior da bacia

1.4 - Estudos Anteriores

1.4.1 - Introdução

Os Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu, desenvolvidos na década de 1970 e publicados em janeiro de 1980 foram contratados pela Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. - ELETRONORTE com o CNEC – Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores S.A. e tinham como principais objetivos:

- Avaliar a potencialidade hidrelétrica da bacia do rio Xingu, que constitui uma parcela territorial ponderável da Amazônia Brasileira, a fim de diagnosticá-la, com a necessária antecipação, com vistas ao planejamento racional de sua utilização na expansão do parque de geração hidrelétrica nacional;
- Selecionar esquemas de divisão da queda, visando a utilização dos recursos hídricos disponíveis, a custos competitivos, considerando os aspectos peculiares da região e as difíceis condições oferecidas pela floresta amazônica;
- Determinar as principais características dos aproveitamentos, adotando, para obtenção de seus custos, estimativas seguras e conservadoras;
- Indicar os aproveitamentos que, pela oferta de energia e custos de implantação, merecessem ser estudados a curto prazo, em nível de viabilidade técnica, econômica e financeira.

As premissas que nortearam os estudos foram estabelecidas segundo condicionantes básicas tradicionalmente consideradas na época, para estudos de inventário hidrelétrico de bacias de grande porte e, em linhas gerais, buscavam obter grandes blocos de energia concentrados num número restrito de aproveitamentos, considerando a exportação de energia para outras regiões do país.

Um dos condicionantes adotado nos estudos anteriores foi não considerar aproveitamentos com potência instalada inferior a 200 MW, por apresentarem dificuldades para sua viabilização econômica, tanto pelo alto custo de suas implantações, como pela inexistência de pólos de consumo locais, na própria bacia hidrográfica do rio Xingu.

Sob o ponto de vista sócioambiental, a maior preocupação foi a de considerar e avaliar as implicações com áreas potencialmente ricas em minérios e minimizar as interferências com terras indígenas, com a cidade de Altamira e com rodovias federais implantadas.

Os estudos desenvolveram-se durante um período total de cerca de 50 meses, com o contrato celebrado em outubro de 1975 e o Relatório Final publicado em janeiro de 1980.

No início dos estudos foram identificados no sobrevôo de reconhecimento 47 possíveis locais de barramento, sendo posteriormente selecionados os 14 locais mais atraentes como objeto de estudos mais detalhados. Esses locais possibilitaram a composição e análise de diversas alternativas de divisão de queda, sendo que foram selecionadas as

oito alternativas que melhor atendiam aos critérios e diretrizes estabelecidos naquela ocasião.

As oito alternativas selecionadas foram investigadas nos estudos preliminares com o foco direcionado basicamente para as motorizações e os custos envolvidos, complementado por considerações técnicas, sócio-econômicas e físico-territoriais específicas a cada alternativa, considerando sempre como determinante a Volta Grande do Xingu, um sítio com acentuada vocação hidroenergética devido ao desnível concentrado e aos grandes volumes de água em trânsito.

Foram então eleitas duas alternativas de divisão de queda para um maior detalhamento na fase de estudos finais.

Os estudos finais aprofundaram o nível de detalhamento nas investigações das alternativas escolhidas, mais especificamente nos aproveitamentos de Babaquara e Kararaô.

Devido ao alto grau de complexidade envolvendo a questão dos volumes dos diques necessários ao confinamento do reservatório de Babaquara, principalmente em uma das alternativas, os estudos concluíram por não definir uma única solução, enquanto essa questão não fosse avaliada mais profundamente no futuro.

Assim sendo, os Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu foram concluídos elegendo duas alternativas para a divisão de queda da bacia. A Alternativa A, composta pelos aproveitamentos de Kararaô, Babaquara, Iriri, Ipixuna, Kokraimoro e Jarina e a Alternativa B, composta pelos aproveitamentos de Kararaô, Babaquara, Carajari, Iriri, Carajás, Kayapo, e Gorotire.

1.4.2 - Características Físicas e Energéticas das Alternativas A e B

A caracterização física e energética das alternativas de divisão de queda A e B, objetiva consolidar de forma sintética o resultado final do estudo de inventário antigo, destacando os seus benefícios energéticos, o volume de obras e materiais envolvidos, o seu custo de implantação e as áreas inundadas associadas.

Uma análise mais acurada sob o ponto de vista ambiental, que transcenda aos impactos diretos associados, encontra-se descrita no item 1.4.3 - Impactos Ambientais Associados às Alternativas A e B.

A Tabela 1-22 e a Tabela 1-23 mostradas a seguir apresentam as principais características físicas e energéticas dos empreendimentos de cada alternativa.

Tabela 1-22
Principais Características Físicas e Energéticas da Alternativa A

UHE	A.D. (km²)	CONCEPÇÃO				BENEFÍCIOS ENERGÉTICOS			VOLUMES 10³ (m³)					CUSTO TOTAL C/JDC US\$ 10⁶	Área reserv (km²)
		N.A.máx normal (m)	N.A. mínimo (m)	N.A. normal jus. (m)	Cota da Crista (m)	Potência Instalada (MW)	Energia Firme (MWmed)	ICB (US\$/MWh)	Escavação		Aterro comp.	Enrocam.	Concreto		
									comum	Rocha					
Iriri	116.000	206	194,7	172	210	910	380	43	1.591	2.925	8.576	308,6	1.327	1.283,7	4.060
Jarina	178.000	281	273	257	285	559	240	69	563,5	1.257	3.520	947,5	1.126	1.320,1	1.900
Kokraimoro	198.000	257	243,3	208	261	1.940	820	29	2.037	2.903	7.966	234,2	2.593	2.040,1	1.770
Ipixuna	276.000	208	200,2	165	212	2.312	1.050	28	1.060	3.483	7.835	235,8	3.172	2.347,5	3.270
Babaquara	446.000	165	162,4	95	169	6.274	3.050	21	26.464	6.869	177.578	4.075	9.552	4.932,6	6.140
Kararaô	477.000	95	94	6	99	8.380	3.960	14	108.420	41.032	29.815	22.362	6.774	4.372,5	1.160

O aproveitamento Iriri teve seu eixo projetado no rio Iriri, afluente pela margem esquerda do rio Xingu.

Custos referenciados a janeiro de 1979 - US\$ 1,00 = Cr\$ 21,215.

Tabela 1-23
Principais Características Físicas e Energéticas da Alternativa B

UHE	A.D. (km²)	CONCEPÇÃO				BENEFÍCIOS ENERGÉTICOS			VOLUMES 10³ (m³)					CUSTO TOTAL C/JDC US\$ 10⁶	Area reserv. (km²)
		N.A.máx normal (m)	N.A. mínimo (m)	N.A. normal jus. (m)	Cota da Crista (m)	Potência Instalada (MW)	Energia Firme (MWmed)	ICB (US\$/MWh)	Escavação		Aterro comp.	Enrocam.	Concreto		
									comum	rocha					
Iriri	116.000	206	194,7	172	210	910	380	43	1.591	2.925	8.576	308,6	1.327	1.283,7	4.060
Carajari	132.000	172	168,3	153	176	669	285	59	2.480	1.760	81.749	753,4	1.257	1.325,1	1.380
Gorotire	187.000	281	268,5	239	285	1.542	640	46	2.332	1.617	18.116	1.049	2.207	2.343,2	3.180
Kayapo	210.000	239	229,2	184	243	2.514	1.160	32	17.965	5.018	54.246	1.712	3.607	2.903,5	2.370
Carajás	289.000	184	180,5	153	188	1.702	805	33	1.645	4.312	13.777	473,6	2.347	2093,7	2.060
Babaquara	446.000	153	149,9	95	157	5.271	2.560	20	29.377	8.021	104.034	2.574	8.401	4.089,3	3.940
Kararaô	477.000	95	94	6	99	8.009	3970	13	102.607	38.686	29.891	22.522	6.607	4.238,8	1.160

Os aproveitamentos Carajari e Iriri tiveram seus eixos projetados no rio Iriri, afluente pela margem esquerda do rio Xingu. Custos referenciados a janeiro de 1979 - US\$ 1,00 = Cr\$ 21,215

Na alternativa A de divisão de queda, o potencial inventariado foi de 20.375 MW de potência instalada e 9.500 MWmed de Energia Firme, apresentando um custo total para a implantação dos aproveitamentos de US\$ 16,3 bilhões, a preços de janeiro de 1979.

O melhor índice custo-benefício - ICB foi alcançado pelo aproveitamento Kararaô, com o valor de 14 US\$/MWh e o pior foi calculado para o aproveitamento Jarina com 69 US\$/MWh.

Na alternativa B de divisão de queda, o potencial inventariado foi de 20.617 MW de potência instalada e 9.800 MWmed de Energia Firme, apresentando um custo total para a implantação dos aproveitamentos de US\$ 18,3 bilhões, a preços de janeiro de 1979.

O melhor ICB foi alcançado pelo aproveitamento Kararaô, com o valor de 13 US\$/MWh e o pior foi calculado para o aproveitamento Carajari com 59 US\$/MWh.

É importante ressaltar que os custos referentes a cada aproveitamento não levam obviamente em conta os critérios atualmente vigentes de composição, análise e quantificação dos impactos socioambientais associados.

Em termos de área total inundada, encontra-se para a alternativa A o valor de 18.300 km², enquanto que para a alternativa B esse total é de 17.840 km².

Embora a alternativa B apresente um total de área inundada cerca de 2,5% menor do que o total de área inundada na alternativa A, considerando a região e a magnitude dos números envolvidos, os valores são significativos quer se trate de uma alternativa ou de outra.

Os estudos já apontavam para a notável vocação hidro-energética da Volta Grande do Xingu a ponto de merecer atenção especial.

Dessa forma, além da simulação energética da cascata completa, com todos os aproveitamentos estudados, foram simuladas duas situações específicas envolvendo a Volta Grande do Xingu. Uma delas considerava isoladamente o complexo formado pelas usinas Babaquara e Kararaô. A outra situação considerava isoladamente a usina de Babaquara em função da sua capacidade de regularização. Em ambas as situações não se levaram em conta o efeito dos reservatórios de montante.

Na Tabela 1-24 e na Tabela 1-25 a seguir são apresentadas as principais características físicas e energéticas da concepção do complexo, assim como do aproveitamento de Babaquara isolado, tanto para a alternativa A quanto para a alternativa B.

Tabela 1-24
Principais Características Físicas e Energéticas – Babaquara Isolado

ALTERNATIVA	A.D. (km²)	CONCEPÇÃO				BENEFÍCIOS ENERGÉTICOS			VOLUMES 10³ (m³)					CUSTO	RES. A. Inund. (km²)
		N.A.máx normal (m)	N.A. mínimo (m)	N.A. normal jus. (m)	Cota da Crista (m)	Potência Instalada (MW)	Energia Firme (MWmed)	ICB (US\$/MWh)	Escavação		Aterro comp.	Enrocam.	Concreto	CUSTO TOTAL C/JDC	
									comum	rocha				US\$ 10⁶	
A	446.000	165	140,6	87	169	6.274	2.876	22	26.464	6.869	177.578	4.075	9.552	4.932,6	6.140
B	446.000	153	131	87	157	4.792	2.062	25	29.377	8.021	104.034	2.574	8.328	4.009,1	3.940

Custos referenciados a janeiro de 1979 - US\$ 1,00 = Cr\$ 21,215.

Tabela 1-25
Principais Características Físicas e Energéticas do complexo

UHE	A.D. (km²)	CONCEPÇÃO				BENEFÍCIOS ENERGÉTICOS			VOLUMES 10³ (m³)					CUSTO	RES.
		N.A.máx normal (m)	N.A. mínimo (m)	N.A. normal jus. (m)	Cota da Crista (m)	Potência Instalada (MW)	Energia Firme (MWmed)	ICB (US\$/MWh)	Escavação		Aterro comp.	Enrocam.	Concreto	CUSTO TOTAL C/JDC US\$ 10⁶	A. Inund. (km²)
									comum	rocha					
Alternativa A															
Babaquara	446.000	165	141,7	95	169	6.274	2620	24	26.464	6.869	177.578	4.075	9.552	4.932,6	6.140
Kararaô	477.000	95	94	6	99	8.381	4.060	14	108.420	41.032	29.815	22.362	6.774	4.372,5	1.160
Alternativa B															
Babaquara	446.000	153	133,7	95	157	4.792	1.850	27	29.377	8.021	104.034	2.574	8.328	4.009,1	3.940
Kararaô	477.000	95	94	6	99	6.965	3420	15	102.607	38.686	19.318	32.515	6.518	4.045,3	1.160

Custos referenciados a janeiro de 1979 - US\$ 1,00 = Cr\$ 21,215.

Do ponto de vista exclusivamente hidrelétrico, a alternativa A era a que proporcionava a obtenção da maior quantidade de energia em Babaquara e no complexo, respectivamente superior em cerca de 40% e 27% à alternativa B. Por outro lado, a área total inundável pelo reservatório de Babaquara era, na alternativa A, cerca de 60% superior à área correspondente na alternativa B.

A mesma tendência apresentada pela área inundada repete-se na comparação entre os volumes envolvidos, com a alternativa A apresentando uma quantidade superior à alternativa B, principalmente no que se refere a aterro compactado para a construção dos diques e barragens, conforme mostra a Tabela 1-26 a seguir.

Tabela 1-26
Valores comparativos de volumes das Alternativas (complexo)

COMPLEXO					
ALTERNATIVA	VOLUMES 10 ³ (m ³)				
	Escavação		Aterro compactado	Enrocamento	Concreto
	comum	rocha			
Alternativa A	134.884	47.901	207.393	26.437	16.326
Alternativa B	131.984	46.707	123.352	35.089	14.846
A / B	1,022	1,026	1,681	0,753	1,100

Ao se considerar as alternativas A e B, para o rio desenvolvido, entretanto, a situação se inverte, e encontra-se a alternativa B com os maiores volumes associados às suas obras, conforme mostrado na Tabela 1-27 abaixo.

Tabela 1-27
Valores comparativos de volumes das Alternativas (rio desenvolvido)

RIO DESENVOLVIDO					
ALTERNATIVA	VOLUMES 10 ³ (m ³)				
	Escavação		Aterro comp.	Enrocam.	Concreto
	comum	rocha			
Alternativa A	140.135	58.469	235.290	28.163	24.544
Alternativa B	157.987	62.339	310.389	29.393	25.753
A / B	0,887	0,938	0,758	0,958	0,953

De modo geral, o inventário realizado na década de 70 contemplando duas alternativas de divisão de queda estabelece aproveitamentos com grandes volumes e grandes áreas inundadas envolvidas. Concentra também o foco na Volta Grande do Xingu, recomendando uma avaliação cuidadosa dos volumes e movimentos de terras envolvidos no aproveitamento do complexo.

Cabe, portanto, dar prosseguimento às investigações para o aproveitamento do potencial hidrelétrico do rio Xingu, adequando a sua inegável vocação para geração de energia às diretrizes ambientais atualmente vigentes.

1.4.3 - Impactos Ambientais Associados aos Aproveitamentos das Alternativas A e B

O Estudo de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu, realizado na segunda metade da década de 70, reconhece que a geração de energia, além de atender às necessidades específicas de consumo, impõe alterações no ambiente físico-biológico e no espaço sócio-econômico da região onde se localiza o curso do rio. Reconhece, ainda, que em bacias de grande porte como a do rio Xingu, estas alterações podem resultar em desequilíbrios para o meio ambiente, com fortes repercussões nas condições de vida e na atividade econômica do contingente populacional instalado na área.

Sendo assim, o estudo advoga pela necessidade de um tratamento multidisciplinar, onde as decisões são tomadas não apenas em função de critérios de engenharia, mas também com base em informações da economia, sociologia, arquitetura, geografia, antropologia e biologia. Neste contexto foi elaborado o documento "Estudos Sócio-Econômicos e Físico-Territoriais", com o intuito de analisar a situação da área em questão e instrumentar o processo de seleção de alternativas de barramento. Para isso, foram investigados elementos do contexto social, econômico e espacial da área de estudo.

Apesar dessa visão integradora e multidisciplinar, o estudo foi primordialmente balizado por questões técnicas de engenharia, relativas ao melhor aproveitamento do potencial energético, e econômicas, com base em análise de custos e benefícios. Isto significa que, na prática, pouca atenção foi dispensada para fatores antropológicos e culturais e praticamente nenhuma para os fatores biológicos. Como consequência, não foi dada atenção às dinâmicas existentes entre os sistemas sócio-econômico e ecológico, como por exemplo, aos custos econômicos, nada desprezíveis, que podem surgir em função de alterações nas dinâmicas dos ecossistemas.

Dessa forma, excluindo-se os critérios técnicos de engenharia, os principais componentes para o auxílio das decisões de melhor alternativa de barramento foram os critérios sócio-econômicos e físico-territoriais. Os critérios geológicos foram utilizados fundamentalmente para avaliar como as feições geológicas interfeririam nas obras de barramento. Além disso, estes critérios restringiram-se à determinação dos locais onde o aproveitamento de material natural para a construção das barragens seria maior e à ocorrência de minérios importantes (economicamente valiosos) nestas áreas. Do ponto de vista hidrometeorológico, as principais preocupações relacionavam-se às repercussões do regime dos deflúvios da bacia nas capacidades instaladas das usinas e com o carreamento e transporte de materiais para os reservatórios.

Os trabalhos foram dirigidos para a análise de duas alternativas de divisão da queda, escolhidas após uma série de estudos de potencial hidrelétrico, de custo, e de aspectos sócio-econômicos e físico-territoriais – definidas basicamente pela cota do aproveitamento de Babaquara, responsável por parcela significativa do potencial hidrelétrico inventariado para a bacia do rio Xingu, naquela ocasião.

Visando definir os aspectos gerais no contexto sócio-econômico da região, as etapas do estudo abarcaram:

- a bacia do rio Xingu, situada ao norte da rodovia BR-080;
- a região do complexo formado pelas UHEs Babaquara e Kararaô e
- a região de São Félix do Xingu.

Características da Área de Estudo

A área total da bacia hidrográfica do rio Xingu, no período em que se realizou o antigo Inventário, compreendia territórios de nove municípios:

- Porto de Moz, Prainha, Senador José Porfírio, Altamira e São Félix do Xingu, na área norte, no Estado do Pará; e,
- Chapada dos Guimarães, Luciara, Barra do Garça e São Félix do Araguaia, na área sul, no Estado do Mato Grosso.

Considerou-se, naquele estudo, que seria inconsistente a delimitação de espaços através das convenções usuais ligadas a acidentes físico-geográficos. Por essa razão, foram considerados dois recortes espaciais distintos, denominados perímetros, cuja delimitação foi realizada utilizando diferentes critérios, conforme explicitado a seguir.

O primeiro, denominado Perímetro Regional, foi delimitado por critérios geopolíticos e envolveu parcialmente a área norte da bacia, mais especificamente os municípios de Porto de Moz, Prainha, Altamira, Senador José Porfírio e São Félix do Xingu. Neste perímetro, a análise da ocupação foi realizada com base nas unidades administrativas municipais e em sua importância relativa no contexto do Estado do Pará.

O segundo espaço de análise, denominado Perímetro Físico, envolveu as zonas urbanas e rurais efetivamente sujeitas a inundações das cidades de Altamira e São Félix do Xingu, e, ainda, as áreas rurais e reservas indígenas sob a influência direta dos reservatórios. Nessa área definida pelo Perímetro Físico, foi realizado levantamento de dados primários, por meio de pesquisa estruturada, com aplicação de questionários em domicílios e estabelecimentos.

No caso de São Félix do Xingu, desenvolveu-se também uma pesquisa de campo na sede do Município e em áreas ribeirinhas. Entrevistas foram realizadas na Prefeitura, em estabelecimentos comerciais e com grupos de interesse. De forma complementar, questionário simplificado foi aplicado em povoações localizadas às margens dos rios Xingu e Iriri.

Os principais resultados obtidos pela pesquisa figuram, explícita ou implicitamente, nas análises e conclusões dos estudos, especialmente na área definida como Perímetro Físico, conforme segue.

Considerou-se o Perímetro Regional como uma região em transformação, caracterizada por um processo de ocupação decorrente de novas políticas governamentais, da disponibilidade de recursos naturais e das condições de acesso à área.

Não obstante essa transformação, verificaram-se baixos índices de densidade demográfica, assim como carências em aspectos relacionados a renda, educação, saúde, entre outros.

No campo da atividade econômica, constatou-se a predominância do Setor Primário, fato determinante de uma acentuada participação da população rural sobre o total, estando o contingente urbano concentrado em poucos núcleos entre os quais aparece com destaque a cidade de Altamira.

Particularizando a análise para o Perímetro Físico da região de Altamira, esta apareceu com grande significado, passando, em curto espaço de tempo, da situação de núcleo inexpressivo para a de centro de porte médio, respeitadas as escalas da Região Amazônica.

A velocidade do processo de transformação, entretanto, não permitiu um correspondente aumento da infra-estrutura existente, acarretando como consequência, características urbanas inadequadas para o atendimento da demanda da população crescente.

Essa situação constitui uma resposta às políticas e investimentos públicos realizados através da construção da rodovia Transamazônica, dos projetos de colonização agrícola do INCRA e de incentivos a empreendimentos privados, os quais utilizaram, em sua fase de implantação, a cidade de Altamira como base de apoio interno, para atendimento do fluxo populacional que se deslocou para aquela região.

Em termos econômicos, estes investimentos referidos não foram capazes de criar atividades geradoras de emprego.

Analisando a questão das populações indígenas existentes na área do Xingu, enfatizou-se a situação das reservas e aldeias² sujeitas às repercussões diretas ou indiretas da implantação das barragens. Estes grupos, constituídos por índios Kaiapós, Assurinis, Arawetês e Araras, distribuídos em várias aldeias na área, estariam sujeitos a perder parte de seu patrimônio territorial, que seria alagado, e a receber os efeitos diretos e indiretos da construção das barragens.

As áreas indígenas identificadas como sujeitas a repercussões diretas das inundações originadas pelos reservatórios previstos nas alternativas selecionadas foram:

² Note-se que a nomenclatura, qual seja, aldeias e reservas, corresponde à utilizada naquele período e não à atualmente utilizada (Terra Indígena).

Tabela 1-28
População Indígena sujeita a repercussões diretas

GRUPOS	POPULAÇÃO INDÍGENA
Reserva Indígena de Kararaô (Kaiapós)	30
Reserva Indígena dos Araras (Araras)	80
Aldeia Koatinema (Assurinís)	55
Aldeia Ipixuna (Arawetês)	120
Aldeia de Kokraimoro (Kaiapós)	120

Fonte: Inventário da bacia hidrográfica do rio Xingu (Eletronorte, 1980)

De acordo com o antigo Estudo de Inventário, a Reserva Indígena de Kararaô, delimitada no Decreto nº 68.914 de 13 de julho de 1971, apresenta 325.685 ha. Pela sua posição, entre os rios Iriri e Xingu, sofreria interferência direta do reservatório de Babaquara na cota 165 m, em cerca de 70% de sua área.

A aldeia de Koatinema, com área de 75.922 ha, seria atingida diretamente, pelo mesmo reservatório de Babaquara, em cerca de 60% da área.

A aldeia de Kokraimoro, situada na margem direita do rio Xingu, a cerca de 135 km a montante de São Félix do Xingu, seria atingida diretamente pela UHE de Kokraimoro, prevista nas proximidades da aldeia. A parcela de alagamento da reserva seria da ordem de 5%.

Nesse último caso considerou-se que a perda patrimonial por parte do grupo aldeado seria insignificante, em face das repercussões que a construção da barragem fatalmente acarretaria. Na outra alternativa da divisão de queda, a área seria atingida pela barragem de Kaiapó, cujo reservatório afetaria o aldeamento em cerca de 5% da reserva.

Além dos grupos atingidos, outras aldeias a seguir relacionadas, localizadas na área da bacia do rio Xingu, foram identificadas como passíveis de estarem sujeitas aos efeitos indiretos das barragens.

Tabela 1-29
População Indígena passível de efeitos indiretos

ALDEIAS	POPULAÇÃO INDÍGENA
Bacajá	70
Gorotire	520
Baú	50
Menkranotire	280

FONTE: Pesquisa de Campo - CNEC - 1978.

No inventário de 1980 foram definidos como efeitos indiretos para as reservas indígenas as consequências sofridas sem que a barragem, nem o reservatório, atingissem fisicamente as áreas em questão. Os possíveis efeitos indiretos mencionados ocorreriam no caso de rompimento de vias de comunicação ou acesso; devido à construção de estradas em territórios indígenas e às pressões políticas e sociais sobre os territórios indígenas para abrigar grupos desalojados pelos alagamentos. Interessante notar que não houve nenhuma menção explícita sobre os efeitos das construções das usinas e dos reservatórios sobre a biodiversidade local e, conseqüentemente, sobre a caça, pesca e modos de vida das comunidades indígenas em geral.

1.4.4 - Análise dos Aproveitamentos das Alternativas A e B à Luz dos Critérios Vigentes

Independentemente da premissa adotada nos estudos atuais, de evitar o alagamento de Terras Indígenas e de Unidades de Conservação, outros aspectos regionais e técnicos evidenciam claramente a criticidade dos impactos adversos decorrentes da implantação dos aproveitamentos das Alternativas A e B.

Assim, de forma complementar, realizou-se a análise desses aspectos, estabelecendo-se indicadores que refletissem a abordagem dos estudos atuais. Com esse intuito, os seguintes passos foram adotados:

- análise da bibliografia existente, incluindo relatórios técnicos relacionados ao tema;
- organização de lista de impactos-síntese;
- identificação de Indicadores que permitam avaliar a importância dos impactos-síntese direta ou indiretamente;
- espacialização dos dados disponíveis na bacia hidrográfica do rio Xingu;
- sobreposição dos reservatórios;
- análise por equipe multidisciplinar dos dados disponíveis de cada Indicador e estabelecimento de classes de importância dos impactos por Indicador;
- avaliação dos impactos por Indicador adotado;

Indicadores e Critérios para Avaliação dos Impactos

Os grandes investimentos envolvidos na construção de Usinas Hidrelétricas (UHEs) e os impactos gerados provocam, via de regra, conflitos acerca de sua localização e implantação sendo, atualmente, uma das questões mais controversas na área do desenvolvimento sustentável (Asmal *et al*, 2000).

A natureza dos impactos socioambientais tornou-se conhecida nas últimas décadas, em decorrência do conhecimento acumulado pela construção de uma série de empreendimentos de grande porte, notadamente em regiões tropicais. As experiências anteriores permitem, genericamente, afirmar que empreendimentos hidrelétricos de grande porte provocam:

- Alterações climáticas e emissões de gases de efeito estufa;
- Perda de grandes extensões de terrenos, geralmente constituídos de planícies aluviais e de baixos terraços, aos quais estão associados freqüentemente atividades relacionadas à agricultura familiar ou usos agropecuários extensivos. Em consequência, perdem-se recursos minerais e solos férteis, associados aos ambientes de várzea, levando à perda desse potencial;
- Redução da diversidade biológica a montante do barramento decorrente da formação do reservatório;
- Alterações nas comunidades aquáticas devido à variação do regime das águas a montante da barragem, bem como em decorrência da fragmentação do ambiente fluvial, interrompendo rotas migratórias e reduzindo o aporte de sedimentos, de nutrientes e de propágulos a jusante. Em consequência, redução de recursos pesqueiros;
- Deslocamento compulsório de populações ribeirinhas, cujos modos de vida freqüentemente estão relacionados aos ambientes alagados e dependentes dos recursos naturais da vegetação e do rio;
- Perda de áreas urbanas por alagamento, promovendo o deslocamento compulsório de populações urbanas, a reorganização do espaço urbano e das atividades;
- Ampliação do processo de periferação nos centros urbanos em consequência do deslocamento de populações atingidas e do afluxo de pessoas de outras regiões devido às obras. Gera-se, dessa forma, sobrecarga nos serviços e na infra-estrutura dos centros urbanos afetados;
- Alterações no quadro de saúde da população da região em decorrência da introdução de novas endemias, da criação de ambientes adequados para proliferação de vetores e de hospedeiros de doenças, do maior contato de trabalhadores com os agentes etiológicos das doenças. Aumento de doenças sexualmente transmitidas (DST);
- Modificação nas atividades de subsistência de populações que vivem a jusante devido às alterações no aporte de nutrientes e do regime de cheia e vazante do rio, que se reflete em modificações nas condições de fertilidade das terras à jusante; colocando em risco o futuro dessas atividades;
- Deslocamento de povos indígenas e perda de territórios dos quais dependem e que, freqüentemente, são sagrados ou tem significado especial em suas tradições, e impactos decorrentes da perda dessas referências;
- Perda de sítios de importância histórica, cultural, arqueológica, cênica e/ou conservacionista;
- Impactos cumulativos nas características físico-químicas e biológicas das águas, no regime hídrico incluindo o pulso de cheias e vazantes, nas características das

formações ciliares e na composição de espécies quando várias barragens são implantadas no mesmo rio (Asmal *et al*, *op.cit.*).

Considerando que a avaliação dos impactos se realiza no âmbito dos Estudos de Inventário, quando toda a cascata de aproveitamentos deve ser avaliada e no qual não se dispõe de detalhes dos projetos, a avaliação do nível de criticidade dos empreendimentos propostos deve ser realizada por meio de Indicadores que permitam estimar, direta ou indiretamente, a intensidade dos impactos passíveis de avaliação nessa fase.

A fim de avaliar esses impactos, considerando os aproveitamentos propostos no Inventário da bacia hidrográfica do rio Xingu (1980), procurou-se utilizar indicadores, conforme apresentado

Tabela 1-30
Critérios de avaliação do nível de criticidade de reservatórios na bacia hidrográfica do rio Xingu.

INDICADOR	O QUE INDICA
Área (km ²)	Indica perdas proporcionais à área alagada
km ² /MW	Representa as perdas socioambientais em relação aos ganhos de energia.
Índice de Forma Desenvolvimento de Margem (IDM)	Indica riscos de problemas de qualidade da água.
Área de Vegetação Natural Estimada (km ²)	Indica perda de diversidade (de populações e de habitats).
Percentual de Vegetação Estimado (%) em relação à área alagada	Indica riscos de problemas com qualidade da água e de eutrofização.
Presença de Pedrais/Corredeiras/Cachoeiras	Indica perda de ambientes específicos onde endemismos podem ser esperados.
População Urbana (nº estimado de habitantes)	Indica impactos sobre população urbana e na infra-estrutura, implicando insegurança e conflitos.
Presença de Terras Indígenas	Incompatível com os objetivos
Presença de Unidades de Conservação	Incompatível com os objetivos
Presença de Corredor Ecológico	Não desejável, pois pode promover ou acentuar fragmentação.
Presença de Áreas Prioritárias	Não desejável, pois pode afetar localidades de interesse para conservação, podendo levar a conflito. Como atenuante: APs são desenhadas em grandes áreas sem uma delimitação muito precisa.

Assim, foram utilizados os seguintes dados dos empreendimentos, disponíveis nessa etapa dos estudos:

- perímetro e conformação dos reservatórios, que permitem avaliar as alterações nos ecossistemas aquáticos (ou seja, as chances de alterações nas características das águas e das comunidades biológicas);
- área dos reservatórios, que permite estabelecer a extensão das áreas a serem alagadas e, dessa forma, a criticidade em relação à perda de terrenos e de ecossistemas terrestres;

Os demais critérios, inerentes à área de estudo, foram espacializados em mapas temáticos, aos quais foram sobrepostos os reservatórios, evidenciando-se dessa forma as interferências.

Por meio das informações obtidas nessa fase de análise, buscou-se antever impactos e avaliar a criticidade de cada empreendimento isoladamente. Note-se que vários dos impactos acima citados, que poderiam ocorrer em função da implantação dos aproveitamentos, não puderam ser apreendidos nessa análise. Consideram-se, porém, suficientes os dados obtidos para evidenciar os níveis de criticidade de cada empreendimento.

- *Critérios relacionados às características dos reservatórios:*

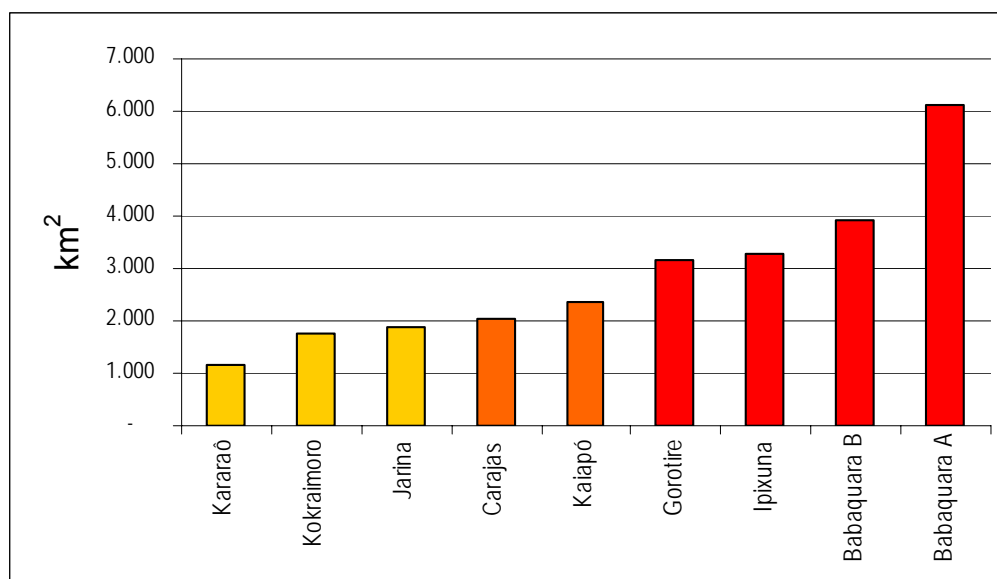
a) Área a ser alagada

Um dos impactos socioambientais mais críticos decorrentes da implantação de um reservatório corresponde à perda de terrenos pela sobrelevação do nível d'água e conseqüente substituição dos usos da terra existentes ou potenciais.

A formação de grandes reservatórios decorre, em grande medida, da fisiografia da região prevista para o alagamento. Quanto menos encaixado o curso d'água a ser barrado e mais suave o terreno, mais extenso e raso é o lago artificial. Nessas circunstâncias, problemas de qualidade da água podem ser esperados, assim como de assoreamento de suas margens. Além disso, no caso do rio Xingu, perdem-se extensas áreas de planícies e terraços aluviais que, muito provavelmente, respondem em alguma medida pela diversidade da fauna aquática. Além disso, suportam solos utilizados para agricultura familiar e florestas ripárias.

Dessa forma, quanto maior a área do reservatório, maior a possibilidade de ocorrência e maior a magnitude dos impactos socioambientais decorrentes da perda de terrenos e dos recursos naturais. Com base nessa premissa, foram estabelecidas classes de tamanhos de área com níveis crescentes de criticidade para os reservatórios.

Considerou-se de baixa criticidade os reservatórios com área de até 500 km², de média criticidade quando atingem até 1.000 km², de alta criticidade quando a área alagada é de até 2.000 km², muito alta quando alagam até 3.000 km² e crítico quando a área alagada supera os 3.000 km². A Figura 1-30, apresentada a seguir, mostra como se classificam os empreendimentos de acordo à esse critério:



níveis de criticidade				
500	até 1.000	até 2.000	até 3.000	> 3.000
baixa	média	alta	muito alta	crítica

Figura 1-30

Níveis de criticidade dos aproveitamentos em relação à área do reservatório

Conforme mostra o gráfico, todos os empreendimentos previstos apresentam elevados níveis de criticidade. De acordo aos critérios adotados nesse estudo, os reservatórios de Gorotire, Ipixuna, Babaquara A e Babaquara B são considerados extremamente críticos, todos com área acima de 3.000 km². Carajás e Kaiapó apresentam muito alta criticidade e os demais têm alta criticidade. Assim, em qualquer dos possíveis barramentos, evidenciam-se impactos socioambientais de difícil manejo e mitigação,.

A partir do tamanho da área alagada, derivam outros impactos, conforme se apresenta adiante.

b) Área alagada em relação à potência instalada (km² x MW)

Um dos critérios usualmente utilizados para avaliar o quanto um empreendimento hidrelétrico é impactante refere-se ao balanço entre perda de área por alagamento e o ganho de energia. Ou seja, quanto maior a relação entre área alagada e geração de energia, menor a eficiência e, portanto, menos defensável se torna o empreendimento.

Para balizar a análise de níveis de criticidade, foram utilizados dois extremos existentes no setor elétrico brasileiro: (i) Balbina, com 2.500 km² e 250 MW de potência instalada e (ii) Itaipu, cujo reservatório tem 1.350 km² e potência instalada de 12.600 MW, ou seja, uma amplitude de relação km² x MW que varia de 10 km²/MW (Balbina) e 0,1 km²/MW (Itaipu).

A Figura 1-31, a seguir, ilustra as classes de criticidade estabelecidas para os reservatórios em análise. Baseando-se nesse critério o empreendimento é considerado menos crítico quanto menor for a área alagada em relação à geração de energia.

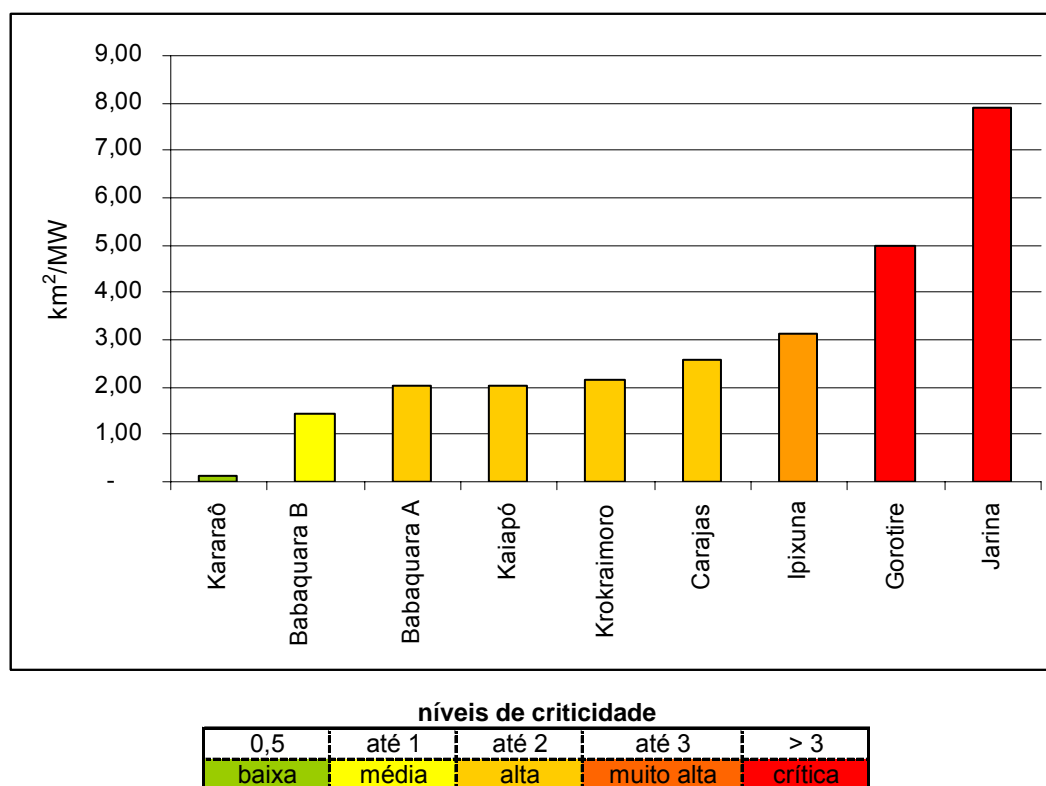


Figura 1-31

Níveis de criticidade dos aproveitamentos em relação à área inundada e geração de energia

De acordo ao gráfico anterior, verifica-se que apenas o reservatório do AHE Kararaô apresenta baixa criticidade, com uma relação de 0,12 km²/MW, enquanto Babaquara B é considerado média criticidade, com 1,42 km²/MW. Os demais aproveitamentos têm uma relação de perda de terrenos para geração de energia elevada o suficiente para serem considerados pelo menos de alta criticidade. Gorotire e Jarina são considerados extremamente críticos.

c) Forma do reservatório

A conformação do reservatório é fator importante para a dinâmica do ecossistema aquático, interferindo em grande medida na qualidade das águas e aumentando os riscos de eutrofização e, por consequência, de alterações nas comunidades aquáticas. Quanto maior a relação entre o perímetro e a área e, portanto, mais recortadas as margens, mais áreas remansadas podem ocorrer, favorecendo a alteração das características das águas, a proliferação de macrófitas e a formação de ecótopos propícios a invertebrados de interesse médico sanitário.

Na presente análise, a avaliação da conformação dos reservatórios foi realizada de maneira qualitativa, por meio do exame visual dos reservatórios. Verifica-se que, de modo geral, todos os empreendimentos devem gerar reservatórios de características dendríticas, com inúmeros braços, resultado dos terrenos pouco movimentados característicos da região. Considera-se extremamente críticos os reservatórios de Gorotire, Jarina, Babaquara A e Carajás, embora os demais também apresentem conformação desfavorável, o que também os torna críticos. Este aspecto é menos evidente apenas no reservatório de Kararaô, único considerado de muito alta criticidade.

- *Critérios relacionados às características das áreas afetadas*

d) Cobertura Vegetal

A presença de cobertura vegetal é um primeiro indicador do estado de conservação de uma dada área e, por conseguinte, de seu potencial em termos de diversidade biológica. Outros critérios tais como estágio sucessional, nível de fragmentação e isolamento devem ser considerados.

Não obstante as limitações impostas pela fase dos estudos, é possível assumir que áreas com maior cobertura vegetal apresentam maior potencial de diversidade biológica ou comportam flora e fauna representativas para os ecossistemas da região. Dessa forma, considera-se que quanto maior a área de vegetação afetada, maior o impacto. Para efeito de avaliação, adotou-se a faixa de 150 km² a 300 km² para a média criticidade, sendo considerados de alta e muito alta criticidades respectivamente até 500 km² e 1.000 km². Acima de 1.000 km² a formação do reservatório implicaria perdas que o tornariam extremamente crítico. Poderiam ser considerados de baixa criticidade apenas reservatórios que inundassem pequenas extensões de florestas fragmentadas, o que não ocorre em nenhuma das situações analisadas. A Figura 1-32, a seguir, apresenta os resultados dessa avaliação, evidenciando a extrema criticidade em qualquer um dos aproveitamentos.

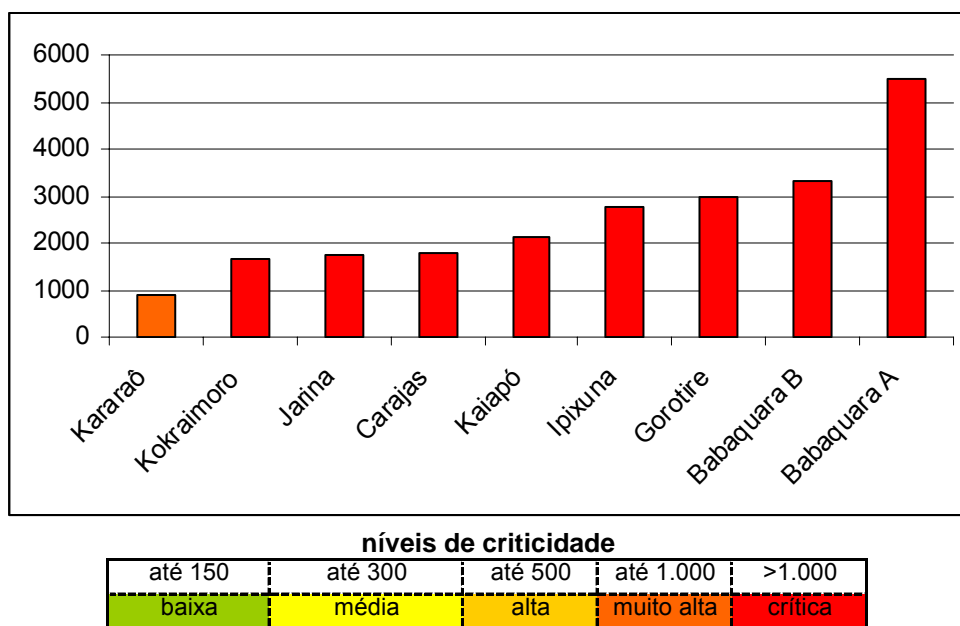


Figura 1-32
Níveis de criticidade dos reservatórios em relação à extensão de área com cobertura vegetal natural inundada

Evidencia-se o elevado nível de criticidade dos reservatórios, onde apenas Kararaô se classifica como de muito alta intensidade de impacto, sendo os demais considerados críticos. Este fato decorre, de um lado, do tamanho destes e, de outro, da cobertura vegetal extensa que caracteriza as áreas previstas para serem alagadas. Note-se que os reservatórios enquadrados como de alta criticidade quanto à área que ocupam, apresentam-se como os mais críticos quando analisados sob esse Indicador, dada a extensão da cobertura vegetal a ser inundada.

Se, por um lado, a área de cobertura vegetal é importante para avaliar perda de diversidade biológica, ela é, por outro lado, importante em termos relativos para avaliar o potencial impacto sobre a qualidade da água. Neste caso, importa a quantidade de vegetação inundada com relação ao volume do reservatório, uma vez que quanto maior a proporção de fitomassa em relação à área alagada, maiores as chances de anoxia após a formação do lago artificial. Isso significa que, se a área de vegetação alagada é relativamente pequena, mas ocupa um percentual significativo do futuro reservatório, ainda que as perdas de diversidade possam ser consideradas pequenas ou médias, há riscos de significativas alterações nas características das águas, principalmente na fase inicial da formação do reservatório, quando a demanda biológica de oxigênio (DBO) devido à decomposição da matéria vegetal é elevada.

Ações de desmatamento podem ser previstas antes do enchimento do reservatório, porém implicam custos elevados, o que também desfavorece o empreendimento.

Dentro dessa perspectiva, quanto maior o percentual de vegetação em relação à área a ser alagada, maior a criticidade de um dado empreendimento. Considerando-se a elevada

biomassa característica das florestas tropicais úmidas, foram estabelecidas as seguintes classes de criticidade: (i) baixa criticidade - reservatório com até 10% de sua área recoberta por vegetação natural; (ii) média criticidade – até 25% de recobrimento vegetal; (iii) alta criticidade – até 50%; (iv) muito alta criticidade – quando a área do futuro reservatório tem até 75% ou mais de sua superfície recoberta por vegetação natural e (v) extremamente crítico quando a cobertura vegetal ocupa mais de 75% da área a ser alagada, conforme Figura 1-33.

Os resultados, obtidos por meio da planimetria da cobertura vegetal existente dentro dos reservatórios previstos, indicam que todos os aproveitamentos são de extrema criticidade sob este aspecto. Note-se que os reservatórios de AHEs Gorotire, Jarina, Krokaimoro e Kaiapó tem 90% ou mais de sua área revestidos de vegetação natural e que, destes, os dois primeiros estão entre os mais críticos em termos de IDM, aumentado sobremaneira os riscos de deterioração da qualidade da água.

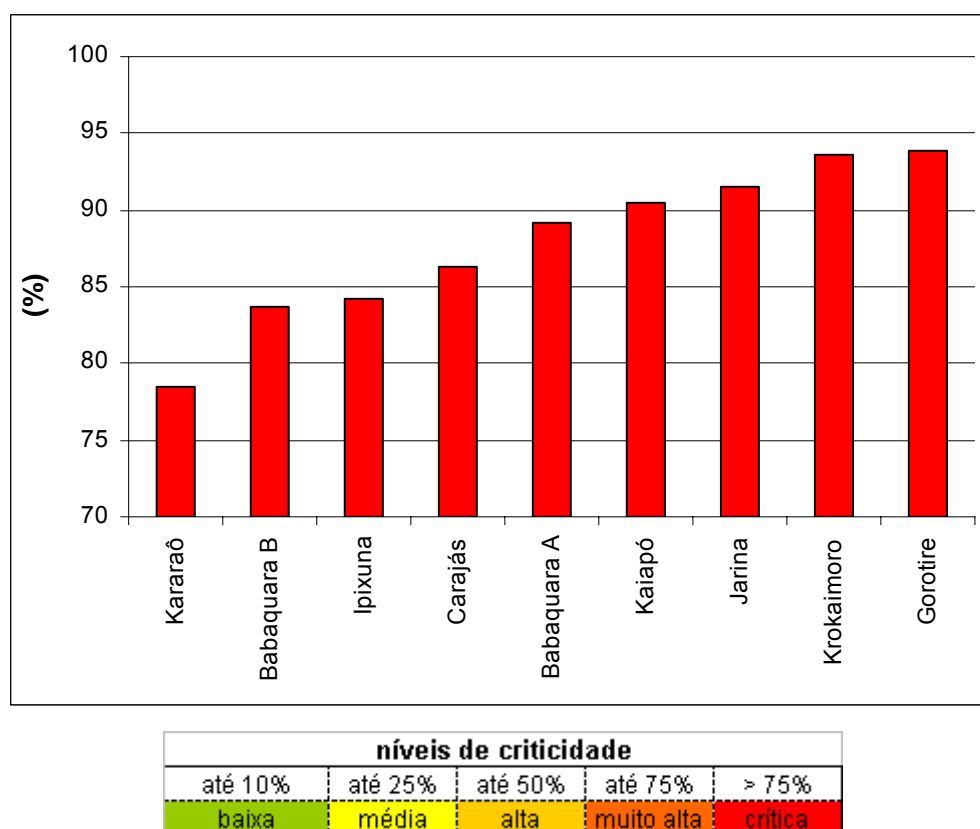


Figura 1-33
Níveis de criticidade dos reservatórios em relação ao percentual de área com cobertura vegetal natural inundada.

e) Presença de Corredeiras, Pedrais e Cachoeiras

Ambientes específicos como corredeiras, pedrais e cachoeiras constituem habitat e nichos para flora e fauna especializados e de distribuição restrita a esses sítios. Citam-se peixes de fundo como Loricariídeos, presentes em corredeiras, algumas espécies de

morcegos e aves que habitam as cachoeiras e pedrais, assim como arvoretas especializadas nesses ambientes extremos, sazonalmente recobertos pelas águas do rio Xingu. Nessas condições, endemismos podem ser esperados.

Para esta avaliação, foram utilizados dados disponíveis sobre esses acidentes (ANA Hidroweb, 2005), analisando-se as ocorrências ao longo do rio Xingu e afluentes e sobrepondo-se os reservatórios Assim, quanto maior o número de ocorrências desses ambientes específicos, mais crítica torna-se a inundação. Sob esse enfoque, foram considerados críticos os aproveitamentos Kararaô (onde se constata a presença de uma catarata/cachoeira e 16 corredeiras), Babaquara A e Babaquara B (respectivamente com oito cataratas/cachoeiras e 37 corredeiras; e seis cataratas/cachoeiras e 37 corredeiras), e de muito alta criticidade os empreendimentos Kaiapó (duas cataratas/cachoeiras e quatro corredeiras e Krokaimoro (duas cataratas/cachoeiras e cinco corredeiras). Os demais foram considerados de média criticidade.

f) Populações Urbanas e Comunidades Ribeirinhas

O alagamento de áreas urbanas constitui um grande impacto do ponto de vista sócio-econômico, representado inicialmente pela insegurança gerada na população afetada e, posteriormente, pela necessidade de assentamento da população urbana e reorganização de infra-estrutura, entre outros, conforme avaliado no antigo inventário.

Problemas semelhantes ocorrem ao se afetar comunidades ribeirinhas, aos quais se acrescentam ainda as alterações nos modos de vida e a ruptura de relações de parentesco e de vizinhança.

Dessa forma, empreendimentos que afetem essas comunidades ou áreas urbanas são considerados, *a priori*, de grande impacto. Nesse sentido, foram considerados críticos os empreendimentos de Kararaô, Ipixuna, Kaiapó e Carajás, por inundar parcelas de áreas urbanas de Altamira ou São Félix do Xingu.

No que se refere aos núcleos ribeirinhos, os dados do IBGE (2001) apontam a ocorrência de seis núcleos populacionais, uma vila e um povoado na área a ser afetada pelo AHE Kararaô; um povoado e nove localidades na área do reservatório do AHE Ipixuna, e um povoado e duas localidades afetadas pelo reservatório de Kaiapó, sendo considerados críticos. Os demais empreendimentos foram considerados de muito alta intensidade de impacto (AHE Carajás) por afetar cinco localidades, alta intensidade de impacto (AHE Babaquara A), por afetar quatro localidades, e média intensidade (Babaquara B Gorotire e Jarina) por afetarem duas (no caso de Babaquara B) e uma comunidade (Gorotire e Jarina). Apenas o AHE Krokaimoro não afeta nenhuma localidade, de acordo com os dados disponíveis do IBGE, sendo o único considerado de baixa criticidade sob este aspecto.

g) Terras Indígenas e Aldeias

“Terra Indígena constitui área legalmente protegida que reúne as condições necessárias para a reprodução física e cultural das populações indígenas que nela habitam. São

consideradas terras tradicionalmente ocupadas pelos índios as áreas por eles habitadas em caráter permanente, as áreas utilizadas para suas atividades produtivas, as imprescindíveis à preservação dos recursos ambientais necessários a seu bem-estar e as necessárias a sua reprodução física e cultural, segundo seus usos, costumes e tradições” (Constituição Federal/88, Art. 231, parágrafo 1).

Empreendimentos que afetem essas Terras Indígenas determinam, portanto, conflitos de uso importantes e as interferências em aldeias indígenas contribuem para tornar esses conflitos mais fortes.

O critério adotado para avaliar esse impacto é se o empreendimento “alaga” ou “não alaga” a Terra Indígena. Considerando que qualquer interferência que configure perda de terrenos pode ser determinante de conflitos, a avaliação independe da extensão da área alagada. Situações críticas são evidenciadas em todos os aproveitamentos, em ambas as alternativas de divisão de queda analisadas. A Tabela 1-31, a seguir, apresenta o alagamento de Terras Indígenas por empreendimento.

Tabela 1-31
Terras Indígenas afetadas pelos reservatórios e respectivas áreas a serem inundadas

UHE	Terra Indígena (Km²)												
	Trincheira Bacajã	Paquiçamba	Arara da Volta Grande do Xingu	Apyterewa	Araweté Igarapé Ipixuna	Cacheirã Seca	Arara	Kararaô	Koatinem o	Kayapó	Badjonkore	Menkragnoti	Capoto Jarina
Kararaô	119,13	23,98	125,31										
Babaquara A				26,49	597,37	598,19	393,59	799,59	478,98				
Babaquara B					180,79	362,42	281,69	626,1	230,92				
Carajás				187,83	182,2								
Ipixuna				123,38						244,76			
Kaiapó										1044,9		469,25	
Kokraimoro										664,26	69,95	936,16	
Gorotine										89,19	253,46	921,58	505,8
Jarina											64,8	245,29	426,62

Fonte: FUNAI, 2005; ISA, 2007

h) Unidades de Conservação, Corredores Ecológicos e Áreas Prioritárias para Conservação.

As Unidades de Conservação (UC) têm por finalidade preservar bancos genéticos, proteger os recursos hídricos e as paisagens de relevante beleza cênica, conduzir a educação ambiental, propiciar condições para o desenvolvimento de pesquisas e proteger áreas que venham a ter, no futuro, utilização racional dos usos do solo. Essas áreas podem ter diferentes níveis de restrições de uso, dependendo do grupo (Proteção Integral ou Uso Sustentável), mas todas têm por função precípua a manutenção dos ecossistemas e da diversidade biológica.

Embora não protegidas por lei, as Áreas Prioritárias também são consideradas no presente estudo, pois representam localidades com grande potencial conservacionista, para as quais se pretende impor restrições legais.

A Tabela 1-32, a seguir, permite observar a elevada criticidade dos aproveitamentos Babaquara A e B, Carajás e Ipixuna, no que se refere a interferências em Unidades de Conservação, uma vez que afetam duas UCs de Proteção Integral, quais sejam, Estação Ecológica Terra do Meio e Parque Nacional Serra do Pardo.

Tabela 1-32

Unidades de Conservação afetadas pelos reservatórios e respectivas áreas a serem inundadas (Fontes: MMA, 2006; IBAMA, 2007; SECTAM, 2006; SEPLAN, 2006).

UHE	Unidade de Conservação		
	EE Terra do Meio	PN Serra do Pardo	APA Triunfo do Xingu
Kararaô			
Babaquara A	334,96	15,96	
Babaquara B	161,07		
Carajás	102,64	234,95	410,02
Ipixuna		337,09	2070,03
Kaiapó			805,52
Kokraimoro			
Gorotire			
Jarina			

Fontes: MMA, 2006; IBAMA, 2007; SECTAN, 2006; SEPLAN, 2006

No caso de Corredores Ecológicos, todos os empreendimentos podem ser considerados impactantes, uma vez que se encontram inseridos nesse tipo de UC, e contribuem para a fragmentação da paisagem.

i) Potencial Mineral

Jazimentos minerais são recursos naturais que podem permanecer indisponíveis ou se tornar de difícil acesso para exploração com a formação dos reservatórios. Para avaliar o potencial mineral das áreas a serem alagadas foram considerados as autorizações de

pesquisa e os registros de licença de exploração disponíveis no DNPM. Verificou-se a ocorrência de número significativo de lavras licenciadas ou em licenciamento nos terrenos passíveis de alagamento.

Foram considerados críticos os AHEs Kararaô pela presença de processos relacionados a minério de ouro (16 ocorrências) além de tantalita, cobre, fosfato, areia e cascalho, e Babaquara A, onde se verificam processos relacionados a ouro (três ocorrências), ametista (nove ocorrências) e gemas (três ocorrências).

Outros dois AHEs Carajás e Ipixuna, são considerados de importância muito alta, por interferir com, respectivamente, dez processos relacionados à pesquisa/exploração de ouro, além de outras substâncias minerais (cobre, estanho, cassiterita, scheelita, argilas) e oito de ouro e dois de ametista, entre outras substâncias minerais,

Na área da AHE Kaiapó registra-se ainda um processo relacionado com ouro, além de tungstênio, cassiterita, cobre e granito, o que o torna de alta importância.. Para os AHE Gorotire e Jarina, há apenas registro de autorização para pesquisa, o que os torna de média importância. Finalmente, para o AHE Krokaimoro não há registros.

1.4.5 - Conclusão

O inventário realizado à luz dos critérios vigentes na década de 1970 indicavam o grande potencial hidroenergético do rio Xingu, baseado em reservatórios com grandes volumes e extensas áreas inundadas. Considerando-se o contexto atual para o desenvolvimento de estudos de inventário do potencial hidrelétrico de uma bacia hidrográfica, esses projetos, tais como foram concebidos, teriam que ser re-estudados buscando-se soluções de engenharia que minimizassem esses impactos.

O Estudo de Atualização do Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu deve buscar soluções que efetivamente possam ser viáveis tanto sob o ponto de vista energético quanto ambiental. Recomenda-se portanto que, à exceção do posicionamento de alguns eixos, as alternativas A e B tais como produzidas nos estudos anteriores não sejam consideradas no atual estudo.

2 - PLANEJAMENTO DOS ESTUDOS

2.1 - Introdução

Nesse item serão apresentadas as premissas e os critérios que nortearam os estudos atuais, tanto no que se refere aos aspectos inerentes à engenharia quanto àqueles específicos aos estudos ambientais integrantes dos estudos de inventário.

Assim, sendo, os itens gerais, via de regra são da lavra das empresas ENGEVIX, THEMAG, INTERTECHNE e ARCADIS TETRAPLAN. Aqueles inerentes às questões de engenharia são de responsabilidade da ENGEVIX, THEMAG e INTERTECHNE. Os itens inerentes aos estudos ambientais são de responsabilidade da ARCADIS TETRAPLAN.

Destaca-se que o escopo dos estudos contempla apenas o curso principal do rio Xingu, excluindo-se os afluentes em ambas as margens, no trecho compreendido entre a foz, no rio Amazonas, até a confluência dos rios Culuene e Sete de Setembro (MT), com extensão de 1.700 km, aproximadamente.

Na seqüência são apresentados o escopo dos trabalhos e a metodologia a ser aplicada. Inclui-se também a seqüência de trabalhos técnicos a serem desenvolvidos para a elaboração dos estudos, cujo objetivo é contribuir com a escolha da melhor alternativa de partição de queda, do ponto de vista econômico, energético e sócio-ambiental definida seguindo os critérios básicos do Manual de Inventário, adaptados às condições da região de estudo.

2.2 - Escopo dos Trabalhos

O escopo dos estudos está apresentado de forma detalhada no Manual de Inventário, que será adaptado às condições específicas estabelecidas nos Termos de Referência. Além disso, estão incluídas as atividades e os estudos listados a seguir.

2.2.1 - Coordenação

Para o acompanhamento e o gerenciamento das equipes de engenharia e para garantir e agilizar os contatos com a Coordenação Geral dos Estudos e com as demais equipes de estudos em desenvolvimento em outras ordens de serviço paralelas foram estabelecidas uma coordenação e uma secretaria centralizada para os estudos de engenharia.

No âmbito desta atividade também foi garantido, além do coordenador, a participação de representantes de equipes especializadas, sempre que se fizeram necessários eventuais esclarecimentos específicos, nas reuniões mensais de acompanhamento, junto à Coordenação Geral dos Estudos e aos organismos contratantes.

2.2.2 - Planejamento dos Estudos

Para o desenvolvimento dos estudos previu-se a coleta de dados e estudos disponíveis para a área de interesse e verificadas sua abrangência e adequação aos objetivos pretendidos.

Foram identificados os estudos e levantamentos complementares que se fizeram necessários e processado o planejamento geral dos estudos de atualização do inventário.

Objetivando adequar o aproveitamento da cartografia definida nos estudos anteriores às "DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE SERVIÇOS DE CARTOGRAFIA, DE TOPOGRAFIA E PARA O GEORREFERENCIAMENTO DE MAPAS, DESENHOS E ARQUIVOS ELETRÔNICOS, RELATIVOS A ESTUDOS E PROJETOS DE CENTRAIS HIDRELÉTRICAS", da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, foi realizada no dia 06/10/2005 uma reunião naquela Agência, na qual se apresentou e foi aceita uma proposta para a utilização da cartografia existente obtida a partir de fotografia aérea na escala 1:60.000 e restituição na escala 1: 25.000.

Na fase de planejamento dos estudos foi realizada uma análise, à luz dos dados existentes, das alternativas de divisão de queda A e B, oriundas dos estudos de inventário hidrelétrico da bacia do rio Xingu, realizados na década de 70 e concluídos em janeiro de 1980. Esta análise, apresentada no item 1.4 – Estudos Anteriores, desse relatório, subsidiou também o planejamento do desenvolvimento dos atuais estudos, uma vez que ajudou a balizar as possibilidades de exploração hidroenergética da bacia frente as restrições e critérios atualmente vigentes.

Assim sendo, e considerando que o estudo deverá manter o aproveitamento de Belo Monte com as características definidas nos Estudos de Viabilidade e buscar soluções para aproveitamentos no curso principal do rio Xingu que se compatibilizem com os critérios e restrições ambientais vigentes, levando em conta as características fluviais e topográficas da bacia adequadas à implantação de empreendimentos hidrelétricos, o reconhecimento de campo, conforme descrito adiante identificou um número reduzido de eixos a serem estudados, permitindo a consideração de três alternativas de divisão de queda.

Em função de todas essas especificidades que conduziam a um número restrito de soluções possíveis, optou-se por realizar o estudo em uma única etapa.

2.3 - Coleta de Dados Existentes

Esta fase se caracterizou pela coleta e análise dos dados existentes, fundamentando-se nos estudos do inventário anteriormente realizados e nos estudos complementares realizados pela ELETRONORTE / ELETROBRÁS nos sítios do AHE Belo Monte, bem como nos demais estudos socioambientais e outros realizados para a região da bacia do rio Xingu.

Inicialmente foram verificados os dados disponíveis, consultando-se para este fim fontes oficiais existentes, destacando-se:

ANA – Agência Nacional de Águas;

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais;

DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica;

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral;

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico do Exército;

ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S/A;

ELETRONORTE – Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;

FUNAI - Fundação Nacional do Índio;

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis;

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

INPE - Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – PRODES/DETER;

IPARJ - Instituto de Pesquisas Antropológicas do Rio de Janeiro;

IPHAN - Instituto de Patrimônio Histórico e Arqueológico Nacional;

PROBIO – Áreas Prioritárias para Conservação;

SECTAN/PA – Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Pará;

SEPLAN/MT - Secretaria de Planejamento do Mato Grosso – PRODEAGRO;

SIVAM/SIPAM – Sistema de Vigilância da Amazônia;

SRH - Secretaria de Recursos Hídricos;

Para a atualização do mapeamento de uso do solo, foram utilizadas as imagens de satélite TM Landsat, datadas de 2001 e 2002.

Os estudos ambientais foram programados para serem realizados em escala 1:1.000.000, quando se tratar da bacia hidrográfica e em 1:250.000 para os diferentes empreendimentos e para a calha do rio Xingu no trecho de interesse.

2.4 - Reconhecimento de Campo e Identificação de Locais Barráveis

Em cumprimento à programação de atividades para o desenvolvimento dos estudos de Atualização do Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu, foram

realizadas no período de 05 a 10 de dezembro de 2005, inspeções de campo para o reconhecimento dos sítios objeto dos estudos.

As inspeções tiveram por propósito a verificação das condições atuais dos sítios, tanto no que se refere aos aspectos inerentes aos serviços de engenharia, destacando-se: existência de ombreiras, afloramento rochoso, materiais de construção, seções adequadas para a medição de descargas líquidas e sólidas, quedas naturais, logística para levantamentos complementares de campo, pontos de apoio aos estudos anteriores, etc., quanto no que se refere aos estudos socioambientais.

O reconhecimento foi realizado por via aérea e fluvial, tendo uma duração total de 6 (seis) dias. A parte aérea foi desenvolvida utilizando-se um avião Grand Caravan com capacidade para 9 (nove) pessoas além de tripulação constituída por piloto e co-piloto. A parte fluvial foi desenvolvida utilizando-se barcos do tipo voadeira. Na região de São Félix do Xingu foram utilizadas 3 voadeiras, enquanto que em Altamira, duas voadeiras foram suficientes por serem de maior porte.

O ponto de partida foi o aeroporto da cidade de Belém com deslocamento aéreo até a cidade de Carajás para abastecimento e daí até a cidade de São Félix do Xingu.

A partir de São Félix do Xingu foram realizadas duas incursões fluviais. Uma para montante, passando pelo eixo São Félix e seguindo até o limite das Terras Indígenas Kayapo. e Menkragnoti. A outra, para jusante de São Félix do Xingu, atingiu o ponto de coordenadas geográficas 05° 47' 30" Sul e 52° 34' 00" Oeste, localizado na calha do rio Xingu, tendo pela margem direita a Terra Indígena Apyterewa e pela margem esquerda o Parque Nacional da Serra do Pardo.

Após as incursões fluviais com base em São Félix do Xingu, sobrevoou-se a região em direção ao eixo São Félix e mais um trecho a montante desse eixo, desviando-se em seguida na direção Oeste para a verificação geral de eventuais alterações na vegetação devido não só as características naturais da região mais principalmente a ações antrópicas, retomando a direção Norte sobre o curso do rio Xingu, um pouco a montante da Ilha São Francisco e seguindo daí até o antigo eixo Carajás e deste seguindo para Altamira.

Partindo de Altamira para montante, em incursão fluvial, alcançou-se o eixo Altamira e em seguida a foz do rio Iriri, penetrando neste rio cerca de 15 km até a queda localizada denominada Cachoeira Grande, com um desnível estimado de 2,5 m, retornando a cidade de Altamira.

Saindo de Altamira em direção a Belém foi realizado sobrevôo no eixo Pimental, sítio Bela Vista, sobre toda a Volta Grande do Xingu até a balsa de Belo Monte (rodovia Transamazônica), toda a região dos canais de adução e sítio Belo Monte.

Durante toda a viagem de reconhecimento de campo as observações de eixos e pontos notáveis e de interesse para o desenvolvimento dos estudos, tiveram as suas coordenadas registradas, utilizando-se GPS portátil, o que permitiu comparar e classificar como excelente a planimetria da cartografia na escala 1: 25.000, restituída a partir de fotografias aéreas durante os estudos de inventário da década de 70 consistindo,

portanto, um fator favorável à sua utilização nos atuais estudos de atualização do inventário. Quanto a altimetria, não foi possível avaliar qualitativamente a cartografia 1:25.000, devido a pouca precisão fornecida pelo GPS portátil, que permitiu apenas inferir possíveis desníveis relativos.

2.4.1 - Características Gerais dos Locais Visitados

Os trechos do curso principal do rio Xingu, percorridos por barco, apresentaram características bastante semelhantes ao longo de todo o estirão.

Uma das características presentes, nesta época do ano, em todos os trechos percorridos é a difícil navegabilidade, fruto de um leito rochoso, com vários afloramentos que impõem bruscas variações no regime de escoamento, com correntes variadas e abundância de trechos rasos, intercalados por “poços” localizados. Embora com espelhos de água superando com facilidade larguras de 2 km, a navegação é feita em canais específicos, indefinidos aos olhares não acostumados à região.

No trecho que vai da cidade de São Félix do Xingu para montante, até as proximidades da Terra Indígena Kayapo, o rio desenvolve-se com grandes larguras, confinado em margens geralmente baixas, observando-se em geral algumas ombreiras bem definidas apenas na margem esquerda do rio. Exceção para o local do eixo São Félix, antigo Kayapo, onde encontra-se ombreiras em ambas as margens.

No trecho situado a jusante de São Félix do Xingu encontram-se as mesmas características com o rio apresentando maiores larguras, muitas ilhas e canais. Neste trecho, cujos limites de montante e jusante são definidos pela cidade de São Félix do Xingu e o início da Terra Indígena Apyterewa, foram identificados cinco locais com possibilidades de barramento que, a partir da cidade de São Félix do Xingu, foram denominados de Pombal 1, Pombal 2, Pombal 3, Pombal 4 e Pombal 5.

No trecho visitado mais a jusante, compreendido entre a cidade de Altamira e o local denominado Cachoeira Grande, no rio Iriri, as mesmas características já apontadas estão presentes. O rio vai adquirir um desenvolvimento com características distintas apenas a jusante do sítio Belo Monte, onde correndo já na região da planície amazônica torna-se menos turbulento com escoamento mais definido.

Apresenta-se a seguir as principais observações específicas a cada local visitado, ilustrando sempre que possível com desenhos e fotos tomadas durante a viagem.

2.4.2 - Características Específicas dos Locais Identificados e Visitados

a) São Félix

O eixo São Félix, antigo Kayapo, situa-se a montante da cidade de São Félix do Xingu, a cerca de 15 km em linha reta, no ponto de coordenadas 06°47'30" Sul e 52°00'00" Oeste, apresentando ombreira bem definida na margem esquerda. Na margem direita vamos

encontrar um pequeno morrote próximo à linha de água com a ombreira propriamente dita situada a cerca de 200 m para Leste, formando um ponto de fuga. Estima-se que a adoção para o barramento São Félix de níveis de água superiores a cota 198 incorrerá na necessidade de se projetar um pequeno dique para o fechamento do ponto de fuga.

Neste local observam-se concentrações rochosas marcadas por afloramento de riodacitos da formação Iriri.

A ombreira direita, com topografia mais suave é encoberta provavelmente por solos de alteração de riodacitos.

A ombreira esquerda apresenta densa cobertura vegetal não permitindo a identificação visual de sua constituição geológica. Estima-se que seja constituída por solos coluvionares, talus e maciço rochoso.

Nos trechos situados a montante e a jusante do eixo são encontradas várias áreas de empréstimo de solo (provável solo de alteração de riodacitos), bancos de areia, material pétreo para fornecimento de brita.

Distante 9 km a montante do eixo encontra-se um afloramento rochoso próprio para exploração de pedreira assim como grande quantidade de areia formando uma enseada próxima à margem direita do rio.

Foram observados também vários pontos de escorregamento ao longo do futuro reservatório, gerados basicamente por ação de desmatamento, associada a ocorrência de chuvas.

A Figura 2-1e Figura 2-2, apresentadas a seguir mostram o a situação do sítio do eixo São Félix em planta e em vista aérea.

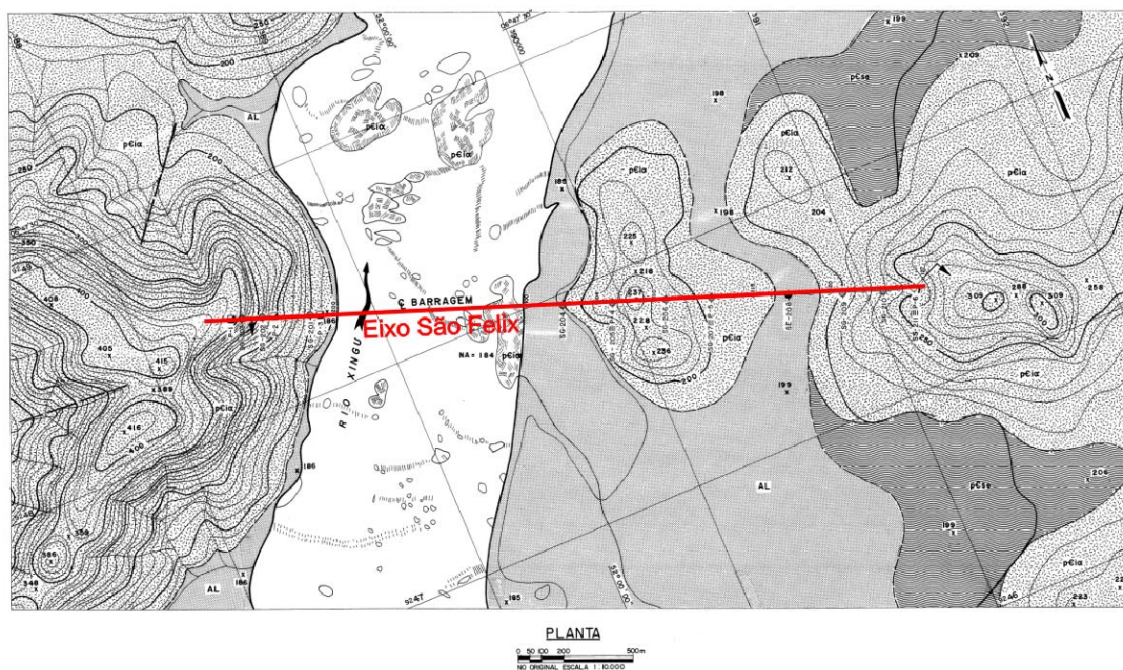


Figura 2-1

Planta mostrando a posição do eixo para o local São Félix, com destaque para a formação das ombreiras, o pequeno ponto de fuga na margem direita e afloramentos rochosos no leito do rio.



Figura 2-2

Vista aérea do local São Félix com a representação do traçado do eixo, podendo se observar os acidentes assinalados na figura anterior.

b) Eixo Pombal 1

Distante cerca de 40 km a jusante da cidade de São Félix do Xingu, encontra-se o sítio denominado Pombal 1, identificado como o primeiro local a jusante com características aceitáveis para barramento.

Localizado 2 km a jusante da extremidade da Ilha Pium Auara, com coordenadas geográficas 06°32'00" Sul e 52°17'00" Oeste, apresenta uma largura de cerca de 1300 m, uma das menores larguras desde a cidade de São Félix do Xingu.

A seção não apresenta afloramento rochoso visível. A ombreira mais bem definida encontra-se na margem esquerda. Desmatamentos e áreas de empréstimo de solo são comuns no local.

A sua proximidade com a cidade de São Félix do Xingu e consequentemente o reduzido desnível de cota da linha de água em relação àquela cidade, estimado em cerca de 7 metros, praticamente inviabilizam o seu aproveitamento.

Na Figura 2-3, apresentada a seguir, encontra-se o desenho em planta do sítio Pombal 1, com detalhe das ombreiras e o traçado do eixo de barramento.

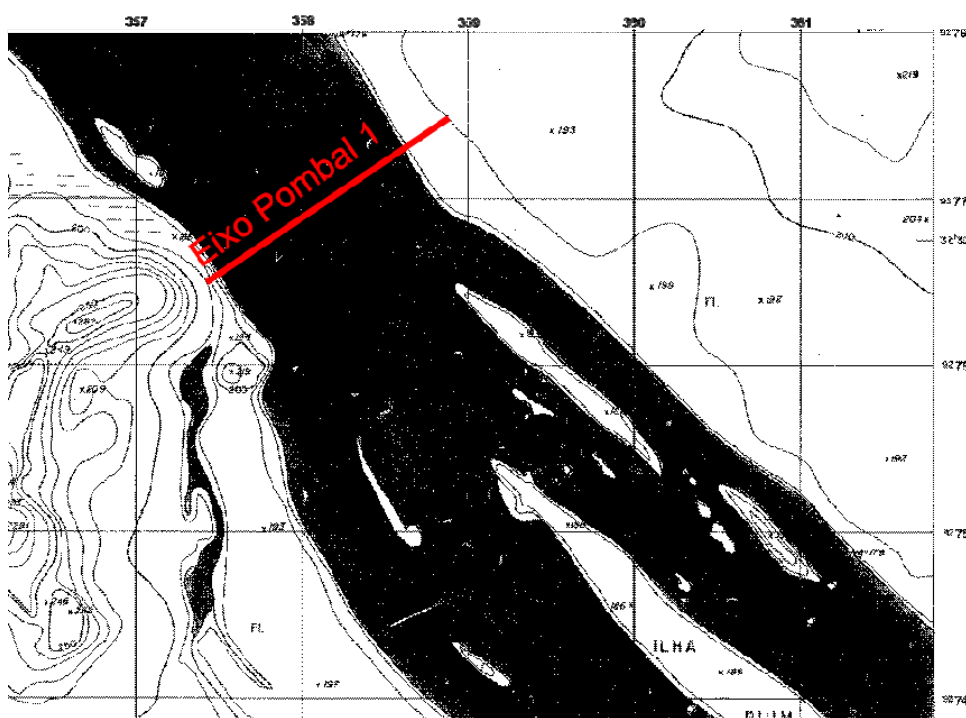


Figura 2-3

Planta de localização do eixo Pombal 1, identificado a cerca de 40 km a jusante da cidade de São Félix do Xingu, e 2 km a jusante da Ilha Pium Auara.

c) Eixo Pombal 2

Distante cerca de 52 km a jusante da cidade de São Félix do Xingu, encontra-se o sítio denominado Pombal 2, identificado como um dos possíveis locais a jusante com características aceitáveis para barramento.

Cortando a extremidade de jusante da Ilha do Campos, com coordenadas geográficas 06°24'30" Sul e 52°22'00" Oeste, atravessa dois canais com uma largura média de cerca de 1000 metros cada um. O traçado sobre a ilha estende-se por cerca de 900 m.

A exemplo do que acontece no eixo São Félix, a ombreira direita apresenta uma pequena elevação que precede a ombreira propriamente dita na direção do eixo. A seção não apresenta afloramento rochoso visível. A ombreira mais bem definida encontra-se na margem esquerda. Materiais de construção como areia, rocha e solo existem na área em quantidade considerável.

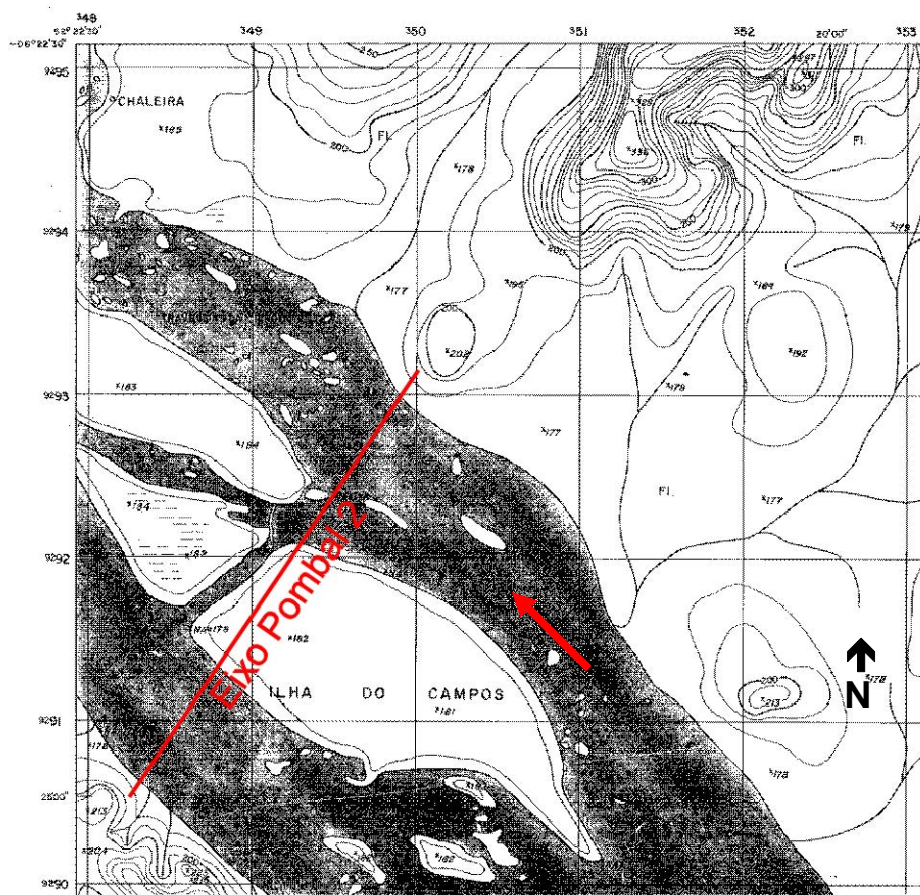
Cabe observar que a constituição da ombreira direita mostra claramente, como ocorria no eixo São Félix, um ponto de fuga no entorno da cota 195 metros.

Embora mais distante da cidade de São Félix do Xingu, em relação ao eixo Pombal 1 cerca de 12 km, ainda assim não apresenta desnível de linha de água considerável em relação aquela cidade. Estima-se que esse desnível seja da ordem de 9 metros, dificultando também o seu aproveitamento como uma possível solução para o eixo Pombal.

Outro aspecto a observar é que as cotas na Ilha do Campos alcançam a elevação 182 metros, o que sugere dificuldades para extravasamento das cheias numa barragem de pouca altura.

Na Figura 2-4, apresentada a seguir, encontra-se o desenho em planta do sítio Pombal 2, com detalhe das ombreiras e o traçado do eixo de barramento.

Na seqüência, a Figura 2-5 mostra a Ilha do Campos em primeiro plano, apresentando ao fundo a elevação situada por trás da ombreira direita. Mostrando também uma vista da ombreira esquerda, destacando-se a intensa vegetação de floresta.



d) Eixo Pombal 3

Distante cerca de 70 km a jusante da cidade de São Félix do Xingu, encontra-se o sítio denominado Pombal 3, identificado como mais um dos possíveis locais a jusante da cidade de São Félix do Xingu com algumas características aceitáveis para barramento.

Situado aproximadamente a 600 metros a jusante da Ilha Lua Nova, com coordenadas geográficas 06°19'12" Sul e 52°27'00" Oeste, este local é caracterizado por um estreitamento acentuado da margem esquerda e ocorrência no leito do rio de uma zona de transição entre o riodacito e o granito, onde este último aparece em forma de blocos e em faixas intrusivas e fraturas preenchidas por conglomerado.

Mantendo uma característica dominante dos trechos investigados, também aí vamos encontrar ombreira bem definida em apenas uma das margens, a esquerda, responsável pela contração da seção naquele ponto. A margem direita apresenta uma elevação bastante suave, com gradientes de altitude variando de 1,7% próximo a calha a 0,48% entre a cota 190 e a cota 200, situada a cerca de 2100 metros, onde se inicia uma elevação bem definida de cerca de 100 metros.

Para que este local possa ser considerado com reais possibilidades de aproveitamento, torna-se imperativo que as condições topográficas existentes na margem direita sejam investigadas de forma a não haver dúvidas quando a sua conformação.

O desnível da linha de água, estimados entre esse local e a cidade de São Félix do Xingu, é da ordem de 12 metros.

A exemplo do que foi observado em Pombal 2, também aqui a existência de uma ilha a montante do eixo poderá implicar em dificuldades para extravasamento das cheias numa barragem de pouca altura, já que o nível de água máximo normal não poderá ser muito mais elevado que as cotas existentes ao longo da ilha, conforme inferido com base na cartografia existente.

Na Figura 2-6, apresentada a seguir, encontra-se o desenho em planta do sítio Pombal 3, com detalhe das ombreiras e o traçado do eixo de barramento.

Na sequência, a Figura 2-7 apresenta uma vista da ombreira esquerda, podendo se observar o afastamento das margens da vegetação típica de floresta.

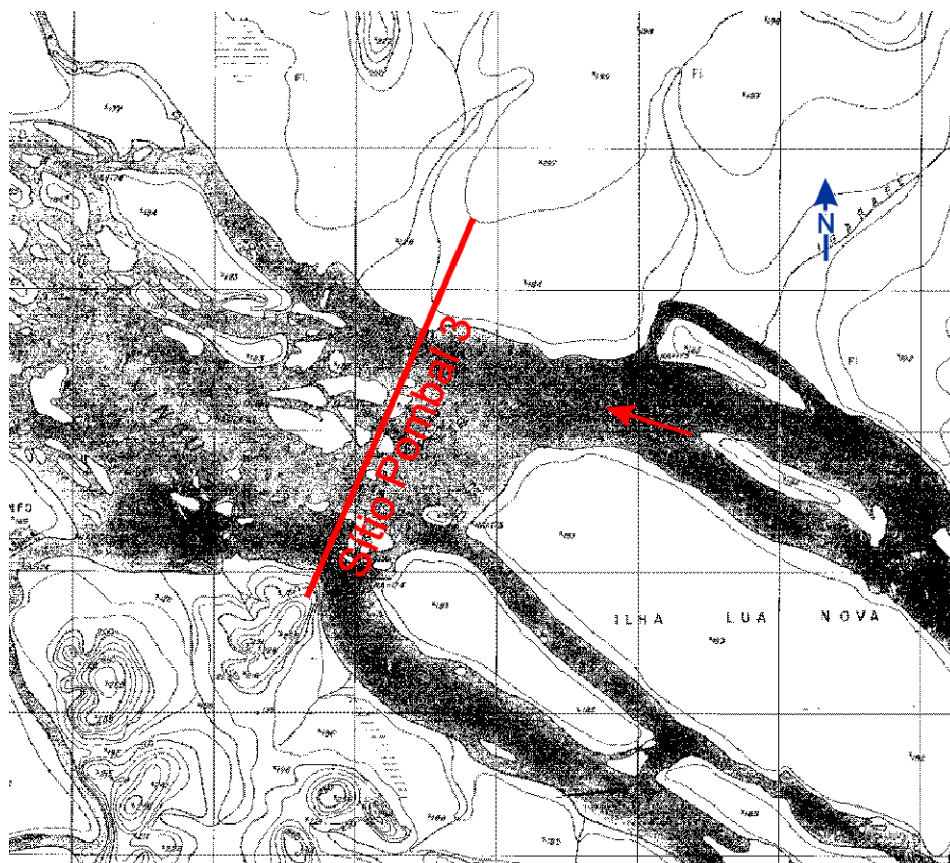


Figura 2-6

Desenho em planta do Sítio Pombal 3, mostrando detalhe das ombreiras e o traçado do eixo.



Figura 2-7

Vista da ombreira esquerda do Sítio Pombal 3

e) Eixo Pombal 4

Distante cerca de 118 km a jusante da cidade de São Félix do Xingu, encontra-se o sítio denominado Pombal 4, identificado como mais um dos possíveis locais a jusante da cidade de São Félix do Xingu com algumas características aceitáveis para barramento.

Situado na extremidade de montante da Ilha São Francisco, uma das maiores ilhas existentes no trecho médio do rio Xingu, com coordenadas geográficas 05°55'08" Sul e 52°36'22" Oeste, este local é caracterizado por apresentar, a princípio, boas condições para implantação de um aproveitamento, principalmente no que se refere às obras de desvio do rio, em função da existência da ilha.

Neste sítio, ainda vamos encontrar a característica dominante dos trechos investigados, qual seja ombreira bem definida em apenas uma das margens, a esquerda, embora verificando condições melhores de ombreira direita que os sítios Pombal 1, 2 e 3.

Cabe ressaltar que esse sítio, embora esteja a montante do limite Sul da Terra Indígena Apyterewa, encontra-se muito próximo a ela. Além disso, a sua margem esquerda já faz parte do Parque Nacional da Serra do Pardo.

O local dispõe de área de empréstimo para solo, observando-se afloramentos de granito e formação de bancos de areia ao longo do leito do rio (figuras 22 e 23).

O desnível da linha de água, estimados entre esse local e a cidade de São Félix do Xingu, é da ordem de 16 m.

A exemplo do que foi observado em Pombal 2 e Pombal 3, também aqui vamos encontrar uma ilha destacando-se no sítio. Entretanto, as questões observadas anteriormente com relação a dificuldades quanto ao extravasamento de cheias não parecem, neste caso, críticas. Além das cotas da ilha permitir um reservatório com profundidades no entorno de 10 metros, o canal natural esquerdo deverá facilitar o vertimento das cheias.

Na Figura 2-8, apresentada a seguir, encontra-se o desenho em planta do sítio Pombal 4, com detalhe das ombreiras e o traçado do eixo de barramento.

Na sequência, a Figura 2-9 mostra uma vista de jusante para montante do canal esquerdo do sítio, delimitado pela margem esquerda e pela Ilha São Francisco, no sítio Pombal 4.

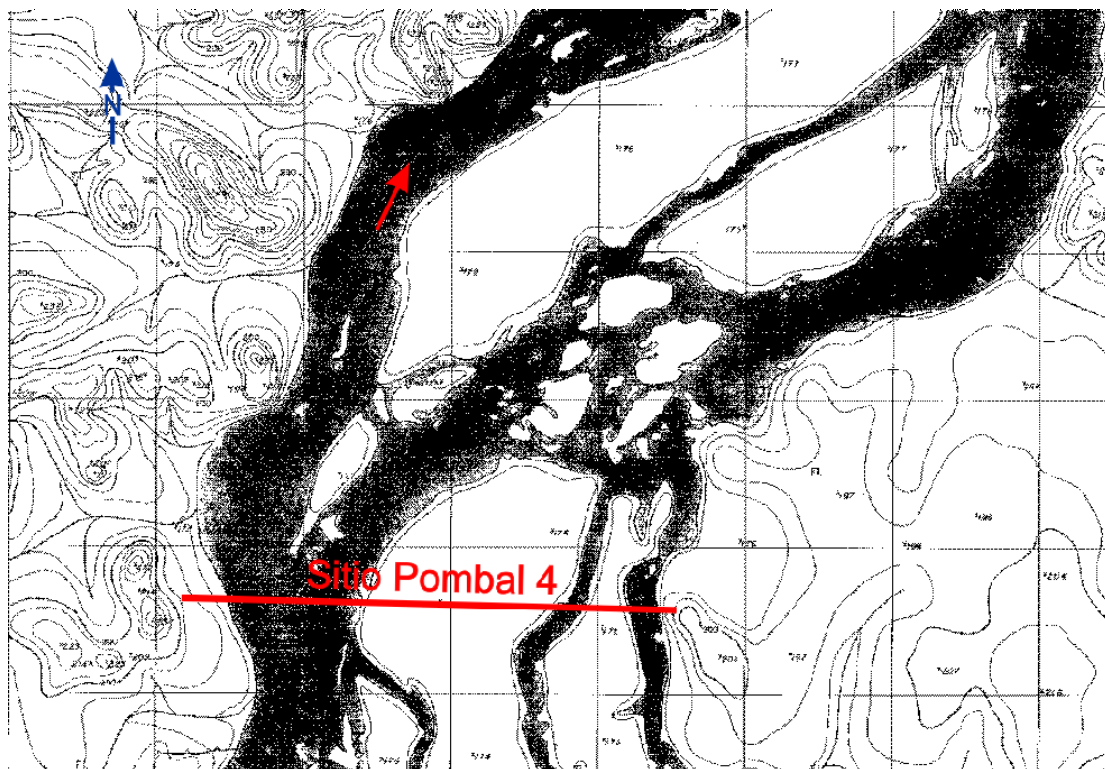


Figura 2-8
Desenho em planta mostrando a extremidade de montante da Ilha São Francisco e o traçado do eixo Pombal 4.



Figura 2-9
Vista de jusante para montante do canal esquerdo na Ilha São Francisco, no alinhamento do eixo Pombal 4.

f) Eixo Pombal 5

Distante cerca de 135 km a jusante da cidade de São Félix do Xingu, encontra-se o sítio denominado Pombal 5, identificado como mais um dos possíveis locais a jusante da cidade de São Félix do Xingu com boas características para barramento. De fato, pode-se dizer que a observação feita durante o reconhecimento de campo confirma a impressão de que se trata do melhor local de eixo no trecho investigado do rio Xingu a jusante da cidade de São Félix do Xingu.

Situado a cerca de 7,5 km a jusante da foz do Igarapé São José, afluente do rio Xingu pela margem direita, com coordenadas geográficas 05°47'28" Sul e 52°34'42" Oeste, este local é caracterizado por apresentar a melhor condição de ombreiras dentre os sítios identificados para o eixo Pombal. Além disso, apresenta uma das menores larguras observadas no trecho investigado desde a cidade de São Félix do Xingu, com cerca de 1.650 m.

Apesar de boas ombreiras, mais uma vez pode-se constatar que na margem direita a ombreira é composta por duas elevações, a exemplo do que ocorreu em alguns dos outros sítios identificados. A principal diferença reside no fato de que neste local as elevações estão muito próximas, apresentando possibilidade de fuga a partir da cota 195 m, muito acima do valor proposto para o aproveitamento Pombal, algo no entorno de 184 metros.

Porém, cabe ressaltar que, a exemplo de Pombal 4, também esse sítio, apresenta interferência direta com o Parque Nacional da Serra do Pardo, pela margem esquerda. Além disso, a sua ombreira direita já está localizada na Terra Indígena Apyterewa.

Nesse local também existe disponibilidade de área de empréstimo para solo, observando-se afloramentos de granito e formação de bancos de areia ao longo do leito do rio.

O desnível da linha de água, estimados entre esse local e a cidade de São Félix do Xingu, é da ordem de 17 metros.

Por ser o local de jusante mais afastado da cidade de São Félix do Xingu, por possuir pequena largura e boas condições de ombreira, o sítio Pombal 5 é sem dúvida a melhor opção para o eixo do aproveitamento Pombal, permitindo a implantação de uma usina com nível de água de montante chegando até no entorno da cota 190 m, aproveitando assim uma queda de cerca de 22 metros.

O aspecto desfavorável é o fato de estar localizando num trecho do rio onde o Parque Nacional da Serra do Pardo desenvolve-se pela sua margem esquerda e a Terra Indígena Apyterewa desenvolve-se pela sua margem direita.

Na Figura 2-10, apresentada a seguir, encontra-se o desenho em planta do sítio Pombal 4, com detalhe das ombreiras e o traçado do eixo de barramento.

Na sequência, a Figura 2-11 mostra uma vista aérea do sítio Pombal 5, tomada da margem direita, mostrando os afloramentos no leito do rio e o traçado do eixo.

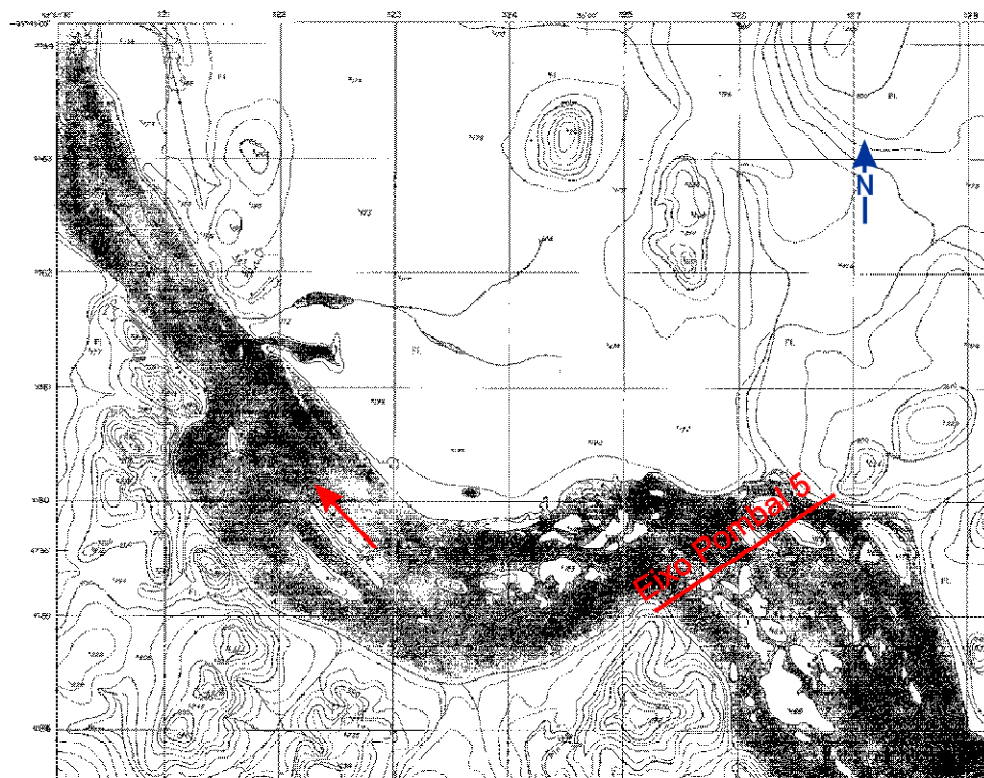


Figura 2-10

Desenho em planta do sítio Pombal 5, mostrando detalhes das ombreiras e traçado do eixo de barramento



Figura 2-11

Vista aérea do sítio Pombal 5, tomada da margem direita, com detalhe da ombreira direita e esquerda e do traçado do eixo

g) Eixo Altamira

Distante cerca de 10 km a montante da cidade de Altamira, encontra-se o sítio de mesmo nome, antigo Babaquara, com coordenadas geográficas 03°18'00" Sul e 52°12'30" Oeste, este local é caracterizado por condições de vale aberto apresentando ombreiras assimétricas.

Encontra-se neste local grande quantidade de migmatito e gnaiss afluorescentes no leito do rio. A exemplo dos outros locais visitados, jazidas de materiais de construção são encontradas próximo ao sítio.

Nos estudos anteriores de inventário, tanto na alternativa A quanto na alternativa B, estava previsto para esse sítio uma barragem alta, com coroamento da crista acima da cota 150 metros. Isso exigia a construção de vários diques para fechamento do reservatório, destacando-se a barragem denominada Babaquara III, projetada para fechar um vale na margem direita com ocorrência de fuga a partir do entorno da cota 100 metros. A atual revisão, prevendo uma cota de nível de água de montante da ordem de 120 metros possibilitará reduzir bastante os volumes associados a essas obras de fechamento.

Ao que tudo indica, o reservatório de Altamira na cota 120 metros deverá estender-se até o início das Terras Indígenas Araras, Kararaô e Koatinemo, que margeiam tanto o rio Xingu quanto o rio Iriri.

Considerando que durante a inspeção foi estimado um desnível de linha de água entre Altamira e a foz do rio Iriri de cerca de 16 metros e, daí até a queda concentrada denominada Cachoeira Grande, no rio Iriri, situada a cerca de 15 km da sua foz, mais 5,5 metros, estima-se que a penetração do reservatório de Altamira pelo rio Iriri se verifique até este ponto.

Com relação ao rio Xingu, se confirmada a cota de 120 m para o nível de montante de Altamira, a penetração deverá ocorrer até o ponto de coordenadas geográficas 04°06'50" Sul e 52°36'43" Oeste, local onde se encontra uma pequena corredeira, denominada Cachoeira Piraquara. Este local não foi visitado, apenas identificado por meio da cartografia na escala 1:25.000.

Na Figura 2-12, apresentada a seguir, encontra-se o desenho em planta do sítio Altamira, com detalhe das ombreiras e o traçado do eixo de barramento.

Na sequência, a Figura 2-13 mostra uma vista aérea do sítio Altamira tomada de montante para jusante, destacando-se as ombreiras e o traçado do eixo.

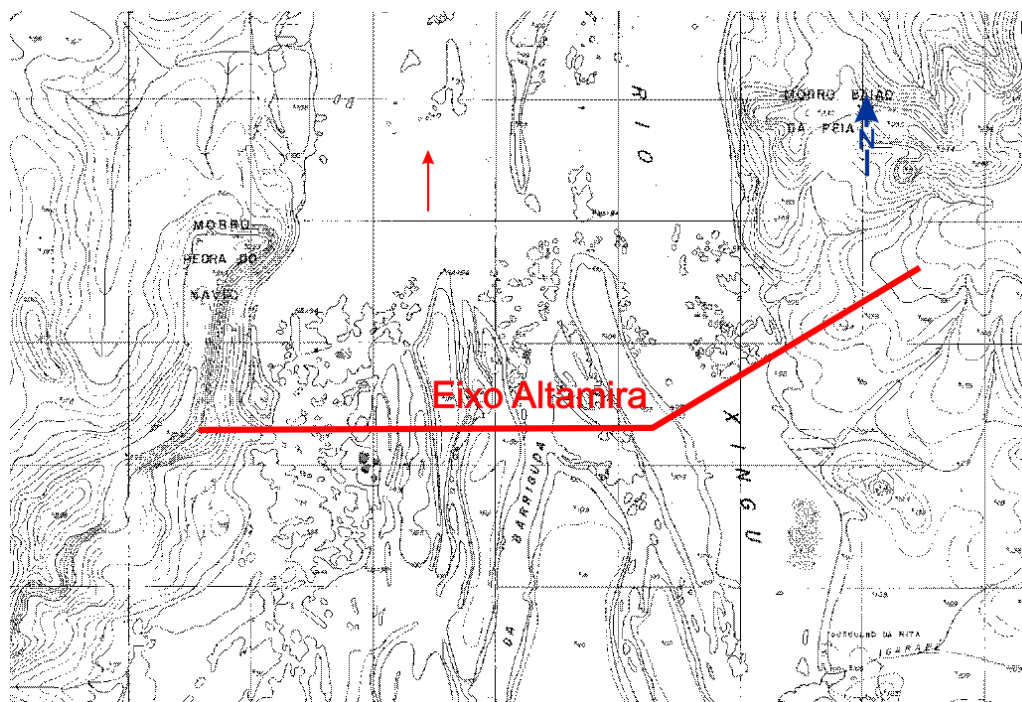


Figura 2-12

Desenho em planta do sítio Altamira, com destaque para as ombreiras e o traçado do eixo.



Figura 2-13

Vista aérea do sítio Altamira destacando-se as ombreiras e o traçado do eixo.

3 - COLETA E ANÁLISE DE DADOS BÁSICOS

3.1 - Cartografia

Para o desenvolvimento dos estudos foram levantados os seguintes materiais cartográficos:

Mapas na escala 1: 25.000 provenientes da restituição aerofotogramétrica a partir de fotos na escala 1:60.000, realizada pela AEROSUL S/A - Fotogrametria Sul do Brasil – 1978:

Número	Executor	Contrato	Escala	Data
594-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-3-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-3-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-3-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
943-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
943-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1021-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978

Número	Executor	Contrato	Escala	Data
594-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-3-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-3-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-3-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
943-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
943-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1021-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1021-3-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1021-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1021-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1021-3-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1021-3-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1021-1-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1021-1-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1021-1-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1021-1-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1100-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1100-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978

Número	Executor	Contrato	Escala	Data
594-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-3-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-3-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-3-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
943-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
943-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1021-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1100-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1100-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1100-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1100-1-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1101-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1101-3-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1101-1-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1179-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1180-1-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1099-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1100-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978

Número	Executor	Contrato	Escala	Data
594-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-3-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-3-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-3-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
943-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
943-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1021-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1100-3-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1100-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1100-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1100-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1100-4-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1100-3-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1100-3-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1101-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1101-3-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1178-3-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1178-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978

Número	Executor	Contrato	Escala	Data
594-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-3-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-3-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-3-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
943-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
943-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1021-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1178-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1178-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1178-4-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1178-2-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1178-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1178-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1178-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1179-1-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1179-2-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1179-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1179-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978

Número	Executor	Contrato	Escala	Data
594-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-3-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-4-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
594-3-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-4-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-3-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
656-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-3-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
657-1-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
723-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
943-4-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
943-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-4-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-4-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-SE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1020-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1021-3-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1179-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1179-1-NE	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1179-1-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1180-1-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1257-2-SO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978
1257-2-NO	AEROSUL S.A.	ELETRONORTE	1:25.000	1977 / 1978

Mapas IBGE na escala 1: 100.000. Projeção Universal Mercator. Datum Horizontal: SAD 69 e Datum Vertical: Imbituba – Santa Catarina

Nome	Instituição	Número	Escala	Data
IGARAPE CAXINDUBA	IBGE	MI - 943	1:100.000	1983
IGARAPE PRIMAVERA	IBGE	MI - 1020	1:100.000	1983
SERRA DO BACAJÁ	IBGE	MI – 944	1:100.000	1985
IGARAPÉ DO PONTAL	IBGE	MI – 1019	1:100.000	1983
SÃO RAIMUNDO	IBGE	MI - 1021	1:100.000	1983
IGARAPÉ SÃO SEBASTIÃO	IBGE	MI - 1022	1:100.000	1983
RIO ITACAIÚNAS	IBGE	MI – 1024	1:100.000	1981
IGARAPÉ TIBORNAS	IBGE	MI – 1098	1:100.000	1983
IGARAPÉ TRIUNFO	IBGE	MI – 1099	1:100.000	1983
RIO XINGU	IBGE	MI - 1100	1:100.000	1983
SÃO FÉLIX DO XINGU	IBGE	MI – 1101	1:100.000	1983
RIO BRANCO	IBGE	MI – 1102	1:100.000	1983
RIO CATETE	IBGE	MI – 1103	1:100.000	1981
RIO PORTO SEGURO	IBGE	MI - 1177	1:100.000	1986
IGARAPÉ DO DESERTO	IBGE	MI - 1178	1:100.000	1986
IGARAPE SÃO FRANCISCO	IBGE	MI - 1179	1:100.000	1986
RIOZINHO	IBGE	MI – 1180	1:100.000	1986
RIO TRAIRÃO	IBGE	MI – 1181	1:100.000	1986
SERRA DA SERINGA	IBGE	MI - 1182	1:100.000	1981
IGARAPÉ DO ANANÁS	IBGE	MI - 1256	1:100.000	1986
IGARAPÉ DO CURUPAITI	IBGE	MI – 1257	1:100.000	1986
IGARAPÉ DO TADEU	IBGE	MI – 1258	1:100.000	1986
RIO VERMELHO	IBGE	MI – 1259	1:100.000	1986
RIO FRESCO	IBGE	MI - 1260	1:100.000	1986
RIO ARRAIAS	IBGE	MI – 1261	1:100.000	1981
IGARAPÉ SÃO PEDRO	IBGE	MI – 1336	1:100.000	1987
IGARAPÉ JOSÉ BISPO	IBGE	MI – 1337	1:100.000	1987
FAZENDA RIO DOURADO	IBGE	MI - 1339	1:100.000	1987
IGARAPÉ DOS CRIoulos	IBGE	MI - 1441	1:100.000	1986

Diretoria de Serviço Geográfico – DSG – na escala 1: 100.000. Projeção Universal Mercator. Datum Horizontal: SAD 69 e Datum Vertical: Imbituba – Santa Catarina.

Nome	Instituição	Número	Escala	Data
RIO BERNADINO	DSG	MI - 870	1:100.000	1983
FAZENDA CAUAXI	DSG	MI - 665	1:100.000	1983
RONDON DO PARÁ	DSG	MI - 802	1:100.000	1984
FAZENDA MARINGÁ	DSG	MI - 602	1:100.000	1983
FAZENDA CACHIMBINHO	DSG	MI - 727	1:100.000	1983
FAZENDA PORTO ALEGRE	DSG	MI - 797	1:100.000	1983
RIO CINZENTO	DSG	MI - 947	1:100.000	1983
SANTA LÚCIA	DSG	MI - 732	1:100.000	1984
BOM JESUS	DSG	MI – 601	1:100.000	1983

IBGE - Base Cartográfica Digital do Brasil ao Milionésimo – 2003 – Sistema Viário.

IBGE – Malha Municipal Digital do Brasil – 2001 – Sedes Municipais e Limites Estaduais.

SIPAM – Escala 1 : 250.000 – Hidrografia.

IBAMA – Unidades de Conservação.

Ministério da Justiça – FUNAI, Escala 1 : 5000.000, 2004 – Terras Indígenas.

3.2 - Geologia e Geotecnia

Os estudos que serviram de base para a presente síntese foram desenvolvidos em diferentes épocas e graus de detalhamento, conforme a seguir indicado.

Os dados relativos aos aproveitamentos de Altamira (antigo eixo Babaquara IA) e S. Félix (antigo aproveitamento de Kayapo) foram obtidos dos Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia do Rio Xingu, desenvolvidos pelo CNEC para a ELETRONORTE e concluídos em Janeiro de 1980, referência [1].

Estes estudos abrangeram a totalidade da bacia e tiveram caráter pioneiro. Foi seguida nos estudos a metodologia recomendada pelo Manual de Instruções para Estudos de Inventário de Bacia Hidrográfica para Aproveitamento Hidrelétrico, da ELETROBRÁS. Esta, porém, teve de ser adaptada às características da região à época dos estudos, levando em consideração a carência de informações básicas e as dificuldades de acesso. Em função destas limitações, os trabalhos de investigação geológica de campo foram precedidos de coleta e análise dos dados bibliográficos existentes sobre a geologia da bacia do rio Xingu e de interpretações fotogeológicas de imagens de radar e de imagens multiespectrais do satélite Landsat.

Os dados relativos ao AHE Belo Monte foram obtidos dos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do AHE Belo Monte (2ª Etapa), desenvolvidos pela ELETRONORTE e concluídos em Fevereiro de 2002. Estes estudos, por corresponderem a uma fase posterior de desenvolvimento, e representarem uma evolução dos trabalhos anteriores do Inventário, foram naturalmente desenvolvidos em maior profundidade. As investigações geológico-geotécnicas envolveram, além das atividades já mencionadas realizadas nos estudos de inventário, a realização de sondagens rotativas e a percussão e ensaios de laboratório para caracterização dos materiais naturais de construção e de fundação das estruturas.

3.3 - Hidrometeorologia

3.3.1 - Obtenção e Análise dos Dados Básicos

Até 1975, a rede fluviométrica da bacia do Xingu era composta de apenas seis postos, sendo três no rio Xingu, e os demais nos rios Iriri, Curuá e Fresco.

Também nessa época, as estações pluviométricas e climatológicas existentes na bacia eram restritas a alguns pluviômetros localizados em fazendas da região das cabeceiras

do Xingu e às estações climatológicas de São Félix, Altamira, Porto de Moz e da EMBRAPA, localizada junto à rodovia Transamazônica, nas proximidades de Altamira.

Tomando como base as recomendações da Organização Meteorológica Mundial, no que se refere à densidade mínima de rede plúvio-fluviométrica, verifica-se que a rede existente era insuficiente, já que as densidades mínimas aceitáveis, mesmo no caso de condições muito difíceis, de uma estação fluviométrica por 10.000 km² e de uma pluviométrica por 3.000 km² não eram satisfeitas.

Além disso, a distribuição espacial da rede era totalmente irregular, com áreas extensas sem nenhuma estação, enquanto que em outros locais havia postos relativamente próximos.

Com o início dos Estudos de Inventário do Rio Xingu, realizados entre 1975 e 1980, com edição do relatório em janeiro de 1980, a rede plúvio-fluviométrica foi ampliada, com a instalação de novos postos, de modo a aumentar a densidade da rede, bem como melhorar sua distribuição espacial. Assim, até dezembro de 1978, foram instalados mais 11 postos fluviométricos e 25 pluviométricos na bacia do rio Xingu, o que elevou o total de estações da bacia a 48.

Para subsidiar os estudos hidrológicos efetuados nesta fase de Atualização dos Estudos de Inventário, foi efetuada uma pesquisa de todos os postos fluviométricos, desativados e em operação, localizados na bacia hidrográfica do rio Xingu.

Com essa pesquisa, verificou-se que apesar de haver uma gama considerável de postos fluviométricos na bacia do rio Xingu, muitos possuem períodos bastante curtos de observação e/ou possuem como responsáveis entidades distintas da Agência Nacional de Águas - ANA, dificultando assim o acesso aos mesmos.

Para os postos fluviométricos sob responsabilidade da ANA, foram obtidos através do programa HidroWeb os dados históricos de cotas médias diárias, vazões médias diárias geradas e resumos de medições de descarga líquida. A relação desses postos fluviométricos é apresentada na Tabela 3-1, a qual também apresenta outras informações obtidas do “site” da ANA e relevantes para a caracterização dos mesmos. As três últimas colunas apresentam os períodos para os quais as informações encontram-se disponíveis.

Tabela 3-1
Postos fluviométricos com registros históricos disponíveis

Código	Nome	Rio	Est.	Município	Coordenadas		Área (km²)	Período de Dados		
					Lat.	Long.		Cotas	Vazões	Medições
18409000	PASSAGEM DA BR-309	RIO CULUENE	MT	PARANATINGA	-14:36:43	-53:59:55	1.890	12/77 - 04/05	05/80 - 08/03	05/80 - 09/03
18415000	POUSADA MATRINXA	RIO CULUENE	MT	CANARANA	-13:34:9	-53:4:34	-	08/00 - 04/05	-	09/00 - 09/03
18420000	FAZENDA ITAGUAÇU	RIO RONURO	MT	PARANATINGA	-13:8:17	-54:26:38	4.005	04/77 - 04/05	04/77 - 07/03	07/77 - 09/03
18422000	RIACHO DE DEUS	RIO MANISSAUA-MIÇU	MT	MARCELÂNDIA	-11:7:38	-54:28:36	-	10/04 - 05/05	-	-
18423000	CONSUL	RIO ATELCHU OU VAN DEN STEINEN	MT	VERA	-12:21:57	-54:29:21	-	09/97 - 04/05	09/97 - 12/02	09/97 - 08/03
18428000	SANTA CRUZ DO SUÍA	RIO SUÍA-MIÇU	MT	QUERENCIA	-12:37:19	-52:3:32	-	10/04 - 04/05	-	-
18430000	PASSAGEM BR-080	RIO XINGU	MT	LUCIARA	-10:48:0	-53:7:0	136.937	10/75 - 02/84	10/75 - 08/78	10/75 - 07/77
18435000	RIO COMANDANTE FONTOURA	RIO CLEMENTE FONTOURA	MT	CONFRESA	-10:33:12	-52:10:50	44.320	10/99 - 04/05	10/99 - 07/03	10/99 - 08/03
18436000	JUSANTE RIO PRETO	RIO CLEMENTE FONTOURA	MT	VILA RICA	-10:2:50	-52:6:52	-	07/00 - 04/05	07/00 - 07/03	05/00 - 08/03
18450000	KOKRAIMORO	RIO XINGU	PA	SÃO FELIX DO XINGÜ	-7:34:0	-52:40:0	197.705	02/78 - 12/83	-	-
18455000	PORTO SEGURO	RIO XINGU	PA	SÃO FELIX DO XINGÜ	-7:20:0	-52:40:0	202.000	10/81 - 12/86	-	-
18460000	BOA SORTE	RIO XINGU	PA	SÃO FELIX DO XINGÜ	-6:45:0	-51:59:0	206.863	01/77 - 11/02	01/77 - 11/02	01/77 - 12/02
18480000	FAZENDA RIO DOURADO	RIO FRESCO	PA	SÃO FELIX DO XINGÜ	-8:19:29	-51:27:34	-	-	-	08/99 - 12/02
18500000	BOA ESPERANÇA	RIO FRESCO	PA	SÃO FELIX DO XINGÜ	-6:43:9	-51:46:58	43.030	11/75 - 05/05	01/76 - 11/02	01/76 - 12/02
18510000	SÃO FELIX DO XINGU	RIO XINGU	PA	SÃO FELIX DO XINGÜ	-6:36:0	-52:3:0	250.626	06/75 - 02/98	06/75 - 02/98	06/75 - 08/98
18513000	JOARI	RIO XINGU	PA	SÃO FELIX DO XINGÜ	-6:34:0	-52:5:0	272.000	10/81 - 02/98	-	-
18515000	SÃO JOSÉ X-6	RIO XINGU	PA	ALTAMIRA	-5:47:0	-52:52:0	276.000	05/76 - 10/85	-	-
18520000	BELO HORIZONTE	RIO XINGU	PA	ALTAMIRA	-5:24:29	-52:54:7	277.265	05/76 - 03/98	05/76 - 02/98	11/76 - 05/98
18530000	SÃO MIGUEL X-5	RIO XINGU	PA	ALTAMIRA	-4:56:0	-52:51:0	286.871	01/80 - 10/04	-	-
18590000	MANOEL JORGE (TERRA PRETA)	RIO IRIRI	PA	ALTAMIRA	-6:12:9	-54:4:27	-	09/99 - 10/03	09/99 - 10/03	09/99 - 12/03
18600000	LARANJEIRAS	RIO IRIRI	PA	ALTAMIRA	-5:41:59	-54:14:22	65.187	11/75 - 03/89	01/76 - 03/89	04/76 - 12/03
18610000	TAPERÁ	RIO IRIRI	PA	ALTAMIRA	-5:27:24	-54:22:0	5.400	07/89 - 05/99	-	-
18620000	CACHOEIRA DA LUZ	RIO CURUA	PA	ALTAMIRA	-8:46:0	-54:57:0	1.631	09/81 - 04/86	09/81 - 04/86	09/81 - 09/86
18640000	ALDEIA BAU	RIO CURUA	PA	ALTAMIRA	-7:20:46	-54:49:25	5.600	09/81 - 09/97	09/81 - 11/94	03/83 - 11/97
18650000	CAJUEIRO	RIO CURUA	PA	ALTAMIRA	-5:39:14	-54:31:16	34.693	11/75 - 11/04	11/75 - 10/02	02/76 - 12/03
18670000	IRIRI I-7	RIO IRIRI	PA	ALTAMIRA	-4:45:29	-54:38:21	117.038	03/79 - 10/04	-	-
18700000	PEDRA DO O	RIO IRIRI	PA	ALTAMIRA	-4:32:30	-54:0:3	123.827	09/76 - 07/04	09/76 - 04/03	12/76 - 12/03
18850000	ALTAMIRA	RIO XINGU	PA	ALTAMIRA	-3:12:44	-52:12:38	446.203	05/28 - 09/04	01/71 - 09/03	04/71 - 11/03
18870000	ALDEIA BACAIA	RIO BACAIA	PA	SENADOR JOSÉ PORFÍRIO	-4:54:58	-51:25:42	12.839	07/76 - 06/99	07/76 - 06/99	03/77 - 12/99
18880000	FAZENDA CIPAUBA	RIO BACAIA	PA	SENADOR JOSÉ PORFÍRIO	-3:46:10	-51:31:24	23.070	11/77 - 12/88	11/77 - 12/88	04/78 - 04/00
18900000	BELO MONTE	RIO XINGU	PA	SENADOR JOSÉ PORFÍRIO	-3:7:0	-51:42:0	479.417	11/75 - 09/04	-	-
18940000	FAZENDA BOA ESPERANÇA	RIO JARAUÇU	PA	PORTO DE MOZ	-2:13:0	-52:48:0	-	10/81 - 01/85	10/81 - 01/85	03/82 - 11/85
18950000	PORTO DE MOZ	RIO XINGU	PA	PORTO DE MOZ	-1:45:14	-52:14:27	504.277	04/28 - 04/04	-	-
18950003	PORTO DE MOZ	RIO XINGU	PA	PORTO DE MOZ	-1:45:14	-52:14:27	504.277	05/79 - 10/04	-	-

Foi efetuada uma análise de consistência dos registros obtidos, em função das medições de descarga líquida disponíveis e da adequação das curvas de descargas, sendo essas obtidas pela plotagem simultânea das cotas e vazões geradas.

As séries de vazões disponíveis subsidiaram também uma primeira análise da coerência dos registros dos diferentes postos entre si e do comportamento das vazões ao longo da bacia do rio Xingu.

Foram elaborados diversos fluviogramas simultâneos e estabelecidas correlações entre as vazões de período comum, bem como análises da vazão específica em função da área de drenagem.

Essas análises, além de fornecerem um primeiro indicativo da coerência e qualidade satisfatória dos registros, indicaram também um considerável efeito de armazenamento, sendo esse mais perceptível nos períodos de vazões baixas.

Outro indicativo resultante dessas análises foi a maior produção hídrica da sub-bacia do rio Iriri, afluente da margem esquerda do rio Xingu.

Foram também analisados os períodos de observação e localização dos postos na bacia, de maneira a verificar os que compunham a melhor base de dados para subsidiar os estudos necessários.

Dessa análise, foram adotados como base principal de dados históricos para os estudos hidrológicos os postos de Boa Sorte, São Félix do Xingu, Belo Horizonte e Altamira, os quais se encontram pormenorizados nos itens subseqüentes. A localização desses postos é mostrada no desenho 8892-00-3H-DE-0004.

a) Posto Fluviométrico Boa Sorte (código: 18460000)

O posto fluviométrico Boa Sorte possui leituras de cotas a partir de janeiro de 1977 até novembro de 2002, havendo falhas e interrupções de registros em alguns períodos, sendo esses mais significativos nos anos de 1981, 1982, 2001 e 2002.

As medições de descarga líquida disponíveis, em número de 161, referem-se ao mesmo período das cotas e abrangem quase que totalmente o intervalo de magnitude dessas, estabelecendo uma curva de descarga com pequeno tramo de extrapolação.

As vazões médias diárias foram geradas para todo o período de cotas disponível.

Na Figura 3-1 são apresentados os dados de cota e vazão médios diários fornecidos pela ANA, que retratam a curva de descarga utilizada por essa entidade para a geração das vazões, bem como os pontos resultantes das campanhas de medição de descarga líquida.

Observa-se que a curva de descarga utilizada para a geração das vazões médias diárias disponíveis no “site” da ANA apresenta uma adequação satisfatória, apesar dos pontos de medição de descarga líquida apresentarem certa dispersão, principalmente em seu tramo médio.

Em função dessa análise, na continuação dos estudos foi adotada a curva de descarga já estabelecida e, conseqüentemente, as vazões médias diárias geradas pela ANA.

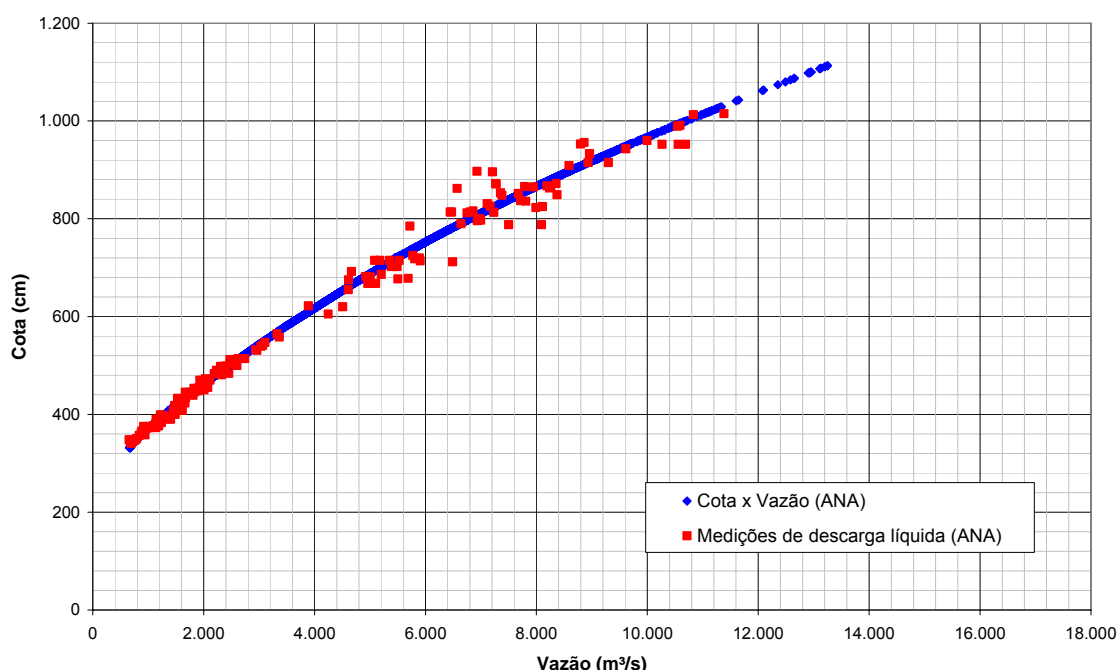


Figura 3-1
Curva de descarga no posto fluviométrico Boa Sorte

b) Posto Fluviométrico São Felix do Xingu (código: 18510000)

O posto fluviométrico São Félix do Xingu possui leituras de cotas a partir de junho de 1975 até fevereiro de 1998, havendo falhas e interrupções de registros em alguns períodos, sendo esses mais significativos nos anos de 1989 e 1990.

As medições de descarga líquida disponíveis, em número de 186, referem-se ao mesmo período das cotas, e abrangem quase que totalmente o intervalo de magnitude dessas, estabelecendo uma curva de descarga com pequeno tramo de extrapolação.

As vazões médias diárias foram geradas para todo o período de cotas disponível.

Na Figura 3-2 são apresentados os dados de cota e vazão médios diários fornecidos pela ANA, que retratam a curva de descarga utilizada por essa entidade para a geração das vazões, bem como os pontos resultantes das campanhas de medição de descarga líquida.

Observa-se que a curva de descarga utilizada para a geração das vazões médias diárias, disponível no “site” da ANA, apresenta uma adequação satisfatória.

Em função dessa análise, na continuação dos estudos foi adotada a curva de descarga já estabelecida e, conseqüentemente, as vazões médias diárias geradas pela ANA.

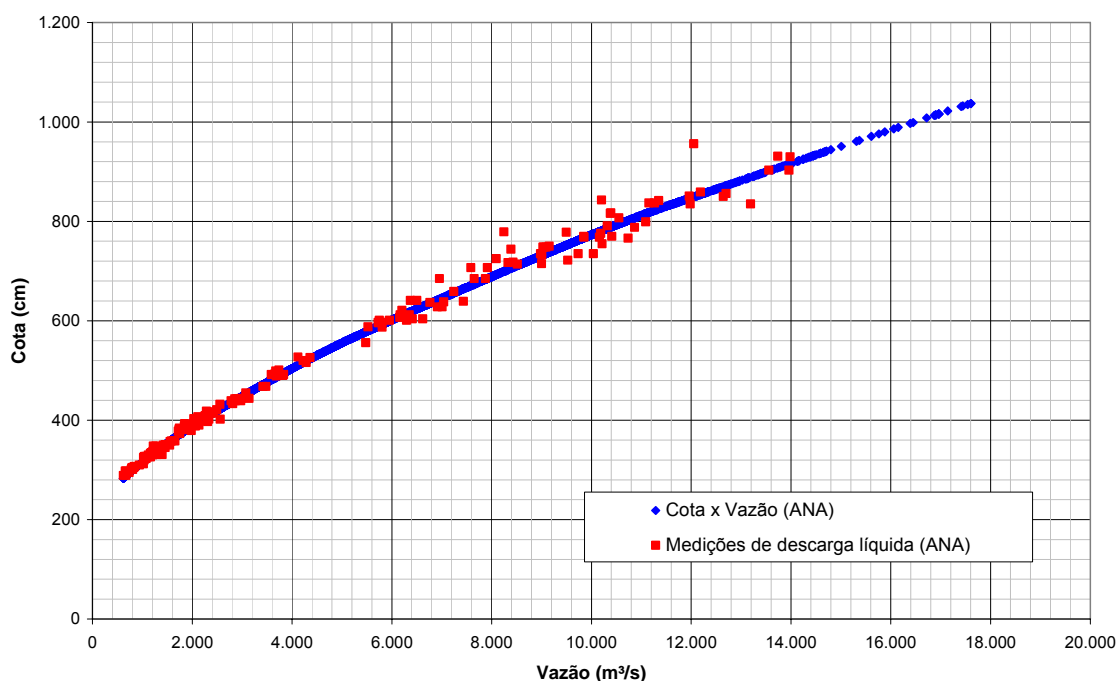


Figura 3-2
Curva de descarga no posto fluviométrico São Félix do Xingu

c) Posto Fluviométrico Belo Horizonte (código: 18520000)

O posto fluviométrico Belo Horizonte possui leituras de cotas a partir de maio de 1976 até março de 1998, havendo falhas e interrupções de registros em alguns períodos, sendo esses mais significativos nos anos de 1989, 1990 e 1992.

As medições de descarga líquida disponíveis, em número de 156, referem-se ao mesmo período das cotas, e abrangem quase que totalmente o intervalo de magnitude dessas, estabelecendo uma curva de descarga com pequeno tramo de extrapolação.

As vazões médias diárias foram geradas para todo o período de cotas disponível.

Na Figura 3-3 são apresentados os dados de cota e vazão médios diários fornecidos pela ANA, que retratam a curva de descarga utilizada por essa entidade para a geração das vazões, bem como os pontos resultantes das campanhas de medição de descarga líquida.

Nota-se que a curva de descarga utilizada para a geração das vazões médias diárias apresentadas no “site” da ANA, apresenta uma adequação satisfatória.

Em função dessa análise, na continuação dos estudos foi adotada a curva de descarga já estabelecida e, conseqüentemente, as vazões médias diárias geradas pela ANA.

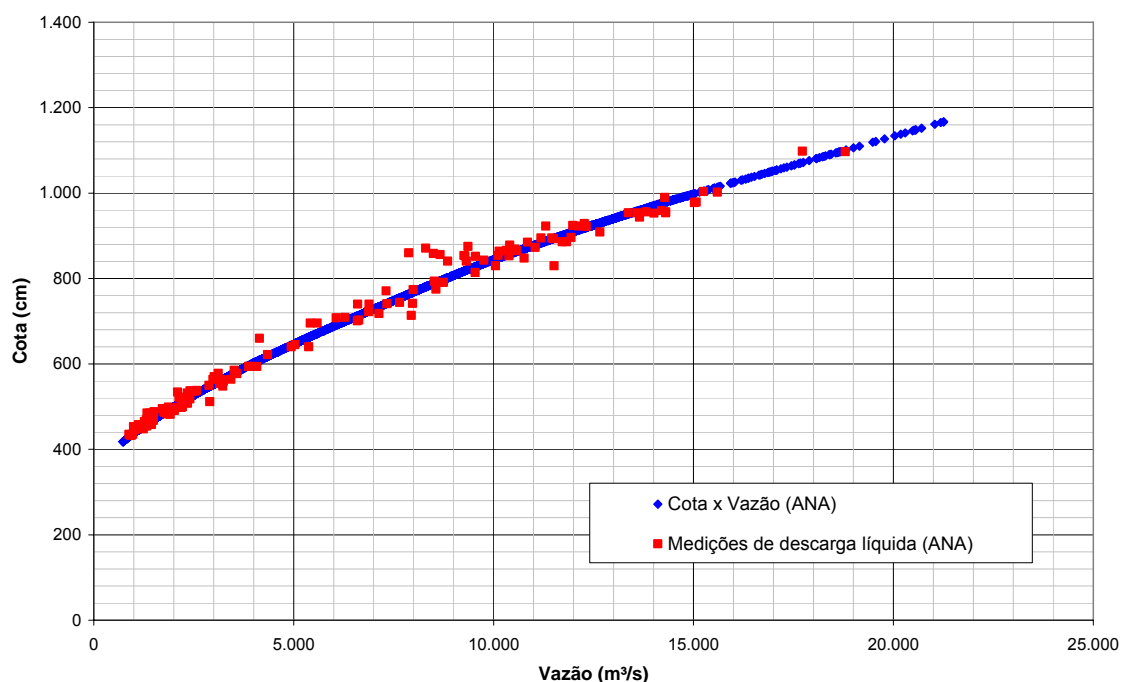


Figura 3-3
Curva de descarga no posto fluviométrico Belo Horizonte

d) Posto Fluviométrico Altamira (código: 18850000)

O posto fluviométrico Altamira possui uma longa série de leitura de cotas, as quais passaram a ser registradas a partir de maio de 1928, havendo uma interrupção dos registros no final da década de 50, retornando o posto a operar no final da década de 60.

As campanhas de medição de descarga líquida, de acordo com os dados obtidos, tiveram início apenas em abril de 1971 e se estenderam até novembro de 2003. Essas medições, num total de 419, abrangem quase que totalmente o intervalo de cotas observadas, estabelecendo uma curva de descarga com pequeno tramo de extrapolação.

Na Figura 4.3.4.4 são apresentados os dados de cota e vazão médios diários fornecidos pela ANA, que retratam a curva de descarga utilizada por essa entidade para a geração das vazões, bem como os pontos resultantes das campanhas de medição de descarga líquida.

Nota-se que os pontos resultantes das campanhas de medição de descarga efetuadas para vazões superiores a 15.000 m³/s apresentam uma maior dispersão, o que pode ser explicado pelas dificuldades de se efetuar as campanhas de medição em um rio desse porte, principalmente para vazões de grande magnitude.

Tendo-se conhecimento desse fato e das incertezas dele resultantes, tem-se que a curva de descarga utilizada para a geração das vazões médias diárias apresentadas no “site” da

ANA, apresenta uma adequação satisfatória, tendo a mesma sido adotada na continuação dos estudos.

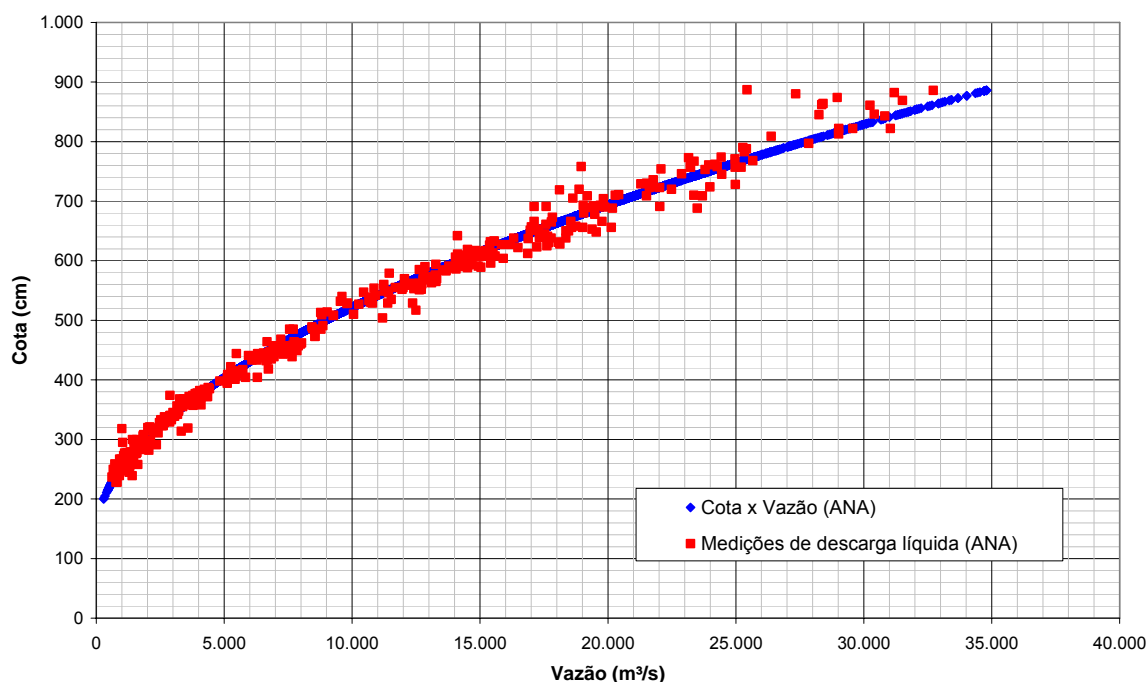


Figura 3-4
Curva de descarga no posto fluviométrico Altamira

3.4 - Meio Ambiente

No que se refere aos estudos ambientais, além da literatura especializada, as principais fontes consultadas e utilizadas para a elaboração dos estudos são relacionadas a seguir:

ANA - Agência Nacional de Águas:

- Informações qualidade das águas, Uso das Águas.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais:

- Dados hidrometeorológicos, geológicos, hidrogeológicos e minerais.

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos:

- Informações sobre dados Meteorológicos.

DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica:

- Dados hidrometeorológicos e sedimentológicos.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral:

- Mapeamentos geológicos e minerais, incluindo a situação legal dos Processos Minerários.

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico do Exército:

- Informações topográficas, cartas, mapas, redes de nivelamento e outras;

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária:

- Informações relativas à aptidão e uso das terras.

FUNAI - Fundação Nacional do Índio:

- Localização espacial, dados e informações de grupos indígenas;

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ

- Informações diversas.

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis:

- Informações ambientais e sócio-econômicas;

IMAGENS DE SATÉLITE TM LANDSAT, datadas de 2001 e 2002:

- Foram adquiridas com o objetivo de permitir a análise dos eixos previstos, bem como para elaboração do mapeamento da cobertura vegetal e do uso do solo.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – PRODES/DETER:

- Progressão do Desmatamento;

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

- Normais de Temperaturas Médias, Máximas e Mínimas, Parâmetros Meteorológicos, Regime de Precipitação;

MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI:

- Informações diversas.

MUSEU DE ZOOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO:

- Dados de coleções zoológicas

ISA - Instituto Socioambiental:

- Informações sobre os povos indígenas, sobre áreas garimpeiras e terras devolutas do INCRA e informações socioambientais diversas.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE:

- Informações biodiversidade; Biomas brasileiros;

PROBIO – Avaliação e Identificação de Áreas e Ações Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável, e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade na Amazônia Brasileira, MMA/SBF, 2001:

- Áreas Prioritárias para Conservação.

PROJETO BRASIL DAS ÁGUAS:

- Dados sobre a qualidade das Águas.

PROJETO RADAMBRASIL: Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam:

Parte das Folhas AS.22 Belém, Folha SB.21 Tapajós, Folha SB. 22 Araguaia, Folha SC.22 Tocantins, Folha SD.21 Cuiabá, SD. 22 Goiás e Folha SC. 21 Juruena. Rio de Janeiro, 1973. (Levantamento de Recursos Naturais, 1);

- Cartas diversas: geológicas e geomorfológicas, pedologias, vegetação potencial, e uso das terras;

SECRETÁRIA DE PLANEJAMENTO DO GOVERNO DO ESTADO DO MATO GROSSO:

- Informações diversas.

SECTAM/PA – Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Pará;

- Macrozoneamento ecológico-econômico do Estado do Pará;

SEPLAN/MT - Secretaria de Planejamento do Mato Grosso

- PRODEAGRO - Programa de Desenvolvimento Agroambiental

SIVAM/SIPAM – Sistema de Vigilância/proteção da Amazônia:

- Dados espacializados referentes a vegetação, geologia, geomorfologia e cartografia de base;

SRH - Secretaria de Recursos Hídricos:

- Dados hidrometeorológicos e de gestão de recursos hídricos;

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO. 2003.

- Informações sobre as condições de vida;

FUNAI - Fundação Nacional do Índio:

- Localização espacial, dados e informações de grupos indígenas;

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ

- Informações diversas.

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística:

- Informações sócio-econômicas, topográficas e cartográficas, entre outras;

IPARJ - Instituto de Pesquisas Antropológicas do Rio de Janeiro;

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

- Informações econômicas diversas.

IPHAN - Instituto de Patrimônio Histórico e Arqueológico Nacional.

ISA - INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL

- Informações sobre os povos indígenas, sobre áreas garimpeiras e terras devolutas do INCRA e informações sócioambientais diversas.

LITERATURA ESPECIALIZADA

RAIS - RELAÇÃO ANUAL DE INFORMAÇÕES SOCIAIS

- Dados sobre empregos.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DO GOVERNO DO ESTADO DO MATO GROSSO

- Informações diversas.

4 - LEVANTAMENTOS E ESTUDOS BÁSICOS

4.1 - Cartografia /Topografia

4.1.1 - Vetorização da Cartografia Existente

O material cartográfico existente mais adequado para o desenvolvimento dos estudos nos sítios a montante da cidade de Altamira é a restituição aerofotogramétrica, na escala 1:25.000, com curvas de nível espaçadas a cada 10 metros. Essa restituição foi elaborada por ocasião dos estudos de inventário realizados na década de 70.

Este material estava disponível, na sua maior parte, sob a forma de pranchas no formato A1, confeccionadas em poliéster de boa qualidade, precisando contudo sofrer conversão para meio magnético de forma a constituir material georreferenciado, apto a ser utilizado nas diversas fases dos estudos.

Assim, procedeu-se inicialmente a operação de transformar cada prancha em imagem com a posterior vetorização de cada imagem.

Assim, foi realizado o georreferenciamento por cartas 1:25.000 utilizando no mínimo 85% dos pontos do GRID ou seja 240 pontos ou até que se adquirisse ajustamento para escala 1:25.000. O sistema de projeção adotado foi o mesmo da folha topográfica.

A vetorização foi realizada para os seguintes temas: Curvas de Nível com atributo; Pontos Cotados com atributo; Hidrografia.

A geração de base única vetorial foi feita por tema: Os arquivos com os mesmos layers foram unificados e seguiram critérios técnicos de precisão e controle de qualidade considerando o PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) para desenho de feições, atendendo aos padrões de conectividade, ou seja, as linhas que começam e terminam no mesmo ponto são conectadas através de nós, apresentando-se completas no arquivo vetorial, sem falhas ou interrupções, mesmo que no arquivo raster estas linhas apareçam interrompidas.

Com relação as ligações externas, todas as linhas que tem continuidade nas cartas adjacentes foram alinhadas às cartas vizinhas, sem deslocamentos na junção. Cada arquivo vetorial superposto com o arquivo raster correspondente, não apresentou deslocamentos de linhas, nem linha vetorial fora da largura da linha raster.

4.1.2 - Complementação da Cartografia Existente

De posse da base cartográfica digitalizada e georreferenciada, constatou-se que para alguns níveis dos reservatórios em estudo havia carência na cobertura aerofotogramétrica e conseqüentemente lacunas na restituição.

Objetivando obter mais subsídios para a avaliação do problema e estimar a magnitude da área não coberta, foram utilizadas as informações da SRTM – Shuttle Radar Topography Mission que “disponibiliza” informações mundiais de altitude no “site” <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>.

Assim, foi necessário lançar mão da cartografia IBGE e DSG na escala 1:100.000, a fim de complementar os pequenos trechos de reservatórios que estavam a descoberto.

4.2 - Geologia e Geotecnia

4.2.1 - Metodologia Utilizada

Neste capítulo estão apresentados os estudos realizados visando verificar as condições geológicas da bacia do rio Xingu, no que se refere às principais feições geológicas, seus tipos litológicos e características geológicas, selecionando os aspectos relativos aos aproveitamentos hidrelétricos considerados no presente Estudo de Atualização do Inventário.

Após a definição dos locais de interesse hidrelétrico, os estudos foram dirigidos para as futuras concepções dos diversos arranjos propostos, objetivando investigar as condições de fundação das obras e a ocorrência de materiais naturais de construção, com desenvolvimento, ainda no inventário antigo, das investigações de campo. Estas consistiram em campanhas sistemáticas de mapeamento geológico e de investigações de subsuperfície, mediante execução de sondagens geofísicas (elétricas e sísmicas), sondagens a trado e poços de inspeção. Como regra geral as investigações se limitaram aos eixos de barramento, com exceção do sítio do AHE Belo Monte, onde foram feitos estudos mais detalhados.

O enfoque adotado nos presentes estudos foi o de equalizar o nível das informações apresentadas relativas aos diversos aproveitamentos selecionados de maneira compatível com a finalidade de um Estudo de Inventário. Deste modo, procedeu-se a uma seleção das informações disponíveis sobre o AHE Belo Monte de maneira a torná-lo similar aos demais aproveitamentos investigados nos Estudos de Inventário anterior (Altamira e S. Félix).

Já para o aproveitamento de Pombal, cuja localização foi selecionada no curso da atual fase de trabalhos, durante a inspeção de campo realizada em Dezembro de 2005, definiu-se a realização de uma campanha de investigações de campo. Esta campanha de investigações foi configurada de maneira semelhante às realizadas nos Estudos de Inventário da Bacia, envolvendo a realização de mapeamento geológico, sondagens geofísicas, a trado e poços de investigação na área prevista para o barramento. Essas investigações não puderam ser realizadas em função das diversas decisões do Poder Judiciário que impediram até praticamente a conclusão dos estudos a realização de campanha de levantamentos de campo na região, conforme já citado neste relatório.

Observa-se que as informações relativas à Geologia Regional, Estratigrafia e Geomorfologia contidas neste capítulo foram adequadas à área de abrangência dos aproveitamentos selecionados nos presentes estudos.

4.2.2 - Investigações Geológico-Geotécnicas Realizadas Anteriormente

4.2.2.1 AHE Belo Monte

As investigações geológico-geotécnicas do AHE Belo Monte foram realizadas ao longo de várias fases de estudos e em maior profundidade do que aquelas realizadas no âmbito dos Estudos de Inventário do restante da Bacia do Xingu. Isto se deve ao fato de os estudos do AHE Belo Monte terem sido desenvolvidos ulteriormente para a realização dos Estudos de Viabilidade.

De um modo geral, foram realizados os seguintes tipos de investigações:

- Mapeamento geológico-geotécnico de superfície;
- Sondagens a trado;
- Poços de inspeção;
- Sondagens a percussão SPT com ensaios de infiltração e lavagem por tempo;
- Sondagens rotativas com ensaios de perda d'água, com sonda hidráulica multiteste (SHM) e com obturador de impressão;
- Prospeção geofísica através de sondagens sísmicas de refração e de reflexão, sondagens elétricas verticais e de caminhamento;
- Ensaios de laboratório de caracterização dos materiais das potenciais áreas de empréstimo de materiais de aterro e agregados finos para concreto, bem como ensaios para determinação dos parâmetros de permeabilidade, resistência e compressibilidade dos materiais de aterro e de fundação. Também foi investigada através de ensaios de laboratório a resistência e deformabilidade dos materiais rochosos das fundações, além da verificação da idoneidade dos materiais pétreos como agregados de concreto.

Sítios Altamira e São Félix

As investigações geológico-geotécnicas para os sítios Altamira e São Félix são aquelas realizadas para os sítios Babaquara e Kayapo e consistiram basicamente de:

- Interpretação de fotografias aéreas;
- Investigações geológicas de superfície;
- Investigações geológicas de subsuperfície;

- Pesquisa de materiais naturais de construção.

As dificuldades de exploração nos sítios destes aproveitamentos, impostas pela densa vegetação existente nas ombreiras e baixadas marginais, exigiram a implantação de um eixo de referência, previamente selecionado, para cada local, bem como a interpretação geológica de fotos aéreas na definição das principais feições geológicas para a programação e execução sistemática das investigações de campo.

As investigações geológicas de superfície, foi feita a partir do reconhecimento das unidades e estruturas geológicas fotointerpretadas. Neste mapeamento, foram observados, os afloramentos existentes, os contatos entre tipos de solo e os aspectos geomorfológicos locais. As investigações de subsuperfície, por sua vez, permitiram a reavaliação do esboço geológico preliminar e elaboração de mapas geológicos dos locais dos eixos.

A pesquisa de materiais naturais de construção, foi baseada nos dados obtidos na interpretação de fotografias aéreas e consolidada por meio de incursões “in loco” com execução de sondagens a trado, que, associadas aos dados obtidos na investigação do eixo, permitiram avaliar a presença e disponibilidade desses materiais e indicar áreas mais favoráveis para sua extração. A localização das investigações realizadas é mostrada nos desenhos 8892-00-3G-DE-0007 e 8892-00-3G-DE-0009 respectivamente para os aproveitamentos de Altamira e São Félix.

Sítio Pombal

Conforme mencionado anteriormente, o sítio do aproveitamento de Pombal foi identificado na atual fase de estudos, não havendo, na data de elaboração do presente relatório, dados geológico-geotécnicos de campo disponíveis com relação a este aproveitamento.

4.2.3 - Geologia Regional

A bacia hidrográfica do rio Xingu apresenta uma geologia bastante complexa, situando-se quase que na sua totalidade no Cráton do Guaporé, palco de uma série de eventos geológicos tectônicos e atectônicos que podem ser classificados cronologicamente como mostrado na Tabela 4-1 a seguir.

Tabela 4-1
Seqüência cronológica dos eventos geológicos pertinentes à Bacia do rio Xingu.

Evento Geológico	Idade (Milhões de Anos)
Consolidação do Cráton do Guaporé	2.600
Ciclo Orogênico Transamazônico	2.600 – 1.800
Seqüência Vulcano-sedimentar subsequente	1.800 – 1.350
Cobertura Continental ou de Plataforma	1.350 – 1.000
Ciclo Orogênico Brasileiro	900 – 550
Implantação das Sinéclises do Amazonas e do Paraná	500 – 70
Cobertura Cenozóica	70 - recente

Na bacia do rio Xingu estão bem caracterizados estágios de plutonismo, vulcanismo, dobramentos e falhamentos.

A unidade mais antiga, do pré-Cambriano Inferior e Médio, está representada por um conjunto de rochas cristalinas ígneas e metamórficas de alto grau, agrupadas sob a denominação de Complexo Xingu. Rochas ricas em ferro, metamorfizadas e dobradas pelo Ciclo Orogênico Transamazônico no pré-Cambriano Médio a Superior, e agrupadas sob a denominação de Grupo Grão Pará, sobrepõem-se a essa área cratônica.

Como resultado desta orogênese, foram reativadas as feições estruturais do Complexo Xingu e erigiram-se intensos falhamentos transcorrentes.

Na região central e norte da bacia, sobrepondo-se ao Complexo Xingu e Grupo Grão Pará verifica-se a ocorrência de rochas do Grupo Uatumã, representando a seqüência vulcano-sedimentar subsequente aos movimentos diastróficos impostos ao Cráton do Guaporé. Esta seqüência teve uma fase de sedimentação continental, representada pela Formação Rio Fresco, seguida de vulcanismo fissural andesítico e riolítico explosivo, representados pelas Formações Sobreiro e Iriri. Durante este estágio vulcano-sedimentar, houve, tardiamente, a intrusão de granitos com tendência alásquítica e granodioritos representados pelos Granitos Serra dos Carajás e Velho Guilherme. Na porção sudoeste da bacia, a Formação Dardanelos representa o evento vulcano-sedimentar subsequente, com características litológicas um pouco diversas das do Grupo Uatumã.

As Formações Gorotire e Prosperança representam uma sedimentação continental de caráter molassóide, posterior ao evento vulcano-sedimentar, e ocupam extensas áreas, principalmente na porção central da bacia.

O quadro do pré-Cambriano se completa com o Grupo Cuiabá caracterizando o início da edificação da Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia, na borda sul-sudeste do Cráton do Guaporé. Esta última orogênese, denominada Brasiliana, perdurou até o fim do Cambriano, com eventos de dobramento e falhamentos seguidos por deposição de caráter continental, constituindo o Grupo Alto Paraguai.

Após este evento instalaram-se, nas bordas sul e norte do Cráton, as Bacias Sedimentares ou Sinéclises do Paraná e do Amazonas, com testemunhos de sedimentação em quase todo o Paleozóico. A Sinéclise do Paraná está representada, na bacia, pelas Formações Furnas, Ponta Grossa, Aquidauana e Permo-Carbonífero Indiviso, e a Sinéclise do Amazonas, pelas Formações Trombetas, Curuá e Monte Alegre.

No Mesozóico, mais precisamente no Jurássico-Cretáceo, uma reativação tectônica, acompanhada de vulcanismo de natureza toleítica e de caráter intrusivo, desencadeou-se na área das sinéclises, constituindo, na Sinéclise do Amazonas, a Formação Penatecaua, e na região sul da bacia, diques e "necks" de rochas básicas e ultrabásicas. Representantes sedimentares do Mesozóico não foram preservados na área da bacia.

Associados ao Quaternário, ocorrem aluviões ao longo das principais drenagens, e coluviões nas encostas e vales.

No desenho 8892-00-3G-DE-0001 é apresentado o mapa geológico regional, escala 1:2.000.000, abrangendo a área da bacia do rio Xingu analisada nos presentes estudos. A área analisada restringiu-se ao setor da bacia situado ao norte do paralelo 8°00' S e a leste do meridiano 54°00' W, onde os aproveitamentos atualmente contemplados estão situados. O mapa geológico apresentado fornece a indicação das formações geológicas e da coluna estratigráfica, com suas respectivas litologias. O mesmo foi adaptado a partir do mapa geológico elaborado nos Estudos de Inventário da bacia [1], desenho IHX-13-2234.

A coluna estratigráfica apresentada no mapa baseia-se na divisão adotada nos Estudos de Inventário [1], modificada de modo a incluir somente as formações geológicas presentes na área analisada nos atuais estudos. Foi adotada, portanto, a divisão estratigráfica, cronológica e tectônica proposta pelo Projeto RADAM. Apesar de existirem estudos mais atuais, como os apresentados no Estudo de Viabilidade do AHE Belo Monte, optou-se pela adoção daquela referência em função de os Estudos de Inventário abrangerem os sítios dos outros aproveitamentos selecionados, situados a montante de Altamira.

Ressaltam-se as seguintes definições adotadas em relação às diferenças existentes entre os estudos referenciados:

- Os sedimentos terciários, de idade pliocênica, que se distribuem por uma vasta área entre a borda sul da Sinéclise do Amazonas e a calha do rio Amazonas, recobrendo todas as unidades sedimentares mais antigas e transgredindo também, em parte, o Complexo Xingu, receberam no Projeto RADAM a denominação "Barreiras", considerada imprópria, pois designa sedimentos de fossas marginais tectônicas situadas na costa nordeste do Brasil. No presente estudo será adotada a denominação Formação Alter do Chão (Tac) para estes sedimentos, considerada mais usual e utilizada nos estudos geológicos do AHE Belo Monte.
- Para os sedimentos paleozóicos da Sinéclise do Amazonas, que ocupam a porção norte da bacia e englobam as Formações Trombetas, Maecuru, Ererê, Curuá e Monte Alegre (nesta ordem cronológica), adotou-se a estratigrafia simplificada utilizada no projeto Radam. Segundo esta, denominou-se Formação Trombetas a seqüência Trombetas, Maecuru e Ererê. Assumiu-se esta simplificação por corresponder à representação adotada no mapa geológico regional em função da pequena escala do mesmo, que inviabilizaria a apresentação das subdivisões. Já nos estudos realizados em maior detalhe para o AHE Belo Monte, cujo sítio encontra-se na área de ocorrência destes sedimentos, esta subdivisão é considerada.

Com base nos trabalhos de campo executados nos Estudos de Inventário foram, também, efetuadas adaptações à coluna estratigráfica proposta pelo Projeto RADAM, como foi o caso da Formação Dardanelos, mapeada na folha SC.21 Juruena como Grupo Beneficente. Apoiadas nas evidências de campo foram efetuadas, ainda, algumas adaptações no mapa geológico regional, salientando-se entre estas a ampliação da área de exposição da Formação Iriri, na região centro sul.

Apresentam-se a seguir, na seqüência cronológica, as unidades litológicas componentes da coluna estratigráfica da bacia na área analisada nos presentes estudos:

a) Complexo Xingu (p € x)

Embasamento polimetamórfico, que representa, a porção mais antiga da crosta, consolidada por orogêneses de idades provavelmente superiores a 2.600 milhões de anos. O grau de metamorfismo regional é do fácies anfibolito e granulito, apresentando orientação das suas foliações segundo a direção geral WNW-ESE.

É a unidade geológica mais expressiva da bacia, ocupando cerca de 40% do total da área limitada aproximadamente entre os paralelos 3° e 10° S.

Os estudos anteriores observaram que predominam os tipos graníticos e gnáissicos, ocorrendo, secundariamente, granodioritos e dioritos, estes observados entre Belo Horizonte e São Félix do Xingu, além disso foram constatados, ainda, xistos, cortando o rio Bacajá e espessos veios de quartzo.

As rochas do embasamento polimetamórfico encontram-se tectonicamente bastante afetadas, observando-se uma grande densidade de lineamentos orientados ortogonalmente, segundo NW e NE, com variações para NNW, WNW, ENE.

b) Grupo Grão Pará (p € gp)

Assentada discordantemente sobre o embasamento polimetamórfico, ocorre uma sequência de rochas ricas em ferro, caracterizadas por jaspilitos hematíticos, itabiritos, quartzitos, quartzitos conglomeráticos e filitos dobrados e falhados, além de metabasitos espilíticos, constituindo o Grupo Grão Pará.

As rochas do Grupo Grão Pará ocorrem na porção central e leste da bacia, na margem direita do rio Xingu, sustentando, em geral, relevo movimentado, representado por chapadas, cristas, morros alinhados e "cuestas" com forte mergulho, denominadas "hogbacks", tais como: as serras dos Carajás, de São Félix, de Santo Antonhão, Bom Jardim, da Seringa e Tocandera.

O grupo Grão Pará foi afetado por falhamentos predominantemente transcorrentes de duas direções principais, NE-SW e NW-SE e, secundariamente, NS e WNW-ESE. A direção NE-SW está representada pelas falhas Floresta e São José. A primeira, com rejeito da ordem de quilômetros, responsável pelo truncamento das estruturas dobradas na Serra de São Félix, e a segunda, cortando a faixa de metassedimentos que se orienta para SW, ao sul da Serra de São José. A direção NW-SE está representada pela falha Carapanã, com extensão em torno de 100 km e pela falha da Seringa. Esforços de compressão de direção aproximada NNE e ENE, desenvolveram dobras abertas e fechadas de direção aproximadamente NW. Dentre as principais estruturas dobradas destacam-se o sinclínio da Serra dos Carajás, sinclinal de São Félix, sinclinal da Tocandera e sinclinal de Kokraimoro.

c) Grupo Uatumã e Granitos Intrusivos

Grupo Uatumã

Após a paralisação dos movimentos orogenéticos do Ciclo Transamazônico, acumulou-se nas bacias intermontanas uma sedimentação pelítica constituída parcialmente por material orgânico, seguida pela manifestação de intensos falhamentos de reativação, com vulcanismo fissural de caráter intermediário e, subseqüentemente, ácido.

Este evento vulcano-sedimentar foi agrupado sob a denominação de Grupo Uatumã, e subdividido em três unidades: Formações Rio Fresco, Sobreiro e Iriri.

- Formação Rio Fresco (p 6 r)

Apresenta suas exposições restritas principalmente ao interior do sinclínio da Serra dos Carajás, onde aflora arenito creme esverdeado, argiloso, micáceo e feldspático, com camadas de conglomerado cinza claro, incluindo seixos de quartzo e quartzitos, com matriz arenosa e argilosa, e folhelhos pretos manganésíferos e carbonosos nas camadas superiores. Essa formação encontra-se ainda afetada tectonicamente por diques de caráter básico e intermediário, oriundos das vulcânicas posteriores, e por granitos de dimensões batolíticas do tipo "Serra dos Carajás".

- Formação Sobreiro (p 6 se)

A Formação Sobreiro representa o vulcanismo de caráter andesítico que se superpõe à Formação Rio Fresco, constituída por andesitos, dacitos e tufo andesíticos. Aflora em áreas esparsas, em ambas as margens do rio Xingu, na região situada entre os paralelos 6°00' e 8°00' S, onde interfere com os aproveitamentos estudados.

- Formação Iriri (p 6 ix)

Essa formação representa o vulcanismo de caráter riolítico-riodacítico posterior ao vulcanismo intermediário da Formação Sobreiro, e agrupa, na sua litologia, riólitos, dacitos, piroclásticas (tufo e brechas), ignimbritos, granófiros, conglomerados graisenizados e doleritos. Determinações geocronológicas posicionam o vulcanismo ácido em torno de 1.700 milhões de anos.

Nos estudos do inventário anterior os 64 pontos visitados e a elaboração de 20 lâminas petrográficas atestaram essa variedade litológica, predominando os termos riólito e riodacito ao longo dos rios Iriri e Curuá, e os demais ao longo do rio Xingu e das estradas BR-163 e BR-080.

Dentre as formações do Grupo Uatumã, a unidade mais afetada tectonicamente é a Formação Iriri. Pronunciados lineamentos, representados por alinhamentos de cristas contínuos e vales encaixados, comprovam a existência de falhamentos segundo as direções NW-SE e NE-SW, esta última sendo, também, representada pela falha Floresta. Ao longo do rio Iriri, entre os paralelos 7°00' e 8°00' S, a falha do Iriri, com direção NNW-SSE, coloca a unidade vulcânica em contato com o embasamento polimetamórfico.

Diques de riólito são constantes na área de influência da Formação Iriri, cortando as unidades mais antigas.

Granitos Intrusivos

Duas gerações de corpos graníticos intrusivos são conhecidas na seqüência vulcano-sedimentar do Grupo Uatumã, de idades pré e pós vulcanismo fissural:

- Granito Serra dos Carajás (p € γ c)

Granito Serra dos Carajás é a denominação dada à geração de batólitos de granitos intrusivos no Complexo Xingu, Grupo Grão Pará e seqüência terrígena basal da Formação Rio Fresco.

Apresentam estes corpos graníticos formato superficial irregular a grosseiramente circular, com diâmetro superior a 15 km.

Foram mapeados, na bacia, sete maciços graníticas da geração pré-vulcanismo, a saber: maciço da Serra de São José, da Serra da Lua Nova, da Serra de Areia Branca, da Serra da Seringa, da Serra da Tocandera, do Rio Preto e da Cachoeira de Um Dia.

Estes maciços são representados, petrograficamente, por granitos e granodioritos com tendência alaskítica e preferentemente biotíticos.

- Granito Velho Guilherme (p € γ v)

Esta denominação abrange todos os corpos de granito subvulcânico circulares com tendência alaskítica, posteriores ao vulcanismo ácido fissural, com idade em torno de 1.380 milhões de anos. São normalmente pequenos maciços, com diâmetro variável entre 4 e 17 km, de um modo geral muito arrasados e intensamente fraturados.

Os granitos do tipo Velho Guilherme apresentam composição granítica com núcleo granodiorítico ou são francamente granodioríticos. Guardam uma variação textural, a partir das extrusivas ácidas suas antecedentes, passando por granito pórfiro a granito grosseiro, com pequena percentagem de máficos, em geral a biotita, até atingir a composição granodiorítica, apresentando a coloração rosa acinzentada.

Com relação aos aspectos tectônicos, estes granitos circulares apresentam-se intensamente fraturados e encontram-se normalmente confinados por falhas ou situam-se na interseção de falhamentos e, preferencialmente, dentro da província ácido-intermediária do Grupo Uatumã.

d) Formações Gorotire e Prosperança

Após o evento vulcânico ácido-intermediário ocorrido sobre o Cráton do Guaporé, sucedeu-se um longo período erosional, com a deposição de um pacote terrígeno continental com características molassóides, denominado Formação Gorotire. Sobre este, depositou-se outra seqüência sedimentar com características semelhantes, denominada Formação Prosperança.

Formação Gorotire (p € go)

A Formação Gorotire ocorre, a grosso modo, entre os paralelos 4°45' e 10°00' S, constituindo morros e chapadas, preferentemente alongadas, desde o riozinho do Anfrísio, na margem esquerda do rio Iriri, até a região da foz dos rios Liberdade e Jarina, aflorando ao longo de uma faixa com direção aproximada NW-SE. A unidade sustenta várias serras, dentre as quais destacam-se: Serra do Igarapé Pardo e Serra do Iucatã, entre os rios Iriri e Xingu, e Serra da Casa de Pedra, Serra do Gorotire, Serra da Paz e Serra de Kubenkranquém, na margem direita do rio Xingu.

Os estudos anteriores observaram em 27 locais que a Formação Gorotire, é constituída por arenitos feldspáticos, brancos, róseos ou avermelhados, duros, estratificados ou maciços, granulação fina a grosseira, ocorrendo ainda arenitos conglomeráticos com seixos de quartzo ou quartzito, arenitos ortoquartzíticos com textura granoblástica e por arenito lítico, de coloração vermelha, granulação fina, com fragmentos de quartzo, feldspatos e rochas vulcânicas.

Foi constatado, também naqueles estudos, metarcóseos e silexitos, com mergulhos variáveis de 65° a 90°, em meio às rochas do Complexo Xingu, ao sul da ilha de Belo Horizonte.

A tectônica rígida está representada, predominantemente, pela direção NE-SW e, secundariamente, NW-SE, ambas responsáveis por deslocamentos preferencialmente horizontais.

Formação Prosperança (p € p)

A Formação Prosperança apresenta-se em exposições esparsas entre os paralelos 4°30' e 7°00' S, ocupando uma faixa orientada aproximadamente a NW-SE, desde as cabeceiras do riozinho do Anfrísio até o rio Xingu, a jusante de São Félix, onde interfere com os aproveitamentos hidrelétricos.

A Formação é genericamente constituída por: arenitos arcossianos, em espessos pacotes de cores claras, estratificados e laminados, com alguma estratificação cruzada; siltitos maciços, avermelhados, micáceos e moles; conglomerados, com seixos rolados de quartzo, quartzito, itabirito e riólito, argilitos e folhelhos.

Esta seqüência terrígena é atectônica, dispondo-se em camadas subhorizontais e horizontais, em discordância, sobre a Formação Gorotire. O tectonismo que a afetou foi essencialmente de falhamentos orientados a NE-SW e NW-SE, predominantemente normais, modificando localmente a horizontalidade das camadas, fato bem evidenciado nas suas exposições ao sul do igarapé do Pombal.

e) Sinéclises do Amazonas

Áreas em subsidência, onde foram depositados os sedimentos formadores da Sinéclise do Amazonas surgiram durante o EoPaleozóico nas bordas norte e sul do Cráton do Guaporé.

A Sinéclise do Amazonas ocupa a porção norte da bacia e engloba as formações paleozóicas Trombetas, Curuá e Monte Alegre e a formação mesozóica Penatecaua, conforme a divisão e denominações adotadas por Issler et al (1974), na folha SA.22 Belém, do Projeto RADAM.

Mapeamentos executados em maior detalhe por Macambira, E.M.B. et ali (1975), no Projeto Sulfetos de Altamira-itaituba - DNPM/CPRM, comprovam a existência de mais duas formações sedimentares na seqüência paleozóica da Sinéclise, baseada na divisão estratigráfica adotada por Caputo, M.V. et al (1971), resultando na seguinte coluna estratigráfica:

- Formação Curuá
- Formação Ererê
- Formação Maecuru
- Formação Trombetas

O Projeto RADAM simplificou esta estratigrafia em função da interpretação fotogeológica das imagens de radar denominando de Formação Trombetas a seqüência: Trombetas, Maecuru e Ererê.

Estas formações interferem diretamente com os aproveitamentos estudados no denominado AHE Belo Monte, e suas características foram observadas com maior detalhe nos estudos de viabilidade.

Formação Trombetas (St)

A unidade basal da Sinéclise do Amazonas é constituída pela Formação Trombetas, de idade Siluriana, e apresenta-se em discordância erosiva imediatamente acima do embasamento polimetamórfico, Complexo Xingu.

Esta formação, assim como as demais unidades paleozóicas, ocupa uma estreita e contínua faixa alongada na direção ENE-WSW, formando o flanco sul da Sinéclise do Amazonas.

Possui uma grande variedade litológica, sendo representada, por arenitos finos a médios, brancos e amarelados, caulínicos ou puros, silicificados ou friáveis, com estratificação paralela e cruzada; folhelhos e siltitos cinza claro e escuro, micáceos, laminados; arenitos finos a médios, micáceos ou não, cinza-claro, argilosos, duros, intercalados a siltitos cinza, micáceos e laminados.

Sua estratificação é predominantemente subhorizontal, com mergulhos suaves, da ordem de 2° a 3° para NNW, localmente mais acentuados, devido a basculamentos das camadas, provocados por falhas de rejeito predominantemente vertical. Tais estruturas orientam-se preferentemente a WNW e, subsidiariamente, a NE e NNW, e cortam tanto as rochas sedimentares quanto o Complexo Xingu, indicando uma provável reativação de falhas do embasamento cristalino, por ocasião da instalação, da Sinéclise.

Formação Curuá (Dca)

A Formação Curuá, do Devoniano, sobrepõe-se à Formação Trombetas e é capeada pela Formação Monte Alegre, com as quais apresenta contato transicional, formando uma faixa alongada paralelamente à Formação Trombetas, sendo coberta transgressivamente, a norte, pelos sedimentos cenozóicos da Formação Alter do Chão.

A unidade é constituída, basicamente, por folhelhos cinza escuro, laminados, com raros acamamentos de arenitos muito finos e micáceos, folhelhos silticos cinzentos e siltitos calcíferos; siltitos argilosos cinzentos a pretos, maciços, micáceos, piritosos; arenitos brancos a cinzentos, finos a médios, piritosos, argilosos com intercalações de diamictitos.

Concordante com a Formação Trombetas, este pacote sedimentar mergulha suavemente para o interior da Sinéclise. As principais direções estruturais atribuídas a falhamentos e fraturamentos estão orientadas a ENE e NNW.

Formação Monte Alegre (Cm)

A Formação Monte Alegre representa a sedimentação carbonífera na Sinéclise. Está situada de forma discordante sobre a Formação Curuá e sotoposta aos sedimentos cenozóicos, apresentando, também, contato concordante com um extenso "sill" do diabásio Penatecaua, intrusivo entre a formação carbonífera e os sedimentos silurianos da Formação Trombetas e devonianos da Formação Curuá.

A Formação ocupa uma área bastante restrita, acompanhando as demais unidades na borda da Sinéclise, apresentando mergulhos suaves para NNW.

A estratificação é plano-paralela, ocasionalmente cruzada, sendo constituída por arenitos médios, esbranquiçados, relativamente limpos, com intercalações de finas camadas de folhelhos escuros, calcáreos e dolomitos claros, cinza a creme.

Formação Penatecaua (JKp)

A Formação Penatecaua representa um testemunho do vulcanismo básico toleítico que afetou a Sinéclise no Jurássico-Cretáceo. Constitui-se por "sills" e diques de diabásio que se intercalam entre as formações paleozóicas, ou as interceptam.

A unidade é representada exclusivamente por diabásios em geral de cor cinza e verde escuro, com textura subofítica e dentre seus principais constituintes destacam-se cerca de 40% de plagioclásio andesina.

Estas intrusivas básicas também ocorrem dentro das seqüências sedimentares Curuá e Trombetas, ou conforme Macambira, E.M.B. et alii (1975), internamente ou intercaladas às Formações Maecuru, Ererê e Curuá.

O padrão de fraturamento do diabásio Penatecaua é bastante aleatório, delineando-se, no entanto, com alguma freqüência, as direções NW-SE e NE-SW.

f) Cobertura Cenozóica

Processos de laterização desenvolveram-se largamente durante o Cenozóico, formando depósitos detrítico-lateríticos, arenosos, siltosos e argilosos que recobrem as formações terciárias, particularmente na porção SW da bacia.

Posteriormente à deposição das Formações Alter do Chão e Araguaia ocorreram novos arqueamentos que propiciaram a dissecação das camadas terciárias, dando vez à fase deposicional quaternária, representada pelos aluviões e coluviões.

Formação Alter do Chão (Tac)

De idade pliocênica esta Formação, distribui-se por uma vasta área entre a borda sul da Sinéclise do Amazonas e a calha do rio Amazonas, recobrimdo todas as unidades sedimentares mais antigas e transgredindo também, em parte, o Complexo Xingu, sendo constituída por arenitos, siltitos e, subordinadamente, conglomerados.

Os arenitos são amarelados e avermelhados, finos e médios, argilosos, caulínicos, friáveis, apresentando pequenos seixos e alguma estratificação cruzada. Os siltitos e argilitos são avermelhados ou arroxeados, mal compactados, maciços e laminados. Os conglomerados apresentam seixos arredondados, de 5 a 15 cm de diâmetro constituídos de quartzo e arenito silicificado, matriz de arenito caulínico friável, e podem constituir lentes de elevada espessura, principalmente na base da formação. Níveis laterizados ferruginosos ou aluminosos podem, também, ocorrer nesta unidade.

A Formação Alter do Chão constitui um testemunho dos movimentos epirogenéticos a que esteve submetida a região no início do Terciário. Algumas falhas do embasamento cristalino certamente sofreram reativação em decorrência destes movimentos verticais de âmbito regional e são responsáveis pelos lineamentos topográficos impostos a inúmeros canais da rede de drenagem, orientando-se estes para NW e para NE, Com inúmeros trechos caracteristicamente retos e com cotovelos.

Depósitos Quaternários: Aluviões e Coluviões (Qa, Qc)

Os depósitos quaternários são decorrentes dos processos de pediplanação atuantes sobre as unidades mais antigas, ocorrendo marginalmente ou na calha dos cursos d'água, no caso dos aluviões, ou capeando áreas deprimidas em zonas de relevo escarpado e de fácil erosão, no caso dos coluviões e talus.

Os aluviões constituem-se de areia de granulação variável entre fina a grossa, camadas argilosas e siltosas e bancos de cascalhos, de cores predominantemente cinza claras e amareladas.

Os coluviões são constituídos por areias finas siltosas ou argilosas e por siltes ou argilas arenosas de cores marrom, amarela e vermelha, apresentando-se normalmente porosos e laterizado, na base, devido a variações no lençol freático local.

4.2.4 - Geomorfologia

Superfícies de Aplainamento

Dois níveis de aplainamento bastante extensos são característicos na região, um mais antigo, denominado Pediplano Pliocênico e outro mais recente, o Pediplano Pleistocênico.

O Pediplano Pliocênico é caracterizado pelos topos elevados e aplainados das Serras dos Carajás, de Gorotire, de Kubenkrankem, do Iucatã, do Roncador, e do Cachimbo.

O Pediplano Pleistocênico é identificado na bacia em todas as unidades geomorfológicas, sendo representado pela extensa topografia baixa das depressões periféricas e pelas faixas rebaixadas que interpenetram as áreas planálticas e serranas. Este pediplano é marcado por duas fases de reativação tectônica, a primeira ocorrida no início do Pleistoceno e a outra no início do Holoceno.

A reativação pleistocênica é caracterizada por diversas feições geomorfológicas, com destaque para:

- a existência de inúmeras gargantas superimpostas principalmente às estruturas pré-cambrianas dobradas;
- a abertura da Depressão Periférica do Sul do Pará, na borda da Sinéclise do Amazonas, através de uma circundesnudação que praticamente eliminou os sedimentos Alter do Chão como cobertura extensiva sobreposta ao pré-Cambriano e às unidades paleozóicas basais;
- o próprio embutimento do pediplano pleistocênico junto às áreas planálticas na porção central da bacia.

A reativação holocênica é caracterizada pelo afogamento do rio Xingu, e dos seus afluentes, entre sua foz e a localidade de Belo Monte, formando "rias" nos domínios da Formação Alter do Chão e é relacionada a processos de subsidência e transgressão na Fossa de Marajó.

A retomada da erosão no Holoceno provocou uma dissecação no Pediplano Pleistocênico, cujos efeitos se caracterizaram pelo entalhamento de ravinas e encaixamento dos rios nas rochas pré-cambrianas, formando corredeiras, ou nos depósitos fluviais, formando terraços, e pelo assoreamento de extensas faixas marginais, constituindo baixadas de inundação. Os materiais constituintes destas planícies fluviais originaram-se, em grande parte, da remobilização de depósitos pleistocênicos.

Províncias Geomorfológicas.

As três maiores unidades litoestratigráficas presentes na área estudada são:

Depressão Periférica do Sul do Pará constituindo a unidade mais significativa, representando cerca de 45% da superfície total da bacia do rio Xingu. Relaciona-se às rochas cristalinas pré-cambrianas, salientando-se entre elas o Complexo Xingu.

Esta unidade de relevo abrange uma extensa área do Cráton do Guaporé, situada entre os paralelos 3° S e 10°30' S, limitando-se ao norte pelos rebordos erosivos ou "cuestas" do Planalto Rebaixado da Amazônia, ao sul pela Planície do Xingu, e a sudoeste pelas Serras e Chapada do Cachimbo, sendo interrompida, na sua porção média, por extensas áreas de relevos dissecados, representados pelos Planaltos Dissecados do Sul do Pará.

Unidade Planaltos Dissecados do Sul do Pará associa-se predominantemente às rochas sedimentares, metassedimentares dobradas e vulcânicas pré-cambrianas e ocupa cerca de 15% da área da bacia ocupando a porção central e leste da bacia, cobrindo uma extensa área situada entre os paralelos 5°30' e 10° S. São maciços residuais de topo aplainado e conjuntos de cristas com altitudes variáveis entre 500 e 600 m, interpenetrados por faixas de terrenos rebaixados, com cotas variáveis entre 200 e 250 m.

Planalto Rebaixado da Amazônia ocupa cerca de 5% da superfície da bacia e é sustentado, na maior parte, pelos sedimentos terciários da Formação Alter do Chão, abrangendo a parte norte da bacia, constituindo a superfície do Pediplano Pleistocênico, que se limita, ao sul, com a Depressão Periférica do Sul do Pará e, ao norte, com as planícies aluviais do rio Amazonas. Desenvolve-se sobre as rochas sedimentares paleozóicas e os sedimentos pliocênicos da Formação Alter do Chão.

4.2.5 - AHE Belo Monte – Geologia Local

Nos desenhos 8892-00-3G-DE-0003 e 8892-00-3G-DE-0010 são apresentados respectivamente o mapa geológico local do sítio Pimental e uma seção geológica longitudinal pelo eixo do barramento (denominado eixo Ilha da Serra).

Na área do eixo ocorrem rochas pertencentes ao Complexo Xingu (Issler et al., 1984) de idade Arqueana (segundo Hasui et al., 1984), remobilizadas no Proterozóico Inferior, além de depósitos cenozóicos inconsolidados (aluviões e coluviões).

A região prevista para a construção do vertedouro da barragem possui diversas ilhas formadas por aluviões e afloramento de migmatito chamados coloquialmente de "pedrais", constituindo grandes lajedos rochosos no leito do Rio Xingu. Estes lajedos são as melhores exposições de rocha, onde os migmatitos apresentam-se bandados e possuem grande quantidade de fraturas que se cruzam em forma de X. Observa-se também alguns veios graníticos, em direções diversas cortando os migmatitos. Diques e Sills graníticos e de granodiorito aparecem próximos do eixo alternativo Ilha do Canteiro, conforme apresentado no desenho 8892-00-3G-DE-0003.

Materiais Naturais de Construção

Solos

A pesquisa em solo compreendeu a investigação do solo de alteração de migmatito e areia e argila aluvionares, conforme discriminado a seguir. Os prováveis locais de jazidas estão indicados no desenho 8892-00-3G-DE-0011.

Em todos os locais foram executadas sondagens a trado que atravessaram a camada de solo aluvionar, com espessuras variando de 1,5 a 4,0 m. A cobertura aluvionar é constituída, predominantemente, por uma camada superior com espessuras variando entre 1,5 a 2,5 m de argila siltosa, cinza amarelada, sobreposta a uma camada de areia fina a média, com eventual percentagem de areia grossa, lavada. A utilização prevista é da camada superior que apresentou, nos ensaios de caracterização realizados, características favoráveis para utilização como material de aterro.

Areias e Cascalhos

Para o estudo de areias e cascalhos foram investigadas e caracterizadas sete ocorrências existentes no rio Xingu, denominadas de jazidas A a G, localizadas num raio de 4 km em relação ao eixo do barramento.

Os ensaios visando o uso como agregado para concreto indicam a boa qualidade do material, com baixos níveis de matéria orgânica, material pulverulento e de absorção. Os ensaios para a determinação da reatividade potencial indicaram o agregado como inócuo. Os resultados dos ensaios acelerados, entretanto, sugerem como recomendável a utilização de cimentos com adição de pozolana.

Pedreiras

As áreas indicadas para exploração de pedreiras concentram-se prioritariamente na porção jusante das estruturas de concreto, devido à necessidade da remoção da Ilha do Reinaldo, por critérios hidráulicos. Desta maneira, a pedra principal, denominada pedra 1, estará situada nesta região e dependendo das necessidades de volume, poderá ser ampliada em áreas adjacentes.

Também foram avaliadas outras quatro áreas, todas a montante do barramento, sendo uma na margem direita (pedra 2) para a implantação das ensecadeiras do canal direito, a segunda na ilha Pimental/canal do rio Xingu (pedra 3), para utilização do material rochoso na proteção dos taludes de montante e de jusante (rip-rap) da barragem de terra lateral esquerda, a terceira na porção montante da ilha da Serra (pedra 4), para a ensecadeira da calha central e a quarta na margem esquerda (pedra 5) para a construção da ensecadeira do canal da margem esquerda.

Todas as áreas indicadas para pedreiras situam-se no domínio dos migmatitos pertencentes ao Complexo Xingu, sendo esperada a obtenção de blocos de tamanhos variados, em função da compartimentação do maciço e do plano de fôlego adotado. Blocos de grandes dimensões, destinados à utilização nas fases críticas do desvio do rio e para proteção de taludes também poderão ser obtidos nas áreas indicadas.

Canais de Adução

O termo Canais de Adução genericamente compreende diversas estruturas, que podem ser reunidas em dois grupos principais: Canais de Derivação e Canais de Adução em geral.

Os mapeamentos geológico e geológico-geotécnico realizados na área dos Canais de Adução, abrangeram uma área de 88 km², foram realizados na escala 1:25.000 e reúnem todos os dados geológicos disponíveis sobre a área. Tais informações foram obtidas por sondagens a percussão e a trado, geofísica e em afloramentos. A interpretação dos dados para a preparação dos mapas foi realizada sobre fotografias aéreas, na escala 1:60.000. A ausência de afloramentos naturais, característica marcante da área, foi um fator adicional que dificultou a coleta de dados de campo.

O mapa geológico-geotécnico em escala 1:25.000, da área abrangida pelos Canais de Derivação, encontra-se representada no desenho 8892-00-3G-DE-0005.

O modo de ocorrência típico das rochas nesta região é sob a forma de blocos e matacões, principalmente nos morros, havendo pequena quantidade de afloramentos rochosos “in situ”. Tais afloramentos estão marcados no mapa geológico-geotécnico (desenho 8892-00-3G-DE-0007). Neste mapa observa-se o predomínio do solo residual de migmatito com matacões.

Materiais Naturais de Construção

Os materiais terrosos e pétreos a serem utilizados nos Canais de Adução serão obtidos das suas escavações obrigatórias. Os materiais granulares (areia) a serem empregados nesta estrutura localizam-se na calha do rio Xingu, em áreas situadas nas imediações da entrada dos canais, onde ocupam extensas áreas superficiais.

Foi estudada uma alternativa de revestimento do piso dos canais com solo-cimento, utilizando os materiais terrosos de alteração do migmatito e os sedimentos arenosos da Formação Trombetas.

Sítio Belo Monte

O mapeamento geológico realizado em área das barragens e da Usina Belo Monte, denominada Sítio Belo Monte, foi realizado na escala 1:10.000 e reúne todos os dados geológicos disponíveis sobre a área. Tais informações foram obtidas por sondagens rotativas, a percussão e a trado, por poços e em afloramentos. A interpretação dos dados para a preparação do mapa geológico foi realizada sobre fotografias aéreas, na escala 1:60.000.

O mapa geológico do Sítio Belo Monte, representado no desenho 8892-00-3G-DE-0002, abrange uma área de 40 km² e compreende as barragens de Santo Antônio, de Ligação Esquerda e Direita e as estruturas de geração.

Diques

No desenho 8892-00-3G-DE-0008 é apresentado o mapa geológico, escala 1:50.000, da faixa de implantação dos diques dos Sítios Belo Monte e Bela Vista do AHE Belo Monte.

O perfil geológico da área de implantação destes diques mostra sedimentos da Bacia Amazônica, representada pelas Formações Trombetas (St) e Alter do Chão (Tac), em contato com as unidades pré-cambrianas do Complexo Xingu, representadas pelas

unidades AxrIII, AxIV, AxV, AxCAT e por coluviões e aluviões, recobrimdo indistintamente essas unidades.

Sítio Bela Vista

Os mapeamentos geológico e geológico-geotécnico realizados na área do Sítio Bela Vista, que abrangeram uma área de 22 km², foram realizados na escala 1:25.000 e reúnem todos os dados geológicos disponíveis sobre a área. Tais informações foram obtidas por sondagens rotativas, a percussão e a trado, geofísica e em afloramentos. A interpretação dos dados para a preparação dos mapas foi realizada sobre fotografias aéreas, na escala 1:60.000. A ausência de afloramentos naturais, característica também marcante da área, foi um fator adicional que dificultou a coleta de dados de campo. Fazem parte desta área estudada, as estruturas do Vertedouro Complementar e os diques DIK19A, DIK23, DIK23A, DIK24, DIK24A, DIK25, DIK26, DIK27, DIK28 e DIK29. O mapa geológico-geotécnico desta área é apresentado no desenho 8892-00-3G-DE-0008.

Esta região é constituída apenas pela Unidade III do Complexo Xingu, onde o migmatito possui neossoma granítico de cor branco a levemente róseo, de granulação grossa, isotrópico, formado por quartzo azulado, KF, plagioclásio e biotita.

4.2.6 - Aproveitamento de Altamira – Geologia Local

No desenho 8892-00-3G-DE-0007 são apresentados o mapa geológico local da barragem de Altamira (antigo Babaguara) e uma seção geológica pelo eixo do barramento.

O local de implantação da barragem está situado em área de rochas pré-cambrianas do Complexo Xingu, constituídas por granitos e granito-gnaisses, rochas devonianas da Sinéclise do Amazonas, constituídas por folhelhos, siltitos e arenitos da Formação Trombetas, estes apresentando mergulho de até 2° para NNW, "sills" de diabásio de idade juro-cretácia, intrusivos no topo da Formação Trombetas, e uma cobertura terciária de caráter continental, constituída por arenitos caulínicos, finos a conglomeráticos, friáveis, com lentes de argilitos. Ocorrem, ainda, depósitos aluvionares formando extensas baixadas marginais e ilhas.

As rochas graníticas e granito-gnáissicas apresentam-se, em geral, alteradas em solo nas ombreiras, e aflorantes no leito do rio, onde apresentam fraturas subverticais com espaçamento variável entre 11 cm e 1 m. Os granitos são de coloração rósea, textura média e os granito-gnaisses são biotíticos, com lineação aproximada EW.

As rochas sedimentares sobrepõem-se às rochas cristalinas nas ombreiras, apresentando-se alteradas em solo. Conforme observações em afloramentos nas proximidades do aproveitamento, apoiadas pela interpretação das sondagens geofísicas executadas no eixo, estas rochas são constituídas por dois espessos pacotes, o inferior, com espessura média da ordem de 30 m, constituído de folhelhos, siltitos e arenitos bem estratificados, e o superior, com espessura em torno de 50 m, na margem direita, constituído de arenitos com siltitos subordinados.

Nas partes mais altas da ombreira esquerda, acima da cota de barramento, ocorre um "sill" de diabásio alterado em solo e capeado por uma espessa camada de sedimentos arenosos inconsolidados, da Formação Alter do Chão.

Os depósitos aluvionares são constituídos por sedimentos arenosos, fofos e argilosos, amarelo avermelhados. Sua espessura é da ordem de 4 a 6 m.

Condições de Fundação

O local do eixo está situado em um vale aberto, de ombreiras assimétricas, a esquerda abrupta e a direita relativamente suave, ocorrendo nesta margem uma extensa baixada marginal.

Foram realizadas, ao longo do eixo, 16 sondagens geofísicas de eletrorresistividade, 17 sondagens sísmicas de refração, 11 poços de inspeção e 8 sondagens a trado. As sondagens geofísicas atingiram as profundidades máximas de 32 m para sísmica e 61 m para eletrorresistividade, correspondentes, respectivamente, ao topo rochoso em arenito da Formação Trombetas e ao topo do embasamento cristalino. Os poços de inspeção atingiram profundidades de até 5,4 m, em solo de alteração de arenito, tendo sido, em geral, prosseguidos com trado, atingindo profundidade final máxima de 11 m. As sondagens a trado atingiram profundidade de até 8 m em solo do Terciário Alter do Chão.

A rocha de fundação é constituída, no leito do rio e na parte inferior das ombreiras, pelos granitos e granito-gnaisses, e na parte superior das ombreiras, pelos folhelhos, siltitos e arenitos. Os granitos afloram no leito do rio, onde se apresentamãos e com fraturas subverticais com espaçamento variável entre 11 cm e 1 m, segundo as direções N 15° E e N 80° E. Nas ombreiras, tanto as rochas cristalinas quanto as sedimentares apresentam-se alteradas em solo.

Na margem esquerda, aproximadamente 1 km a jusante do eixo, a ombreira apresenta-se escarpada, aflorando, ao longo de um paredão com cerca de 20 m de altura, arenito de granulometria fina, friável, da Formação Trombetas, com cavernas de até 5 m de largura por 4 m de profundidade e por 1 m de altura, desenvolvidas principalmente no seu nível basal, associadas ao fraturamento vertical e aos planos de estratificação da rocha.

Devido ao mergulho dos estratos para jusante, estes arenitos com "cavernas" devem ocorrer, nas ombreiras da barragem, acima da cota prevista para barramento, não tendo sido, porém, observados no eixo, devido à presença de espessos solos de cobertura.

No leito do rio, as rochas cristalinas são apresentam, em geral, boas características de resistência e deformabilidade para apoio das estruturas de concreto. Quanto à permeabilidade, estas rochas deverão comportar-se, em profundidade, como impermeáveis, a não ser em locais restritos, provavelmente nos canais mais profundos do rio, onde a rocha deve se apresentar com fraturamento mais intenso, e aos quais poderão associar-se altas permeabilidades. Esses locais exigirão tratamentos mais intensos para impermeabilização das fundações.

Nas ombreiras, sob a espessa cobertura de solo, os folhelhos, siltitos e arenitos terão suas permeabilidades determinadas, além do fraturamento, pela estratificação da rocha.

Pode-se esperar permeabilidade elevada, para estas rochas, nas suas porções superficiais, dada a maior frequência de fraturas e/ou estratificações abertas por efeito de alívio de tensões nas encostas do vale. Entretanto, em profundidade, estas rochas deverão apresentar-se menos permeáveis.

A cobertura de solo é bastante espessa, em média, da ordem de 10 a 20 m, exceto na parte superior da ombreira esquerda, onde ocorrem 32 m de solo, e nas partes superiores da ombreira direita, onde ocorre uma espessura máxima de solo de 50 m.

Superficialmente, ocorre solo coluvionar e talus, nas ombreiras, e solo aluvionar, nas faixas marginais, capeando o solo de alteração da rocha subjacente. O colúvio é constituído por areia silto-argilosa, fofa, e argila arenosa, marrom amarelada ou avermelhada, porosa, com fragmentos de quartzo e laterita ferruginosa, e tem espessura variável entre 1,5 e 6 m.

Localmente, e predominantemente nas partes inferiores das ombreiras, ocorrem, em meio ao colúvio, concentrações de blocos de dimensões variáveis, constituídos por granito alterado ou arenito ferruginoso, formando talus com até 3 m de espessura. O aluvião apresenta espessuras variando de 4 a 6 m, sendo constituído por argila siltosa compacta ou plástica, cinza, com manchas avermelhadas, e por níveis de areia fina a média, pura ou argilosa, amarela acinzentada. O solo de alteração apresenta as maiores espessuras e tem constituição bastante variável, em função das diversas litologias presentes: o solo de alteração das rochas graníticas é, em geral, silte argilo-arenoso micáceo, variegado, com fragmentos de quartzo, compacto em profundidade e com estruturas remanescentes da rocha matriz, tendo uma espessura variável entre 3 e 15 m; o solo de alteração dos folhelhos e siltitos é constituído por argila siltosa e silte argiloso cinza avermelhado ou amarelado, compacto, com estruturas de laminação remanescentes, apresentando uma espessura média de 10 m; o solo de alteração dos arenitos é constituído por areia fina a média, cinza clara, localmente com níveis ferruginosos cinza escuro e siltosos vermelhos, tendo a espessura variável entre 3 e 16 m; o solo de alteração do diabásio é constituído por argila siltosa vermelha esbranquiçada ou amarelada, variegada, com espessura estimada da ordem de 9 m.

As sondagens geofísicas de eletrorresistividade indicaram a existência de zonas bastante fraturadas nas rochas cristalinas, ao longo da baixada marginal e nas ilhas. Por outro lado, os resultados das sondagens sísmicas revelaram uma elevada espessura de solo nas partes mais altas da ombreira esquerda, atribuída, provavelmente, aos espessos sedimentos terciários e ao solo de alteração do diabásio, os primeiros constatados através de um poço e de uma sondagem a trado, conforme indicado no desenho 8892-00-3G-DE-0007 e o solo de diabásio inferido através da presença de blocos de diabásio imersos no colúvio e de observações a jusante do eixo.

Na implantação da barragem de terra, prevê-se escavações no colúvio e no aluvião, constituídos de materiais aparentemente mais compressíveis e permeáveis que o solo de alteração subjacente. Nos trechos de rocha aflorante deverão ser tomados cuidados especiais nos tratamentos para impermeabilização. Nas ombreiras, a provável maior permeabilidade da rocha em suas porções superficiais poderá exigir escavações mais profundas, como tentativa de reduzir a permeabilidade da fundação.

As estruturas de concreto serão fundadas no granito são, prevendo-se a escavação total dos aluviões e da rocha alterada.

Materiais Naturais de Construção

No desenho 8892-00-3G-DE-0012 são indicados os locais prováveis de ocorrência de materiais naturais de construção.

Solos

As investigações geológicas executadas nas proximidades do eixo indicaram solos representados por coluvião, solo de alteração de granito-gnaiss e solo dos sedimentos Alter do Chão.

A pesquisa foi realizada através de 16 sondagens a trado, que revelaram solos com espessura variável entre 2 e 6 m, em ambas as margens, a uma distância de até 4 km do eixo.

As sondagens ST-1 a ST-5, executadas na margem direita, indicaram solos constituídos de argila silto-arenosa amarelo amarronzada e areia fina siltosa amarelada, com espessura média investigada da ordem de 4 m. As sondagens ST-13 a ST-16 revelaram solos de espessura superior a 6 m, constituídos de areia siltosa marrom avermelhada e amarela avermelhada, com seixos de quartzo dispersos, sendo, na sondagem ST-16, argila siltosa, vermelha amarelada.

As investigações efetuadas nas áreas pré-selecionadas para pesquisa, juntamente com aquelas realizadas no eixo da barragem, associadas aos aspectos topográficos locais, permitiram delimitar 5 áreas mais favoráveis à exploração de solos, denominadas de A a E e indicadas no desenho 8892-00-3G-DE-0012. A área C, na margem direita, foi indicada como promissora à pesquisa, com base nas investigações de subsuperfície realizadas ao longo do eixo, visto se tratar de solos resultantes da decomposição de granito, tal qual nas cotas inferiores da ombreira direita. Uma primeira avaliação, com base na natureza e granulometria destes solos, permite considerá-los adequados à construção do maciço compactado da barragem.

Areias

Uma pesquisa ao longo do rio Xingu, nas proximidades do eixo, revelou a ocorrência de extensos depósitos emersos de areia, a distâncias de até 10 km para jusante e 5 km para montante, denominados de A a E, conforme indicado no desenho 8892-00-3G-DE-0012.

Os depósitos A, B e D são constituídos, em superfície, por areia de granulação média a fina, branca, com pequena quantidade de grãos máficos e limonitizados e pequenas frações grosseiras. Sua espessura máxima investigada foi de 1,5 m, estimando-se espessuras maiores e ocorrência de níveis de cascalho.

O depósito E é constituído por areia de granulação média a grossa, quartzosa, amarela, com até 90% de seixos de quartzo, fragmentos líticos e de laterita ferruginosa, predominando os de quartzo, com até 10 cm de diâmetro. Estima-se, para o mesmo espessura superior a 1 m.

O depósito C é totalmente submerso, sendo constituído, predominantemente, por seixos com diâmetro entre 1 e 3 cm e explorado durante todo o ano por draga.

Estes depósitos apresentam, em primeira avaliação, qualidade e volumes adequados para o uso em concreto e filtros, devendo atender às necessidades das obras.

Rochas

Afloramentos rochosos ocorrem ao longo do leito do rio, a partir do eixo para montante, constituídos por rochas graníticas, de boas características para uso em concreto e enrocamento. Prevê-se dificuldade em se obter rocha granítica nas ombreiras, próximo do eixo, a montante, devido ao espesso capeamento de solo na área.

O estudo de pedreiras deverá ser compatibilizado com o estudo de áreas de empréstimo, dada a possibilidade de utilização dos espessos solos de alteração dos granitos, na construção do maciço compactado, com posterior aproveitamento da rocha subjacente.

Ocorre, entretanto, em ambas as ombreiras, a cerca de 6 km a montante do eixo, um espesso dique de composição ácida, conforme indicado no desenho 8892-00-3G-DE-0012, como pedreira provável, com rocha de boas características mecânicas para uso em enrocamento.

4.2.7 - Aproveitamento de Pombal – Geologia Local

Os dados geológico-geotécnicos relativos ao aproveitamento de Pombal não puderam ser levantados uma vez que, conforme já citado, não foi possível a realização da campanha de levantamento de campo. Para o presente estudo, foram realizadas inferências a partir da Geologia Regional, apoiada no reconhecimento de campo.

4.2.8 - Aproveitamento de São Félix - Geologia Local

No desenho 8892-00-3G-DE-0009 é apresentado o mapa geológico do local do aproveitamento de São Félix (antigo Kayapo).

O local de implantação do aproveitamento está situado em área de rochas precambrianas vulcânicas do Grupo Uatumã. Esta unidade apresenta-se, na área, diferenciada em duas formações: a Formação Sobreiro, inferior, representada por andesitos e dacitos, e a Formação Iriri, sobrejacente e discordante, representada, predominantemente, por riodacitos e granófiros. Ocorrem, ainda, depósitos aluvionares marginais, formando extensa planície de inundação.

As rochas vulcânicas apresentam-se, em geral, profundamente alteradas nas ombreiras e aflorantes no leito do rio, onde se observa um intenso fraturamento aleatório e com atitudes as mais variadas, sendo as subhorizontais bastante freqüentes. Nestes afloramentos, predomina o riodacito pórfiro, rocha de matriz afanítica avermelhada, com fenocristais de plagioclásios. As vulcânicas, de caráter intermediário, da Formação Sobreiro, ocorrem em cotas mais baixas, aflorando tão somente nas áreas arrasadas da

margem direita, lateralmente ao eixo do aproveitamento. No mapa geológico local, a área de ocorrência das rochas andesíticas foi fotointerpretada com base no Mapa Geológico Regional, desenho 8892-00-3G-DE-0001.

Os depósitos aluvionares são constituídos por sedimentos arenosos, fofos, e silto-argilosos, plásticos, cinza claros, com níveis variegados e com espessura da ordem de 3 a 4 m.

Condições de Fundação

No desenho 8892-00-3G-DE-0009, é apresentada a seção geológica do eixo estudado. O local do eixo está situado em um vale aberto e assimétrico, com a ombreira esquerda abrupta e a ombreira direita constituída por duas elevações alinhadas e de encostas bastante suaves, separadas por uma extensa faixa aplainada.

Foram realizadas, ao longo do eixo, 10 sondagens geofísicas de eletrorresistividade, 10 sondagens sísmicas de refração e 6 poços de inspeção. As sondagens geofísicas atingiram as profundidades máximas de 30 m, para sísmica, e 31 m, para eletrorresistividade, correspondentes ao topo rochoso. Os poços de inspeção atingiram a profundidade máxima de 5,2 m em solo de alteração de riodacito.

A rocha de fundação é constituída, predominantemente, pelo riodacito pórfiro, que aflora no leito do rio, onde se apresenta são e com espaçamento entre as fraturas, em geral, inferior a 10 cm. Sob o riodacito pórfiro, a menos de uma dezena de metros de profundidade, prevê-se, com base nas estratigrafia e mapa geológico locais, a ocorrência do contato entre as seqüências vulcânicas de caráter ácido e intermediário, constituindo-se este numa zona de aspectos geotécnicos bastante particulares, podendo apresentar-se muito alterada e com elevada permeabilidade. Nas ombreiras, em particular na ombreira direita, o riodacito apresenta-se profundamente alterado.

A rocha de fundação, representada tanto pelos riodacitos quanto pelos andesitos são, apresenta boas características de resistência e deformabilidade para fundação das estruturas de concreto. Localmente, e em superfície, sua permeabilidade pode ser elevada, devido à presença de fraturas abertas e ao alto grau de fraturamento; entretanto, em profundidade, estas rochas podem ser consideradas impermeáveis.

A cobertura de solo e rocha decomposta é bastante espessa, da ordem de 8 a 15 m, na ombreira esquerda, e de 15 a 30 m, na ombreira direita. Superficialmente, ocorre solo coluvionar e talus, nas ombreiras, e solo aluvionar, nas faixas marginais e entre as elevações da ombreira direita, capeando o solo de alteração das vulcânicas subjacentes. O coluvião restringe-se à primeira elevação da ombreira direita e às partes mais altas da ombreira esquerda, sendo constituído por areia silto-argilosa, fofa, marrom amarelada, com grande quantidade de concreções lateríticas ferruginosas e espessuras da ordem de 1 m. Os depósitos de talus apresentam espessura investigada de até 1,5 m, matriz areno-argilosa, vermelha escura, fofa, e blocos de rocha com até 1 m de diâmetro. O aluvião é constituído, predominantemente, por areia silto-argilosa plástica, cinza clara, com níveis muito argilosos variegados. Sua espessura varia entre 3 e 4 m. O solo de alteração apresenta as maiores espessuras de solo, da ordem de 10 m na ombreira esquerda e 20 m na ombreira direita, sendo constituído por areia silto-argilosa vermelha com porções

variegadas de argila siltosa, e com estruturas da rocha matriz bem preservadas. O solo de alteração torna-se muito compacto em profundidade, passando a rocha muito alterada.

As sondagens geofísicas revelaram comportamento do topo de rocha são bem diferente para as duas ombreiras, registrando-se para a ombreira direita, espessuras de solo de alteração e rocha muito alterada de até 30 m. Este espesso manto de intemperismo teria sido favorecido, provavelmente, pelas particularidades da zona de contato entre as Formações Iriri e Sobreiro, que se dá nas cotas mais baixas da área.

Na implantação da barragem de terra, prevê-se a remoção do aluvião, talus e coluvião. A barragem de terra deverá ser apoiada, nas ombreiras, sobre o solo de alteração e/ou rocha muito alterada, e no leito do rio, diretamente sobre a rocha são, após a limpeza e tratamento superficial cuidadoso.

Cuidados especiais deverão ser tomados em relação à rocha de fundação, principalmente no leito do rio, dado o seu excessivo fraturamento, possivelmente com vazios grandes, o que poderá favorecer erosões tubulares regressivas. Merecerão, ainda, estudos e tratamentos especiais para impermeabilização, a zona do contato entre as rochas vulcânicas, que poderá ocorrer, provavelmente alguns metros abaixo do leito do rio.

As estruturas de concreto serão fundadas nos riodacitos e/ou andesitos são, prevendo-se, portanto, a escavação total dos solos de cobertura e da rocha alterada.

Materiais Naturais de Construção

No desenho 8892-00-3G-DE-0013 são indicados os locais das ocorrências de materiais naturais de construção.

Solos

As investigações efetuadas nas proximidades do eixo mostraram a ocorrência de solos espessos e abundantes, representados por coluvião e solo de alteração de riodacito e andesito, a curtas distâncias do aproveitamento.

A pesquisa foi realizada através de 8 sondagens a trado, que revelaram a ocorrência de solos com espessura variável entre 4. e 5 m em ambas as margens, dentro de um raio de até 5,5 km em relação ao eixo. As sondagens a trado indicaram, em geral, solos constituídos por areia argilosa e argila silto-arenosa, vermelha ou marrom amarelada, com concreções lateríticas e fragmentos de rocha vulcânica. Dados obtidos com sondagem geofísica, no eixo da barragem, permitem uma estimativa de espessura da ordem de 10 m para estes solos.

As investigações realizadas nas áreas pré-selecionadas para pesquisa, ao lado daquelas efetuadas ao longo do eixo, associadas aos aspectos topográficos locais, permitiram delimitar 9 áreas mais favoráveis para a exploração de solos, denominadas de A a I, e indicadas no desenho 8892-00-3G-DE-0013.

Uma primeira avaliação, com base na natureza e granulometria dos solos investigados, permite considerá-los adequados à construção do maciço compactado da barragem.

Areias

A não existência de depósitos emersos de areia nas proximidades da barragem levou a uma ampliação da pesquisa ao longo do rio Xingu, para montante e jusante do eixo. Esta pesquisa revelou a ocorrência de extensos depósitos, a distâncias de 20 a 42 km a montante e a mais de 60 km a jusante, constituídos por areia de granulometria fina a média, quartzosa, limpa em superfície e com espessura mínima de 1 m.

Estima-se que os volumes existentes nestes depósitos supram as necessidades das obras, tanto para o concreto quanto para filtros.

Rochas

Afloramentos rochosos, constituídos por riodacitos pórfiros, ocorrem ao longo do leito do rio, apresentando boas características geomecânicas para uso em enrocamento, podendo, entretanto, apresentar restrições para uso em concreto, quanto aos aspectos de reatividade química. Ocorrem, ainda, amplos afloramentos desta rocha nas elevações próximas e nas ombreiras, conforme indicado no desenho 8892-00-3G-DE-0009, constituindo áreas potenciais para instalação de pedreiras e em condições bastante favoráveis para a lavra.

Rochas graníticas com boas características geomecânicas para uso em concreto afloram no leito do rio, cerca de 18 km a jusante do aproveitamento.

4.3 - Hidrometeorologia

O presente capítulo tem por objetivo apresentar os estudos hidrológicos efetuados no âmbito do desenvolvimento das atividades dos Estudos de Atualização do Inventário Hidrelétrico do Rio Xingu.

Os estudos foram conduzidos de forma a atender as diretrizes do Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas, emitido pela Eletrobrás, em sua última edição, de 1997.

4.3.1 - Áreas de Drenagem

Foi efetuada uma verificação das áreas de drenagem dos locais de interesse para o presente estudo.

A partir de cartas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em escala 1:1.000.000, foram delimitadas as áreas de drenagem dos postos fluviométricos básicos (Boa Sorte, São Félix do Xingu, Belo Horizonte e Altamira) e dos locais dos aproveitamentos.

Essas áreas foram digitalizadas, sendo os valores das áreas de drenagem determinados através do programa AutoCad.

A Tabela 4-2 apresenta a relação das cartas utilizadas. A Tabela 4-3, por sua vez, apresenta os valores das áreas de drenagem resultantes dessa verificação, bem como os valores resultantes dos Estudos de Inventário (1980) e os valores definidos pela ANA.

Tabela 4-2
Cartas utilizadas na verificação das áreas de drenagem

Código	Nome	Entidade	Escala
SA-21	Santarém	IBGE	1:1.000.000
SA-22	Belém	IBGE	1:1.000.000
SB-21	Tapajós	IBGE	1:1.000.000
SB-22	Araguaia	IBGE	1:1.000.000
SC-21	Juruena	IBGE	1:1.000.000
SC-22	Tocantins	IBGE	1:1.000.000
SD-21	Cuiabá	IBGE	1:1.000.000
SD-22	Goiás	IBGE	1:1.000.000

Tabela 4-3
Áreas de drenagem

Local		Área de Drenagem (km ²)		
		ANA	Inventário 1980	Atual. Invent.
Posto Fluviométrico	Boa Sorte	206.863	220.645	208.983
	São Félix do Xingu	250.626	256.799	253.083
	Belo Horizonte	277.265	283.359	278.766
	Altamira	446.203	446.573	448.549
Aproveitamento	Montante Jarina		-	153.290
	Jarina		178.000	180.288
	Gorotire		187.000	190.202
	Kokraimoro		198.000	198.984
	São Felix do Xingu		210.000	208.719
	Pombal		-	262.681
	Ipixuna		276.000	274.062
	Carajás		289.000	286.856
	Altamira		446.000	447.916
	Belo Monte (Eixo Pimental)		-	449.748

Os valores de áreas de drenagem dos postos fluviométricos calculados no presente estudo de Atualização dos Estudos de Inventário apresentaram-se bastante similares aos valores oficiais fornecidos pela ANA, não sendo essa diferença, para nenhum dos locais, superior a 1%.

Essa constatação levou à adoção, para a continuidade dos estudos, dos valores de áreas de drenagem definidos pela ANA.

Já para a área de drenagem dos locais dos aproveitamentos, foram adotados os valores obtidos no cálculo agora efetuado, que contemplam os aproveitamentos anteriormente considerados e levam em conta os locais presentemente estudados.

4.3.2 - Descargas Médias Mensais

a) Série de Vazões Médias Mensais no AHE Belo Monte

Na bacia hidrográfica em estudo, o único local provido de registros plúvio-fluviométricos com longo período de observação é Altamira, onde o rio Xingu drena uma área de 446.573 km². O posto pluviométrico da cidade data de 1918 e o posto limnimétrico foi instalado 10 anos depois, ou seja, em 1928. Com relação a este último, os registros diários de nível d'água só se apresentam ininterruptos a partir de julho de 1968 e, para o período de julho de 1959 a junho de 1968, não há qualquer informação disponível. Para as épocas anteriores a 1959, são freqüentes as lacunas de leitura de régua. As medições de descarga líquida no posto somente tiveram início em 1971.

O estudo da série de vazões médias mensais do rio Xingu, em Altamira, teve início na fase de inventário da bacia. Naquela época, adotou-se uma correlação chuva-deflúvio obtida entre chuva média na bacia, determinada através do método de Thiessen, e os correspondentes deflúvios registrados no posto de Altamira.

Durante a 1ª Etapa dos Estudos de Viabilidade do Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte, os trabalhos constaram da complementação e consistência das séries de chuva dos postos utilizados nos estudos de inventário, atualização do estudo elaborado naquela fase e na elaboração de outras séries utilizando enfoques metodológicos distintos daquele empregado anteriormente. Assim, sete diferentes séries foram geradas, totalizando oito com a do inventário. Essas séries utilizaram, além da metodologia já descrita, correlação chuva-deflúvio simples e múltipla, modelo matemático mensal, e geração estocástica. Desse extenso estudo comparativo, a escolha recaiu sobre a que foi obtida pela atualização dos estudos de inventário.

Na 2ª Etapa dos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte, foi revisada a curva-chave do posto fluviométrico Altamira, procedendo-se também a atualização da série de vazões médias mensais até o ano 2000, mantida a metodologia da fase de inventário. Em função da localização do posto de Altamira, a série de vazões médias mensais deste posto foi adotada como sendo a série de vazões médias mensais afluentes ao AHE Belo Monte.

Posteriormente, a série do posto Altamira foi estendida até dezembro de 2005, resultando em uma série no AHE Belo Monte com vazão média para o período de 1931 a 2005 de 7.804 m³/s, sendo a máxima de 30.129 m³/s, ocorrida em março de 1980, e a mínima de 444 m³/s, em outubro de 1969. A vazão média obtida para o período crítico do sistema brasileiro interligado – junho de 1949 a novembro de 1956 - é de 7.505 m³/s.

A série de vazões médias mensais afluentes ao AHE Belo Monte é apresentada na Tabela 4-3. A partir desta série foram obtidas as séries de vazões médias mensais nos demais aproveitamentos, conforme metodologia descrita a seguir.

Tabela 4-4
AHE Belo Monte – Série de Vazões Médias Mensais (m³/s)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1931	6.812	11.821	17.142	25.713	21.060	9.464	3.026	1.621	1.102	1.348	2.327	4.436	8.823
1932	7.348	12.312	17.281	11.521	8.914	4.006	3.034	1.625	1.105	1.062	1.933	3.496	6.136
1933	6.555	11.376	15.655	18.556	14.697	6.605	2.414	1.293	880	1.114	1.923	3.666	7.061
1934	6.215	10.786	16.185	24.278	20.293	9.120	2.625	1.406	956	1.177	2.031	3.873	8.245
1935	8.444	14.653	20.164	27.813	22.029	9.900	3.088	1.654	1.125	1.117	1.928	3.676	9.633
1936	8.369	14.022	19.985	14.454	11.448	5.145	2.142	1.147	780	1.034	1.784	3.402	6.976
1937	3.912	6.789	10.347	15.521	13.090	5.882	3.132	1.677	1.140	1.000	1.726	3.290	5.626
1938	5.758	9.992	16.432	24.648	21.646	9.728	2.725	1.460	993	1.004	1.732	3.303	8.285
1939	10.153	17.619	24.245	16.593	13.142	5.906	3.435	1.840	1.251	1.331	2.298	4.381	8.516
1940	8.739	14.643	20.870	26.493	20.983	9.430	3.149	1.687	1.147	918	1.583	3.018	9.388
1941	5.676	9.851	13.556	17.722	14.037	6.308	2.249	1.205	820	1.226	2.116	4.034	6.567
1942	4.360	7.567	10.413	14.203	11.249	5.055	2.459	1.317	896	1.226	2.116	4.035	5.408
1943	14.309	24.831	27.828	18.552	9.670	4.346	2.571	1.377	937	1.012	1.746	3.330	9.209
1944	5.746	9.628	14.132	21.198	17.114	7.691	2.557	1.369	932	1.212	2.091	3.988	7.305
1945	6.435	11.167	19.497	29.245	26.435	11.880	2.551	1.366	929	1.035	1.787	3.406	9.644
1946	6.458	11.208	15.423	12.950	10.257	4.609	4.276	2.290	1.557	795	1.371	2.614	6.151
1947	7.402	12.845	19.183	28.774	23.984	10.779	2.395	1.283	873	1.326	2.289	4.365	9.625
1948	9.581	16.054	22.881	18.270	14.470	6.503	2.720	1.457	991	908	1.566	2.985	8.199
1949	10.669	18.515	22.963	15.308	10.132	4.553	3.139	1.681	1.143	969	1.671	3.186	7.827
1950	6.263	10.868	17.470	26.206	22.748	10.223	2.222	1.190	810	901	1.555	2.964	8.618
1951	5.844	10.142	13.956	9.902	7.843	3.524	3.210	1.720	1.169	973	1.679	3.201	5.264
1952	5.012	8.398	15.135	22.703	20.489	9.208	2.982	1.597	1.086	858	1.479	2.821	7.647
1953	6.923	12.014	18.390	27.585	23.319	10.480	2.756	1.476	1.004	1.654	2.855	5.443	9.492
1954	6.416	11.134	15.322	17.699	14.018	6.300	2.753	1.475	1.003	750	1.294	2.468	6.719
1955	7.069	12.267	18.592	27.888	23.443	10.535	2.545	1.363	927	1.099	1.897	3.617	9.270
1956	7.375	12.357	17.612	21.729	17.210	7.734	4.200	2.250	1.530	1.089	1.879	3.582	8.212
1957	10.453	18.139	24.962	25.035	19.829	8.911	2.623	1.405	956	966	1.665	3.176	9.843
1958	5.813	10.088	17.376	26.065	23.412	10.521	2.699	1.446	983	1.041	1.797	3.427	8.722
1959	8.180	14.195	19.534	20.849	16.513	7.421	3.063	1.641	1.115	907	1.564	2.983	8.164
1960	4.573	7.663	13.118	19.677	17.325	7.785	2.359	1.263	859	1.391	2.401	4.578	6.916
1961	10.322	17.913	21.399	14.266	8.725	3.921	2.652	1.421	966	856	1.476	2.815	7.228
1962	4.870	8.451	11.664	17.496	13.884	6.239	2.576	1.380	939	1.138	1.964	3.745	6.195
1963	6.651	11.543	15.884	14.170	11.223	5.043	2.568	1.375	936	697	1.202	2.291	6.132
1964	11.885	19.913	28.382	29.258	23.173	10.414	2.705	1.449	986	1.211	2.090	3.985	11.288
1965	6.740	11.697	16.096	21.982	17.411	7.824	3.037	1.626	1.106	1.055	1.821	3.472	7.822
1966	3.960	6.872	11.503	17.255	15.288	6.870	2.844	1.523	1.036	1.155	1.994	3.802	6.175
1967	4.528	7.858	18.148	27.222	27.370	12.300	2.397	1.284	873	892	1.538	2.933	8.945
1968	4.566	7.650	12.148	18.222	15.420	6.929	2.139	1.051	709	718	1.052	4.004	6.217
1969	7.299	10.419	14.365	15.377	12.340	5.273	1.783	924	477	444	605	1.167	5.873
1970	3.833	9.442	18.069	14.908	13.592	4.604	1.996	1.161	733	539	1.225	1.700	5.983
1971	2.516	6.320	9.561	14.097	11.241	6.029	2.675	1.312	750	691	2.643	4.133	5.164
1972	5.518	11.889	16.481	16.882	14.507	5.822	2.682	1.286	848	639	1.090	1.805	6.621
1973	4.327	6.920	14.261	19.619	17.253	7.415	3.658	2.203	1.141	1.418	2.834	5.617	7.222
1974	7.455	15.161	21.551	27.567	25.927	13.396	4.434	2.056	1.444	1.348	1.415	4.044	10.483
1975	7.353	15.283	19.279	20.795	17.986	8.496	3.836	1.865	1.043	733	1.145	2.810	8.385
1976	6.389	10.913	15.358	14.893	11.218	5.508	2.469	1.190	793	985	2.218	5.069	6.417
1977	9.182	15.546	18.470	17.313	19.345	10.036	4.486	1.972	1.172	1.499	3.294	4.838	8.929
1978	15.641	16.065	25.562	22.753	17.434	9.402	4.169	2.353	1.433	1.461	1.957	3.924	10.180
1979	8.644	18.249	24.527	17.960	11.205	5.092	2.409	1.447	1.390	1.451	1.981	3.339	8.141
1980	8.237	15.500	30.129	21.504	10.483	4.361	2.264	1.409	1.069	1.116	1.571	4.115	8.480
1981	10.321	15.439	12.503	16.853	9.651	4.051	2.099	1.394	1.096	962	1.749	5.282	6.783
1982	10.061	23.245	28.249	21.649	17.420	7.165	3.369	1.838	1.313	1.848	1.984	2.718	10.071
1983	6.242	15.055	16.566	16.866	7.518	3.697	2.031	1.351	1.064	1.186	2.337	3.927	6.487
1984	6.829	9.538	13.498	19.343	19.049	7.497	3.079	1.576	1.299	1.371	2.555	3.377	7.418
1985	9.663	22.519	24.847	22.800	23.246	9.495	4.050	2.126	1.328	1.344	2.666	6.743	10.902
1986	16.286	18.708	22.519	20.660	14.722	6.649	3.298	1.839	1.421	2.140	4.036	4.283	9.713
1987	7.043	8.610	17.081	17.804	10.549	4.606	2.257	1.350	1.032	1.163	1.446	2.977	6.327
1988	7.181	10.404	19.207	20.759	16.641	7.302	3.275	1.640	1.111	1.153	2.136	7.102	8.159
1989	11.408	14.084	18.455	23.605	19.456	9.236	4.359	2.280	1.525	1.404	2.998	9.752	9.880
1990	17.902	13.529	22.193	18.090	10.771	5.277	2.750	1.868	1.246	1.353	1.873	2.853	8.309
1991	7.577	15.891	16.940	23.169	18.014	9.095	3.682	1.855	1.182	1.227	1.872	3.534	8.670
1992	6.733	14.043	17.492	19.102	11.653	4.860	2.346	1.446	1.190	1.496	2.063	5.350	7.315
1993	9.209	11.094	19.477	16.048	10.998	4.917	2.365	1.414	1.307	1.344	1.809	2.985	6.914
1994	11.077	18.053	23.442	22.479	15.375	7.173	4.390	2.105	1.453	1.353	1.507	3.588	9.333
1995	11.984	17.579	20.295	20.988	21.409	12.872	4.710	2.253	1.362	1.197	1.504	4.300	10.038
1996	10.432	12.325	16.189	17.998	16.659	6.679	2.932	1.624	1.146	1.125	1.959	3.590	7.721
1997	7.353	15.047	15.973	22.744	16.711	6.114	2.865	1.598	1.172	1.179	1.276	1.946	7.831
1998	3.720	5.653	9.861	9.817	6.587	2.872	1.417	908	708	715	1.378	3.643	3.940
1999	6.867	7.992	13.361	12.416	11.274	5.594	2.225	1.100	778	901	1.373	3.049	5.577
2000	10.616	15.929	21.962	22.063	13.607	5.432	2.830	1.668	1.174	1.528	2.656	6.305	8.814
2001	11.276	13.342	16.993	18.449	10.821	6.403	3.042	1.498	1.034	1.000	1.584	4.223	7.472
2002	11.521	12.370	12.036	13.045	7.537	4.362	1.824	1.156	806	875	1.388	1.977	5.741
2003	1.123	3.947	13.033	19.136	10.463	3.689	2.350	2.274	1.129	1.119	1.888	3.747	5.325
2004	7.797	12.753	28.146	27.629	14.680	6.680	3.296	1.888	1.363	1.309	2.439	3.688	9.306
2005	6.756	12.278	20.563	22.832	14.444	5.836	2.697	1.408	1.012	1.100	1.390	4.172	7.874
Min.	1.123	3.947	9.561	9.817	6.587	2.872	1.417	908	477	444	605	1.167	3.940
Méd.	7.783	12.746	18.125	19.960	15.668	7.094	2.886	1.564	1.068	1.118	1.881	3.753	7.804
Máx.	17.902	24.831	30.129	29.258	27.370	13.396	4.710	2.353	1.557	2.140	4.036	9.752	11.288

b) Série de Vazões Médias Mensais nos demais aproveitamentos

A série de vazões médias mensais do posto Altamira, definida nos Estudos de Viabilidade como sendo a série de vazões afluentes ao AHE Belo Monte, foi utilizada para definição das séries de vazões médias mensais para os aproveitamentos São Félix, Pombal e Altamira.

Em função da extensão da bacia, a transferência da série de vazões médias mensais do posto Altamira para os demais aproveitamentos levou em consideração o tempo de percurso das vazões ao longo da bacia.

Para estimativa deste tempo de percurso foram utilizados os dados de vazões diárias dos postos fluviométricos Passagem BR-080 (136.937 km²), Boa Sorte (206.863 km²), São Félix do Xingu (250.626 km²) e Belo Horizonte (277.265 km²), todos localizados no próprio rio Xingu.

O posto fluviométrico Boa Sorte (18460000) possui leituras de cotas a partir de janeiro de 1977 até novembro de 2002, havendo falhas e interrupções de registros em alguns períodos, sendo esses mais significativos nos anos de 1981, 1982, 2001 e 2002. Estão disponíveis 161 medições de vazão no posto.

O posto fluviométrico São Félix do Xingu (18510000) possui leituras de cotas a partir de junho de 1975 até fevereiro de 1998, havendo falhas e interrupções de registros em alguns períodos, sendo esses mais significativos nos anos de 1989 e 1990. Estão disponíveis 186 medições de vazão no posto.

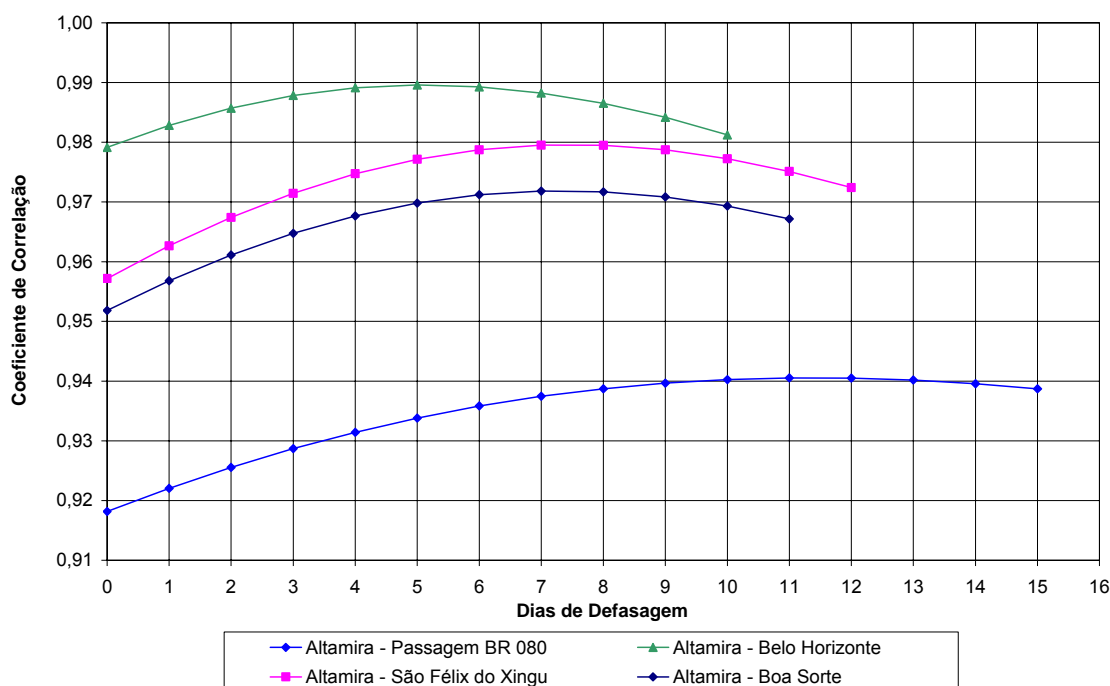
O posto fluviométrico Belo Horizonte (18520000) possui leituras de cotas a partir de maio de 1976 até março de 1998, havendo falhas e interrupções de registros em alguns períodos, sendo esses mais significativos nos anos de 1989, 1990 e 1992. Estão disponíveis 156 medições de vazão no posto.

Nos três postos, as medições de descarga líquida disponíveis referem-se ao mesmo período das cotas e abrangem quase que totalmente o intervalo de magnitude dessas, estabelecendo curvas de descarga com pequeno tramo de extrapolação. As vazões médias diárias foram geradas para todo o período de cotas disponível.

O posto Passagem BR 080 (18430000) possui leituras de cotas de outubro de 1975 a fevereiro de 1984 e medições de vazão no período de outubro de 1975 a julho de 1977. Apesar da pequena extensão da série deste posto, sua inclusão na análise é importante para retratar o tempo de percurso das vazões no trecho superior da bacia.

Os tempos de percurso das vazões entre os diversos postos da bacia e o posto Altamira foram avaliados utilizando-se o Método do Correlograma. Este método consiste em correlacionar as vazões médias diárias do posto fluviométrico de Altamira com as vazões médias diárias dos demais postos, separadamente, considerando-se diferentes cenários de defasagem no tempo: 1 dia, 2 dias, etc.

Para cada cenário de defasagem foi obtido o valor do coeficiente de correlação linear entre as vazões médias diárias e traçado os correlogramas em função dos dias de defasagem. A Figura 4-1 apresenta os correlogramas resultantes.

**Figura 4-1**

Determinação do tempo de percurso das vazões entre os diversos postos da bacia e o posto Altamira

Observando-se o correlograma na Figura 4-1, verifica-se que os coeficientes de correlação entre vazões diárias resultaram bastante altos, chegando a 0,99 na correlação de vazões do posto Altamira com as do posto Belo Horizonte, que é o mais próximo de Altamira. À medida que os postos se distanciam de Altamira, o coeficiente de correlação reduz-se, chegando a um mínimo de 0,94 na correlação efetuada com o posto Passagem BR-080, valor ainda bastante elevado.

O máximo valor do coeficiente de correlação obtido no correlograma indica o tempo de percurso a ser adotado para cada posto fluviométrico em relação ao posto de Altamira. A Tabela 4-5 apresenta os tempos de percurso resultantes.

Tabela 4-5

Tempos de percurso entre os postos da bacia e o posto de Altamira

Posto Fluviométrico	Tempo de percurso (dias)
Belo Horizonte	5
São Félix do Xingu	7
Boa Sorte	7
Passagem BR-080	11

Os tempos de percurso obtidos para os postos Belo Horizonte, São Félix do Xingu, Boa Sorte e Passagem BR-080 (Tabela 4-5) foram utilizados para definir os tempos de

percurso entre os aproveitamentos São Félix, Pombal e Altamira e o posto Altamira. Estes tempos de percurso foram obtidos linearmente, considerando-se a distância medida ao longo do curso do rio.

A Tabela 4-6 apresenta os tempos de percurso considerados para a obtenção das séries de vazões médias mensais nos locais dos aproveitamentos considerados no presente estudo de atualização do inventário.

Tabela 4-6
Tempos de percurso entre os aproveitamentos e o posto de Altamira

Aproveitamento	Tempo de percurso (dias)
São Félix	7
Pombal (Eixo 4)	6
Altamira	0

As séries de vazões médias mensais nos locais dos aproveitamentos foram obtidas com base na transferência, por relação entre as áreas de drenagem, da série definida para o posto fluviométrico Altamira, que por sua vez corresponde à série do AHE Belo Monte.

Para se efetuar esta transferência, foram definidas séries auxiliares no posto fluviométrico Altamira levando em consideração os tempos de percurso apresentados na Tabela 4-6. Esse procedimento permitiu efetuar a transferência das vazões médias mensais do posto Altamira para os locais dos aproveitamentos dentro da mesma base de tempo.

As séries auxiliares foram definidas através de uma função de proporcionalidade, determinada pela seguinte equação:

$$Q(j) = \frac{Q(j) \times (n - d) + Q(j + 1) \times d}{n}$$

Sendo:

$Q(j)$ - Vazão em Altamira no mês j

$Q(j+1)$ - Vazão em Altamira no mês $j+1$

d - tempo de percurso (dias)

n - número de dias do mês

As séries resultantes abrangem o período de janeiro de 1931 a dezembro de 2003, e são apresentadas nas Tabelas 4-6 a 4-9. A Tabela 4-10 e as Figuras 4-2 a 4-5 apresentam as curvas de permanência de vazões médias mensais correspondentes.

Tabela 4-7
Vazões médias mensais (m³/s) – AHE São Félix

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1931	3.686	6.103	8.853	11.429	8.558	3.695	1.257	698	538	728	1.308	2.364	4.102
1932	3.930	6.270	7.416	5.064	3.622	1.754	1.260	700	508	584	1.066	1.943	2.843
1933	3.547	5.776	7.569	8.194	5.973	2.611	1.003	557	434	602	1.081	1.968	3.276
1934	3.363	5.632	8.359	10.835	8.247	3.529	1.090	605	468	636	1.142	2.276	3.849
1935	4.569	7.440	10.159	12.281	8.952	3.857	1.283	712	521	603	1.084	2.198	4.472
1936	4.476	7.175	8.695	6.382	4.652	2.063	890	494	390	558	1.003	1.632	3.201
1937	2.117	3.563	5.344	6.940	5.319	2.432	1.301	722	514	540	970	1.785	2.629
1938	3.116	5.384	8.487	11.114	8.797	3.756	1.132	629	462	542	974	2.251	3.887
1939	5.494	8.945	10.450	7.327	5.341	2.473	1.427	792	589	719	1.292	2.490	3.945
1940	4.674	7.493	10.275	11.698	8.527	3.696	1.308	726	507	496	890	1.679	4.331
1941	3.072	5.002	6.728	7.825	5.704	2.488	934	519	424	662	1.190	1.906	3.038
1942	2.359	3.842	5.230	6.271	4.571	2.065	1.021	567	451	662	1.190	2.949	2.598
1943	7.743	11.871	11.942	7.648	3.930	1.825	1.068	593	443	547	982	1.799	4.199
1944	3.073	4.973	7.299	9.395	6.955	3.013	1.062	589	463	655	1.176	2.107	3.397
1945	3.482	6.149	10.070	13.268	10.743	4.503	1.060	588	443	559	1.005	1.900	4.481
1946	3.495	5.690	6.898	5.718	4.168	2.103	1.776	986	640	429	771	1.715	2.866
1947	4.006	6.696	9.908	12.835	9.747	4.094	995	552	454	716	1.287	2.572	4.489
1948	5.125	8.215	10.135	8.067	5.880	2.608	1.130	627	451	490	880	2.191	3.817
1949	5.773	9.108	9.854	6.544	4.117	1.960	1.304	724	512	523	940	1.801	3.597
1950	3.389	5.810	9.023	11.787	9.244	3.878	923	512	386	487	874	1.677	3.999
1951	3.162	5.149	6.052	4.372	3.187	1.601	1.334	740	521	526	944	1.675	2.439
1952	2.681	4.652	7.817	10.296	8.326	3.599	1.239	688	479	463	832	1.739	3.568
1953	3.746	6.315	9.498	12.340	9.476	4.027	1.145	636	536	893	1.605	2.628	4.404
1954	3.472	5.653	7.360	7.815	5.697	2.540	1.144	635	438	405	728	1.627	3.126
1955	3.825	6.427	9.602	12.461	9.527	4.024	1.057	587	449	594	1.067	2.072	4.308
1956	3.945	6.323	8.605	9.595	6.994	3.207	1.745	969	662	588	1.056	2.382	3.839
1957	5.656	9.210	11.592	11.055	8.058	3.455	1.090	605	445	521	936	1.750	4.531
1958	3.146	5.527	8.974	11.809	9.514	4.036	1.121	623	463	562	1.010	2.088	4.073
1959	4.426	7.207	9.203	9.206	6.711	2.972	1.272	706	495	490	879	1.551	3.760
1960	2.446	4.167	6.775	8.877	7.040	3.025	980	544	456	751	1.350	2.726	3.262
1961	5.586	8.718	9.183	6.021	3.546	1.682	1.102	612	436	462	830	1.522	3.308
1962	2.635	4.295	6.024	7.728	5.642	2.499	1.070	594	457	615	1.104	2.043	2.892
1963	3.599	5.861	7.192	6.257	4.561	2.072	1.067	592	408	376	676	2.069	2.894
1964	6.357	10.190	13.263	12.919	9.417	3.998	1.124	624	482	654	1.175	2.138	5.195
1965	3.647	5.939	8.087	9.706	7.075	3.113	1.262	700	508	570	1.024	1.662	3.608
1966	2.143	3.726	5.941	7.795	6.213	2.752	1.181	656	494	624	1.121	1.841	2.874
1967	2.450	4.841	9.373	12.649	11.123	4.636	996	553	407	482	865	1.532	4.159
1968	2.442	4.054	6.274	8.153	6.266	2.697	879	452	330	368	808	2.203	2.911
1969	3.714	5.293	6.772	6.807	4.986	2.069	738	382	218	223	342	821	2.697
1970	2.367	5.383	8.054	6.776	5.366	1.854	839	494	319	322	620	874	2.772
1971	1.566	3.309	4.912	6.233	4.671	2.435	1.098	550	342	525	1.388	2.063	2.424
1972	3.228	6.032	7.690	7.577	5.822	2.362	1.099	551	371	344	583	1.102	3.063
1973	2.280	4.063	7.180	8.849	6.976	3.034	1.545	911	559	806	1.617	2.799	3.385
1974	4.267	7.777	10.632	12.616	10.719	5.247	1.809	890	660	633	941	2.224	4.868
1975	4.244	7.556	9.106	9.346	7.352	3.438	1.574	779	450	383	712	1.679	3.885
1976	3.439	5.562	7.079	6.513	4.608	2.227	1.012	511	389	586	1.338	2.784	3.004
1977	4.928	7.554	8.451	8.255	8.002	4.056	1.818	831	579	884	1.696	3.377	4.203
1978	7.303	8.557	11.569	9.983	7.249	3.797	1.744	996	668	730	1.121	2.316	4.669
1979	5.018	9.197	10.695	7.603	4.559	2.073	1.017	665	652	729	1.066	2.063	3.778
1980	4.584	8.832	13.079	8.786	4.223	1.797	961	618	501	566	1.005	2.560	3.959
1981	5.326	6.824	6.258	7.041	3.892	1.669	900	616	494	529	1.194	2.952	3.141
1982	6.051	11.368	12.418	9.589	7.010	2.914	1.403	798	667	872	1.000	1.631	4.643
1983	3.820	7.162	7.719	6.815	3.089	1.535	871	597	507	671	1.257	2.127	3.014
1984	3.453	4.870	6.877	8.945	7.630	3.001	1.271	702	611	760	1.275	2.226	3.468
1985	5.832	10.721	11.316	10.629	9.347	3.817	1.678	903	618	762	1.679	4.129	5.119
1986	7.812	9.124	10.256	8.945	5.986	2.723	1.378	810	737	1.192	1.900	2.277	4.428
1987	3.433	4.979	8.003	7.477	4.273	1.883	953	593	493	569	837	1.822	2.943
1988	3.670	5.814	9.076	9.188	6.744	2.953	1.348	706	520	638	1.529	3.747	3.828
1989	5.575	7.043	9.104	10.505	7.958	3.758	1.805	979	695	819	2.123	5.380	4.645
1990	7.850	7.284	9.869	7.603	4.423	2.175	1.184	802	590	682	975	1.819	3.771
1991	4.388	7.497	8.514	10.194	7.425	3.635	1.517	790	553	637	1.049	1.975	4.015
1992	3.891	6.903	8.287	8.058	4.696	1.983	994	644	585	754	1.313	2.887	3.416
1993	4.471	6.121	8.679	6.901	4.467	2.006	998	645	611	672	967	2.233	3.231
1994	5.872	9.003	10.778	9.663	6.276	3.028	1.798	908	663	644	925	2.545	4.342
1995	6.148	8.473	9.491	9.786	9.041	5.090	1.928	952	614	588	1.001	2.638	4.646
1996	5.040	6.153	7.702	8.207	6.685	2.694	1.223	703	530	609	1.086	2.060	3.558
1997	4.219	7.090	8.122	9.902	6.645	2.486	1.197	697	545	557	665	1.089	3.601
1998	1.929	3.112	4.572	4.206	2.668	1.175	604	400	329	401	885	2.029	1.859
1999	3.305	4.332	6.101	5.638	4.637	2.231	915	477	374	468	819	2.208	2.625
2000	5.483	8.068	10.203	9.323	5.458	2.239	1.192	722	583	827	1.628	3.447	4.098
2001	5.449	6.615	8.039	7.736	4.559	2.608	1.250	647	476	525	1.021	2.724	3.471
2002	5.436	5.702	5.691	5.458	3.165	1.750	777	500	381	460	708	828	2.571
2003	817	2.886	6.688	7.942	4.146	1.567	1.082	935	523	600	1.077	1.346	2.467
2004	4.138	7.704	13.008	11.420	5.974	2.734	1.382	821	627	726	1.267	2.033	4.320
2005	3.714	6.659	9.781	9.688	5.801	2.368	1.117	612	479	541	946	1.499	3.600
Min.	817	2.886	4.572	4.206	2.668	1.175	604	382	218	223	342	821	1.859
Méd.	4.132	6.534	8.604	8.798	6.373	2.837	1.201	674	501	599	1.076	2.144	3.623
Máx.	7.850	11.871	13.263	13.268	11.123	5.247	1.928	996	737	1.192	2.123	5.380	5.195

Tabela 4-8
Vazões médias mensais (m³/s) – AHE Pombal

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1931	4.545	7.570	10.981	14.474	10.989	4.776	1.609	888	672	898	1.605	2.920	5.161
1932	4.853	7.791	9.442	6.424	4.652	2.226	1.613	890	640	719	1.312	2.388	3.579
1933	4.374	7.180	9.471	10.387	7.669	3.368	1.283	708	541	742	1.327	2.429	4.123
1934	4.147	6.975	10.368	13.714	10.589	4.568	1.395	770	584	784	1.401	2.779	4.840
1935	5.634	9.248	12.642	15.569	11.495	4.986	1.641	906	656	744	1.330	2.678	5.627
1936	5.527	8.910	11.047	8.091	5.974	2.654	1.139	628	485	689	1.231	2.045	4.035
1937	2.610	4.411	6.628	8.781	6.831	3.114	1.665	919	649	666	1.191	2.201	3.305
1938	3.842	6.642	10.526	14.045	11.295	4.864	1.449	800	581	669	1.195	2.704	4.884
1939	6.774	11.120	13.296	9.288	6.858	3.161	1.826	1.008	740	887	1.585	3.051	4.966
1940	5.772	9.305	12.825	14.830	10.949	4.774	1.674	924	643	611	1.092	2.063	5.455
1941	3.787	6.217	8.388	9.920	7.325	3.210	1.196	660	526	817	1.460	2.393	3.825
1942	2.909	4.776	6.510	7.950	5.870	2.649	1.307	722	562	817	1.460	3.518	3.254
1943	9.547	14.878	15.205	9.798	5.046	2.331	1.367	754	556	674	1.205	2.218	5.298
1944	3.795	6.168	9.053	11.904	8.930	3.892	1.359	750	577	807	1.443	2.606	4.274
1945	4.293	7.565	12.489	16.753	13.794	5.849	1.356	748	555	690	1.233	2.334	5.638
1946	4.309	7.074	8.728	7.249	5.352	2.653	2.273	1.255	820	529	946	2.068	3.605
1947	4.939	8.296	12.288	16.246	12.515	5.316	1.273	703	563	883	1.579	3.139	5.645
1948	6.328	10.202	12.843	10.227	7.551	3.356	1.446	798	569	604	1.080	2.612	4.801
1949	7.118	11.371	12.546	8.336	5.287	2.494	1.669	921	647	645	1.153	2.209	4.533
1950	4.179	7.174	11.191	14.902	11.870	5.036	1.181	652	484	600	1.073	2.057	5.033
1951	3.899	6.401	7.693	5.543	4.093	2.022	1.706	942	660	648	1.158	2.074	3.070
1952	3.310	5.719	9.695	13.001	10.692	4.651	1.585	875	608	571	1.021	2.111	4.487
1953	4.619	7.815	11.780	15.613	12.168	5.219	1.465	809	662	1.102	1.970	3.289	5.543
1954	4.281	7.027	9.218	9.907	7.315	3.265	1.463	808	556	500	893	1.962	3.933
1955	4.716	7.956	11.910	15.769	12.233	5.220	1.353	747	562	732	1.309	2.537	5.420
1956	4.871	7.852	10.752	12.163	8.981	4.104	2.233	1.233	842	725	1.296	2.869	4.827
1957	6.974	11.448	14.588	14.014	10.347	4.470	1.394	770	559	643	1.149	2.153	5.709
1958	3.878	6.804	11.131	14.914	12.217	5.231	1.435	792	581	693	1.240	2.539	5.121
1959	5.458	8.959	11.558	11.671	8.617	3.825	1.628	899	627	604	1.079	1.922	4.737
1960	3.020	5.135	8.403	11.218	9.040	3.913	1.254	692	564	927	1.657	3.323	4.095
1961	6.887	10.899	11.692	7.685	4.553	2.142	1.410	779	551	570	1.018	1.876	4.172
1962	3.249	5.338	7.472	9.797	7.245	3.216	1.369	756	571	758	1.355	2.516	3.637
1963	4.438	7.285	9.083	7.932	5.856	2.656	1.365	753	518	464	829	2.423	3.634
1964	7.849	12.654	16.676	16.378	12.092	5.182	1.438	794	602	807	1.442	2.639	6.546
1965	4.497	7.382	10.066	12.305	9.085	4.011	1.614	891	640	703	1.256	2.083	4.544
1966	2.642	4.593	7.369	9.848	7.978	3.542	1.512	834	619	769	1.376	2.303	3.615
1967	3.021	5.877	11.625	15.917	14.282	6.027	1.274	703	512	594	1.061	1.898	5.233
1968	3.015	5.012	7.782	10.315	8.046	3.487	1.126	575	415	457	959	2.711	3.658
1969	4.616	6.579	8.504	8.627	6.409	2.672	944	489	275	278	419	983	3.400
1970	2.873	6.594	10.196	8.553	6.922	2.384	1.071	630	405	392	771	1.085	3.490
1971	1.899	4.097	6.097	7.900	5.976	3.130	1.408	703	431	624	1.718	2.570	3.046
1972	3.943	7.499	9.671	9.583	7.491	3.034	1.409	702	471	424	720	1.339	3.857
1973	2.821	4.961	8.935	11.182	8.965	3.892	1.972	1.167	699	988	1.980	3.488	4.254
1974	5.225	9.655	13.267	15.909	13.726	6.777	2.321	1.132	832	795	1.133	2.736	6.126
1975	5.191	9.426	11.432	11.818	9.432	4.418	2.017	996	573	475	863	2.046	4.891
1976	4.243	6.911	8.918	8.269	5.906	2.862	1.297	650	486	715	1.629	3.426	3.776
1977	6.082	9.446	10.657	10.349	10.246	5.213	2.336	1.061	723	1.079	2.104	4.047	5.279
1978	9.183	10.572	14.612	12.668	9.275	4.880	2.230	1.270	840	909	1.373	2.826	5.887
1979	6.134	11.444	13.583	9.701	5.853	2.661	1.298	839	819	907	1.316	2.504	4.755
1980	5.632	10.821	16.622	11.272	5.431	2.302	1.226	784	630	703	1.215	3.105	4.979
1981	6.607	8.650	7.794	9.002	5.004	2.138	1.146	781	625	651	1.434	3.625	3.955
1982	7.367	14.203	15.753	12.150	9.015	3.741	1.794	1.014	830	1.095	1.244	1.986	5.849
1983	4.642	8.982	9.710	8.759	3.959	1.965	1.109	757	636	823	1.551	2.622	3.793
1984	4.295	6.049	8.544	11.263	9.820	3.863	1.628	889	767	935	1.588	2.683	4.360
1985	7.097	13.444	14.281	13.369	12.023	4.910	2.148	1.152	778	934	2.033	5.017	6.432
1986	9.786	11.404	12.943	11.373	7.686	3.492	1.761	1.027	914	1.464	2.386	2.814	5.587
1987	4.291	6.089	10.058	9.551	5.490	2.416	1.216	753	618	711	1.023	2.214	3.703
1988	4.558	7.140	11.393	11.643	8.664	3.794	1.728	898	654	784	1.828	4.635	4.810
1989	6.965	8.773	11.361	13.302	10.208	4.825	2.311	1.246	877	1.000	2.540	6.617	5.835
1990	9.961	8.986	12.498	9.711	5.670	2.787	1.506	1.021	740	849	1.208	2.200	4.761
1991	5.365	9.413	10.598	12.930	9.513	4.680	1.944	1.007	695	789	1.288	2.425	5.054
1992	4.759	8.619	10.399	10.287	6.038	2.545	1.268	816	731	938	1.589	3.561	4.296
1993	5.591	7.529	10.988	8.783	5.736	2.574	1.274	814	768	837	1.194	2.658	4.062
1994	7.258	11.219	13.583	12.300	8.053	3.865	2.306	1.156	837	808	1.123	3.045	5.463
1995	7.632	10.607	11.932	12.308	11.539	6.565	2.473	1.215	776	734	1.205	3.205	5.849
1996	6.307	7.665	9.660	10.355	8.602	3.463	1.564	894	667	751	1.335	2.522	4.482
1997	5.164	8.904	10.095	12.579	8.562	3.192	1.530	885	686	700	824	1.337	4.538
1998	2.391	3.828	5.755	5.357	3.427	1.507	770	508	414	493	1.070	2.492	2.334
1999	4.138	5.340	7.697	7.118	5.942	2.874	1.172	606	469	580	998	2.636	3.297
2000	6.801	10.032	12.839	11.898	7.023	2.869	1.522	919	727	1.020	1.978	4.245	5.156
2001	6.819	8.249	10.090	9.884	5.821	3.347	1.602	822	600	650	1.233	3.291	4.367
2002	6.825	7.183	7.144	6.976	4.043	2.251	990	636	479	569	880	1.058	3.253
2003	975	3.442	8.302	10.164	5.345	1.998	1.364	1.199	658	740	1.320	1.765	3.106
2004	5.114	9.375	16.381	14.624	7.670	3.506	1.766	1.044	790	892	1.571	2.501	5.436
2005	4.570	8.208	12.267	12.355	7.463	3.042	1.430	778	601	675	1.137	1.965	4.541
Min.	975	3.442	5.755	3.357	3.427	1.507	770	489	275	278	419	983	2.334
Méd.	5.107	8.112	10.794	11.157	8.182	3.652	1.536	858	630	739	1.317	2.626	4.559
Máx.	9.961	14.878	16.676	16.753	14.282	6.777	2.473	1.270	914	1.464	2.540	6.617	6.546

Tabela 4-9
Vazões médias mensais (m³/s) – AHE Altamira

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1931	6.784	11.773	17.072	25.608	20.974	9.425	3.014	1.614	1.098	1.343	2.318	4.418	8.787
1932	7.318	12.262	17.211	11.474	8.878	3.990	3.022	1.618	1.100	1.058	1.925	3.482	6.111
1933	6.528	11.330	15.591	18.480	14.637	6.578	2.404	1.288	876	1.109	1.915	3.651	7.032
1934	6.190	10.742	16.119	24.179	20.210	9.083	2.614	1.400	953	1.172	2.023	3.857	8.212
1935	8.410	14.593	20.082	27.700	21.939	9.860	3.075	1.647	1.120	1.112	1.920	3.661	9.593
1936	8.335	13.965	19.904	14.395	11.401	5.124	2.133	1.142	777	1.030	1.777	3.388	6.948
1937	3.896	6.761	10.305	15.458	13.037	5.858	3.119	1.670	1.135	996	1.719	3.277	5.603
1938	5.735	9.951	16.365	24.548	21.558	9.688	2.714	1.454	989	1.000	1.725	3.290	8.251
1939	10.112	17.547	24.146	16.525	13.088	5.882	3.421	1.833	1.246	1.326	2.289	4.363	8.481
1940	8.703	14.583	20.785	26.385	20.898	9.392	3.136	1.680	1.142	914	1.577	3.006	9.350
1941	5.653	9.811	13.501	17.650	13.980	6.282	2.240	1.200	816	1.221	2.107	4.018	6.540
1942	4.342	7.536	10.371	14.145	11.203	5.034	2.449	1.312	892	1.221	2.107	4.019	5.386
1943	14.251	24.730	27.715	18.476	9.631	4.328	2.561	1.371	933	1.008	1.739	3.316	9.172
1944	5.723	9.589	14.074	21.112	17.044	7.660	2.547	1.363	928	1.207	2.082	3.972	7.275
1945	6.409	11.122	19.418	29.126	26.327	11.832	2.541	1.360	926	1.031	1.780	3.392	9.605
1946	6.432	11.162	15.360	12.897	10.215	4.590	4.259	2.281	1.551	791	1.365	2.603	6.126
1947	7.372	12.793	19.105	28.657	23.886	10.735	2.385	1.278	869	1.321	2.280	4.347	9.586
1948	9.542	15.989	22.788	18.196	14.411	6.477	2.709	1.451	987	904	1.560	2.973	8.165
1949	10.626	18.440	22.869	15.246	10.091	4.534	3.126	1.674	1.138	965	1.664	3.173	7.796
1950	6.237	10.824	17.399	26.099	22.655	10.181	2.213	1.185	806	898	1.549	2.952	8.583
1951	5.820	10.101	13.899	9.862	7.811	3.510	3.197	1.713	1.164	969	1.672	3.188	5.242
1952	4.992	8.364	15.073	22.611	20.406	9.170	2.970	1.590	1.082	854	1.473	2.810	7.616
1953	6.895	11.965	18.315	27.473	23.224	10.437	2.745	1.470	1.000	1.647	2.843	5.421	9.453
1954	6.390	11.089	15.260	17.627	13.961	6.274	2.742	1.469	999	747	1.289	2.458	6.692
1955	7.040	12.217	18.516	27.774	23.348	10.492	2.535	1.357	923	1.095	1.889	3.602	9.232
1956	7.345	12.307	17.540	21.640	17.140	7.702	4.183	2.241	1.524	1.085	1.871	3.567	8.179
1957	10.410	18.065	24.860	24.933	19.748	8.875	2.612	1.399	952	962	1.658	3.163	9.803
1958	5.789	10.447	17.305	25.959	23.317	10.478	2.688	1.440	979	1.037	1.790	3.413	8.687
1959	8.147	14.137	19.454	20.764	16.446	7.391	3.051	1.634	1.110	903	1.558	2.971	8.130
1960	4.554	7.632	13.065	19.597	17.254	7.753	2.349	1.258	855	1.385	2.391	4.559	6.888
1961	10.280	17.840	21.312	14.208	8.689	3.905	2.641	1.415	962	852	1.470	2.804	7.198
1962	4.850	8.417	11.616	17.425	13.827	6.214	2.566	1.374	935	1.133	1.956	3.730	6.170
1963	6.624	11.496	15.819	14.112	11.177	5.022	2.558	1.369	932	694	1.197	2.282	6.107
1964	11.837	19.832	28.266	29.139	23.079	10.372	2.694	1.443	982	1.206	2.081	3.969	11.242
1965	6.713	11.649	16.030	21.892	17.340	7.792	3.025	1.619	1.101	1.051	1.814	3.458	7.790
1966	3.944	6.844	11.456	17.185	15.226	6.842	2.832	1.517	1.032	1.150	1.986	3.787	6.150
1967	4.510	7.826	18.074	27.111	27.259	12.250	2.387	1.279	870	888	1.532	2.921	8.909
1968	4.547	7.619	12.099	18.148	15.357	6.901	2.130	1.046	706	715	1.048	3.987	6.192
1969	7.270	10.377	14.306	15.315	12.290	5.252	1.776	921	475	442	603	1.162	5.849
1970	3.818	9.403	17.995	14.847	13.536	4.585	1.988	1.157	730	537	1.220	1.693	5.959
1971	2.506	6.295	9.522	14.040	11.195	6.005	2.664	1.306	747	688	2.633	4.116	5.143
1972	5.496	11.841	16.414	16.813	14.448	5.798	2.671	1.281	845	637	1.086	1.798	6.594
1973	4.310	6.892	14.203	19.539	17.183	7.385	3.643	2.194	1.136	1.412	2.823	5.594	7.193
1974	7.424	15.099	21.463	27.455	25.821	13.342	4.416	2.047	1.438	1.343	1.409	4.027	10.440
1975	7.323	15.221	19.200	20.711	17.912	8.461	3.820	1.858	1.039	730	1.140	2.798	8.351
1976	6.363	10.868	15.296	14.832	11.172	5.486	2.459	1.185	790	981	2.209	5.049	6.391
1977	9.145	15.483	18.395	17.243	19.267	9.995	4.468	1.963	1.167	1.493	3.281	4.818	8.893
1978	15.577	16.000	25.458	22.660	17.363	9.364	4.152	2.344	1.428	1.455	1.949	3.908	10.138
1979	8.608	18.174	24.428	17.887	11.159	5.071	2.399	1.441	1.384	1.445	1.973	3.325	8.108
1980	8.203	15.437	30.007	21.416	10.440	4.343	2.255	1.403	1.065	1.111	1.565	4.098	8.445
1981	10.279	15.376	12.452	16.785	9.612	4.034	2.090	1.388	1.092	958	1.742	5.260	6.756
1982	10.020	23.150	28.134	21.560	17.349	7.136	3.355	1.830	1.308	1.841	1.975	2.707	10.030
1983	6.216	14.994	16.499	16.797	7.487	3.682	2.023	1.345	1.060	1.181	2.327	3.911	6.460
1984	6.802	9.499	13.443	19.264	18.971	7.467	3.066	1.570	1.294	1.366	2.545	3.363	7.387
1985	9.624	22.428	24.745	22.707	23.151	9.456	4.033	2.117	1.323	1.338	2.655	6.716	10.858
1986	16.220	18.632	22.428	20.576	14.662	6.622	3.284	1.831	1.416	2.131	4.020	4.265	9.674
1987	7.014	8.575	17.012	17.732	10.507	4.588	2.248	1.345	1.027	1.158	1.440	2.965	6.301
1988	7.151	10.361	19.128	20.674	16.573	7.272	3.261	1.633	1.106	1.148	2.127	7.073	8.126
1989	11.361	14.026	18.380	23.509	19.377	9.198	4.342	2.271	1.519	1.398	2.985	9.712	9.840
1990	17.829	13.474	22.102	18.017	10.727	5.256	2.738	1.860	1.241	1.347	1.865	2.841	8.275
1991	7.546	15.827	16.871	23.075	17.941	9.057	3.667	1.848	1.177	1.222	1.865	3.519	8.635
1992	6.706	13.986	17.421	19.024	11.605	4.841	2.336	1.440	1.185	1.490	2.055	5.328	7.285
1993	9.171	11.048	19.397	15.982	10.953	4.897	2.355	1.409	1.302	1.338	1.801	2.973	6.886
1994	11.032	17.979	23.346	22.388	15.313	7.144	4.372	2.096	1.447	1.348	1.501	3.574	9.295
1995	11.936	17.508	20.212	20.903	21.322	12.820	4.691	2.244	1.356	1.192	1.498	4.283	9.997
1996	10.390	12.275	16.123	17.924	16.591	6.652	2.920	1.617	1.142	1.120	1.951	3.576	7.690
1997	7.323	14.985	15.908	22.651	16.643	6.089	2.853	1.591	1.168	1.174	1.271	1.938	7.800
1998	3.705	5.630	9.821	9.777	6.560	2.860	1.411	905	705	712	1.373	3.628	3.924
1999	6.839	7.959	13.306	12.365	11.228	5.572	2.216	1.096	775	897	1.368	3.036	5.555
2000	10.573	15.864	21.872	21.973	13.552	5.410	2.819	1.662	1.169	1.522	2.645	6.280	8.778
2001	11.230	13.287	16.924	18.374	10.777	6.377	3.030	1.492	1.030	996	1.577	4.205	7.442
2002	11.474	12.319	11.987	12.992	7.507	4.345	1.817	1.151	802	871	1.383	1.969	5.718
2003	1.119	3.930	12.980	19.058	10.421	3.674	2.340	2.265	1.124	1.114	1.880	3.732	5.303
2004	7.765	12.701	28.032	27.516	14.620	6.653	3.283	1.881	1.358	1.303	2.429	3.673	9.268
2005	6.728	12.228	20.479	22.739	14.386	5.812	2.686	1.403	1.007	1.095	1.384	4.155	7.842
Min.	1.119	3.930	9.522	9.777	6.560	2.860	1.411	905	475	442	603	1.162	3.924
Méd.	7.752	12.694	18.051	19.879	15.604	7.066	2.874	1.558	1.064	1.114	1.873	3.738	7.772
Máx.	17.829	24.730	30.007	29.139	27.259	13.342	4.691	2.344	1.551	2.131	4.020	9.712	11.242

Tabela 4-10
Vazões médias mensais (m³/s) – AHE Belo Monte

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1931	6.812	11.821	17.142	25.713	21.060	9.464	3.026	1.621	1.102	1.348	2.327	4.436	8.823
1932	7.348	12.312	17.281	11.521	8.914	4.006	3.034	1.625	1.105	1.062	1.933	3.496	6.136
1933	6.555	11.376	15.655	18.556	14.697	6.605	2.414	1.293	880	1.114	1.923	3.666	7.061
1934	6.215	10.786	16.185	24.278	20.293	9.120	2.625	1.406	956	1.177	2.031	3.873	8.245
1935	8.444	14.653	20.164	27.813	22.029	9.900	3.088	1.654	1.125	1.117	1.928	3.676	9.633
1936	8.369	14.022	19.985	14.454	11.448	5.145	2.142	1.147	780	1.034	1.784	3.402	6.976
1937	3.912	6.789	10.347	15.521	13.090	5.882	3.132	1.677	1.140	1.000	1.726	3.290	5.626
1938	5.758	9.992	16.432	24.648	21.646	9.728	2.725	1.460	993	1.004	1.732	3.303	8.285
1939	10.153	17.619	24.245	16.593	13.142	5.906	3.435	1.840	1.251	1.331	2.298	4.381	8.516
1940	8.739	14.643	20.870	26.493	20.983	9.430	3.149	1.687	1.147	918	1.583	3.018	9.388
1941	5.676	9.851	13.556	17.722	14.037	6.308	2.249	1.205	820	1.226	2.116	4.034	6.567
1942	4.360	7.567	10.413	14.203	11.249	5.055	2.459	1.317	896	1.226	2.116	4.035	5.408
1943	14.309	24.831	27.828	18.552	9.670	4.346	2.571	1.377	937	1.012	1.746	3.330	9.209
1944	5.746	9.628	14.132	21.198	17.114	7.691	2.557	1.369	932	1.212	2.091	3.988	7.305
1945	6.435	11.167	19.497	29.245	26.435	11.880	2.551	1.366	929	1.035	1.787	3.406	9.644
1946	6.458	11.208	15.423	12.950	10.257	4.609	4.276	2.290	1.557	795	1.371	2.614	6.151
1947	7.402	12.845	19.183	28.774	23.984	10.779	2.395	1.283	873	1.326	2.289	4.365	9.625
1948	9.581	16.054	22.881	18.270	14.470	6.503	2.720	1.457	991	908	1.566	2.985	8.199
1949	10.669	18.515	22.963	15.308	10.132	4.553	3.139	1.681	1.143	969	1.671	3.186	7.827
1950	6.263	10.868	17.470	26.206	22.748	10.223	2.222	1.190	810	901	1.555	2.964	8.618
1951	5.844	10.142	13.956	9.902	7.843	3.524	3.210	1.720	1.169	973	1.679	3.201	5.264
1952	5.012	8.398	15.135	22.703	20.489	9.208	2.982	1.597	1.086	858	1.479	2.821	7.647
1953	6.923	12.014	18.390	27.585	23.319	10.480	2.756	1.476	1.004	1.654	2.855	5.443	9.492
1954	6.416	11.134	15.322	17.699	14.018	6.300	2.753	1.475	1.003	750	1.294	2.468	6.719
1955	7.069	12.267	18.592	27.888	23.443	10.535	2.545	1.363	927	1.099	1.897	3.617	9.270
1956	7.375	12.357	17.612	21.729	17.210	7.734	4.200	2.250	1.530	1.089	1.879	3.582	8.212
1957	10.453	18.139	24.962	25.035	19.829	8.911	2.623	1.405	956	966	1.665	3.176	9.843
1958	5.813	10.088	17.376	26.065	23.412	10.521	2.699	1.446	983	1.041	1.797	3.427	8.722
1959	8.180	14.195	19.534	20.849	16.513	7.421	3.063	1.641	1.115	907	1.564	2.983	8.164
1960	4.573	7.663	13.118	19.677	17.325	7.785	2.359	1.263	859	1.391	2.401	4.578	6.916
1961	10.322	17.913	21.399	14.266	8.725	3.921	2.652	1.421	966	856	1.476	2.815	7.228
1962	4.870	8.451	11.664	17.496	13.884	6.239	2.576	1.380	939	1.138	1.964	3.745	6.195
1963	6.651	11.543	15.884	14.170	11.223	5.043	2.568	1.375	936	697	1.202	2.291	6.132
1964	11.885	19.913	28.382	29.258	23.173	10.414	2.705	1.449	986	1.211	2.090	3.985	11.288
1965	6.740	11.697	16.096	21.982	17.411	7.824	3.037	1.626	1.106	1.055	1.821	3.472	7.822
1966	3.960	6.872	11.503	17.255	15.288	6.870	2.844	1.523	1.036	1.155	1.994	3.802	6.175
1967	4.528	7.858	18.148	27.222	27.370	12.300	2.397	1.284	873	892	1.538	2.933	8.945
1968	4.566	7.650	12.148	18.222	15.420	6.929	2.139	1.051	709	718	1.052	4.004	6.217
1969	7.299	10.419	14.365	15.377	12.340	5.273	1.783	924	477	444	605	1.167	5.873
1970	3.833	9.442	18.069	14.908	13.592	4.604	1.996	1.161	733	539	1.225	1.700	5.983
1971	2.516	6.320	9.561	14.097	11.241	6.029	2.675	1.312	750	691	2.643	4.133	5.164
1972	5.518	11.889	16.481	16.882	14.507	5.822	2.682	1.286	848	639	1.090	1.805	6.621
1973	4.327	6.920	14.261	19.619	17.253	7.415	3.658	2.203	1.141	1.418	2.834	5.617	7.222
1974	7.455	15.161	21.551	27.567	25.927	13.396	4.434	2.056	1.444	1.348	1.415	4.044	10.483
1975	7.353	15.283	19.279	20.795	17.986	8.496	3.836	1.865	1.043	733	1.145	2.810	8.385
1976	6.389	10.913	15.358	14.893	11.218	5.508	2.469	1.190	793	985	2.218	5.069	6.417
1977	9.182	15.546	18.470	17.313	19.345	10.036	4.486	1.972	1.172	1.499	3.294	4.838	8.929
1978	15.641	16.065	25.562	22.753	17.434	9.402	4.169	2.353	1.433	1.461	1.957	3.924	10.180
1979	8.644	18.249	24.527	17.960	11.205	5.092	2.409	1.447	1.390	1.451	1.981	3.339	8.141
1980	8.237	15.500	30.129	21.504	10.483	4.361	2.264	1.409	1.069	1.116	1.571	4.115	8.480
1981	10.321	15.439	12.503	16.853	9.651	4.051	2.099	1.394	1.096	962	1.749	5.282	6.783
1982	10.061	23.245	28.249	21.649	17.420	7.165	3.369	1.838	1.313	1.848	1.984	2.718	10.071
1983	6.242	15.055	16.566	16.866	7.518	3.697	2.031	1.351	1.064	1.186	2.337	3.927	6.487
1984	6.829	9.538	13.498	19.343	19.049	7.497	3.079	1.576	1.299	1.371	2.555	3.377	7.418
1985	9.663	22.519	24.847	22.800	23.246	9.495	4.050	2.126	1.328	1.344	2.666	6.743	10.902
1986	16.286	18.708	22.519	20.660	14.722	6.649	3.298	1.839	1.421	2.140	4.036	4.283	9.713
1987	7.043	8.610	17.081	17.804	10.549	4.606	2.257	1.350	1.032	1.163	1.446	2.977	6.327
1988	7.181	10.404	19.207	20.759	16.641	7.302	3.275	1.640	1.111	1.153	2.136	7.102	8.159
1989	11.408	14.084	18.455	23.605	19.456	9.236	4.359	2.280	1.525	1.404	2.998	9.752	9.880
1990	17.902	13.529	22.193	18.090	10.771	5.277	2.750	1.868	1.246	1.353	1.873	2.853	8.309
1991	7.577	15.891	16.940	23.169	18.014	9.095	3.682	1.855	1.182	1.227	1.872	3.534	8.670
1992	6.733	14.043	17.492	19.102	11.653	4.860	2.346	1.446	1.190	1.496	2.063	5.350	7.315
1993	9.209	11.094	19.477	16.048	10.998	4.917	2.365	1.414	1.307	1.344	1.809	2.985	6.914
1994	11.077	18.053	23.442	22.479	15.375	7.173	4.390	2.105	1.453	1.353	1.507	3.588	9.333
1995	11.984	17.579	20.295	20.988	21.409	12.872	4.710	2.253	1.362	1.197	1.504	4.300	10.038
1996	10.432	12.325	16.189	17.998	16.659	6.679	2.932	1.624	1.146	1.125	1.959	3.590	7.721
1997	7.353	15.047	15.973	22.744	16.711	6.114	2.865	1.598	1.172	1.179	1.276	1.946	7.831
1998	3.720	5.653	9.861	9.817	6.587	2.872	1.417	908	708	715	1.378	3.643	3.940
1999	6.867	7.992	13.361	12.416	11.274	5.594	2.225	1.100	778	901	1.373	3.049	5.577
2000	10.616	15.929	21.962	22.063	13.607	5.432	2.830	1.668	1.174	1.528	2.656	6.305	8.814
2001	11.276	13.342	16.993	18.449	10.821	6.403	3.042	1.498	1.034	1.000	1.584	4.223	7.472
2002	11.521	12.370	12.036	13.045	7.537	4.362	1.824	1.156	806	875	1.388	1.977	5.741
2003	1.123	3.947	13.033	19.136	10.463	3.689	2.350	2.274	1.129	1.119	1.888	3.747	5.325
2004	7.797	12.753	28.146	27.629	14.680	6.680	3.296	1.888	1.363	1.309	2.439	3.688	9.306
2005	6.756	12.278	20.563	22.832	14.444	5.836	2.697	1.408	1.012	1.100	1.390	4.172	7.874
Mín.	1.123	3.947	9.561	9.817	6.587	2.872	1.417	908	477	444	605	1.167	3.940
Méd.	7.783	12.746	18.125	19.960	15.668	7.094	2.886	1.564	1.068	1.118	1.881	3.753	7.804
Máx.	17.902	24.831	30.129	29.258	27.370	13.396	4.710	2.353	1.557	2.140	4.036	9.752	11.288

4.3.3 - Curvas de Permanência de Vazões Médias Mensais

Tabela 4-11
Curvas de permanência de vazões médias mensais nos aproveitamentos

Perm.	Vazões (m³/s)				Perm.	Vazões (m³/s)			
	Belo Monte (EP)	Altamira	Pombal	São Félix do Xingu		Belo Monte (EP)	Altamira	Pombal	São Félix do Xingu
100%	444	442	275	218	50%	4.389	4.389	2.740	2.233
99%	714	714	431	339	49%	4.593	4.558	2.871	2.311
98%	786	786	479	390	48%	5.006	4.928	3.071	2.433
97%	853	846	517	416	47%	5.297	5.297	3.213	2.548
96%	909	902	547	435	46%	5.685	5.678	3.351	2.666
95%	941	933	577	455	45%	6.120	6.060	3.507	2.787
94%	973	964	604	475	44%	6.371	6.298	3.809	3.023
93%	1.006	995	622	494	43%	6.612	6.583	3.916	3.135
92%	1.044	1.034	641	510	42%	6.822	6.802	4.128	3.342
91%	1.082	1.075	659	524	41%	7.088	7.059	4.296	3.464
90%	1.112	1.109	677	538	40%	7.368	7.334	4.528	3.590
89%	1.136	1.133	696	552	39%	7.551	7.535	4.672	3.715
88%	1.160	1.157	713	566	38%	7.856	7.834	4.834	3.834
87%	1.184	1.181	729	580	37%	8.477	8.477	5.026	3.983
86%	1.216	1.212	746	593	36%	9.148	9.098	5.216	4.100
85%	1.264	1.262	763	609	35%	9.492	9.465	5.360	4.266
84%	1.307	1.307	779	625	34%	9.762	9.712	5.608	4.465
83%	1.336	1.334	796	641	33%	10.063	10.029	5.831	4.586
82%	1.365	1.361	816	658	32%	10.384	10.309	6.009	4.694
81%	1.394	1.388	838	674	31%	10.505	10.463	6.308	5.023
80%	1.423	1.417	860	690	30%	10.840	10.795	6.595	5.293
79%	1.453	1.448	881	711	29%	11.218	11.141	6.835	5.407
78%	1.483	1.479	905	739	28%	11.454	11.402	6.968	5.577
77%	1.522	1.517	946	767	27%	11.818	11.772	7.139	5.697
76%	1.573	1.571	987	795	26%	12.268	12.227	7.307	5.848
75%	1.625	1.625	1.027	825	25%	12.850	12.800	7.525	6.020
74%	1.679	1.679	1.067	856	24%	13.388	13.382	7.681	6.177
73%	1.759	1.753	1.106	887	23%	14.021	13.932	7.907	6.281
72%	1.833	1.828	1.150	917	22%	14.231	14.197	8.264	6.596
71%	1.890	1.890	1.193	947	21%	14.652	14.578	8.609	6.776
70%	1.955	1.955	1.227	977	20%	15.210	15.204	8.764	6.937
69%	2.041	2.036	1.259	1.006	19%	15.446	15.377	8.968	7.069
68%	2.156	2.144	1.291	1.034	18%	15.924	15.883	9.091	7.262
67%	2.237	2.232	1.331	1.062	17%	16.406	16.312	9.435	7.452
66%	2.298	2.298	1.374	1.090	16%	16.825	16.738	9.619	7.635
65%	2.407	2.384	1.421	1.123	15%	17.235	17.147	9.790	7.777
64%	2.538	2.538	1.475	1.161	14%	17.451	17.381	10.041	8.012
63%	2.637	2.633	1.539	1.199	13%	17.868	17.768	10.294	8.123
62%	2.733	2.719	1.610	1.264	12%	18.083	18.011	10.533	8.366
61%	2.840	2.833	1.677	1.336	11%	18.465	18.374	10.898	8.632
60%	2.929	2.929	1.812	1.480	10%	19.180	19.130	11.190	8.890
59%	3.025	3.025	1.947	1.592	9%	19.612	19.512	11.381	9.081
58%	3.138	3.127	2.039	1.646	8%	20.488	20.488	11.622	9.222
57%	3.292	3.270	2.142	1.697	7%	21.152	21.152	11.951	9.413
56%	3.453	3.429	2.252	1.768	6%	21.958	21.858	12.254	9.658
55%	3.611	3.611	2.329	1.844	5%	22.736	22.645	12.593	9.993
54%	3.811	3.781	2.396	1.927	4%	23.272	23.172	13.044	10.286
53%	3.973	3.951	2.512	2.015	3%	24.508	24.408	13.736	10.777
52%	4.084	4.067	2.605	2.077	2%	25.972	25.872	14.572	11.536
51%	4.284	4.284	2.659	2.154	1%	27.812	27.636	15.718	12.418
					0%	30.129	30.006	16.753	13.268

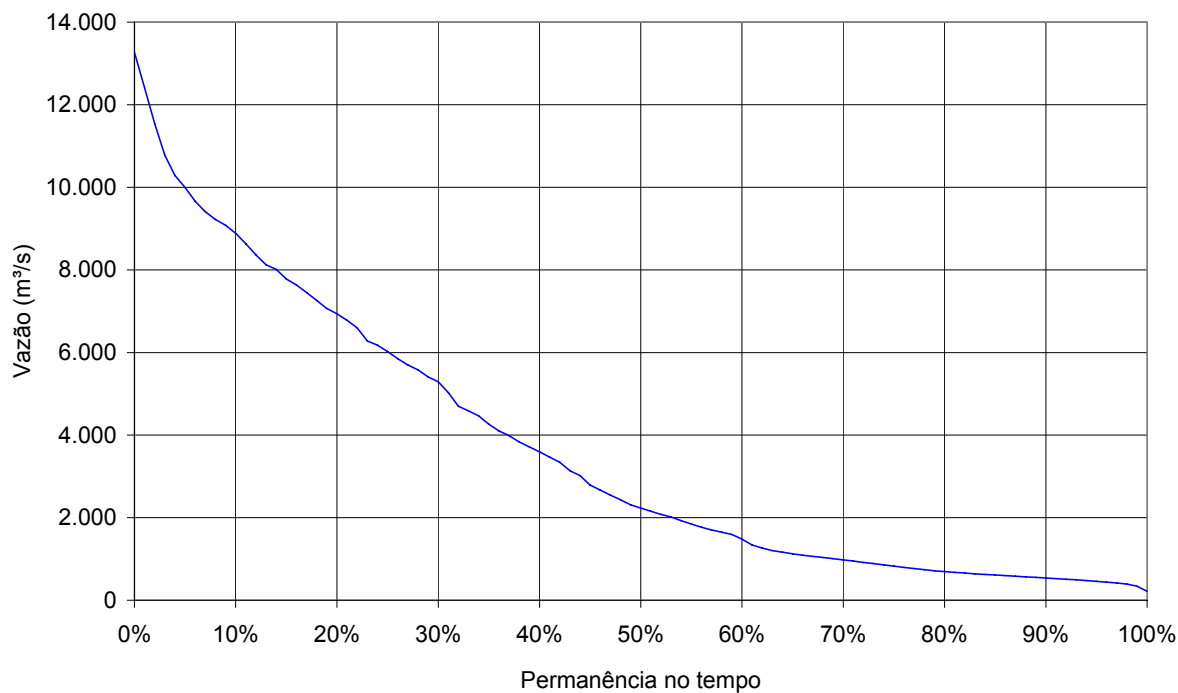


Figura 4-2
AHE São Félix do Xingu
Curva de permanência de vazões médias mensais

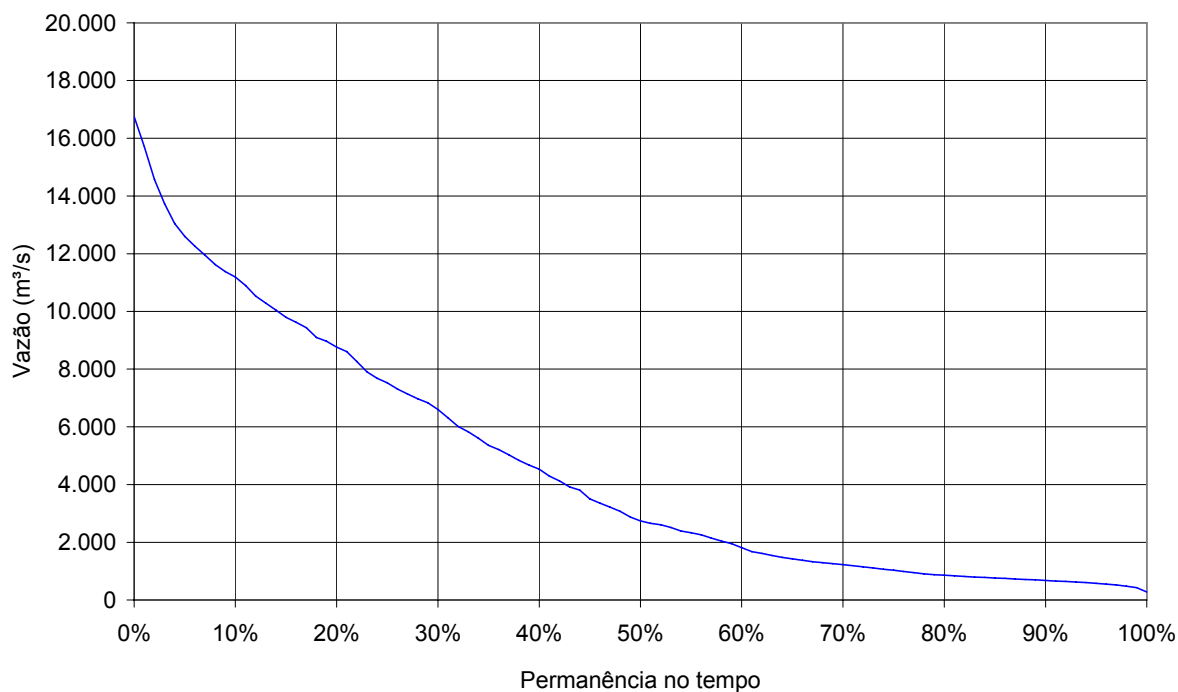


Figura 4-3
AHE Pombal
Curva de permanência de vazões médias mensais

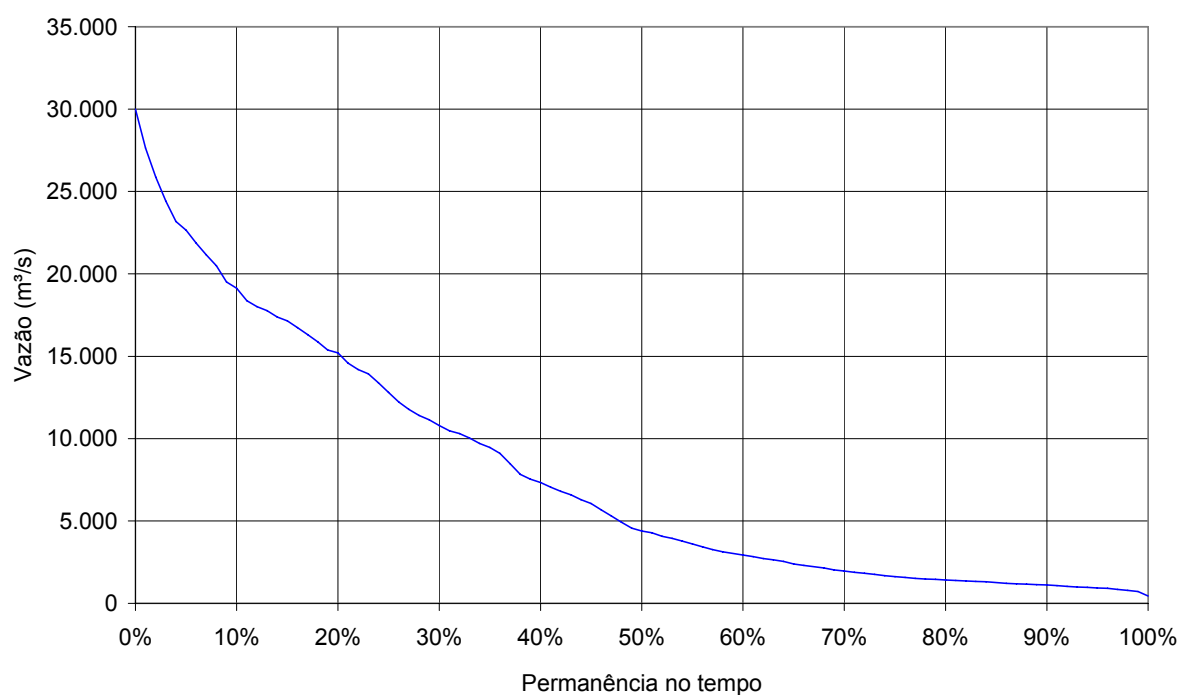


Figura 4-4
AHE Altamira
Curva de permanência de vazões médias mensais

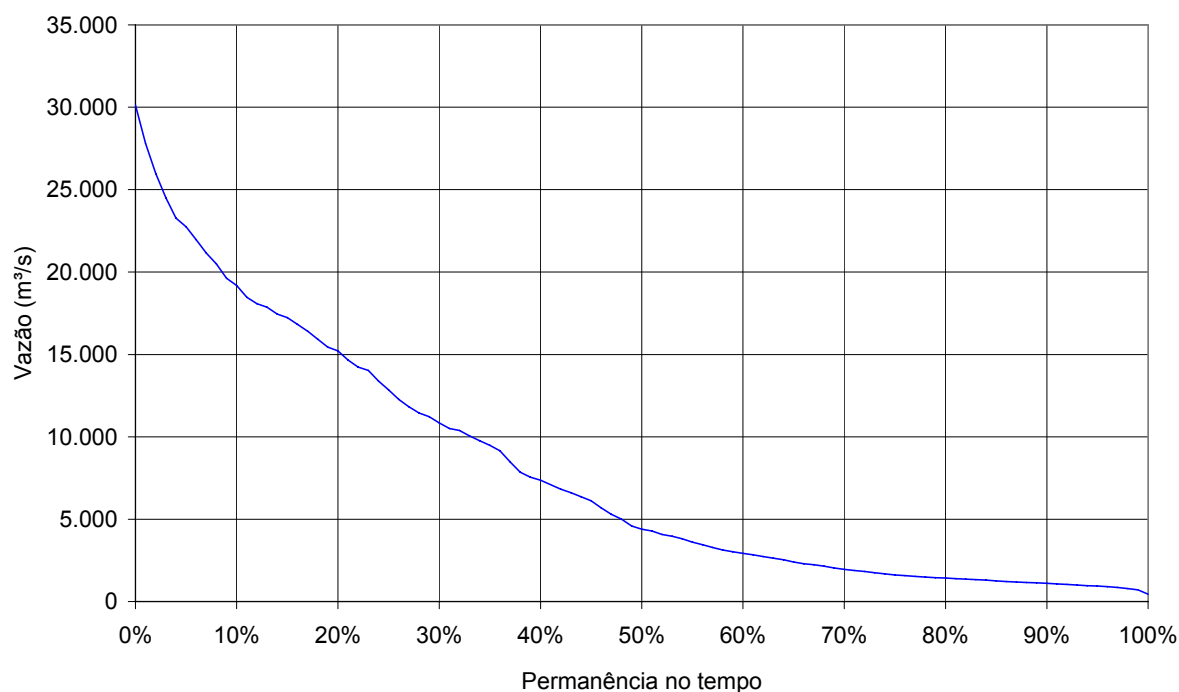


Figura 4-5
AHE Belo Monte
Curva de permanência de vazões médias mensais

4.3.4 - Estudos de Vazões Extremas

As vazões de cheias nos locais dos aproveitamentos em estudo no rio Xingu foram determinadas com base nos registros históricos de vazões médias diárias disponíveis para a bacia hidrográfica.

Foram efetuados cálculos para a determinação das vazões de cheias anuais e no período de estiagem.

Dos postos fluviométricos relacionados na Tabela 4-3, foram verificados os que possuem as séries mais extensas de vazões médias diárias, tendo sido selecionados os postos de Cajueiro, Boa Esperança, Pedra do Ó, Boa Sorte, São Félix do Xingu, Belo Horizonte e Altamira, os quatro últimos localizados no próprio rio Xingu e os demais em seus afluentes. A localização desses postos é mostrada no desenho 8892-00-3H-DE-0004.

Dos postos selecionados para os estudos de cheias, foram obtidas as séries de vazões médias diárias máximas anuais, considerando-se o ano hidrológico com início em agosto.

Às séries obtidas foram efetuados os ajustes de distribuição de extremos Gumbel e Exponencial. Em cada caso, foram adotados os resultados que apresentaram a melhor aderência à distribuição empírica.

Também foram avaliados os valores do coeficiente de assimetria das séries que, quando inferior a 1,5, indicam distribuição de Gumbel e quando superior indicam distribuição Exponencial.

Com os valores de vazão de cheia médios diários obtidos, foram estimados os picos instantâneos, através da aplicação da relação de Fuller:

$$Q_p = Q_{MD} \left(1 + 2,66 A^{-0,3} \right)$$

sendo Q_p é a máxima vazão instantânea que se pretende estimar (m^3/s), Q_{MD} é a máxima vazão média diária (m^3/s) e A é a área de drenagem (km^2).

Os valores de cheia instantânea foram transformados em vazões específicas, dividindo-os pela respectiva área de drenagem.

Os valores de vazão de cheia média diária, instantânea e específica obtidos para os locais dos postos fluviométricos, para diferentes tempos de recorrência, são apresentados na Tabela 4-12.

Tabela 4-12
Vazões de cheia anuais nos postos fluviométricos

Posto:	Cajueiro	Boa Esperança	Pedra do Ó	Boa Sorte	São Félix do Xingu	Belo Horizonte	Altamira
Área (km²):	34.693	43.030	123.827	206.863	250.626	277.265	446.203
n =	25	22	16	19	14	17	54
média =	2461,3	3024,7	8087,4	9314,0	11972,7	14443,7	24073,9
d. padrão =	590,3	542,8	2045,4	1845,4	2282,8	2498,9	5039,1
coef. assim. =	0,091	0,521	0,141	-0,124	0,478	1,500	0,439
distrib.:	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel
parâmetros:	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.
TR (anos)	Vazão média diária máxima anual (m³/s)						
10	3.337	3.828	11.364	12.147	15.440	18.322	30.522
25	3.820	4.271	13.155	13.701	17.330	20.445	34.534
50	4.178	4.599	14.483	14.854	18.731	22.019	37.510
100	4.534	4.924	15.801	15.998	20.122	23.582	40.464
200	4.888	5.249	17.115	17.138	21.508	25.140	43.407
500	5.356	5.677	18.848	18.643	23.337	27.194	47.291
1.000	5.709	6.000	20.158	19.779	24.719	28.747	50.225
10.000	6.882	7.074	24.508	23.554	29.308	33.902	59.970
TR (anos)	Vazão diária máxima anual instantânea (m³/s)						
10	3.723	4.243	12.260	12.969	16.426	19.457	32.161
25	4.262	4.733	14.192	14.628	18.436	21.711	36.388
50	4.661	5.097	15.625	15.859	19.927	23.383	39.524
100	5.058	5.458	17.048	17.080	21.407	25.043	42.637
200	5.453	5.817	18.465	18.298	22.882	26.697	45.739
500	5.975	6.291	20.335	19.904	24.827	28.879	49.830
1.000	6.369	6.650	21.749	21.117	26.298	30.528	52.923
10.000	7.678	7.840	26.441	25.147	31.180	36.002	63.190
TR (anos)	Vazão diária máxima anual instantânea específica (l/s/km²)						
10	107	99	99	63	66	70	72
25	123	110	115	71	74	78	82
50	134	118	126	77	80	84	89
100	146	127	138	83	85	90	96
200	157	135	149	88	91	96	103
500	172	146	164	96	99	104	112
1.000	184	155	176	102	105	110	119
10.000	221	182	214	122	124	130	142

Os valores de vazões instantâneas específicas foram analisados graficamente em função da área de drenagem.

Como regra geral, tem-se que as vazões específicas em uma bacia de drenagem decrescem com o aumento de sua área. Entretanto, os valores obtidos nesse estudo não reproduziram esse aspecto da maneira esperada.

Notou-se, deste o início dos estudos, que a sub-bacia do rio Iriri, onde se encontra localizado o posto Pedra do Ó, possui uma maior produção hídrica. Essa sub-bacia, de grandes dimensões, apresenta aspectos distintos de comportamento hidrológico do restante da bacia do rio Xingu, onde se encontram os aproveitamentos em estudo.

Os postos Boa Sorte e São Félix do Xingu, localizados no rio Xingu, apresentaram vazões específicas ligeiramente inferiores à tendência esperada. O posto Altamira, por sua vez, apresenta uma série de vazões máximas anuais muito mais extensa que os demais postos da bacia, com 54 anos de dados, seguida da série do posto Cajueiro, com extensão de 25 anos.

A partir desses fatores, e de maneira conservadora, para a regionalização das vazões de cheia e determinação das mesmas junto ao local dos aproveitamentos foram efetuados ajustes exponenciais para os diversos tempos de recorrência, considerando os resultados obtidos para os postos Cajueiro e Altamira.

A partir das funções apresentadas na Figura 4-6, foram determinados os valores de vazões de cheia anuais instantâneas nos locais dos aproveitamentos em estudo. A Tabela 4-13 apresenta os valores resultantes.

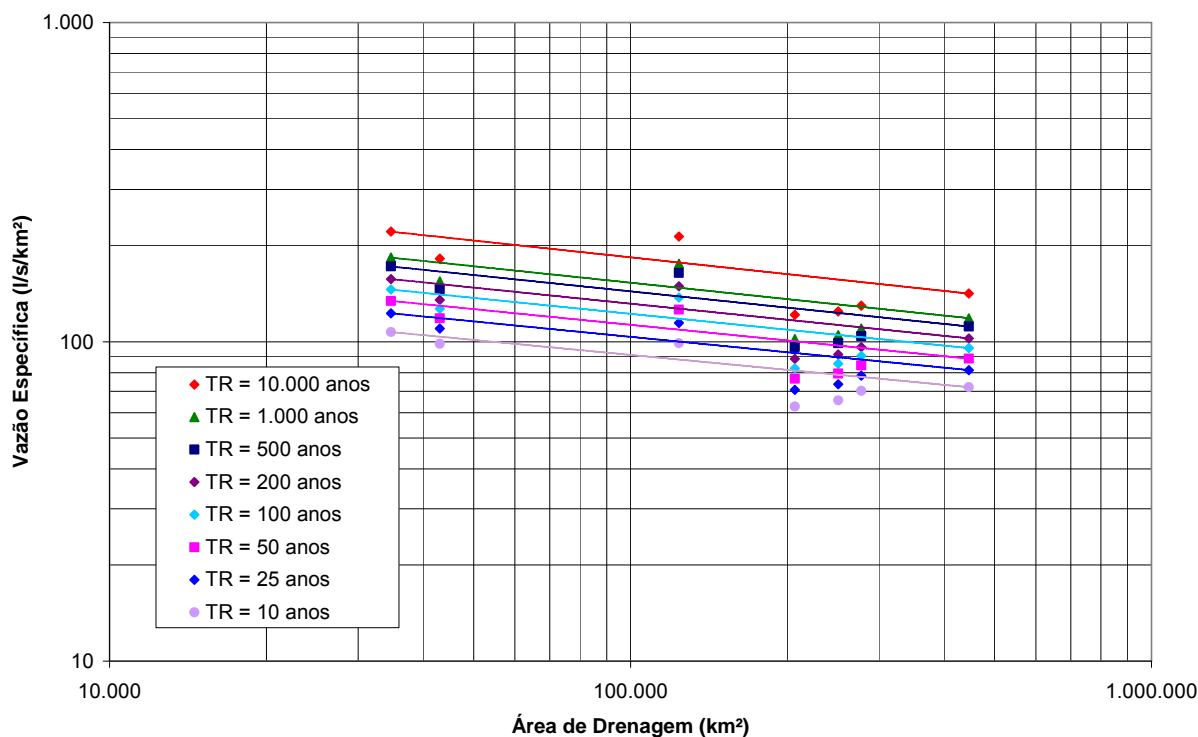


Figura 4-6
Regionalização das vazões de cheia anuais instantâneas

Tabela 4-13
Cheias anuais nos locais dos aproveitamentos

Aproveitamento	Área (km²)	TR = 10 anos	TR = 25 anos	TR = 50 anos	TR = 100 anos	TR = 200 anos	TR = 500 anos	TR = 1.000 anos	TR = 10.000 anos
Mte Jarina	153.470	13.050	14.837	16.163	17.479	18.790	20.520	21.827	26.165
Jarina	178.000	14.965	17.003	18.514	20.013	21.508	23.479	24.968	29.914
Gorotirê	187.000	15.657	17.784	19.362	20.928	22.488	24.546	26.101	31.265
Kokraimoro	198.000	16.265	18.471	20.107	21.731	23.349	25.483	27.096	32.451
São Félix do Xingu	210.000	16.934	19.227	20.927	22.615	24.296	26.514	28.191	33.756
Pombal	263.630	20.563	23.322	25.368	27.400	29.423	32.093	34.111	40.810
Ipixuna	276.000	21.312	24.167	26.285	28.387	30.481	33.244	35.332	42.263
Carajás	289.000	22.149	25.111	27.308	29.489	31.661	34.527	36.693	43.885
Altamira	446.000	32.265	36.506	39.651	42.774	45.885	49.989	53.091	63.390
Belo Monte	449.690	32.377	36.631	39.787	42.920	46.041	50.159	53.271	63.604

c) Vazões de cheia no período de estiagem

Dos postos selecionados para os estudos de cheias, foram obtidas as séries de vazões médias diárias máximas dos quatro e seis meses mais secos, sendo esses períodos agosto a novembro e julho a dezembro, respectivamente.

Para a obtenção das vazões de cheia no período de estiagem junto aos aproveitamentos foram adotados os mesmos critérios e metodologia utilizados para a determinação das vazões de cheias anuais.

A Tabela 4-14 e a Tabela 4-15 apresentam os valores de vazão média diária máxima e vazão instantânea obtidas para os postos fluviométricos, para os períodos agosto a novembro e julho a dezembro, respectivamente.

A Tabela 4-16 apresenta as vazões de cheia resultantes para esses mesmos períodos, para os locais dos aproveitamentos.

Tabela 4-14
Cheias no período de estiagem junto aos postos fluviométricos

Período: Agosto a Novembro

Posto: Área:	Cajueiro 34693	Boa Esperança 43030	Pedra do O 123827	Boa Sorte 206863	São Félix do Xingu 250626	Belo Horizonte 277265	Altamira 446203
n =	23	25	16	20	19	21	58
média =	366,5	516,7	835,7	2074,3	2483,7	2664,4	3061,3
d. padrão =	161,1	294,1	365,2	416,2	477,9	534,7	1019,2
coef. assim. =	0,495	2,132	0,425	0,079	0,133	0,266	1,767
distrib.:	Gumbel	Exponencial	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Exponencial
parâmet.:	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.
TR (anos)	Vazão média diária máxima anual (m³/s)						
25	753	1.291	1.744	3.074	3.645	3.951	5.437
50	855	1.527	1.982	3.337	3.950	4.290	6.197
100	956	1.762	2.218	3.598	4.253	4.626	6.957
TR (anos)	Vazão média diária máxima anual específica (l/s/km²)						
25	22	30	14	15	15	14	12
50	25	35	16	16	16	15	14
100	28	41	18	17	17	17	16

Tabela 4-15
Cheia no período de estiagem junto aos postos fluviométricos

Período: Julho a Dezembro

Posto: Área:	Cajueiro 34693	Boa Esperança 43030	Pedra do O 123827	Boa Sorte 206863	São Félix do Xingu 250626	Belo Horizonte 277265	Altamira 446203
n =	22	22	16	20	19	20	51
média =	774,5	1241,5	2297,9	4044,2	4798,3	5045,6	6431,8
d. padrão =	403,6	725,6	1476,9	1309,3	1381,2	1527,3	3056,3
coef. assim. =	1,605	1,654	1,334	1,076	0,660	1,144	2,253
distrib.:	Exponencial	Exponencial	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Exponencial
parâmet.:	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.	Mín. Quadr.
TR (anos)	Vazão média diária máxima anual (m³/s)						
25	1.876	3.241	5.826	7.180	8.170	8.727	13.690
50	2.210	3.847	6.750	8.004	9.056	9.695	15.982
100	2.544	4.453	7.668	8.822	9.935	10.656	18.273
TR (anos)	Vazão média diária máxima anual específica (l/s/km²)						
25	54	75	47	35	33	31	31
50	64	89	55	39	36	35	36
100	73	103	62	43	40	38	41

Tabela 4-16
Vazões de cheia de estiagem nos locais dos aproveitamentos

Aproveitamento	Área (km²)	Agosto - Novembro			Julho - Dezembro		
		TR = 25 anos	TR = 50 anos	TR = 100 anos	TR = 25 anos	TR = 50 anos	TR = 100 anos
Mte Jarina	153.290	2.378	2.706	3.033	5.961	6.985	8.009
Jarina	180.288	2.696	3.069	3.441	6.763	7.921	9.078
Gorotirê	190.202	2.810	3.199	3.587	7.051	8.256	9.461
Kokraimoro	198.984	2.910	3.313	3.715	7.303	8.550	9.797
São Félix do Xingu	208.719	3.020	3.438	3.855	7.580	8.872	10.164
Pombal	262.681	3.608	4.109	4.609	9.065	10.602	12.139
Ipixuna	274.062	3.729	4.247	4.764	9.369	10.956	12.543
Carajás	286.856	3.863	4.400	4.936	9.708	11.350	12.993
Altamira	447.916	5.453	6.216	6.978	13.731	16.029	18.327
Belo Monte	449.748	5.470	6.235	7.000	13.775	16.080	18.385

4.3.5 - Curvas-chave

O estabelecimento das curvas-chave para os locais dos aproveitamentos foi realizado basicamente a partir de dados secundários, uma vez que havia impedimento legal para a realização de campanha de levantamentos complementares de campo.

Dessa forma, as curvas-chave definidas no inventário antigo (1980) foram analisadas objetivando verificar a sua atual validade.

Essa abordagem foi possível para o eixo São Félix, devido a sua proximidade ao posto fluviométrico Boa Sorte (18455000), operado pela ANA Agência Nacional de Águas até 2002.

Para o eixo Altamira foi utilizado o posto base de Altamira (18850000), também situado muito próximo ao eixo.

O eixo Pombal não havia sido estudado no inventário antigo, não havendo, portanto, nenhuma curva chave definida para ele. Além disso, sua distância para o eixo antigo mais próximo (Ipixuna), cerca de 60 km, não possibilitava qualquer inferência com o mínimo de confiabilidade. Somando a tudo isso o fato de que não foi possível realizar nenhuma medição de vazão nesse local, optou-se por não “estabelecer” curva-chave para esse eixo.

Para o AHE Belo Monte foi utilizada a curva-chave considerada nos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte.

a) Curva-chave para o Eixo São Félix.

A partir do quadro resumo de medição de descargas para o posto Boa Sorte, obtido no banco de dados “Hidroweb” da ANA, transferiu-se os pares coordenados (Q,H) para o local do eixo sendo constatado sua aderência à curva-chave definida no inventário antigo,

atestando assim a sua validade para utilização no presente estudo. A Figura 4-7 apresenta a curva chave do inventário antigo e sua aderência as medições de vazão realizadas até 2002.

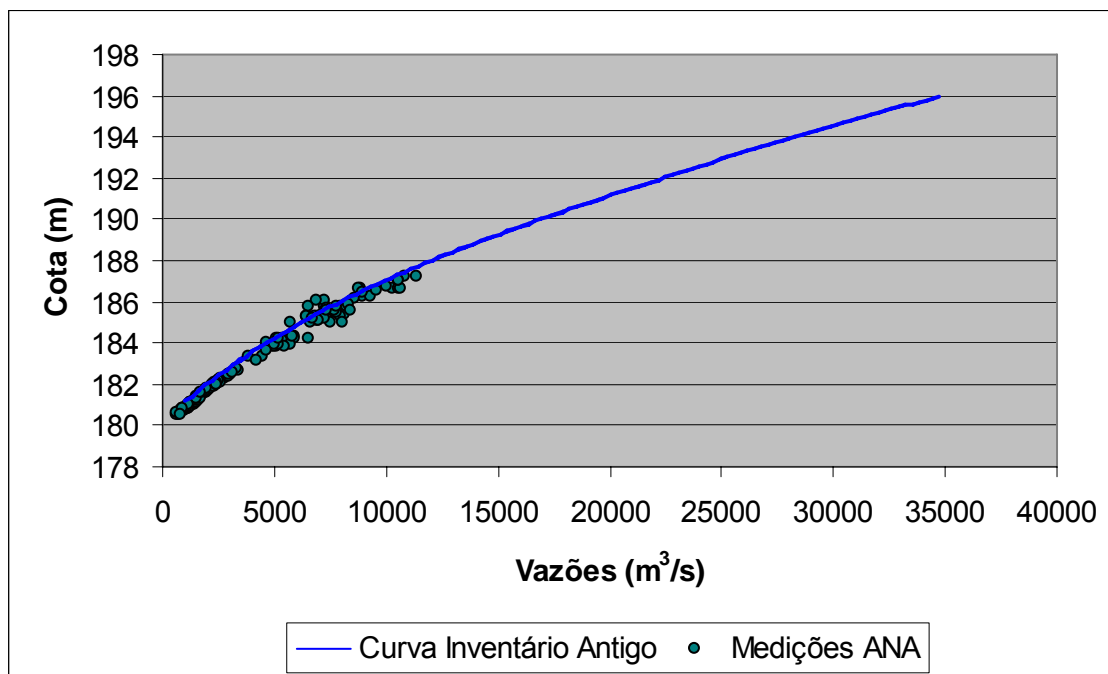


Figura 4-7
Curva-chave no eixo São Félix

b) Curva-chave para o eixo Altamira

A partir do quadro resumo de medição de descargas para o posto Altamira, obtido no banco de dados “Hidroweb” da ANA, transferiu-se os pares coordenados (Q,H) para o local do eixo sendo constatado sua aderência à curva-chave definida no inventário antigo, atestando assim a sua validade para utilização no presente estudo. A Figura 4-8 apresenta a curva chave do inventário antigo e sua aderência às medições de vazão realizadas até 2003.

Cabe ressaltar que foi considerado no trecho inferior da curva os efeitos do remanso causado pelo reservatório de Belo Monte, conforme consta dos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte.

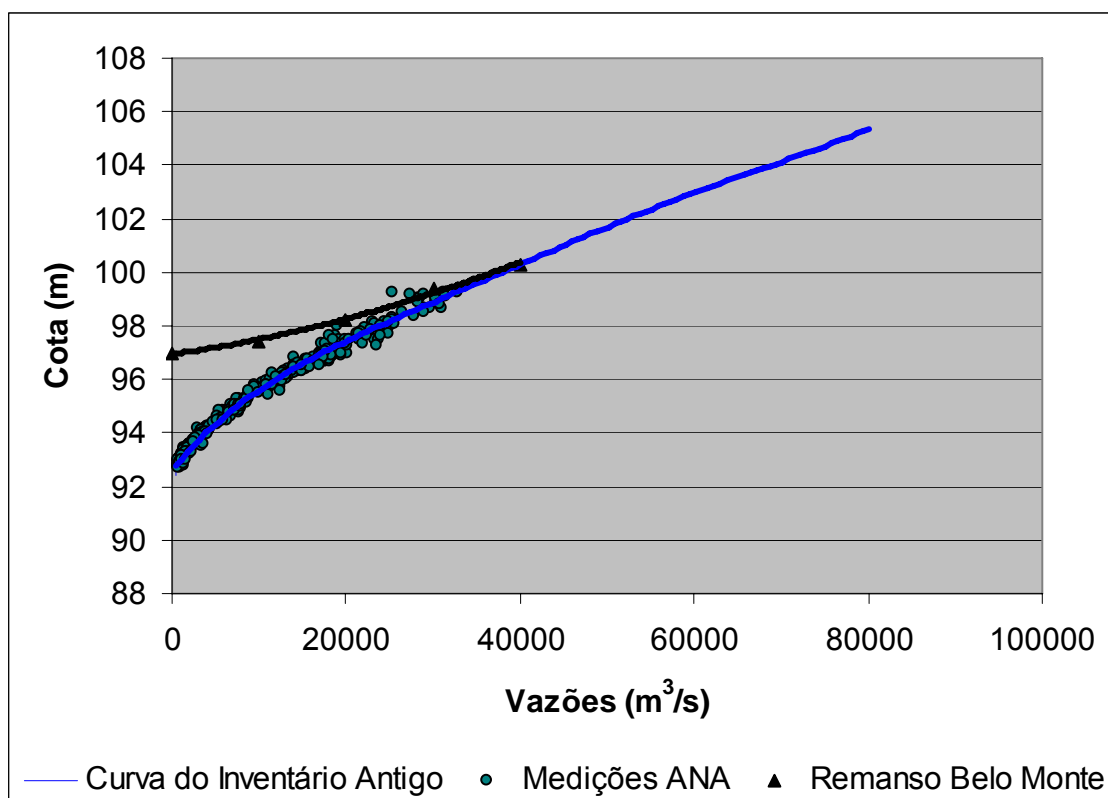


Figura 4-8
Curva-chave no eixo Altamira

c) Curva-chave para o AHE Belo Monte (Canal de Fuga)

Objetivando fornecer aos modelos de simulação energética uma ferramenta adequada para a modelação da dinâmica do escoamento na operação do AHE Belo Monte, foi definida uma curva-chave para o canal de fuga da usina, que levasse em consideração várias particularidades locais tais como: perda de carga nos canais de adução, vazão incremental entre o sítio Pimental e o canal de fuga, efeito dos níveis do rio Amazonas e efeito de maré.

A metodologia utilizada encontra-se consubstanciada nos seguintes documentos:

- Estudos de Viabilidade- Tomo 1 - folhas 7-5 a 7-9 ; Tomo 2 – folhas 8-122 a 8-125;
- Memória de cálculo: Circuito Hidráulico de Adução e Restituição da Tomada d'Água e casa de Força – Pré-dimensionamento relatório IHX-IOV-2054-MC, BSB,outubro/1987;
- Memória de cálculo: Circuito Hidráulico de Adução e Restituição da Tomada d'Água e casa de Força – Pré-dimensionamento relatório IHX-IOV-2054-MC, BSB,outubro/1987;

- Estudos de Viabilidade -Apêndice 2, folhas 4-18 a 4-24;
- Nota Técnica PTEE 06-01-Dimensionamento Belo Monte_05_10;
- Estudos de Viabilidade-Canal de fuga, Efeitos da maré, Curva chave média – Apêndice 2, folhas 4-12,4-13 e ilustração 007.

A Figura 4-9 apresenta a curva-chave do canal de fuga do AHE Belo Monte considerada no presente estudo.

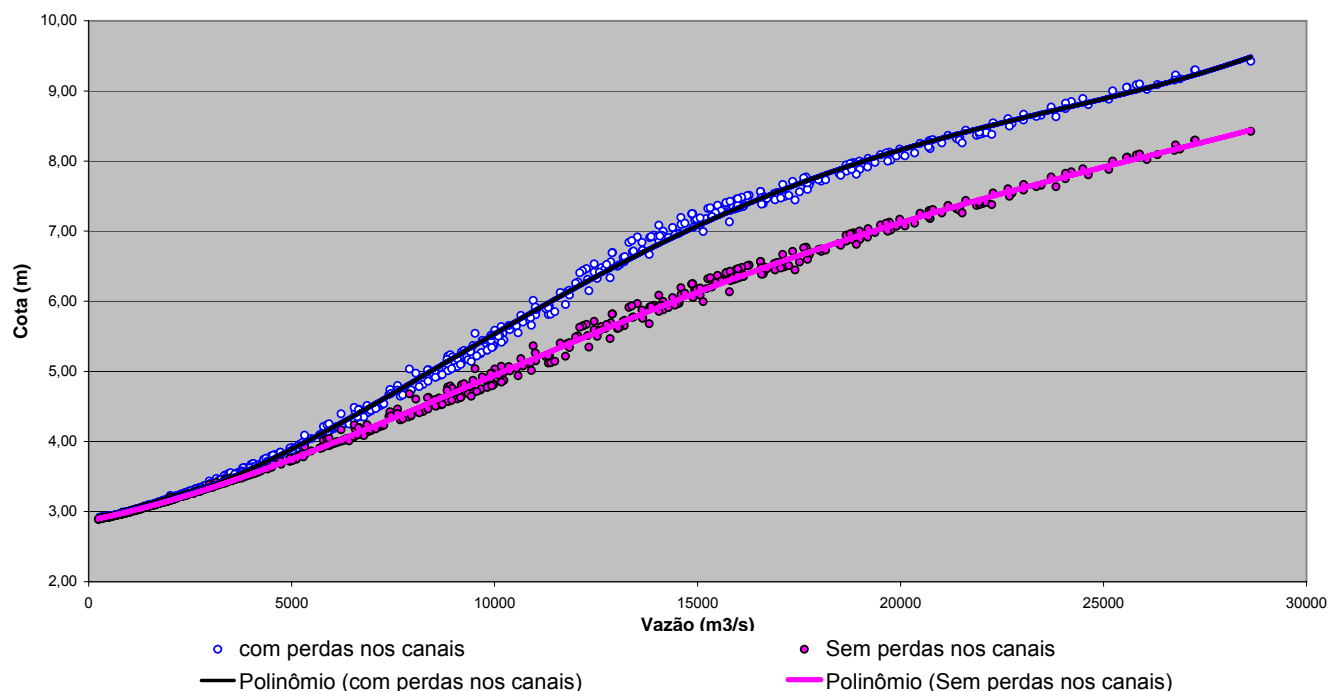


Figura 4-9
Curva-chave no AHE Belo Monte (Canal de Fuga)

A Tabela 4-17, mostrada na sequência, relaciona os coeficientes dos polinômios representativos das curvas-chave apresentadas.

Tabela 4-17
Coeficientes dos polinômios PVN – Vazão x Nível de Jusante

Coeficiente	APROVEITAMENTOS			
	São Félix	Altamira		Belo Monte
		$Q \leq 38.000$	$Q > 38.000$	
X^5	-	-	1,534731E-23	-
X^4	-1,169352E-17	-	-3,544584E-18	2,968441E-17
X^3	1,052099E-12	-	3,082381E-13	-1,946886E-12
X^2	-3,704996E-08	1,006096E-09	-1,283642E-08	3,770912E-08
X	9,586424E-04	4,583434E-05	4,000292E-04	4,858110E-05
X^0	1,802474E+02	9,694041E+01	9,260510E+01	2,929512E+00

4.3.6 - Estudos Sedimentológicos

O resultado do estudo tem por objetivo avaliar a afluência média anual de transporte sólido no rio Xingu nos locais dos aproveitamentos hidrelétricos Belo Monte (Eixo Pimental), Altamira, Pombal e São Félix, já definidos na presente atualização de inventário, cujas localizações são apresentadas no desenho 8892-00-3H-DE-0004.

Através do Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb – do “site” da ANA, Agência Nacional de Águas, foram coletados dados de medições de descargas sólidas da bacia do rio Xingu. A Tabela 4-18 apresenta os postos fluviométricos que apresentam estes dados.

Tabela 4-18
Postos Fluviométricos com medições de descargas sólidas

Código	Nome	Rio	Est	Coordenadas		Área (km²)
				Lat.	Long.	
18500000	BOA ESPERANÇA	RIO FRESCO	PA	-6:43:9	-51:46:58	43.030
18520000	BELO HORIZONTE	RIO XINGU	PA	-5:24:29	-52:54:7	277.265
18640000	ALDEIA BAÚ	RIO CURUA	PA	-7:20:46	-54:49:25	5.600
18650000	CAJUEIRO	RIO CURUA	PA	-5:39:14	-54:31:16	34.693
18700000	PEDRA DO Ó	RIO IRIRI	PA	-4:32:30	-54:0:3	123.827
18850000	ALTAMIRA	RIO XINGU	PA	-3:12:44	-52:12:38	446.203

Para avaliar a estimativa do transporte sólido no rio Xingu foram tomados como base os postos fluviométricos Belo Horizonte, que conta com 22 medições de concentração superficial entre janeiro de 1984 e dezembro de 1997, e Altamira, com 44 medições entre janeiro de 1984 e novembro de 2003. As localizações dos postos estão no desenho 8892-00-3H-DE-0004.

Foi aplicado o Método Simplificado de Colby para estimar a descarga sólida total nos postos Altamira e Belo Horizonte. Em seguida determinou-se a relação entre a descarga sólida e descarga líquida. A Tabela 4-19 apresenta a equação da curva de sedimentos para os postos adotados.

Tabela 4-19
Relação entre descarga sólida e líquida

Posto	Curva de sedimentos
Altamira	$Q_S = 2,1359155776E+00. Q_L^{9,8317591200E-01}$
Belo Horizonte	$Q_S = 7,2329901385E+00. Q_L^{8,5712105667E-01}$

Sendo:

QS - descarga sólida total, em t/dia;

QL - descarga líquida, em m³/s.

A Figura 4-10 e a Figura 4-11 mostram as correlações entre as descargas sólidas e líquidas dos postos Altamira e Belo Horizonte, respectivamente.

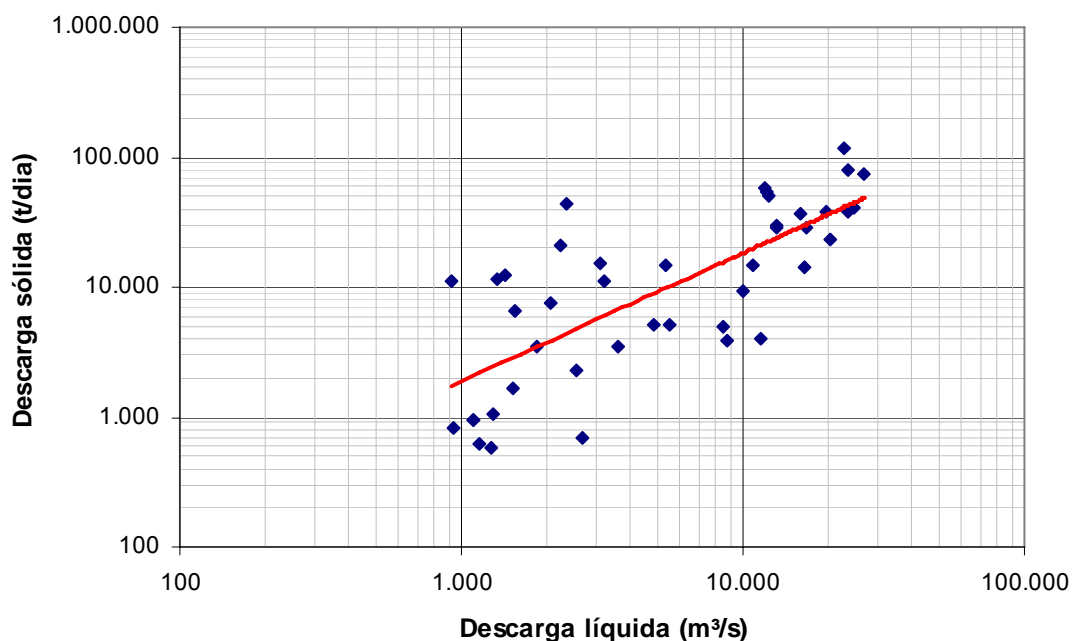


Figura 4-10

Posto Altamira – Correlação entre Descarga Líquida e Descarga Sólida

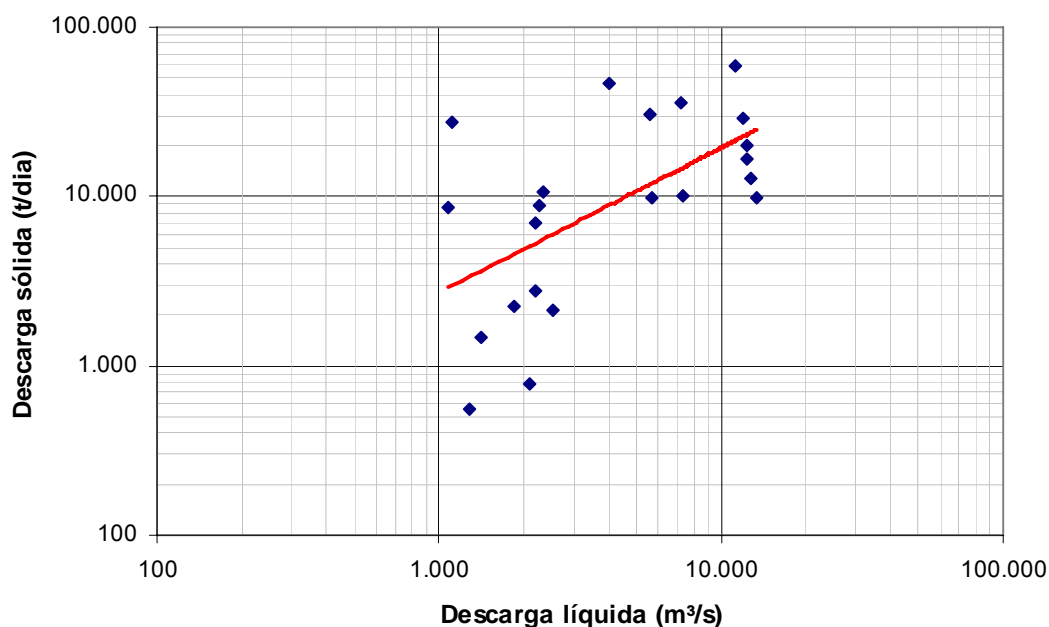


Figura 4-11

Posto Belo Horizonte – Correlação entre Descarga Líquida e Descarga Sólida

Para se obter uma série de descargas sólidas nos locais dos aproveitamentos hidrelétricos foi aplicada a equação representativa da curva de sedimentos nas suas

séries de vazões médias mensais. Para o eixo Belo Monte (Eixo Pimental) e Altamira utilizou-se como posto base Altamira e para o eixo Pombal e São Félix, o posto Belo Horizonte.

A Tabela 4-20 apresenta as médias mensais e anuais de longo período de descargas sólidas totais nos locais dos aproveitamentos hidrelétricos.

A Tabela 4-21 apresenta a taxa média anual de descarga sólida total afluenta a cada eixo. Como pode ser observado, os estudos indicam para a bacia hidrográfica do Xingu, um valor no entorno de 12,4 ton/km².ano. Esse valor está coerente com os valores esperados para aquela região e não representa prognóstico de nenhuma situação alarmante.

Corroborando com essa assertiva vamos encontrar a Tabela 4-22, (Carvalho, 2000) que mostra a classificação de bacias hidrográficas em função da tolerância aos valores de produção de sedimentos.

Naturalmente, em estudos mais aprofundados o tempo de assoreamento do reservatório, até a cota da soleira da tomada de água deverá ser calculado e medidas de proteção com soleiras submersas poderão ser adotadas para proteção de eventuais aproveitamentos com cota da soleira da tomada de água próxima ao leito do rio, solução típica para o presente caso.

Tabela 4-20
Descargas sólidas totais nos locais dos aproveitamentos hidrelétricos

Mês	Descargas Sólidas Totais (10 ³ t/tempo)			
	Belo Monte	Altamira	Pombal	São Félix
Jan	5.235,993	5.215,023	3.964,875	3.307,007
Fev	8.495,898	8.461,872	5.890,255	4.892,258
Mar	11.896,782	11.849,135	7.498,405	6.174,901
Abr	13.109,365	13.056,862	7.730,467	6.307,889
Mai	10.421,794	10.380,055	5.949,537	4.802,527
Jun	4.787,940	4.768,764	2.982,594	2.402,080
Jul	1.969,892	1.962,002	1.419,282	1.149,203
Ago	1.078,638	1.074,318	861,311	700,604
Set	739,932	736,969	660,406	543,008
Out	774,892	771,789	757,666	632,510
Nov	1.293,725	1.288,544	1.242,832	1.044,600
Dez	2.549,215	2.539,005	2.250,910	1.892,770
Anual	5.196,172	5.175,362	3.434,045	2.820,780

Tabela 4-21
Taxa de sedimentos afluentes aos reservatórios

Belo Monte	Altamira	Pombal	São Félix
Sedimentos afluentes (ton/km ² .ano)			
11,55	11,55	13,07	13,51

Tabela 4-22
Valores de produção de sedimentos aceitáveis

Tolerância	Produção de sedimentos	
	t/mi ² .ano	t/km ² .ano
Alta	> 500	> 175
Moderada	200 a 500	70 a 175
Baixa	< 100	< 35