

Capítulo II - Diagnóstico do meio físico

Neste capítulo são apresentados o diagnóstico dos temas relacionados à geologia, à geomorfologia, aos aspectos climáticos, aos solos, aos recursos hídricos, à qualidade da água e às fontes poluidoras.

1. Metodologia empregada

Com vistas a caracterizar a área foram selecionadas imagens de satélite e todo o material cartográfico necessário à execução do trabalho. Por meio destes, foi feita a interpretação das imagens de satélite Landsat TM 7, bandas 3, 4 e 5 coloridas, (221/68, quadrantes A, B, C e D de 24/10/98; 221/69, quadrantes A, B, C e D de 24/10/98; 222/68, quadrantes A, B, C e D de 28/08/98 e 222/69, quadrantes A, B, C e D de 25/06/98; escala 1:100.000) e das fotografias aéreas para a identificação dos elementos componentes da paisagem. Esse procedimento foi necessário para agilizar e facilitar o mapeamento dos elementos da paisagem, porém sem dispensar os trabalhos de campo, no detalhamento e comprovações desses elementos.

A análise e a interpretação de fotografias aéreas foram iniciadas pelo registro dos elementos prontamente visíveis, como a rede de drenagem e o relevo. Em um segundo nível de abordagem, foram interpretados os demais elementos a partir destes e pela convergência de evidências.

A elaboração do mapa geológico baseou-se nas informações bibliográficas, em especial no DNPM (1977) e Radambrasil (1983) e na interpretação de fotografias aéreas da área de influência direta, o que permitiu a definição da petrografia, a litologia e a estrutura. A interpretação da drenagem permitiu indicar os principais lineamentos estruturais (falhas e fraturas).

Como instrumentos de apoio à interpretação dos aspectos geológicos foram utilizados o Mapa Geológico do Radambrasil (folhas Goiás - SD.22, Tocantins - SC.22 - Brasília - SD.23, escala 1:1.000.000, 1982) e a Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo (Folha rio São Francisco - SC.23 - escala 1:1.000.000, 1974).

Para a determinação das interferências da UHE São Salvador em pesquisas e explorações de bens minerais foram consultadas bases de dados do Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM (<http://www.dnpm.gov.br>), disponibilizadas pela Diretoria de Outorga e Cadastro Mineiro - Dicam por meio do Sistema de Informações Geográficas da Mineração - Sigmine e do Cadastro Mineiro.

Na elaboração do mapa de compartimentação geomorfológica, empregou-se o Projeto Radambrasil (1983), que delimita os tipos de modelado (compartimentação) e resume as características do relevo. Foram interpretadas as imagens citadas acima e utilizado o levantamento aerofotogramétrico do Alto Tocantins e Cana Brava, em escala 1:25.000, realizado pela Aerosul S.A., em agosto/1999, para o detalhamento da área de influência direta.

As isotermas médias anuais da bacia do rio Araguaia-Tocantins foram obtidas das Normais Climatológicas do Brasil/Inmet (período de 1931 a 1990) e para uma análise do clima da área de influência direta foram utilizados dados da estação mais próxima e com uma série histórica considerável que é a do Paranã, localizada no município homônimo no Estado do Tocantins.

Os estudos pedológicos foram desenvolvidos em escritório e em campo, por meio da análise e compilação dos dados existentes nos Mapas Exploratórios de Solos das folhas do Projeto RadamBrasil citadas acima. Para a área de influência direta foram feitas checagem no campo pela análise de perfis em barrancos e tradagens.

A classificação dos solos seguiu as normas preconizadas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos da Embrapa (Embrapa, 1988), os quais consideram as características dos horizontes diagnósticos, as propriedades diagnósticas e as fases de textura, relevo, pedregosidade, rochiosidade e de vegetação. Esses critérios são dispostos detalhadamente no Anexo B - Volume IV.

Para a avaliação da aptidão agrícola das terras foram seguidas as orientações propostas por Ramalho Filho & Beek (1995), as quais são baseadas em resultados de levantamentos sistemáticos, realizados com o suporte dos vários atributos ambientais, associados aos solos, como clima, vegetação, uso atual, geomorfologia e padrão de drenagem, dentre outros.

Para a avaliação da erodibilidade dos solos, foram considerados os graus de impedimento quanto à suscetibilidade à erosão relacionada ao nível de manejo A (primitivo), da avaliação da aptidão agrícola das terras, cuja metodologia está detalhada no Anexo B - Item B1.

Nos estudos hidrológicos foram feitas análises de consistência das informações dos postos hidrológicos da região do empreendimento, geradas séries de descargas médias mensais com base em modelagem hidrológica e estudos de correlação. Foram também realizados estudos de valores extremos para definição das cheias de projeto para as estruturas hidráulicas e obras de desvio e também realizados estudos de vazões mínimas. Com base na metodologia preconizada pela World Meteorological Organization - WMO foi também calculada a Precipitação Máxima Provável - PMP, e a correspondente Enchente Máxima Provável - EMP para verificação da segurança última da barragem, na passagem de eventos excepcionais.

Foram também realizados estudos de enchimento com modelagem de operação do reservatório e de remanso do lago a ser formado para averiguação de interferências com a utilização de modelagem hidráulica com auxílio do modelo do U.S. Corps of Engineers -HEC-RAS.

Para as análises de qualidade da água foram feitas duas campanhas, durante a estação seca (setembro/2003) e chuvosa (2004) em complementação aos dados secundários sobre as UHEs Serra da Mesa e Cana Brava.

2. Geologia

2.1 Considerações iniciais

A área de influência indireta da UHE São Salvador está inserida em uma região de geologia complexa da Plataforma Sul-Americana (Almeida *et al.*, 1976), onde ocorreram, praticamente, todos os eventos geotectônicos brasileiros, com terrenos geológicos diversos, apresentando uma sequência de unidades litoestratigráficas de idades bastante variáveis (desenho 8788/00-6B-A1-2001).

As unidades mais antigas pertencem ao Pré-Cambriano Inferior (Arqueano) e ao Médio (Proterozóico Médio ou Mesoproterozóico). A unidade mais inferior da coluna estratigráfica é o Complexo Goiano (conjunto granítico-gnáissico), seguida dos Complexos Básico-Ultrabásico de Cana-Brava e do Complexo Conceição do Norte.

Sobre o Complexo Goiano, depositaram-se unidades litológicas representadas pelos Grupos Araxá e Araí, do Pré-Cambriano Médio. O Grupo Araxá, formando uma extensa área aflorante, constitui-se principalmente de uma sequência dobrada de micaxistos e quartzitos. A unidade Araí é considerada intimamente relacionada com o grupo Araxá.

Os granitos Serra Dourada e Serra do Encosto estão posicionados no Pré-Cambriano Médio/Pré-Cambriano Superior. Em fase contemporânea a formação do Grupo Araxá, deu-se a intrusão desses corpos graníticos e, em fase posterior, foram gerados granitos com veios pegmatíticos.

A extremidade leste da área de influência indireta é ocupada pela Formação Uruçuia de idade cretácica e, finalmente, na era Cenozóica, formaram-se as Coberturas Sedimentares Terciário-Quaternárias e os sedimentos aluvionares holocênicos.

Vários recursos minerais estão presentes na área de influência indireta, entre os quais, rochas calcárias, ouro, que no passado deu origem a núcleos populacionais, e uma expressiva província pegmatítica, com quantidades relativamente grandes de mica e berilo, entre outros. A exploração de ouro provocou, como apresentado no Diagnóstico da Flora - Capítulo III, a degradação das matas ciliares dos principais cursos d'água da área de influência indireta. Diversas ocorrências minerais, garimpos – em atividade e abandonados (como apresentado no Diagnóstico Socioeconômico - Capítulo IV) – e jazidas foram cadastrados e cartografados em diferentes projetos desenvolvidos na região.

A caracterização das unidades litoestratigráficas, a seguir, baseou-se na compatibilização de trabalhos anteriores, principalmente os executados pelo RadamBrasil, CPRM e DNPM.

2.2 Unidades litoestratigráficas

2.2.1 Complexo Goiano

Essa unidade, que integra tanto a unidade geomorfológica Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba, quanto a Depressão do Tocantins, ocupa a maior parte da área de estudo e reúne rochas polimetamórficas representadas por migmatitos ácidos, microgranitos, biotita-granitos, granodioritos, gnaisses (com inclusão de calcissilicáticas e básicas), tonalitos, xistos, dioritos, charnockitos e rochas cataclásticas.

É a unidade mais antiga, sendo reconhecida como um conjunto granítico-gnáissico, ao qual estão relacionados três grandes complexos ultrabásicos que englobam as maiores riquezas minerais da região: Cana Brava, Niquelândia e Barro Alto.

2.2.2 Complexo Cana Brava

Localizado na parte sul e sudoeste da área de influência indireta, essa unidade apresenta uma largura máxima de 30 km, aproximadamente, e um comprimento de cerca de 65 km. A maior parte do relevo dessa área mostra-se de suave a suave-ondulado, com elevações residuais e altitudes que variam de 400 m a 450 m. A serra Cana Brava, embora faça parte do Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba, apresenta-se como relevo residual, situado em plena Depressão do Tocantins, a leste da Serra Dourada.

A Serra Cana Brava delimita a área de influência indireta da UHE São Salvador em sua porção sudoeste, entre a UHE Cana Brava e o rio Cana Brava, afluente da margem esquerda do rio Tocantins.

As rochas predominantes desse maciço são os anfibolitos. Na parte sul da Serra da Cana Brava, ocorre um norito onde o piroxênio está transformado parcialmente em anfibólio. Na margem esquerda do rio Bonito, entre as falhas de direção nordeste, ao pé da Serra de Cana Brava, ocorre um serpentinito com amianto-crisotila preenchendo suas fraturas. Na porção sudoeste do complexo ocorrem gabros-noritos e hiperitos, bordejados ao sul por peridotitos serpentinizados e serpentinitos.

2.2.3 Complexo Conceição do Norte

O Complexo Vulcanossedimentar de Conceição do Norte está relacionado com as faixas máfico-ultramáficas e associações vulcanoclásticas e vulcanoquímicas da região de Natividade.

Essa sequência vulcanossedimentar está encravada nos terrenos granito-gnáissico-migmatíticos do Complexo Goiano. Seus contatos com as rochas do embasamento estão mascarados por efeitos tectônicos, causando um intenso

cisalhamento, provocando milonitização, filonitização e xistificação nas unidades litológicas envolvidas.

Litologicamente, essa unidade é representada por uma sequência cíclica com alternância de associações sedimentares clásticas com sequências químicas, vulcânicas e piroclásticas subordinadas. Ocorrem, também, sericita xistos, metatufitos, quartzitos ferruginosos, "banded iron formations" e faixas máfico-ultramáficas.

2.2.4 Grupo Araxá

O grupo Araxá é constituído por uma faixa dobrada de rochas metassedimentares com dominância de xistos e quartzitos. Essa faixa xisto-quartzítica envolve parcialmente o complexo básico e ultrabásico de Cana Brava. Esse grupo está depositado discordantemente sobre as rochas do Complexo Goiano, sendo coberto em discordância pelo Grupo Bambuí.

Essa unidade não apresenta uma correlação precisa com as formas do relevo, podendo sustentar tanto os relevos elevados do Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba como relevos rebaixados da Depressão do Tocantins.

Apresenta-se representado por gnaisses, micaxistos, xistos a silimanita, estaurólita e cianita, quartzitos, filitos, anfíbolitos e anfíbolioxistos. São incluídas no grupo as sequências vulcanossedimentares, com destaque para a Sequência Vulcanossedimentar de Palmeirópolis, que bordejia o Complexo Básico-Ultrabásico Cana Brava. As rochas predominantes dessa sequência são os anfíbolitos, biotita-muscovita-gnaisses, anfíbolio-gnaisses, sericita xistos, mármore, rochas calcilicáticas, rochas cataclásticas, quartzitos, metacherts e metavulcânicas ácidas e básicas. A sudeste de Palmeirópolis e a jusante da foz do rio Mocambão predominam as rochas xistosas à base de sericita e muscovita e os quartzitos. Nos domínios de rochas xistosas que caracterizam os vulcanitos ácidos a riolíticos ocorrem importantes concentrações de sulfetos maciços e disseminados.

2.2.5 Grupo Araí

O grupo Araí consiste essencialmente de rochas areníticas na base (Formação Arraias) e de rochas argilosas no topo (Formação Traíras).

A Formação Arraias é composta de quartzito basal com lentes de metaconglomerado intraformacional contendo vulcanitos basalto-andesíticos, seguido de metassiltitos, filitos, calci-albitos e novamente quartzito no topo.

A formação Traíras é representada por metassiltitos, filitos, calcifilitos, calcários, clorita-sericita-xistos, xistos grafitosos e quartzitos ferríferos.

As rochas desse grupo apresentam forte correlação com as formas do relevo do Planalto Alto Tocantins-Paranaíba, sustentando um relevo de características montanhosas.

2.2.6 Granito Serra Dourada

O Granito Serra Dourada apresenta-se como um corpo circunscrito, alongado na direção N-S (direção dos eixos dos dobramentos regionais) com 56 km de extensão, foliados nos bordos, concordante com as rochas encaixantes do grupo Araxá. O corpo granítico constitui a massa principal que sustenta a Serra Dourada. O núcleo da estrutura (braquianticlinal) forma feições morfológicas positivas.

Essa unidade é constituída por um granito grosseiro ligeiramente foliado em sua maior extensão e por um granito-gnáissico fino, bastante foliado nas bordas do maciço, onde ocorrem também gnaisses e migmatitos de contato.

Na região do Pegmatito Péla-Ema, na extremidade sul desse corpo, o granito-gnaissico da borda apresenta-se enriquecido em cassiterita e fluorita. A cassiterita é encontrada em concentrações de interesse econômico nos colúvios. A ocorrência de fluorita é comum em todo o gnaissico de borda.

São freqüentes os diques de pegmatito nas regiões próximas aos contatos mineralizados com mica, berilo, cassiterita, columbita-tantalita, topázio, turmalina ou esmeralda, como é o caso do garimpo Péla-Ema.

2.2.7 Granito Serra do Encosto

Esse granito está localizado a oeste do Granito Serra Dourada, sendo bastante semelhante a este. É provável que ambos constituam um mesmo corpo unido em profundidade.

O Granito Serra do Encosto apresenta inclusões freqüentes de xistos encaixantes, diques de pegmatito e aplito. Ocorrem, também, xistos de granulação grosseira concordante com a direção das encaixantes, constituídas essencialmente de biotita com quartzo e feldspatos oclares. Tais xistos são idênticos àqueles aflorantes próximo do Pegmatito Péla-Ema, onde ocorrem concentrações de cassiterita.

2.2.8 Alcalinas do Peixe

Essa unidade, também conhecida como Complexo Alcalino de Peixe, situa-se ao sul do município de Peixe, nas cabeceiras do rio das Almas, afluente da margem esquerda do rio Tocantins. Possui forma elíptica com 30 km de comprimento por 6,5 km de largura, e é representada por diversos corpos maciços de rochas alcalinas classificadas como litchfieldito com nefelina, albita-oligoclásio, biotita passando a clorita e microclina. Ocorrem veios de pegmatito cortando as alcalinas em direções diversas.

Aparentemente de origem ígnea, o Complexo Alcalino de Peixes mostra semelhança de composição com rochas alcalinas tipo nefelina-sienito, aspecto

intrusivo e ocorrências de “roof-pendants” e xenólitos, e textura e mineralogia indicadoras de metamorfismo.

Os recursos minerais associados às alcalinas são a apatita, titânio, nióbio, terras raras, fluorita, zircão e córindon (os três últimos relacionados a fase pegmatítica). Ocorre também, bauxita pela alteração supergênica do maciço.

2.2.9 Grupo Bambuí

Este grupo está representado na área estudada pelo subgrupo Paraopeba, constituído principalmente por um conjunto pelito-areno-carbonático. As rochas de predominância pelito-carbonática constituem a parte inferior da unidade e as rochas de predominância pelito-arenosa, a unidade superior.

As rochas carbonáticas, como os mármore, mostram uma grande riqueza em estruturas estromatolíticas. Ocorrem formando camadas contínuas, calcíticas no topo e essencialmente dolomíticas na base.

A litologia do grupo Bambuí apresenta correlação acentuada com relevos fragmentados e diversamente dissecados do Planalto Alto Tocantins-Paranaíba.

2.2.10 Cobertura Sedimentar Terciário-Quaternária

Essa unidade apresenta-se geralmente recobrimo grandes chapadas. Constitui superfícies aplainadas capeadas por lateritos ou por extensos areiões, onde desenvolve-se uma vegetação típica de cerrado. É composta de materiais areno-argilosos ou argilo-arenosos inconsolidados de cores vermelho-alaranjadas ou róseo-claras. A granulometria varia de fina a média com grãos angulosos de quartzo. Podem ocorrer, eventualmente, lentes de conglomerados com seixos de quartzo ou sílex imersos em matriz arenosa.

Na base dessa cobertura sedimentar são encontrados, por vezes, níveis de concreções ferruginosas ou bolsões de cangas lateríticas, semelhantes a conglomerados basais.

2.2.11 Sedimentos Aluviais Recentes

Os depósitos quaternários holocênicos estão restritos às calhas dos principais rios da área e são compostos por areia fina a média, cascalhos, siltes e argilas, constituindo as planícies aluvionares da bacia do rio Tocantins.

Os sedimentos são mal selecionados, com grãos angulosos a bem arredondados. Nos leitos dos pequenos cursos d'água encontra-se areia média a grosseira de cores amareladas, além de argila e cascalhos.

2.3 Aspectos estruturais

A área de influência indireta insere-se numa região que já foi submetida a diversos e complexos processos tectônicos, os quais propiciaram a formação de estruturas dobradas, falhamentos e alinhamentos conspícuos na direção preferencial nordeste, que seria o resultado do último processo tectônico que afetou a região.

Os principais ciclos de formação intensa atuantes foram o ciclo transamazônico (2100-1800 MA), o ciclo Uruaçuano (1300-900MA) e o ciclo Brasileiro (700-500 MA), quando as rochas foram parcialmente remobilizadas e rejuvenescidas por fenômenos de mineralização, granitização e processos tectônicos de diversos graus.

As estruturas regionais mais notáveis estão representadas pelas braquianticlinais das serras Dourada e do Encosto, a falha do Trombas e a da Serra Dourada. A primeira constitui uma estrutura dômica com núcleo granítico de cerca de 55 km no eixo maior e largura de 13 km no eixo menor. Essa estrutura é bordejada pelas cristas quartzíticas da Serra Dourada.

A Braquianticlinal da Serra do Encosto, localizada a oeste da Serra Dourada, envolve litologias do Grupo Araxá e do Granito Serra do Encosto. Seu eixo maior conta 16,4 km de extensão e o menor, 5,7 km.

A falha de Trombas possui cerca de 110 km de extensão, situada a leste das Serras Dourada e do Encosto. Trata-se de uma falha inversa ou de empurrão que produziu o cavalgamento do Complexo Goiano sobre o Grupo Araxá em alguns locais. A falha da Serra Dourada perfaz mais de 170 km de extensão, seccionando diagonalmente a Serra Dourada e bordejando-a na sua aba norte.

As rochas mais antigas, do Complexo Goiano, apresentam foliação coincidente com o "trend" regional NE. No município de Peixe a foliação predominante é N-S, praticamente vertical.

As rochas do Complexo Cana Brava mostram foliação bem desenvolvida, mergulhando forte para oeste.

O estilo de dobramento do Grupo Araxá é caracterizado por uma série de anticlinais amplos e lineares de eixos mergulhantes, geralmente de direção N-S e NE-SW, com variações NW -SE ou até para E-W. Um padrão de estruturas secundárias de direção N-S ocorre devido a um tectonismo plástico que propiciou o cavalgamento de rochas dessa unidade sobre o grupo Bambuí.

No grupo Bambuí, como no Grupo Araxá, os dobramentos amplos e lineares mostram-se, em geral, fechados e de flancos invertidos, cujos eixos das dobras mergulham para SW e seus flancos mergulham para NW.

2.4 Levantamento e caracterização dos recursos minerais e jazidas de interesse econômico

2.4.1 Recursos minerais existentes na área de influência indireta

Como já dito anteriormente, o estabelecimento dos primeiros núcleos populacionais da área de influência indireta (All) está relacionado diretamente à descoberta de ouro há tempos atrás.

Com a evolução dos conhecimentos geológicos sobre a região, várias riquezas minerais vêm sendo registradas e mapeadas fornecendo subsídios para o melhor entendimento das relações entre os recursos minerais e o respectivo ambiente geológico.

Na All, encontra-se uma grande variedade de mineralizações, desde pequenas ocorrências minerais até jazidas de porte econômico. Os depósitos mais importantes incluem a Seqüência Vulcanossedimentar de Palmeirópolis com mineralização de zinco, cobre e chumbo, o Complexo Básico-Ultrabásico de Cana Brava com a jazida de amianto-crisotila e a Serra Dourada, onde ocorrem importantes concentrações de estanho (cassiterita).

Os dados secundários disponíveis denotam que a área de influência indireta podem conter uma quantidade expressiva de ocorrências minerais de valor econômico reconhecido, visto que ela está inserida em uma província metalogenética bastante importante, como o zinco, o chumbo, ouro, amianto, cobre, estanho, berilo, tântalo e calcário.

Os principais recursos minerais que já foram registrados para a All são apresentados a seguir.

Ametista

A ametista ocorre como subproduto do quartzo em pegmatitos mineralizados a citrino no garimpo Mateira.

Amianto (asbesto)

A principal jazida de amianto-crisotila do Brasil localiza-se no Complexo Básico-Ultrabásico de Cana Brava, na sua parte sul, próxima à margem esquerda do rio Tocantins (Minaçú). A crisotila ocorre como variedade fibrosa de serpentina associada às rochas ultrabásicas e às zonas com fraturamento intenso dessas rochas.

Barita

Ocorrências de baritas são encontradas em corpos de pegmatito associados a quartzitos e xistos do grupo Araxá. Em geral, tais ocorrências já foram exploradas por garimpo, estando, a maioria, exaurida atualmente.

Berilo

As principais ocorrências de berilo encontram-se associadas à mica e outros minerais de pegmatito. Os pegmatitos mineralizados estão encaixados em corpos graníticos ou no Grupo Araxá.

Na área da Serra Dourada, ocorrem inúmeros pegmatitos contendo berilo, bem como coluviões. O berilo apresenta-se em cristais bem formados, de dimensões milimétricas a decimétricas e de tom esverdeado. Os principais garimpos situam-se próximos das localidades de Trombas e Mata Azul, nos municípios de Formoso e Peixe, respectivamente.

Nos garimpos da borda oeste da Serra Dourada (região de Trombas) foram encontrados cristais de água-marinha. No garimpo de Péla-Ema foi observada uma ocorrência importante de esmeralda. Alguns depósitos de esmeraldas são previstos para áreas com predominância de rochas básico-ultrabásicas, cortadas por pegmatito, sendo que jazimento dessa natureza é encontrado nas proximidades de Porangatu.

Calcário e mármore

Reservas interessantes de calcário e mármore encontram-se associadas às rochas carbonatadas incluídas principalmente nos grupos Araxá e Bambuí.

A sudoeste da cidade de Peixe, localidade de Barreirão, encontra-se uma pedreira de calcário calcítico, com volume estimado em 9 milhões de m³ (DNPM, 1975), que já foi explorada para cal.

No município de Paranã, a leste do complexo de Cana Brava, encontram-se dois maciços calcários, sendo um deles avaliado em 40 milhões de m³ de minério distribuído em camadas de calcário e dolomito.

Há, em geral, numerosos afloramentos de rochas calcárias, em parte entremeadas nos xistos do grupo Araxá e, em parte, em terrenos do grupo Bambuí, intercalados em margas e ardósias do Subgrupo Paraopeba.

Chumbo, cobre e zinco

Os principais depósitos de sulfetos maciços de chumbo, zinco e cobre encontram-se encaixados na seqüência vulcanossedimentar de Palmeirópolis, incluída na porção basal do Grupo Araxá.

A jazida é caracterizada como vulcanossedimentar de sulfeto maciço e disseminado apresentando os seguintes valores de sulfetos metálicos (CPRM, 1975): reserva medida, 3.141.433 t; reserva indicada, 1.277.531 t; reserva inferida, 1.008.968 t; reserva total, 5.427.932 t; teor médio da jazida, 3% de Zn + Pb.

Estanho

As principais mineralizações de estanho da área de estudo estão relacionadas a depósitos pegmatíticos derivados de processos metassomáticos hidrotermais. O estanho, juntamente com o berilo e wolfrâmio, predominam nas regiões de biotita-granito fino, greisens foliados e biotitas.

Esses depósitos ocorrem nas bordas das massas graníticas da Serra Dourada e em zonas onde a encaixante parece cobrir em pequena espessura tais corpos graníticos.

As maiores concentrações de estanho ocorrem no Garimpo Péla-Ema, sob a forma de filões (veios de pegmatito), ao sul da Serra Dourada.

Outras mineralizações de estanho (além de ouro, wolfrâmio, tântalo, nióbio) derivadas de processos hidrotermais encontram-se no domínio do Complexo Goiano (ou Gnáissico-migmatítico-granítico), condicionadas, muitas vezes, por sistemas de falhamentos.

Fluorita

As principais ocorrências de fluorita encontram-se associadas ao corpo granítico da Serra Dourada, mormente na borda leste. Na borda sul desse corpo granítico, é mencionada a presença de fluorita em greisens lenticulares ou em granitos greisenizados.

Lítio

O lítio ocorre na forma de silicato, estando restrito às rochas ácidas e pegmatitos. Nos pegmatitos mineralizados a berilo foram encontrados minerais de lítio no rejeito. Os minerais portadores de lítio como a ambligonita e a lepidolita encontram-se, às vezes, associadas aos berilos nos corpos pegmatíticos. Expressivas ocorrências de lepidolita foram descobertas a noroeste de Palmeirópolis, na Serra Grande, no garimpo Marta Rocha. O mineral de lítio aparece inserido em corpos de pegmatito inclusos em quartzitos do Grupo Araxá.

Manganês

Pequenos depósitos de manganês são conhecidos como produtos de enriquecimento supergênico de rochas do Complexo Goiano e Grupo Araxá, ocorrendo, principalmente na forma de lentes. As mineralizações são de origem intempélica e tem por base rochas ricas em granadas. Na área de Cavalcante ocorrem concentrações interessantes desse bem mineral.

Mica (muscovita)

A mica encontrada nos veios de pegmatito é explorada em regime de garimpagem. Existem vários garimpos abandonados ou em atividade intermitente na região, notadamente na Serra Dourada e nas regiões a nordeste de Formoso (Mata Azul, Cana Brava e Campinaçú).

Níquel

As ocorrências de níquel na área de influência indireta são de importância pequena em relação às outras jazidas de porte na região Centro-Oeste. São conhecidas anomalias significativas de níquel em serpentinitos amiantíferos do Complexo Básico-Ultrabásico de Cana-Brava.

Ouro

Diversas unidades litoestratigráficas da área de influência indireta da UHE São Salvador possuem mineralização primária de ouro. O ouro secundário ocorre em vários depósitos aluvionares.

Ocorrências desse metal são relatadas em veios de quartzo em xistos do grupo Araxá; relacionados com falhamentos e fraturamentos; ou disseminados em quartzitos grafitosos, muscovita-quartzitos, sericita-xistos e xistos grafitosos. Na região de Porangutu (Amaro Leite) são mencionadas a existência de 17 ocorrências auríferas. O ouro ocorre associado em uma faixa metassedimentar metassomatizada de litologia complexa. Antigos garimpos localizam-se nessa faixa, como o Poço do Bussum. Registra-se outro, em metassedimentos pelíticos e quartzosos no Morro do Caranã, no município de Estrela do Norte.

Com relação ao ouro secundário (aluviões e terraços) são mencionadas ocorrências da margem esquerda do rio do Ouro (alto curso) entre Amaro Leite e Mara Rosa; tributários do rio do Ouro na região da Estrela do Norte (córregos Algodoeiro, Vargem do Coelho e Capim da Raiz), córrego de Santo Antonio; Ribeirão Corrente, na região de Formoso; e no rio do Peixe (NO de Cirilândia).

Tântalo e nióbio

As mineralizações de tântalo e nióbio estão relacionadas aos corpos de pegmatitos ou concentrados secundariamente nos aluviões. Tais elementos estão representados pelos minerais columbita-tantalita.

Os pegmatitos mineralizados cortam tanto as rochas do Grupo Araxá como as rochas do Complexo Goiano.

Pequenas proporções de columbita-tantalita encontram-se associadas a pegmatitos de Péla-Ema, na Serra Dourada.

Turmalina

Na borda leste da Serra Dourada, é relatada a ocorrência de cristais límpidos, transparentes e bem formados de turmalina (Fazenda da Dona Ana), no córrego Mateira e Garimpo do Romão.

Esse mineral ocorre na forma econômica quando associado a outras gemas nos veios de pegmatito.

2.4.2 Direitos minerários

A pesquisa e a exploração de bens minerais são atividades que já vêm sendo exercidas há bastante tempo na área de influência indireta e que podem sofrer interferências com a formação do reservatório. Dessa forma, para subsidiar a análise de interferências do reservatório da UHE São Salvador são registradas as possibilidades de interferência no Quadro 2.1 e também nos desenhos 8788/00-6B-2002 a 2007.

Quadro 2.1
Processos minerários ativos na área de
influência direta da UHE São Salvador

Número do processo	Data		Situação	Titular	Substância Mineral	Área Requerida (ha)	
	Início do Processo	Última Autorização				Inicial	Atual
75811686	09/12/75	17/01/97	AP	CPRM	Níquel	1.000,00	1.000,00
75811689	09/12/75	10/09/82	AP	CPRM	Níquel	1.000,00	1.000,00
75811702	09/12/75	17/01/97	AP	CPRM	Níquel	1.000,00	1.000,00
78800744	16/02/78	21/03/97	AP	CPRM	Prata	10.000,00	10.000,00
79860545	22/06/79	10/11/89	PD	CPRM	Prata	8.945,00	8.945,51
84860310	20/02/84	17/01/97	AP	CPRM	Zinco e Cianita	1.000,00	1.000,00
84860317	20/02/84	17/01/97	AP	CPRM	Cobre, Zinco e Cianita	1.000,00	1.000,00
93860488	07/06/93	16/10/03	D	TMC	Minério deTântalo	10.000,00	10.000,00
93860490	07/06/93	21/03/02	AP	TMC	Minério de Nióbio	10.000,00	10.000,00
93860779	30/07/93	12/03/99	AP	Mineração Vista Alegre	Ouro	10.000,00	8755,99
93861600	26/10/93	29/10/02	AP	Rui Raimundo de Lucena Vieira	Minério de Ouro	1.000,00	892,70
97860475	02/04/97	21/06/00	RL	Cooperativa dos Garimpeiros Denominada de Min	Ouro	1.000,00	1.000,00
97860476	02/04/97	21/06/00	RL	Cooperativa dos Garimpeiros Denominada de Min	Ouro	1.000,00	451,68
97860487	02/04/97	28/01/03	D	Cooperativa dos Garimpeiros Denominada de Min	Ouro	1.000,00	1.000,00
97860570	09/05/97	14/09/00	RL	Cooperativa dos Garimpeiros Denominada de Min	Ouro	615,00	446,17
97860571	09/05/97	14/09/00	RL	Cooperativa dos Garimpeiros Denominada de Min	Ouro	615,00	615,00
01860067	26/01/2001	24/09/03	D	Falconbridge do Brasila LTDA	Minério de Níque, Platina, Paládio	2000	1588,42
01860161	05/03/01	07/05/02	LL	Luiz Carlos Jansen	Areia	50,00	50,00
01860962	24/09/2001	13/08/2003	D	Falconbridge do Brasila LTDA	Minério de Níque, Platina, Paládio	1000	760,36
02860468	21/05/02	16/06/02	LL	Construtora Porto do Vale	Areia, cascasalho	50,00	50,00
02860660	22/07/02	05/09/03	LL	Salvador Rodrigues Sobrinho	Areia, cascasalho	49,99	4,96
02860076	31/01/01	13/08/2003	D	Falconbridge Brasil LTDA	Minério de Níquel, Platina, Paládio	2000	2000

Quadro 2.1
Processos minerários ativos na área de
influência direta da UHE São Salvador

Número do processo	Data		Situação	Titular	Substância Mineral	Área Requerida (ha)	
	Início do Processo	Última Autorização				Inicial	Atual
02864092	02/05/02	18/11/03	AP/AI	Investco S.A.	Diamante industrial	9971,1	8679,67
03860693	15/07/03	08/12/03	AP	Edmilson Luiz Ribeiro	Ouro	2.000,00	1720,55

Fonte: DNPM, 2003.

Notas: AP = Autorização de Pesquisa; AI = Auto de Infração; RL = Requerimento de Lavra; LI = Licença Indeferida; LL = Licença de Lavra; PD = processo Destruído; D = Disponibilidade. CPRM = Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais; TMC-Companhia de Mineração Tocantins; ENERSUL = Companhia Energética Enersul.

Ao longo da área de influência direta, foram encontrados no rio Tocantins alguns pontos de extração de areia e a utilização de dragas para o garimpo de ouro, atividades em declínio atualmente. Embora sem o registro legal para a lavra mineral, algumas balsas também operam na região da foz do rio Custódio.

2.5 Condições geológicas e geotécnicas da área de influência direta

2.5.1 Aspectos geológicos da área do eixo e do reservatório

As informações aqui apresentadas tiveram por base os trabalhos de campo realizados por Furnas/Engevix/Rede-Celtins/EDP-Brasil, contemplando os diversos eixos do aproveitamento de UHE São Salvador.

Na região do eixo proposto A para a UHE São Salvador, a topografia apresenta um relevo onde predomina um vale amplo com ocorrência de uma planície quase que contínua. Nessa planície são encontrados depósitos coluviais e aluviais junto à calha do rio, seguida por um relevo acidentado de encostas íngremes em ambas as margens (desenho 8788/00-6B-A3-2008 a 2013). No eixo proposto B, na margem esquerda os quartzitos avançam até próximo a margem, deixando, assim, de existir a planície acima descrita.

A maior parte da área de influência direta está representada por rochas do Pré-Cambriano pertencentes ao Grupo Araxá, que afloram na calha do rio Tocantins e nas ombreiras. Nas partes planas, esse Grupo apresenta-se capeado por solos coluviais, pedimentos e aluviões junto aos rios. A litologia é constituída por rochas compostas basicamente por muscovita-clorita-xistos, biotita-muscovita-quartzoxistos, granada-muscovita-clorita-xistos, quartzitos e quartzitos micáceos.

A Cobertura Cenozóica é representada por depósitos detrítico-lateríticos arenosos, siltosos ou argilosos, com seixos rolados e fragmentos de litologia variável, sendo comum a ocorrência de quartzo provenientes de veios. Aluviões recentes estão

restritos às ilhas e às margens das principais drenagens, como o rio Mutum e Mocambinho.

No local do barramento, litologias do Grupo Araxá ocupam tanto o leito do rio como as ombreiras, sendo que de modo geral, essas rochas estão capeadas tanto por solos “*in situ*” como por solos transportados. Os afloramentos estão restritos às partes altas geralmente sustentadas por cristas quartzíticas, mais raramente ocorrendo no interior da planície colúvio-aluvionar em formas alongadas. A xistosidade é, sem dúvida, o aspecto estrutural dominante na rocha. Sua atitude média varia entre 310° e 340° , com ângulo de mergulho variando entre 15° e 20° SW. Essa xistosidade marcante é a responsável pelo aspecto denteado do topo rochoso.

Recobrimo o pré-cambriano ocorrem sedimentos aluviais-colúviais com presença de lateritos autóctones. Esses solos apresentam em superfície uma concentração de fragmentos de quartzo anguloso seguido por um solo argilo-silto-arenoso. Aluviões recentes estão em geral restritos a cotas inferiores a 270 m (eixo proposto A) e 275 m (eixo proposto D) junto às margens, próximo à calha do rio. Em alguns locais deste eixo são encontrados aluviões mais antigos que estão sujeitos ao retrabalhamento somente durante a ocorrência de cheias excepcionais nas partes altas. Os aluviões são constituídos por areias inconsolidadas com presença de cascalho normalmente na base e intercalações de lentes argilo-siltosa.

2.5.2 Geotecnia local

Apesar de terem sido estudados diferentes eixos, as características gerais se mostraram semelhantes, apresentando pontualmente diferenças mencionadas a seguir.

2.5.2.1 Características dos aluviões recentes

Na área de influência direta, os aluviões ocupam praticamente uma faixa contínua, margeando com largura variável de todos os cursos d'água e recobrimo parcialmente o leito do rio Tocantins. Ao longo deste último, alcança as maiores expressões em área e espessura, onde formam estreitas “praias” alongadas no sentido do fluxo, praticamente planas ou levemente inclinadas em direção às margens do rio.

Os aluviões, na calha do rio, especialmente na primeira porção do reservatório (SA1), são preferencialmente constituídos por areias finas com intercalações de argila plástica. Nas margens são mais comuns materiais silto-arenosos, ocorrendo também camadas de areias puras média a grossa normalmente de cor amarelada e camadas de cascalho. A espessura desses aluviões é muito variada e chega a alcançar 12 m (SP-604, eixo A). A permeabilidade da camada aluvionar areno-siltosa é da ordem de 5×10^{-7} a 2×10^{-4} cm/s. sendo esta última a mais comum. A camada de areia média a fina pode chegar a 1 cm/s. Na camada de cascalho há um único ensaio com valor de 2×10^{-4} cm/s (SP-611). Em termos de resistência, os

ensaios de SPT na margem esquerda indicam valores inferiores a 14 golpes e a 12 golpes na margem direita nos 3,5 m iniciais aumentando com a profundidade chegando a impenetrável ao atingir a camada de cascalho.

2.5.2.2 Capeamento de solos coluvionares e residuais

Nos eixos estudados os solos coluvionares são muito pouco espessos na margem esquerda do rio Tocantins. São mais freqüentes na margem direita, embora também não cheguem a constituir depósitos expressivos. De modo geral, são constituídos por fragmentos de quartzo provenientes dos inúmeros veios que cortam a região. Esses solos estão sobrepostos a um pacote de solos residuais que apresentam-se bastante estruturados e constituídos por materiais argilo-siltosos avermelhados, variando de muito a pouco micáceo.

Esse conjunto (colúvio + solos residuais), na ombreira esquerda do eixo da barragem, pode totalizar uma espessura em torno de 20 m, sendo que nas proximidades do rio esta espessura é da ordem de 6 m. Na ombreira oposta, esses solos são menos espessos, não ultrapassando 14 m. Os solos coluvionares constituem-se, predominantemente, de areia fina a média, por vezes micáceas e de cor marrom a amarelada. Os solos residuais também possuem essa mesma composição predominante, apresentando no entanto, fragmentos de quartzo e de rocha xistosa associados à matriz arenosa. Por vezes, esses fragmentos encontram-se em horizontes individualizados, atingindo espessura máxima de 1 m.

No entanto, a inspeção visual realizada por meio de poços e as sondagens a trado permitem prever condições muito favoráveis à implantação de estruturas de terra.

2.5.2.3 Características dos micaxistos

Os micaxistos presentes na região fazem parte de um conjunto de litologias pertencentes ao Grupo Araxá. São caracterizados por serem rochas com xistosidade bem desenvolvida, sendo esta a principal feição estrutural. Muitas vezes, ocorrem fraturas resultantes de esforços e/ou alívio de tensões. Essas, quando presentes, podem desempenhar papel importante. No caso da região de São Salvador, a xistosidade desempenha o principal papel, com grande variação nos valores medidos (subhorizontal a subvertical) porém apresentando valores médios entre 20° e 30°.

A xistosidade é a responsável pelo aspecto normalmente “denteado” da superfície do maciço rochoso são. Pela anisotropia dos estratos é comum ocorrerem infiltrações a grandes profundidades dentro de estratos mais permeáveis e a pequenas profundidades em estratos menos permeáveis adjacentes, dando origem a zonas alteradas em profundidades diferentes. Esta anisotropia, dificilmente, é detectada por investigações geofísicas. São melhor identificadas pelas sondagens mecânicas. No entanto por serem pontuais a identificação das anisotropias depende fundamentalmente da interpretação conjunta das informações obtidas por meio de sondagens. Os micaxistos presentes na região

do aproveitamento são da fácies anfibolito (Série Barroviana), com associações do tipo granada-silimanita-microclina-plagioclásio.

2.5.2.4 Características dos quartzitos

Os quartzitos presentes na região sustentam as cristas em ambos os lados do rio Tocantins. Afloram, de modo geral, nas partes mais altas, à exceção do afloramento que ocorre na margem direita imerso em aluviões recentes e solos coluvionares. Nos afloramentos existentes foram vistos quartzitos micáceos, normalmente sericita e muscovita, ocorrendo também sob forma de veios de quartzo puro. Os quartzitos apresentam-se estratificados e com xistosidade entre 310° a 340° e mergulhos da ordem de 15° a 20°SW, concordantes com a xistosidade observada nos micaxistos.

Em superfície, o fraturamento constitui feição estrutural importante quando associado à estratificação, sendo responsável pela formação de blocos de grandes dimensões que se desprendem, dando à superfície do maciço um aspecto de enrocamento. O quartzito que ocorre isolado na margem direita, na região do eixo A, apesar de sustentar uma pequena “crista” aproximadamente paralela ao rio mostrou-se pouco resistente à amostragem por sondagem rotativa, apresentando-se friável de modo geral, com baixa recuperação de testemunho. Os quartzitos encontrados na margem esquerda na região do eixo D, ocorrem desde a ombreira propriamente dita até o leito do rio, onde apresenta-se muito competente. Já o mesmo não acontece com o restante desse quartzito onde as sondagens executadas atravessaram rochas friáveis. No eixo B, margem esquerda, o quartzito ocorre sob uma faixa contínua, paralela ao curso do rio, com ângulos de mergulho entre 35° e 40°.

2.6 Sismicidade natural e induzida

A atividade sísmica no território brasileiro é considerada bastante reduzida, porém, a responsabilidade relativa à construção de grandes obras de engenharia determina que a avaliação do risco sísmico não pode ser negligenciada. Para tanto, devem ser avaliadas as características sísmicas e sismotectônicas da região de interesse.

Conforme a metodologia proposta por Assunção e Burton (1982, 1986), as intensidades sísmicas VI e VII MM constituem-se no limiar para avaliação do risco sísmico.

A intensidade VI MM corresponde a danos leves em construções fracas, equivalendo a acelerações máximas entre 0,03 e 0,07 g, no solo, enquanto a intensidade VII MM corresponde a danos consideráveis em edifícios de construção frágil, casas de adobe, muros velhos; danos leves em edifícios normais; e danos insignificantes em edifícios de construção sólida, equivalendo a acelerações entre 0,10 e 0,15 g, no solo, e velocidades entre 3 e 12cm/seg. Conseqüentemente, para efeito de avaliação do risco sísmico, considera como valores de referência as intensidades VI e VII MM. A avaliação da intensidade

sísmica que possa ter ocorrido em determinado local é feita com base na denominada “lei de atenuação de intensidades macrosísmicas” (Assumpção e Burton, 1982), cuja equação permite calcular a intensidade sísmica ocorrida, em certo local, considerando sismos com características definidas.

No presente caso, o Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (UnB), pesquisou uma área delimitada pelas coordenadas 12° 15’/14° 00’ Sul e 47° 30’/49° 30’ Oeste, abrangendo o período de 1900 a 2003. O resultado da pesquisa gerou uma relação de sismos registrados entre 1970 e setembro de 2003. O sismo natural de maior magnitude ($M_b = 3,6$) e intensidade ($MM = V$) ocorreu em 1985, na região de Palmeirópolis –TO. Registra-se que o risco sísmico, calculado em estudos dessa natureza, refere-se à sismicidade natural, sujeito a alterações pela construção de reservatórios que podem induzir sismos.

O Quadro 2.2 apresenta os principais sismos registrados na região a partir dos anos 80.

Quadro 2.2
Principais sismos registrados na área
de influência indireta da UHE São Salvador

Nº	Data	Hora Local	Coord. Geográfica		Erro Km	Localidade	Int. MM	Cat	Magnitude		Comentários (fonte)
			Lat. S	Long. W					MB	Tipo	
1	17/05/82	00h57'15"	12,70	48,2	40	Paraná	-	I	3,0	1	UnB, IAG
2	12/12/84	18h18'18"	12,93	48,84	-	N. Porangatu	-	I	3,3	1	UnB, IAG
3	19/07/85	21h21'19"	13,08	48,06	20	Palmeirópolis	V	I	3,5	1	UnB, IAG
4	19/07/85	21h29'00"	13,08	48,06	20	Palmeirópolis	-	I	2,2	1	UnB
5	19/07/85	22h05'34"	13,09	48,03	20	Palmeirópolis	V	I	3,6	1	UnB, IAG
6	21/02/86	18h41'16"	12,91	48,42	30	Palmeirópolis	-	I	3,1	1	UnB, IAG
7	21/02/86	19h41'51"	12,91	48,42	30	Palmeirópolis	-	I	2,0	1	UnB
8	21/02/86	20h22'22"	12,91	48,42	30	Palmeirópolis	-	I	1,8	1	UnB
9	30/11/86	00h57'24"	13,50	48,75	-	Formoso	-	I	3,2	1	UnB
10	05/12/90	00h07'52"	12,84	47,50	-	Paraná	-	I	3,0	1	UnB, IAG
11	12/07/93	12h08'29"	14,79	51,03	10	Aruanã	V	I	4,1	1	IAG, IPT, UnB, UFRN
12	21/01/98	04h01'00"	14,00	48,50	-	S. da Mesa	-	I	1,3	5	UnB (SIR)
13	22/03/98	12h37'00"	14,00	48,40	-	S. da Mesa	-	I	1,2	5	UnB (SIR)
14	23/06/98	00h31'00"	13,90	48,40	-	S. da Mesa	-	I	1,7	5	UnB (SIR)
15	03/02/99	19h24'00"	14,00	48,50	-	S. da Mesa	-	I	1,6	5	UnB (SIR)
16	29/05/99	15h12'00"	14,00	48,70	-	S. da Mesa	-	I	2,0	5	UnB (SIR)
17	31/07/99	22h54'00"	13,90	48,30	-	S. da Mesa	-	I	2,5	5	UnB (SIR)
18	18/08/99	04h43'58"	13,30	49,20	-	Porangatu	-	I	3,5	1	UnB, IAG
19	18/09/99	03h01'00"	18,80	48,30	-	S. da Mesa	-	I	1,6	5	UnB (SIR)
20	24/09/99	10h06'00"	13,70	48,60	-	S. da Mesa	-	I	1,8	5	UnB (SIR)
21	14/07/03	09h08'41"	12,72	47,84	-	Paraná	-	I	3,3	1	UnB/dp

Notas-Int. MM: Intensidade Mercalli Modificada, - Cat.: Categoria I: Sismo determinado unicamente com dados instrumentais, - Magnitude tipo 1: m_R , estimativa de m_b com estações regionais. $m_R = \log(A/T) + 2,3 \log(\text{Dist.,km}) - 2,28$; Magnitude tipo 5: m_B estimado pela duração - Fontes: USGS: U.S. Geological Survey; UnB: Observatório Sismológico da UnB; IAG: Instituto Astronômico e Geofísico da USP; UFRN: Universidade Federal do rio Grande do Norte; IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas.dp = dados preliminares

2.6.1 Sismicidade induzida por reservatórios

O interesse pela Sismicidade Induzida por Reservatórios - SIR no Brasil começou no início da década de 70, após o fenômeno ter sido registrado nos reservatórios Capivara-Cachoeira, localizado próximo a Curitiba, e Carmo do Cajuru, no estado de Minas Gerais. O ambiente sismotectônico do território brasileiro (interior de placa litosférica e baixo nível de sismicidade natural) e o número relativamente grande de reservatórios, constituem condições propícias para a manifestação de SIR. Na maioria dos casos, a SIR registrada nos reservatórios brasileiros é do tipo resposta rápida; os casos dos tipos resposta tardia e resposta repetitiva ocorreram de modo subordinado.

A formação de grandes reservatórios d'água altera o regime de esforços crustais nas regiões onde eles são implantados, bem como a maneira como esses esforços são liberados nos terremotos (SIMPSON, 1986). A sismicidade resultante de tais alterações é denominada de Sismicidade Induzida por Reservatórios (SIR). Os três principais efeitos da implantação de reservatórios no regime de esforços crustais são:

- 1) efeito elástico, que corresponde ao rápido aumento do esforço elástico devido ao peso do reservatório;
- 2) efeito de compactação, que corresponde ao aumento da pressão de fluidos intersticiais nas rochas saturadas, causado pela diminuição do volume dos poros e fraturas devido ao aumento do esforço elástico; e
- 3) efeito de difusão, que corresponde à difusão da pressão de fluidos intersticiais pela migração da água devido ao próprio reservatório e à redistribuição dos fluidos nos poros e fraturas devido à compactação (Simpson, 1986).

A relação temporal entre a formação do reservatório e a ocorrência dos sismos induzidos, permite o reconhecimento de dois tipos de SIR (Simpson *et al.*, 1988): 1) resposta rápida, quando os sismos induzidos ocorrem imediatamente após a elevação do nível d'água do reservatório; e 2) resposta retardada, quando os sismos ocorrem longo tempo (vários anos) após a formação do reservatório. Quando vários períodos de intensa atividade são intercalados por períodos de quietude sísmica, a SIR é denominada repetitiva.

No que se refere aos sismos induzidos por reservatórios, embora tenham sido registradas várias ocorrências no Brasil, não se têm notícias de danos às obras onde os mesmos ocorreram.

Dos 69 eventos sísmicos registrados na pesquisa desenvolvida pela UnB, oito foram induzidos pelo reservatório da UHE Serra da Mesa, com magnitude (Mb) variando de 1,2 a 2,5.

3. Geomorfologia

3.1 Contexto geomorfológico

A área de influência indireta (All) apresenta duas unidades geomorfológicas distintas (desenho 8788/006B-A1-2014). A mais elevada denomina-se Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba (Radam, v. 25) ou Complexo Montanhoso Veadeiros-Araí (Radam, v. 29). Trata-se de um relevo elevado e muito fragmentado, marcado freqüentemente por depressões intermontanas, esculpidas pelo rio Tocantins e seus afluentes.

Ocupando a porção central da área de influência indireta, tem-se um relevo rebaixado com algumas elevações residuais, geralmente alongadas em sentido N-S. Essa unidade geomorfológica é conhecida como Depressão do Tocantins (Radam, v. 25) ou Pediplano do Tocantins (Radam, v. 29), denominação que parece melhor corresponder à sua gênese.

A primeira Unidade Geomorfológica tem composição litológica dada principalmente por rochas da Formação Traíras a leste e do Grupo Araxá a oeste. Um dos aspectos mais notáveis do relevo regional é a Serra Dourada, que delimita a parte sudoeste da Área de Influência Indireta. Trata-se de uma estrutura braquianticlinal com orientação do eixo maior no sentido N-S, com aproximadamente 60 km de extensão e 10 km de largura.

O núcleo é granítico rebaixado com relevo predominante de morros amplos, sem orientação preferencial e encostas com perfis retilíneos a convexos. A amplitude local dos morros varia entre 100 e 300 m, com altitude média em torno de 800 m, mas com picos atingindo 1.000 m. Esse corpo granítico é contornado por cristas quartzíticas mais elevadas, com altitude média de 900 m. Contornando esse corpo central, ocorrem cristas assimétricas, correspondendo a “hogbacks” esculpidos em rochas do Grupo Araxá.

Na Figura 3.1, pode ser observada a disposição da Serra Dourada e do Pediplano do Tocantins no contexto da área de influência indireta da UHE São Salvador, além de alguns relevos residuais, destacando-se a serra Cana Brava.

A Serra Dourada estende-se para o norte com um aspecto fragmentado, cristas estreitas e longas que se lançam em direção ao rio Tocantins. Nesse segmento, as encostas são sulcadas por sulcos profundos, paralelos, onde se instala uma drenagem intermitente. Ao sul desta serra, o relevo apresenta também aspecto de morros amplos com algumas pequenas áreas pediplanadas.

Os rios que nascem na Serra Dourada dirigindo-se para o rio Tocantins, atravessam essas cristas em gargantas epigênicas. São principalmente os formadores do rio Cana Brava, já no Pediplano do Tocantins

A leste do Pediplano do Tocantins o relevo apresenta alinhamento paralelo de cristas com direção N-S. Essas cristas foram esculpidas em rochas da Formação Traíras. As altitudes dos topos dessas cristas variam de 700 m a 850 m, com desníveis locais de cerca de 300 m a 400 m, com vales estreitos e alongados. Os rios encaixados no sentido geral das cristas dirigem-se para o rio Tocantins, superimpondo-se ao relevo por meio de gargantas epigênicas.

3.2 Geomorfologia da área de influência direta

Essa seqüência de cristas alinhadas pode ser melhor observada na Figura 3.2, em que se pode observar que o futuro reservatório não chega a atingir as encostas que limitam o Pediplano do Tocantins. O reservatório situa-se quase que totalmente dentro de um sistema de relevo com aspecto suave ondulado. O único local em que as águas irão atingir áreas de maior declividade fica próximo ao eixo da barragem.

No sul da área, a Serra de Cana Brava apresenta-se como um relevo residual no meio do Pediplano do Tocantins, constituindo-se num estreito interflúvio entre os rios Cana Brava e Tocantins.

O Pediplano do Tocantins é formado por rochas do Pré-Cambriano Indiferenciado (granitos e gnaisses), rochas do Grupo Araxá (principalmente micaxistos e quartzitos) além de extensa cobertura detrítico-laterítica do Terciário-Quaternário.

Essa região é atravessada pelo rio Tocantins, que recebe seus tributários das serras vizinhas. A maior parte da área apresenta relevo de formas tabulares a suavemente convexas, interrompida pela drenagem pouco profunda, como pode ser observado no Mapa Geomorfológico (desenho 8788/00-6B-A1-2014). Nos locais onde a rede de drenagem se adensa, predominam formas de morrotes baixos, com menos de 50 m de altura.

Nas imagens de satélite utilizadas para o mapeamento geomorfológico, sobressaem os relevos residuais no Pediplano. São remanescentes do Planalto do Alto Tocantins, que resistiram ao processo de pediplanação e quedaram aguçados e alongados no sentido N-S, algumas bastante rebaixadas, outras, mais elevadas recebem denominações locais de serras, como a Serra das Traíras (ou das Palmas) na área de influência indireta.

Na Figura 3.3, uma dessas serras destaca-se isolada na região aplainada do vale do Tocantins. Essa serra alongada constitui-se na ombreira direita da barragem, exemplificando o tipo de relevo residual encontrado na área.

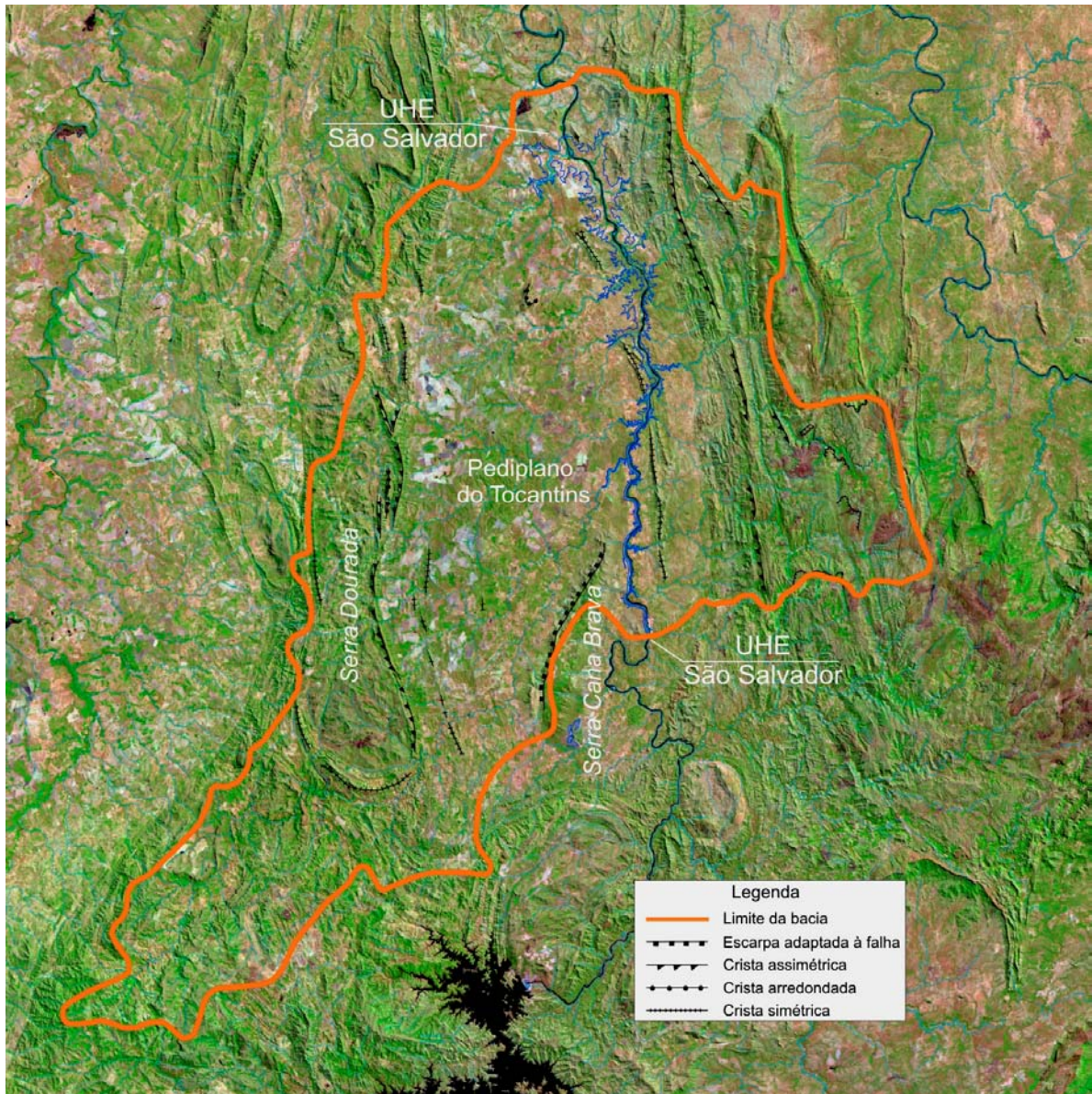


Figura 3.1
Vista geral da área de influência indireta
da UHE São Salvador (Imagem Landsat TM 7)

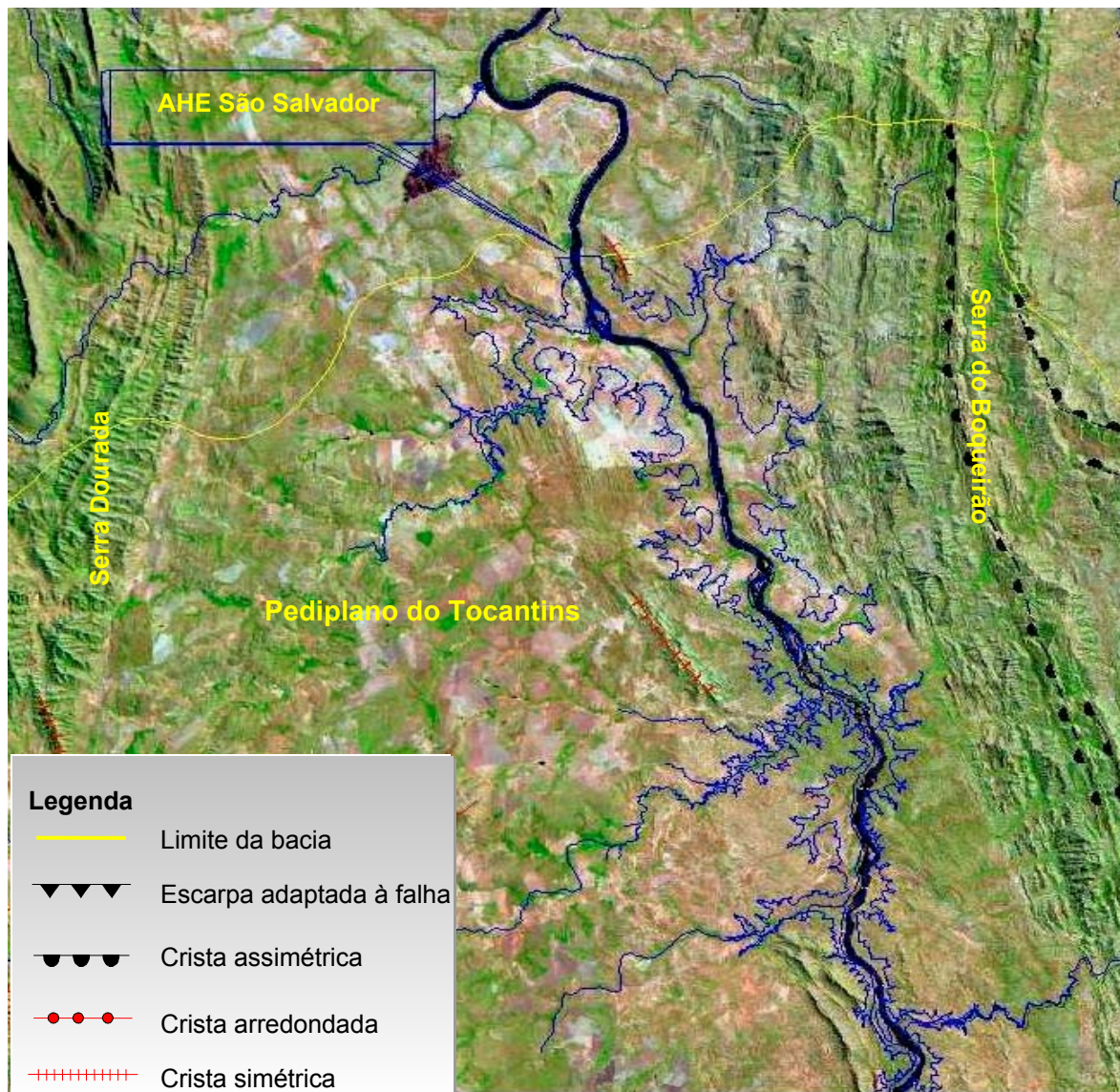


Figura 3.2
Vista geral de trecho da área de influência direta
(Imagem Landsat TM 7)



Figura 3.3
Ombreira direita do eixo proposto para a
barragem da UHE São Salvador

Relevo de forma alongada, com solos rasos e afloramentos de rocha nas partes mais elevadas. O contato com o Pediplano se dá de forma gradativa, com depósitos coluviais mal selecionados. Localmente, podem ser observados blocos irregulares dispersos na encosta.

Atualmente, o rio Tocantins encontra-se com a vazão regularizada nesse trecho. Em um passado recente apresentava pequenos trechos de praias e planícies aluviais, além de extensos trechos de afloramento de rocha no leito do rio. Com a entrada em operação da UHE Serra da Mesa, sua vazão foi regularizada em um nível mais elevado, fazendo com que as antigas praias e corredeiras praticamente desaparecessem.

Presentemente, podem ser observados terraços arenosos em alguns trechos do rio nas Figuras 3.4 e 3.5.

Terraços arenosos verticalizados em função da ação de garimpeiros que alteraram as margens do rio Tocantins em alguns trechos desde tempos pretéritos. A montante, dentro da área do futuro reservatório do UHE São Salvador, os terraços são menores, podendo apresentar dois ou três níveis.



Figura 3.4
Terraço verticalizado no rio Tocantins, nas proximidades da barragem da UHE Cana Brava



Figura 3.5
Terraços em patamares no rio Tocantins, nas proximidades do eixo da barragem da UHE São Salvador

3.3 Mapeamento e caracterização das encostas da área de influência direta

Sob esse aspecto, a associação das características geológicas com o modelamento morfológico do reservatório resulta num contexto estável, justificado pela declividade pouco acentuada na região de oscilação do nível d'água do reservatório, onde são envolvidos terrenos naturais constituídos por micaxistos e quartzitos, sendo os primeiros capeados por solos coluviais e residuais, em geral pouco espessos e bastante resistentes, ao passo que nos trechos envolvendo rochas quartzíticas, também estáveis, praticamente não há presença de solos. Essa situação é corroborada por meio da observação de imagens da região, não havendo indicação de ocorrência de deslizamentos naturais.

O reservatório da UHE São Salvador será instalado sobre uma área com relevo predominantemente suave ondulado e solos pouco desenvolvidos, rasos e com

baixos teores de argila, textura arenosa apresentando-se via de regra cascalhentos e concrecionários. Além disso, nos cortes de estrada pode-se observar que a transição solo-rocha é gradual, o que favorece ainda mais a estabilidade das encostas ao contrário do que ocorre em uma transição abrupta entre o solo e a rocha matriz, quando a rocha subjacente, dependendo das condições de umidade do solo, pode se transformar num plano de deslizamento.

Junto ao eixo proposto para a barragem, nas encostas, o solo apresenta-se concrecionário e com baixos teores de argila (Latosolos Vermelho-Amarelos), o que o torna pouco propenso a deslizamentos, que praticamente não são observados na área próxima ao reservatório, devido às baixas declividades e pouca espessura dos solos (ver desenhos 8788/00-6B-A1-2021-0 a 2026-0).

4. Clima

A bacia hidrográfica do rio Tocantins é, em maior ou menor grau, afetada pelos mecanismos de produção de precipitação que incidem nas regiões Norte e Nordeste. Entre estes, destacam-se:

- A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que consiste na região de convergência dos ventos alísios dos dois hemisférios-está associada dinamicamente a uma faixa de baixa pressão e convergência do escoamento nos baixos níveis da atmosfera, que promove condições favoráveis ao movimento ascendente e conseqüentes presenças de nebulosidade e precipitação.

Via de regra, a ZCIT migra sazonalmente da sua posição mais ao norte, aproximadamente 14° Norte, em agosto-setembro, para sua posição mais ao sul, aproximadamente 2° Sul, em março-abril. Seu deslocamento e intensidade condicionam a quantidade de chuva que atinge a região.

Um dos aspectos interessantes associados a ZCIT é que, como esta se situa numa faixa de domínio oceânico, é razoável esperar que exista uma relação entre as anomalias da temperatura da superfície do mar nessa faixa e as precipitações nas regiões do continente ou, mais especificamente, na bacia do Tocantins.

- Os sistemas frontais, associados às ondas baroclínicas, que transportam massas de ar de origem polar em direção aos trópicos. Essas ondas ocorrem ativamente em todas as estações do ano, promovendo uma modulação dos regimes pluviométricos e de temperatura em grande parte do Brasil.
- Os sistemas frontais frios, que em geral se organizam duas a quatro vezes por mês nas latitudes médias do continente e se deslocam na direção SW-NE, podendo às vezes retroceder, mudar de direção ou permanecer estacionários por alguns dias, até sua frontólise sobre o continente ou sobre o oceano Atlântico.
- As frentes frias interiores, que após transporem a região do Chaco, rica em umidade e sede natural de uma ciclogênese, podem penetrar até latitudes inferiores aos 20°Sul, alcançando a região Centro-Oeste e o extremo sul da região Norte.
- As linhas de instabilidade, associadas às brisas marítimas na costa Norte-Nordeste. Estas linhas, decorrentes do gradiente térmico entre o continente e o oceano, podem ultrapassar a faixa litorânea e propagarem-se como linhas de instabilidade em direção às áreas mais interiores, atingindo, por vezes, a bacia do Tocantins.

4.1 Caracterização climática

A bacia do Tocantins a montante da UHE de São Salvador está basicamente sujeita a todos os mecanismos determinantes do clima regional. Dentre esses

destaca-se a oscilação da Zona de Convergência Intertropical, que explica o caráter sazonal das penetrações de massas de ar perturbadas de Norte e correspondentes períodos chuvosos. Tais massas tornam-se particularmente mais instáveis na medida em que se defrontam com as frentes frias provenientes do sul do continente.

Localmente pode-se considerar que a região da bacia do Tocantins, na qual se insere a UHE de São Salvador, está associada a praticamente um setor climático principal (Setor Extremo Sul do rio Tocantins, com clima classificado como do tipo Cw na classificação de Köppen), conforme mostrado na Figura 4.1. Algumas peculiaridades permitem explicitá-lo em dois subsetores, a seguir resumidamente caracterizados:

- Subsetor Extremo Sul do rio Tocantins (1T): se estende, no sentido latitudinal, desde o Extremo Sul da bacia até aproximadamente os paralelos 13 e 14°Sul. O clima predominante neste setor é de natureza continental tropical úmido, com amenizações parciais da época quente devidas à altitude. Sua classificação climática é do tipo Cw. O período quente e chuvoso é bem definido, indo de novembro a março, com o mês de dezembro sendo o mais chuvoso. O período seco vai de junho a agosto, sendo os meses de abril a maio e setembro a outubro os meses de transição.
- Subsetor de Transição ao Médio Tocantins (2T): limitado ao sul pelo Subsetor 1T e, ao norte, pelo paralelo 11° Sul, aproximadamente, na região da cidade de Porto Nacional. Sua posição latitudinal propicia influência apenas indireta da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), conferindo-lhe um clima que pode ser classificado como tropical continental, embora ainda relativamente úmido, pela proximidade equatorial. A classificação climática é também do tipo Cw. O período chuvoso vai de outubro a março, sendo dezembro e janeiro os meses mais chuvosos. O período seco vai de junho a agosto, com os meses de abril, maio, setembro e outubro sendo de transição.

O Quadro 4.1 e a Figura 4.1, apresentam, de forma resumida, as características principais dos subsectores definidos anteriormente.

Quadro 4.1
UHE São Salvador - Principais características dos
subsectores climatológicos na região

Subsetor	Clima predominante	Classificação Köppen	Período chuvoso	Período seco	Período transicionais	Mês mais chuvoso	Índices pluviométricos médios anuais (mm)
1T	Continental tropical úmido	Cw	Nov a Abr	Jun a Ago	Abr a Mai Set a Out	Dez	1.275 a 1.779
2T	Continental tropical com alguma influência equatorial	Cw	Out a Abr	Jun a Ago	Abr a Mai Set a Out	Dez-Jan	1.538 a 1.925

4.2 Pluviometria

A bacia do Tocantins, ao Norte do paralelo 6° S, apresenta estação chuvosa influenciada pelas oscilações da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que, se constituindo em fator determinante da pluviosidade equatorial, interage com os demais sistemas atuantes na região, definindo o caráter sazonal das precipitações. Nessa área, a época chuvosa e quente tem início entre outubro e novembro e se estende até março, podendo mesmo atingir o início de abril, sendo outubro e novembro os meses característicos de transição antecedendo a época chuvosa. O trimestre mais chuvoso no ano oscila entre dez-jan-fev. A época seca e fria tem início entre maio e junho e se estende até setembro, sendo os meses de junho, julho e agosto os mais secos. Os meses de abril e maio funcionam como meses de transição da época chuvosa para a seca.

A estação mais próxima com dados disponíveis nas Normais Climatológicas (Departamento Nacional de Meteorologia, 1961-1990) é a de Paranã, cujos dados demonstrados na Figura 4.2 permitem estabelecer uma precipitação total anual de 1.329,5 mm.

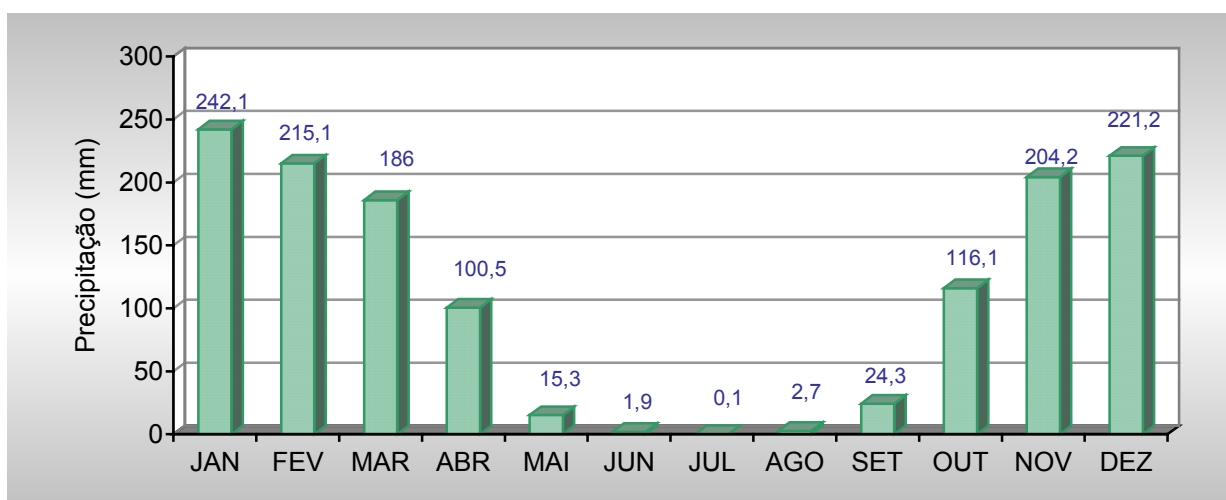


Figura 4.2
Precipitação total - Estação Paranã
Série 1961 - 1990

Verifica-se, assim, que a precipitação durante a época chuvosa é generalizada, persistente e intensa. Já para o período seco, não é generalizada nem persistente, ocorrendo de forma esparsa e apresentando totais mensais extremamente baixos. Estas características são razoavelmente representativas do que ocorre no trecho da bacia de interesse, podendo-se apenas destacar que, nos meses mais chuvosos, os totais mensais podem atingir valores ligeiramente superiores aos da Figura 4.2, em localidades de cabeceira, nas cercanias do Planalto Central, razão da precipitação total anual na bacia ser, em média, entre 10 e 20 % maior do que a da estação de Paranã.

Destaca-se, no comportamento pluviométrico da região, a ausência de núcleos chuvosos bem definidos, característica decorrente das latitudes da bacia e de sua topografia, sem acidentes morfológicos importantes.

Esse comportamento é resultado, ainda, da inexistência de fenômenos ciclônicos intensos, com o período chuvoso caracterizado por uma única massa de ar, que é sua principal fonte supridora de umidade. O extenso período de estiagem pode ser relacionado ao avanço do anticiclone subtropical sobre o continente, fator inibidor da formação de nuvens e, em consequência, de precipitações.

As isoietas médias anuais da bacia são apresentadas na Figura 4.3. Da análise das mesmas observa-se que a distribuição pluvial ao longo da bacia de contribuição para a UHE São Salvador é decrescente, no sentido Sul-Norte (montante-jusante), apresentando valores entre 1.700 mm, nas cabeceiras (proximidades de Goiânia e Brasília), e cerca de 1.100mm, nas proximidades de São Salvador do Tocantins e Paranã. Verifica-se, também, que a mesma tendência de distribuição se manifesta no sentido Oeste-Leste, embora com seus efeitos mais presentes na porção inferior da bacia e a jusante desta (Figura 4.3).

4.3 Evaporação e evapotranspiração

Os dados evaporimétricos disponíveis permitem a identificação de um núcleo máximo de evaporação na parte central da bacia do Tocantins, bem ao norte da região de interesse, com total anual de 1.500 mm, a partir do qual observam-se valores decrescentes nas quatro direções principais. Na direção da bacia de São Salvador (Sul) esta redução se manifesta, atingindo 1.400mm na altura da cidade de São Salvador do Tocantins e 1.000mm no Planalto Central.

A análise desses dados possibilita, ainda, a caracterização da bacia total do Tocantins para estudos evaporimétricos em quatro diferentes faixas de latitudes, cujas principais características são descritas a seguir:

- Faixa Equatorial: cobre as latitudes próximas ao Equador e caracteriza-se por uma homogeneidade meteorológica que define um equilíbrio na distribuição de pressão, da temperatura, dos ventos, da insolação e da umidade;
- Faixa de Transição: é a faixa de transição da Floresta Pluvial Amazônica para o Cerrado;
- Faixa Tropical: compreende as latitudes tropicais onde se destacam a vegetação do tipo Cerrado, o aspecto orográfico regular e uma homogeneidade climato-meteorológica bem definida face à região latitudinal abrangida.

- Faixa Tropical de Altitude: compreende a área montanhosa localizada no extremo Sul da bacia.

A área de influência para São Salvador pode se enquadrar nas Faixas Tropical e Tropical de Altitude, sobretudo nesta última. A evaporação real média anual nessas faixas oscila entre 1.000 e cerca de 1.400 mm.

A estação mais próxima com dados disponíveis nas Normais Climatológicas é a de Paranã, cujos dados são apresentados a seguir para fins ilustrativos.

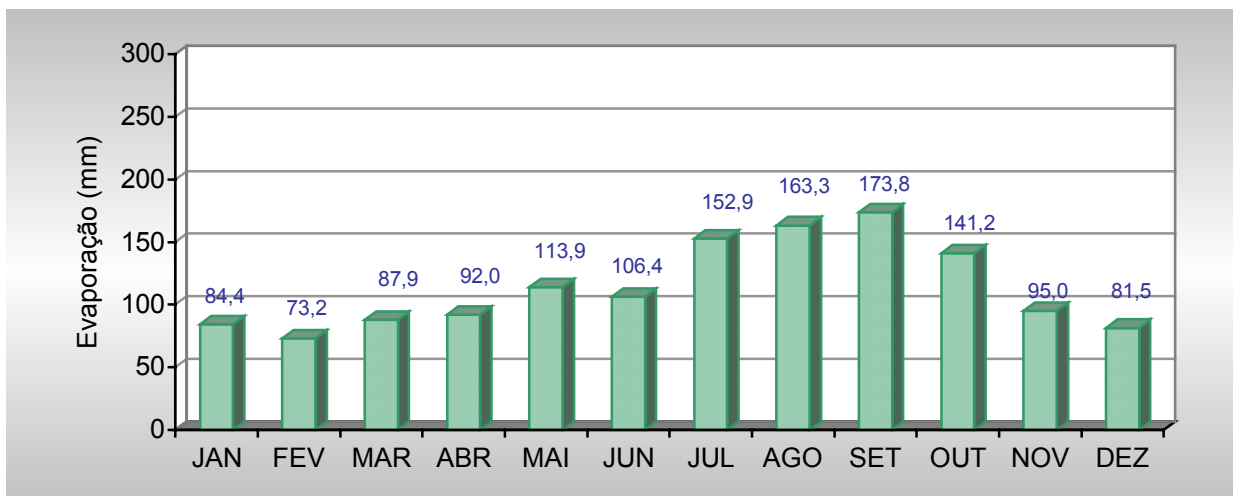


Figura 4.4
Evaporação total - Estação Paranã
Série 1961 - 1990

De acordo com esses dados, os meses de maiores valores de evaporação total são os de maio a outubro e, dentre esses, o de setembro. Os meses de novembro a abril são os de menores valores, com o mínimo, em geral, ocorrendo em fevereiro (Figuras 4.4 e 4.5).

A evapotranspiração acompanha a variação da evaporação, isto é, com valores máximos em agosto e setembro. Devido a este déficit de umidade e de chuvas a evapotranspiração potencial é máxima nestes períodos, certamente tem influência preponderante na vegetação da região, isto é, de formações de cerrado, ou formações arbustivas que resistam a longos períodos de deficiência de umidade.

A Figura 4.6 mostra a variação da evapotranspiração potencial obtida de forma indireta pela formulação de Hargreaves a partir dos registros históricos do posto de Paranã (Inmet).

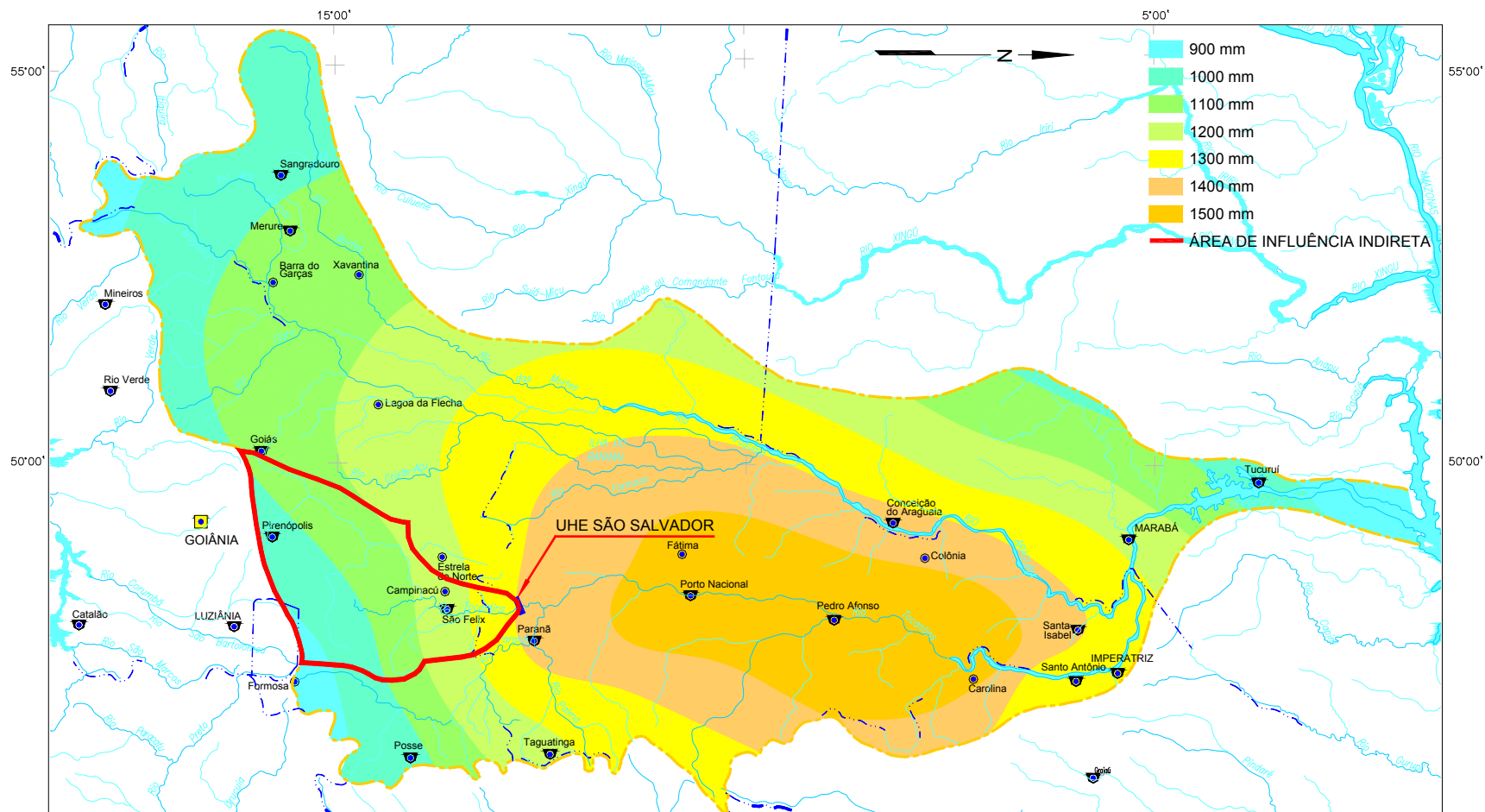


Figura 4.5
Isolinhas de evaporação médias
Período 1949 a 1980

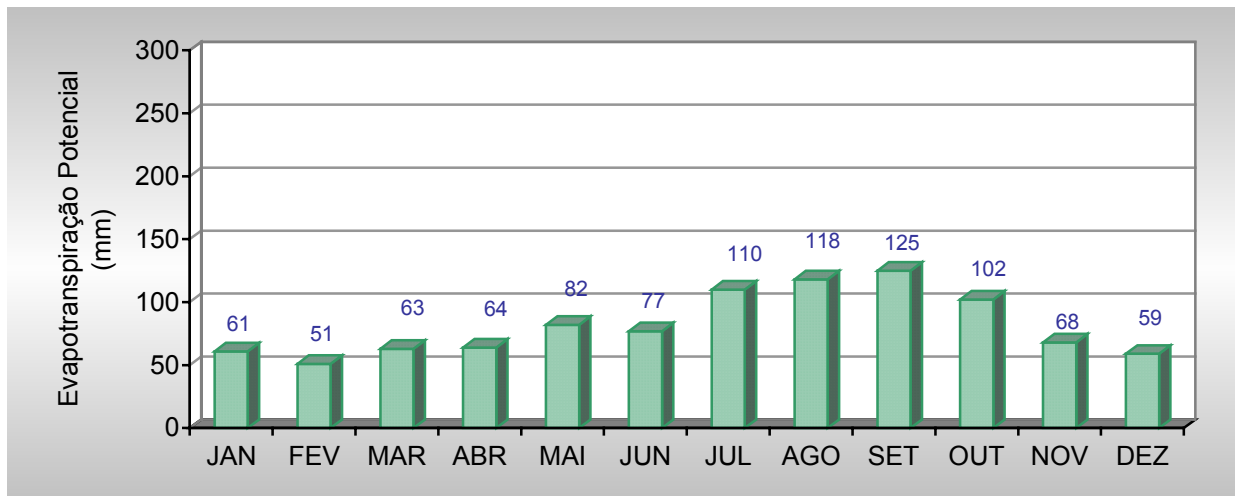


Figura 4.6
Evapotranspiração potencial- Estação Paranã
Série 1961 - 1990

4.4 Ventos

Como as variações térmicas e bárias são mínimas, porque ocorrem sempre dentro da mesma massa de ar e nunca por troca de massas de origens latitudinais diferentes, isso acarreta um gradiente mínimo de ventos, caracterizado não só por uma direção predominante, como também por uma pequena variação de intensidade. Excetuam-se, naturalmente, as ocorrências localizadas de ventos fortes e de rajadas, provenientes de trovoadas, que atuam por muito pouco tempo sobre distâncias curtas.

Os ventos predominantes na região do médio Tocantins, de um modo geral, têm sido relatados como do quadrante Norte, com velocidade média entre 14 e 16 km/h, com ocorrências esparsas de ventos do quadrante Sul de mesma intensidade média. Entretanto, dados da estação meteorológica de Porto Nacional, situada na citada região e única mais próxima da área do empreendimento de São Salvador (com cerca de 10 anos de registros – 1976/1985), indicam que os ventos mais freqüentes são os de sul, leste e norte, com freqüências, respectivamente, de 9,5%, 7% e 6,2%. Também indicam que em quase dois terços do tempo ocorrem calmarias, com velocidades abaixo de 3,6 km/h. Independentemente da direção, a velocidade média situa-se em torno de 7,2 km/h, permitindo classificá-los como ventos fracos a moderados. Os valores máximos registrados situam-se na faixa de 21,6 a 28,8 km/h, com exceção de um valor ocorrido em julho/77, proveniente da região leste, com velocidade de 50,4 km/h. Esses dados informam ainda que os ventos do sul e do norte predominam nos meses de outubro e maio.

4.5 Temperaturas

As isotermas médias anuais da bacia do rio Araguaia-Tocantins foram obtidas das Normais Climatológicas do Brasil/Inmet (período de 1931 a 1990), que indicam uma certa homogeneidade na distribuição das temperaturas ao longo da região abrangida por toda a bacia.

No tocante à área de influência para a UHE São Salvador, em particular, observa-se que as temperaturas médias anuais tendem a diminuir à medida que aumentam a latitude e as altitudes, variando de 25°C na região de São Salvador e Paranã até 22°C nas proximidades de Brasília. Também dos dados do Inmet consultados, verifica-se que a amplitude entre as médias máximas e médias mínimas é da ordem de 12°C. Nas cabeceiras da bacia esses valores – médias máximas e médias mínimas – situam-se em torno de 30°C e 17°C, respectivamente. Em geral, os mínimos térmicos se originam das frentes polares (Figura 4.7).

Embora as temperaturas médias sejam razoavelmente elevadas, a posição continental da área e as altitudes, no caso da região de cabeceira, além da ausência da insolação, tornam as noites mais amenas.

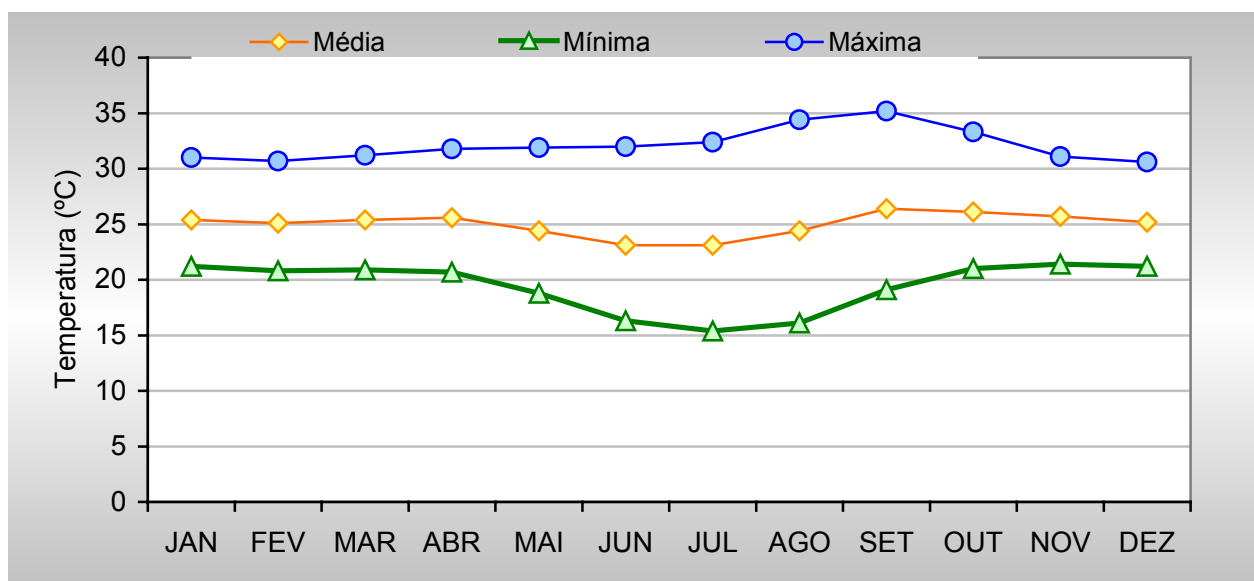


Figura 4.7
Temperaturas média, mínima e máxima
Estação Paranã - Série 1961 - 1990

Os dados das figuras anteriores indicam que o mês de temperatura mais elevada é setembro e os de temperaturas mais baixas são os de junho, julho e agosto e, de certa forma, confirmam as características gerais descritas nos dois parágrafos iniciais.

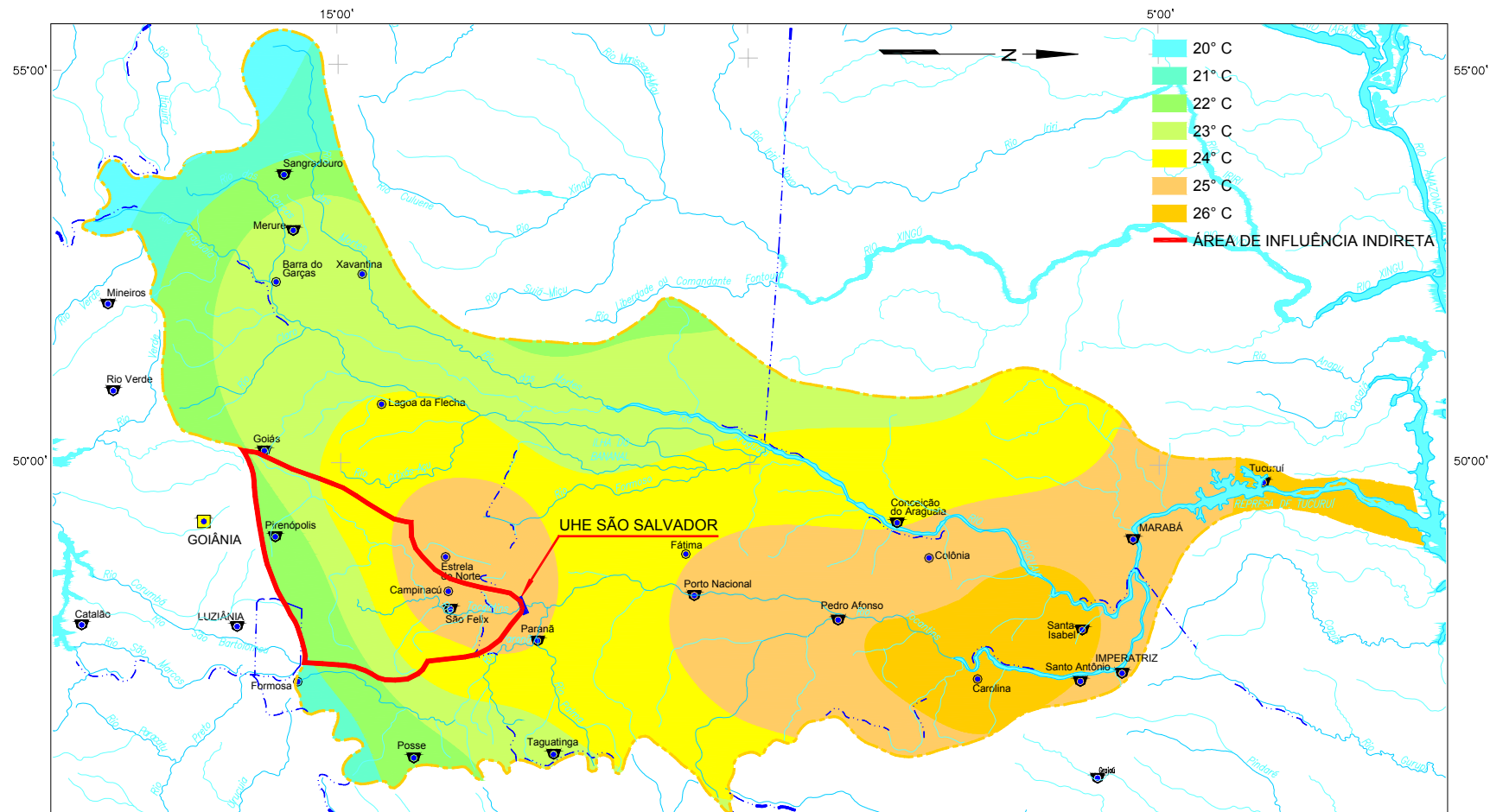


Figura 4.8
Isotermas médias anuais para a bacia Araguaia-Tocantins
Período de 1949 a 1980

4.6 Insolação

A insolação ou a nebulosidade tem uma variação sazonal marcante, isto é, com maior número de horas de sol nos meses de estiagem, já que a circulação atmosférica de macro-escala praticante impede a formação de nuvens nos meses de maio e outubro. A Figura 4.9 apresenta a variação da insolação ao longo do ano, com base nas Normais Climatológicas - posto de Paranã (Inmet).

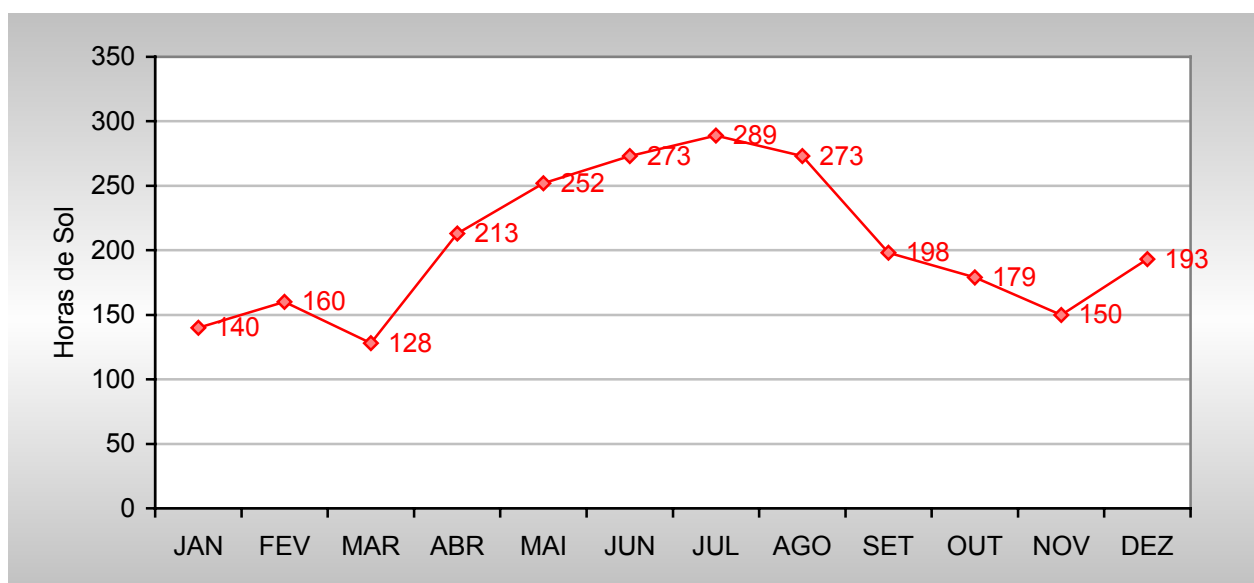


Figura 4.9
Insolação-Estação Paranã
Série 1961 - 1990

4.7 Umidade relativa

A umidade relativa na região apresenta valores bastante elevados, com média anual de cerca de 70% (Figura 4.10).

O período de dezembro a março, em que predominam as chuvas, apresenta os índices mais elevados do ano, com valores superiores a 75% na região da UHE São Salvador. Nos demais meses os índices se mantêm altos, embora com valores inferiores àquele.

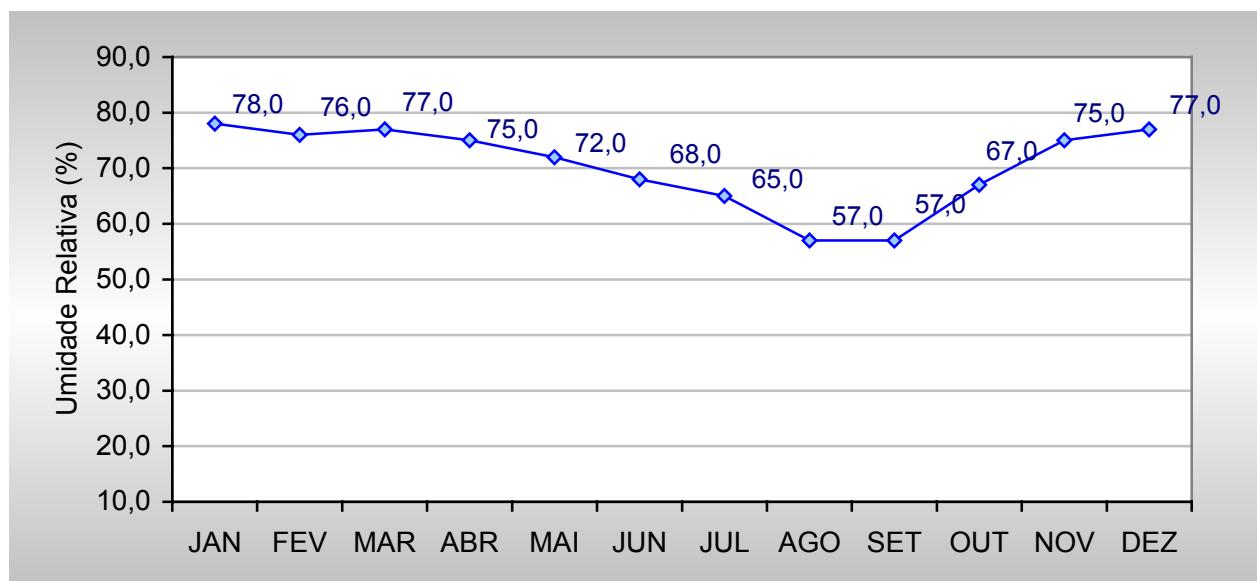


Figura 4.10
Umidade relativa - Estação Paranã
Série 1961 - 1990

4.8 Pressão atmosférica

A distribuição das pressões atmosféricas na bacia do Tocantins é típica das latitudes continentais de regiões tropicais, não sendo influenciada por fenômenos ciclônicos intensos. O campo bórico se apresenta bem uniforme, com uma razoável regularidade na sua distribuição em função da altitude, desenvolvendo-se ao longo da bacia no sentido Norte-Sul, com variação anual de pressão em torno de 1.012 mbar, com uma dispersão média de 5 mbar. A pressão mínima ocorre entre dezembro e janeiro e a máxima em julho.

4.9 Outros dados da bacia do rio Tocantins

Nas proximidades da área de influência indireta da UHE São Salvador e nela própria, estão inseridos outros reservatórios (UHE Serra da Mesa, UHE Cana Brava, UHE Peixe Angical, UHE Lajeado, entre outros), cujos monitoramentos climáticos estão em curso e que poderão fornecer dados substanciais para uma análise futura de variações microclimáticas. Esses reservatórios, em função de seus espelhos d'água, poderão, após a constituição de séries de observação mais longas, propiciar elementos para a constatação efetiva dos efeitos a longo prazo.

Entretanto, os resultados parciais desses monitoramentos estão sendo encaminhados e analisados como condicionantes de licenciamento às diferentes esferas federal (Ibama) e estaduais (órgãos estaduais de meio ambiente) e poderão, num futuro próximo, estarem sendo compilados e disponibilizados para tais análises.

5. Solos

5.1 Classes de solos na área de influência indireta

Na área de influência indireta (AII) foram identificadas várias classes de solos, as quais foram mapeadas individualmente ou em associações, conforme as unidades de mapeamento listadas no Quadro 5.1 e no desenho 8788/00-6B-A1-2027.

Quadro 5.1
UHE São Salvador
Área de influência indireta
Unidades taxonômicas mapeadas

Unid. Mapa	Classe	Unidade taxonômica
LVd1	LVd	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado textura argilosa relevo plano e suave ondulado
LVd2	LVd	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado textura argilosa relevo plano
	LVd	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico concrecionário A moderado textura média e argilosa relevo plano
	SCd	Solos Concrecionários distrófico indiscriminados Tb A moderado textura indiscriminada relevo plano e suave ondulado
LVd3	LVd	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado textura argilosa relevo plano
	LVdpl	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico plíntico A moderado textura média relevo plano
LVd4	LVd	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado textura argilosa relevo plano
	LVd	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado textura argilosa relevo plano e suave ondulado
	LEd	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura argilosa relevo plano e suave ondulado
Lva	Lva	Latossolo Vermelho-Amarelo álico A moderado e fraco textura média relevo plano e suave ondulado
	Sca	Solos Concrecionários álicos indiscriminados A moderado e fraco textura média relevo suave ondulado
Led1	Led	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura argilosa e média relevo plano e suave ondulado
	LVd	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado textura média e argilosa relevo plano e suave ondulado
Led2	Led	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura argilosa e média relevo plano e suave ondulado
	LVd	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado textura média relevo suave ondulado e plano
Led3	Led	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura argilosa relevo plano e suave ondulado
	LRd	Latossolo Roxo distrófico A moderado textura argilosa relevo plano e suave ondulado
LRd	LRd	Latossolo Roxo distrófico A proeminente e chernozêmico textura argilosa relevo suave ondulado
	TRLe	Terra Roxa Estruturada Latossólica eutrófica A moderado textura argilosa relevo suave ondulado e ondulado
PVd1	PVd	Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb A proeminente textura média cascalhenta/argilosa cascalhenta fase pedregosa e não pedregosa relevo ondulado e forte ondulado
	Pve	Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico Tb A chernozêmico textura média cascalhenta/argilosa cascalhenta relevo ondulado e forte ondulado
	Re	Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico textura argilosa cascalhenta fase pedregosa relevo forte ondulado e montanhoso
PVd2	PVd	Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb A moderado e proeminente textura média cascalhenta/argilosa com cascalho fase pedregosa relevo ondulado e forte ondulado
	Rd	Solos Litólicos distróficos A moderado textura argilosa cascalhenta relevo ondulado e forte ondulado

Quadro 5.1
UHE São Salvador
Área de influência indireta
Unidades taxonômicas mapeadas

Unid. Mapa	Classe	Unidade taxonômica
PVd3	PVd	Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb A proeminente textura média/argilosa, média cascalhenta/argilosa cascalhenta relevo suave ondulado
	SCd	Solos Concrecionários com B textural Tb A moderado textura média/argilosa relevo suave ondulado
	Rd	Solos Litólicos distróficos A moderado textura indiscriminada cascalhenta relevo ondulado e forte ondulado
PVd4	PVd	Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb A proeminente textura média/argilosa relevo ondulado e suave ondulado
	Rd	Solos Litólicos distróficos A moderado textura argilosa cascalhenta e média cascalhenta relevo ondulado
	PVd	Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb A moderado textura média/argilosa relevo suave ondulado e ondulado
PVd5	PVd	Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb raso A moderado textura média cascalhenta/argilosa relevo suave ondulado
	Cd	Cambissolo distrófico latossólico e não latossólico Tb A moderado textura média cascalhenta relevo ondulado
	Rd	Solo Litólico A moderado textura média cascalhenta relevo ondulado e forte ondulado
PVd6	PVd	Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb concrecionário A proeminente e moderado textura média cascalhenta/argilosa cascalhenta fase pedregosa e não pedregosa relevo suave ondulado e ondulado
	Cd	Cambissolo distrófico Tb A moderado textura média cascalhenta relevo suave ondulado e ondulado
	Rd	Solo Litólico A moderado textura indiscriminada cascalhenta relevo suave ondulado e ondulado
PVd7	PVd	Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb concrecionário A moderado e proeminente textura média cascalhenta /argilosa com cascalho fase pedregosa e não pedregosa relevo suave ondulado e ondulado
	SCd	Solos Concrecionários distróficos com B textural Tb A moderado textura média/argilosa relevo suave ondulado e ondulado
PVd8	PVd	Podzólico Vermelho-Amarelo Tb A proeminente textura média cascalhenta/argilosa fase pedregosa relevo suave ondulado e ondulado
	Ted	Terra Roxa Estruturada distrófica A proeminente textura argilosa relevo suave ondulado e ondulado
	LRd	Latossolo Roxo distrófico A proeminente textura argilosa relevo suave ondulado
PVLd	PVLd	Podzólico Vermelho-Amarelo Latossólico distrófico A moderado textura média/argilosa relevo suave ondulado
	Cd	Cambissolo distrófico latossólico e não latossólico Tb A moderado textura média cascalhenta relevo suave ondulado e ondulado
	Rd	Solos Litólicos distróficos A moderado textura indiscriminada cascalhenta relevo ondulado
BV	BV	Brunizem Avermelhado textura argilosa relevo forte ondulado
	BV	Brunizem Avermelhado textura argilosa fase pedregosa e rochosa relevo forte ondulado e montanhoso
	Tre	Terra Roxa Estruturada eutrófica A chernozêmico textura argilosa relevo ondulado e forte ondulado
Ca	Ca	Cambissolo álico Tb A moderado textura média cascalhenta e não cascalhenta relevo suave ondulado e ondulado
	PVdr	Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb raso A moderado textura média/argilosa relevo suave ondulado e ondulado
	TRd	Terra Roxa Estruturada distrófica A moderado textura argilosa relevo suave ondulado e ondulado
Rd1	Rd	Solos Litólicos distróficos A moderado textura indiscriminada relevo forte ondulado
	PVd	Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb A moderado textura média cascalhenta/argilosa cascalhenta relevo ondulado
	AR	Afloramentos de Rocha relevo forte ondulado

Quadro 5.1
UHE São Salvador
Área de influência indireta
Unidades taxonômicas mapeadas

Unid. Mapa	Classe	Unidade taxonômica
Rd2	Rd	Solos Litólicos distróficos A moderado textura indiscriminada casc. Fase pedregosa e não pedregosa relevo forte ondulado
	AR	Afloramentos de Rocha relevo montanhoso e forte ondulado
Ra	Rad	Solos Litólicos álicos e distróficos A fraco e moderado textura média e arenosa relevo ondulado a escarpado
	AR	Afloramentos de Rocha relevo ondulado a escarpado
	Cad	Cambissolo álico e distrófico Tb pedregoso e não pedregoso A moderado e proeminente textura argilosa e média relevo ondulado e forte ondulado

5.1.1 Descrição das classes

5.1.1.1 Solos com horizonte B latossólico (BW)

Compreendem solos minerais, profundos a muito profundos, bem drenados e com seqüência de horizontes A, B e C, homogêneos ao longo da seção de controle. Caracterizam-se por ausência virtual de minerais primários facilmente intemperizáveis, baixa capacidade de troca de cátions (CTC).

Possuem muitos macroporos, estrutura de aspecto maciço porosa com grânulos pequenos textura argilosa a muito argilosa e consistência friável, quando úmido, e plástico e pegajoso a muito plástico e muito pegajoso, quando molhado, com transições entre os horizontes e sub-horizontes normalmente clara e gradual ou difusa.

a) Latossolo vermelho-escuro

Esta classe de solos apresenta cores vermelho-escuras a muito escuras e teores altos de óxidos de ferro com predominância de sesquióxidos e caulinita na fração argila. Apresentam-se forte a moderadamente ácidos e com baixa saturação de bases, distróficos indicando sua baixa fertilidade natural.

Ocorrem sob relevo plano e suave ondulado associados a Latossolo Vermelho Amarelo, apresentando ligeira/moderada a moderada suscetibilidade a erosão e aptidão agrícola Restrita para lavouras no nível de manejo A, e Regular nos níveis de manejo B e C. As unidades LEd1, LEd2 e LEd3, apresentam aptidão Boa no nível de manejo C, desde que sejam utilizadas práticas conservacionistas para controle da erosão.

Na All, nos interflúvios entre os rios Mocambão e Mocambinho, afluentes da margem esquerda do Tocantins, sobre relevos suave ondulado a ondulado, são observadas por associações de Latossolo Vermelho-Escuro e Latossolo Roxo, distróficos

b) Latossolo vermelho-amarelo

Esta classe de Latossolo apresenta cores vermelho-amareladas com matizes mais amareladas que 2,5 YR e demais características comuns aos Latossolos Vermelho Escuros e Roxos.

Apresenta, predominantemente, textura argilosa e média, horizonte A moderado e ocorrem sob relevo plano e suave ondulado. São de baixa fertilidade natural, distróficos e de aptidão restrita no nível de manejo A e regular nos níveis de manejo B e C. A unidade de mapeamento LVd1 e LVd2 apresentam aptidão Boa no nível de manejo C. A suscetibilidade a erosão é nula e ligeira.

c) Latossolo roxo

Esta classe diferencia-se dos Latossolos Vermelho Escuros pelas cores arroxeadas e pelos teores de óxidos de ferros superiores a 30%, sendo originados de rochas eruptivas básicas.

Apresentam textura argilosa, horizonte A proeminente e chernozêmico e ocorrem sob relevo suave ondulado. Estes solos apresentam média fertilidade natural, e possuem, aptidão agrícola regular nos níveis de manejo A e B e boa no nível C. A suscetibilidade a erosão destes solos é ligeira a ligeira/moderada.

Na All, recobrem morrotes baixos instalados na sub-bacia do rio Mocambinho.

5.1.1.2 Solos com horizonte B textural (BT)

Os solos pertencentes a este grupo são solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural, argila de atividade baixa, predominantemente cauliníticas, e com seqüência de horizonte A, Bt, C.

Neste grupo encontram-se: Terra Roxa Estruturada Eutrófica, Podzólico Vermelho Amarelo e Podzólico Vermelho Escuro.

a) Podzólico vermelho amarelo

É a classe de solos predominante na área de influência indireta, excluindo a região das serras (das Traíras, e Cana Brava). Estão presentes na área como várias unidades de mapeamento. Geralmente, apresentam baixa saturação com bases (distróficos), existindo uma unidade taxonômica eutrófica e uma unidade de mapeamento com caráter latossólico. Ocorrem sob relevo suave ondulado a forte ondulado, textura média/argilosa cascalhenta ou não cascalhenta, com suscetibilidade à erosão moderada a forte e aptidão agrícola, inapta para lavouras nos três níveis de manejo, devido a presença de pedregosidade e cascalhos, baixa fertilidade natural e suscetibilidade à erosão. São indicados para pastagem plantada ou natural e silvicultura dependendo das restrições, como pode ser observado no Quadro 5.2.

A unidade taxonômica PVe eutrófica, que ocorre associada na unidade de mapeamento PVd1, devido à alta fertilidade natural e apesar das condicionantes de suscetibilidade à erosão e impedimentos a mecanização, são indicadas com

restrição para agricultura no nível de manejo A. Todavia, observa-se um baixo aproveitamento dessa aptidão *in loco*. A agropecuária é extensiva e pouco expressiva.

b) Terra roxa estruturada

Esta classe é constituída por solos com baixo gradiente textural (B/A), com transições graduais ou difusas entre os horizontes, ricos em sesquióxidos de ferro e alumínio e derivados de rochas eruptivas básicas.

São de coloração avermelhada, profundos, argilosos, bem drenados e porosos. Possuem horizonte A proeminente e apresentam baixa saturação de bases.

A unidade taxonômica TRd distrófica ocorre como associação na unidade de mapeamento PVd8, sob relevo suave ondulado e ondulado, quando apresenta aptidão restrita para culturas nos três níveis de manejo – 3(abc) devido a suscetibilidade à erosão moderada.

A unidade taxonômica TRLe apresenta caráter latossólico e boa fertilidade natural, porém por ocorrerem sob relevo suave ondulado e ondulado, apresentam moderada suscetibilidade à erosão e aptidão agrícola regular para lavouras nos níveis de manejo A e B e restrita no C.

A unidade taxonômica TRe eutrófica apresenta boa fertilidade natural, porém é indicada com restrição para lavouras no nível de manejo A e inapta nos níveis de manejo B e C – 3(a).

c) Brunizem avermelhado

Esta classe de solos é caracterizada por apresentar um horizonte A chernozêmico e horizonte B textural com argila de atividade alta e saturação de bases elevada (eutróficos).

Na região esses solos ocorrem sob relevo fortemente ondulado na Serra Cana Brava, divisor d'água, no extremo sul da bacia. Apesar de apresentarem elevada fertilidade natural, possuem aptidão restrita para lavouras no nível de manejo A e inapta nos níveis de manejo B e C, devido a forte suscetibilidade à erosão e impedimentos a mecanização.

5.1.1.3 Solos com horizonte B incipiente (BI)

a) Cambissolos

São solos minerais não hidromórficos, com horizonte B incipiente (antigo horizonte câmbico), são rasos ou medianamente profundos, moderadamente a bem drenados, com seqüência de horizontes A, Bi, C, e derivados de materiais relacionados à decomposição das rochas, com formação *in situ*.

São solos com um certo grau de evolução, porém, não o suficiente para meteorizar completamente minerais primários de fácil intemperização, como feldspatos, micas, e outros.

Apresentam baixa saturação de bases (distróficos), latossólicos ou não, textura média cascalhenta e sob condições de relevo suave ondulado e ondulado. Ocorrem associados nas unidades de mapeamento PVd5 e PVLd e apresentam aptidão agrícola restrita para silvicultura e pastagem natural-5(sn). Têm apresentando suscetibilidade à erosão forte a muito forte e deficiência de fertilidade.

Na All, não apresentam grande expressividade em termos de área. Ocorrem associados a outras classes de solos.

5.1.1.4 Solos pouco desenvolvidos

Neste grupo incluem-se os solos que apresentam pouco desenvolvimento pedogenético:

a) Solos litólicos

São solos rasos, com profundidade até a rocha menor que 60 cm, seqüência de horizontes A-C-R ou A-R. Apresentam, predominantemente, baixa saturação de bases (distróficos), baixa atividade da argila, horizonte A moderado e ocorrendo sob relevo ondulado e forte ondulado, com algumas unidades taxonômicas de caráter cascalhento. Existe, também, uma unidade com alta saturação de bases (eutrófica) e horizonte A chernozêmico.

São solos inaptos para o aproveitamento agrossilvopastoril (classe 6), devido a sua pouca profundidade efetiva, seu relevo movimentado e sua suscetibilidade muito forte à erosão, sendo indicados para preservação da fauna e da flora.

Recobrem os morros amplos e morros de topos achatados da região da Serra das Traíras.

b) Solos concrecionários

São solos que apresentam em sua morfologia mais de 50% de concreções ferruginosas. Podem ocorrer com horizonte B textural ou sem horizonte diagnóstico.

Estes solos apresentam excesso de concreções de tamanhos variados, chegando a calhaus em muitos casos, que aliadas à baixa fertilidade natural e ocorrência sob relevo muito movimentado, o que implica em forte limitação ao uso agrícola. São indicados para preservação da fauna e da flora natural.

c) Afloramentos rochosos

São unidades cartográficas integradas por tipo de terreno e não por solos propriamente ditos, que se constituem basicamente, na região, das exposições de rochas, em condições de relevo fortemente ondulado, ocorrendo sempre como membro secundário das unidades de mapeamento dos Solos Litólicos (Rd1 e Rd2).

São terrenos sem aptidão para o aproveitamento agrossilvopastoril (classe 6), que, assim como os Solos Litólicos, são indicados para a preservação da flora e da fauna. São extremamente propensos à erosão, na forma de desprendimentos de blocos de rochas, que acabam por arrastar grandes volumes de solo.

5.1.2 Descrição da aptidão agrícola na área de influência indireta

O Quadro 5.2 apresenta, com base no Quadro-guia (Anexo B - Volume IV), a avaliação da aptidão agrícola das unidades taxonômicas existentes na área de influência indireta (desenho 8788/00-6B-A1-2028).

Quadro 5.2
Avaliação da aptidão agrícola das terras

Unid mapa	Unidades Taxonômicas	Def. de Fertilidade			Deficiência de Água			Excesso de Água			Suscet. a Erosão			Imp. a Mecanização			Aptidão Agrícola
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
LVd1	LVd arg pl e sond	M/F	L/M1	N2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	L	N/L1	N2	N	N	N	1(a)bC
LVd2	LVd arg pl	M/F	L/M1	N2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	N/L	N1	N1	N	N	N	1(a)bC
	LVd conc med e arg pl	MF	MF	MF	M	M	M	N	N	N	N/L	N1	N1	MF	MF	MF	5(n)
	SCd ind pl e sond	MF	MF	MF	F	F	F	N	N	N	L	N/L1	N2	MF	MF	MF	5(n)
LVd3	LVd arg pl	M/F	L/M1	N2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	N/L	N1	N1	N	N	N	1(a)bC
	LVd pl arg pl	M/F	L/M1	N2	L	L	L	N	N	N	N/L	N1	N1	N	N	N	1(a)bC
LVd4	LVd arg pl	M/F	L/M1	N2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	N/L	N1	N1	N	N	N	1(a)bC
	LVd arg pl e sond	M/F	L/M1	N2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	L	N/L1	N2	N	N	N	1(a)bC
	LEd arg pl e sond	M/F	L/M1	N2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	L	N/L1	N2	N	N	N	1(a)bC
LVa	LVa mod e fra méd pl e sond	F	M1	L2	M	M	M	N	N	N	L	N/L1	N2	N	N	N	2(b)c
	SCa ind mod e fra méd pl e sond	MF	MF	MF	F	F	F	N	N	N	L	N/L1	N2	MF	MF	MF	5(n)
LEd1	LEd arg e med pl e sond	M/F	L/M1	N2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	L	N/L1	N2	N	N	N	1(a)bC
	LVd méd e arg pl e sond	M/F	L/M1	N/L2	M	M	M	N	N	N	L/M	L1	N/L2	N	N	N	2(a)bc
LEd2	LEd arg e med pl e sond	M/F	L/M1	N2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	L	N/L1	N2	N	N	N	1(a)bC
	LVd méd sond e pl	M/F	L/M1	N/L2	M	M	M	N	N	N	M	L/M1	L2	N	N	N/L	2(a)b(c)
LEd3	LEd arg pl e sond	M/F	L/M1	N2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	L	N/L1	N2	N	N	N	1(a)bC
	LRd arg pla e sond	M/F	L/M1	N2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	L	N1	N1	N	N	N	1(a)bC
LRd	LRd pro e chern arg sond	M	L1	N2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	L	N1	N1	N/L	N/L	N/L	1abC
	TRLe arg sond e ond	L	N1	N1	L	L	L	N	N	N	M	L1	N/L2	M	M	M	2ab(c)
PVd1	PVd pro med/arg casc ped ã ond e fond	MF	MF	MF	L/M	L/M	L/M	N	N	N	F	M1	L/M2	MF	MF	MF	5(n)
	PVe cher méd/arg casc ond e fond	L	L/N1	N2	M	M	M	N	N	N	F	M1	L/M2	F	F	MF	3(a)
	Re cher arg casc ped fond e mont	F	M1	L2	M/F	M/F	M/F	N	N	N	MF	MF	MF	MF	MF	MF	6

Quadro 5.2
Avaliação da aptidão agrícola das terras

Unid mapa	Unidades Taxonômicas	Def. de Fertilidade			Deficiência de Água			Excesso de Água			Suscet. a Erosão			Imp. a Mecanização			Aptidão Agrícola
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
	Cad ped e ã mod e pro arg e méd ond e fond	MF	MF	MF	F	F	F	N	N	N	MF	MF	MF	MF	MF	MF	6

NOTA: A composição da aptidão agrícola das unidades de mapeamento, quando constituídas por associações de solos, se dá pela representação da classe de aptidão do primeiro componente da associação, sublinhado, com traço contínuo ou interrompido, representando a aptidão dos demais componentes secundários.

5.1.3 Erodibilidade dos solos

Para a avaliação da erodibilidade dos solos foram considerados: os graus de limitação quanto à suscetibilidade à erosão atribuída às unidades taxonômicas; o nível de manejo A, de menor grau de interferência nos solos e a avaliação da aptidão agrícola das terras.

De forma semelhante à aptidão, a erodibilidade atribuída às unidades de mapeamento também consideram a classe do principal componente da associação de solos, sublinhada de acordo com a classe do(s) componente(s) secundário(s).

No Quadro a seguir, estão relacionadas as unidades de mapeamento, sua composição em classes de solos, classes de aptidão agrícola e de erodibilidade.

Quadro 5.3
Aptidão agrícola das terras associada à erodibilidade dos solos

Unidades de mapeamento	Classes de solos	Aptidão agrícola das terras	Erodibilidade dos solos
LVd1	LVd	1(a)bc	Ligeira
LVd2	LVd + LVdc +SCd	1(a)bc	Nula/Ligeira
LVd3	LVd + LVdpl	1(a)bc	Nula/Ligeira
LVd4	LVd + LVd + LEd	1(a)bc	Nula/Ligeira
LVa	LVa + Sca	2(b)c	Ligeira
LEd1	LEd + LVd	1(a)bc	Ligeira
LEd2	LEd + LVd	1(a)bc	Ligeira
LEd3	LEd + LRd	1(a)bc	Ligeira
LRd	LRd + TRLe	1abC	Ligeira
PVd1	PVd + PVe + Re	5(n)	Forte
PVd2	PVd + Rd	5(n)	Forte
PVd3	PVd + SCd+ Rd	5(s)	Moderada
PVd4	PVd + Rd + PVd	4 P	Moderada
PVd5	PVdr + Cd + Rd	4 P	Moderada
PVd6	PVdc + Cd + Rd	5(n)	Moderada
PVd7	PVd + SCd	5(n)	Moderada
PVd8	PVd + TRd + LRd	5(n)	Moderada
PVLd	PVLd + Cd + Rd	2(a)bc	Ligeira/Moderada
BV	BV + BVpr +TRe	3(a)	Forte

Quadro 5.3
Aptidão agrícola das terras associada à erodibilidade dos solos

Unidades de mapeamento	Classes de solos	Aptidão agrícola das terras	Erodibilidade dos solos
Ca	Ca + PVdr + TRd	5(sn)	Forte
Rd1	Rd ₅ + AR	6	Muito Forte
Rd2	Rd ₆ + PVd ₉ + AQd2	6	Muito Forte
Ra	Rad + AR + Cad	6	Muito Forte

5.2 Solos da área de influência direta

5.2.1 Classes de solos mapeadas

Na área de estudo foram identificadas várias classes de solos, as quais foram mapeadas individualmente ou em associações, conforme as unidades de mapeamento listadas no Quadro a seguir e detalhados nos desenhos 8778/00-6B-A1-2028 a 2033.

Considerando que as descrições dos solos mapeados na AID são as preconizadas pela Embrapa, optou-se por apresentar esse detalhamento no Anexo B - Volume IV.

Quadro 5.4
Área de influência direta
Unidades taxonômicas mapeadas

UNID. MAPA	UNIDADE TAXONÔMICA	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
LVd1	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado e proeminente textura média e argilosa relevo plano e suave ondulado	LVd ₁ + Ad + LVd2	Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo A moderado e proeminente textura média e argilosa relevo plano e suave ondulado, Solos Aluviais A moderado e proeminente textura média e arenosa relevo plano e Latossolo Vermelho-Amarelo concrecionário A moderado textura média e argilosa relevo plano e suave ondulado todos distróficos
LVd2	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico concrecionário A moderado textura média e argilosa relevo plano e suave ondulado	LVd1 + LVd2 + SCd1	Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo A moderado e proeminente textura média e argilosa, Latossolo Vermelho-Amarelo concrecionário textura média e argilosa ambos relevo plano e suave ondulado e Solos Concrecionários indiscriminados Tb textura indiscriminada relevo suave ondulado ambos A moderado todos distróficos
LEd	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico A moderado textura argilosa relevo plano e suave ondulado	LEd + LVd1 + LVd2 + SCd1	Associação de Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa, Latossolo Vermelho-Amarelo concrecionário e não textura média e argilosa ambos relevo plano e suave ondulado e Solos Concrecionários indiscriminados Tb textura indiscriminada relevo suave ondulado todos distróficos A moderado
PVd1	Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb A proeminente e moderado textura média cascalhenta/argilosa fase pedregosa relevo suave ondulado e ondulado	PVd + SCd2 + LEd	Associação de Podzólico Vermelho-Amarelo Tb A proeminente e moderado textura média cascalhenta/argilosa fase pedregosa, Solos Concrecionários indiscriminados Tb A moderado textura indiscriminada ambos relevo suave ondulado e ondulado e Latossolo Vermelho-Escuro A moderado textura argilosa relevo plano e suave ondulado todos distróficos
PVLd	Podzólico Vermelho-Amarelo Latossólico Tb distrófico A moderado e proeminente textura média /argilosa relevo suave ondulado	PVLd + LVd2 + LVd1 + SCd2	Associação de Podzólico Vermelho-Amarelo Tb latossólico A moderado e proeminente textura média/argilosa relevo suave ondulado, Latossolo Vermelho-Amarelo concrecionário e não A moderado textura média e argilosa relevo plano e suave ondulado e Solos Concrecionários indiscriminados Tb A moderado textura indiscriminada relevo suave ondulado e ondulado todos distróficos

UNID. MAPA	UNIDADE TAXONÔMICA	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
SCd1	Solos Concrecionários indistimados Tb distróficos A moderado textura indistimada relevo suave ondulado	SCd + LVd2 + LVd1	Associação de Solos Concrecionários indistimados Tb textura indistimada relevo suave ondulado e ondulado, Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo concrecionário ambos textura média e argilosa relevo plano e suave ondulado todos distróficos A moderado
SCd2	Solos Concrecionários indistimados Tb distróficos A moderado textura indistimada relevo suave ondulado e ondulado		

NOTA: Mapas dos solos da área de influência direta, em escala 1:25.000, são apresentados nos Desenhos 8788/00-6B-A3-2028 a 2033.

5.2.2 Aptidão agrícola das terras

O Quadro a seguir, apresenta com base no Quadro-guia (Anexo B - Volume IV) a avaliação da aptidão agrícola das unidades taxonômicas existentes na área de influência direta.

Quadro 5.5
Área de influência direta
Avaliação da aptidão agrícola das terras

Unidade taxonômica Mapa	Def. De fertilidade			Deficiência de água			Excesso de água			Suscet. A erosão			Imp. A mecanização			Aptidão agrícola
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
LVd1	M/F	L/M1	N2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	L	N/L1	N2	N	N	N	1(a)bc
LVd2	MF	MF	MF	M	M	M	N	N	N	L	N/L1	N2	F	F	F	5(sn)
LEd	M/F	L/M1	N2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	L	N/L1	N2	N	N	N	1(a)bc
PVd	MF	MF	MF	F	F	F	N	N	N	F	M1	M1	MF	MF	MF	5(n)
PVLd	M/F	L/M1	N/L2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	M	M/L1	N/L2	L	L	L	2(a)bc
Ad	M/F	L/M1	N/L2	N/L	N/L	N/L	L/M	N/L1	N2	N/L	N1	N1	L	L	L	2(a)bc
SCd1	MF	MF	MF	F	F	F	N	N	N	M	M/L1	M/L1	MF	MF	MF	5(n)
SCd2	MF	MF	MF	F	F	F	N	N	N	F	M1	M1	MF	MF	MF	5(n)

5.2.3 Grau de erodibilidade dos solos

Para a avaliação da erodibilidade dos solos foram considerados: os graus de limitação quanto à suscetibilidade a erosão atribuída às unidades taxonômicas; o nível de manejo A, de menor grau de interferência nos solos e a avaliação da aptidão agrícola das terras. De forma semelhante à aptidão, a erodibilidade atribuída às unidades de mapeamento também consideram a classe do principal componente da associação de solos, sublinhada de acordo com a classe do(s) componente(s) secundário(s) (Desenho 8788/00-6B-A1-2034-0 a 2039-0).

No Quadro a seguir, estão relacionadas as unidades de mapeamento, sua composição em classes de solos, classes de aptidão agrícola e de erodibilidade e o percentual de área ocupada.

Quadro 5.6
Aptidão agrícola das terras e erodibilidade dos solos

Unidades de mapeamento	Classes de solos	Aptidão agrícola das terras	Erodibilidade dos solos	%
LVd1	LVd1 + Ad + LVd2	1(a)BC	Ligeira	14,9
LVd2	LVd1 + LVd2 + SCd1	1(a)BC	Ligeira	11,1
LEd	LEd + LVd1 + LVd2 + SCd1	1(a)BC	Ligeira	2,8
PVd	PVd + SCd2 + Led	5(n)	Forte	4,1
PVLd	PVLd + LVd2 + LVd1 + SCd2	2(a)bc	Moderada	36,3
SCd	SCd2 + LVd2 + LVd1	5(n)	Forte	30,7
Total				100,0

6. Hidrologia superficial

6.1 Rede hidrográfica

O local do empreendimento situa-se na bacia hidrográfica do rio Tocantins, em sua parte alta, mais especificamente em sua sub-bacia 21 e controla, também, a sub-bacia 20, de acordo com a divisão adotada pela Aneel.

Tal bacia está geograficamente compreendida entre os paralelos 12° e 17° Sul e entre os meridianos 46° e 50° Oeste, correspondendo a territórios dos estados de Goiás e Tocantins e engloba, ainda, pequena porção do Distrito Federal. É delimitada ao sul pelo Planalto Central e serra dos Pirineus; a oeste pela serra Dourada e a leste pela serra Geral do Paranã.

O rio Tocantins, neste trecho, se desenvolve no sentido Sul-Norte, após a confluência de seus dois principais formadores na região – os rios Maranhão e das Almas, ambos com suas nascentes no Planalto Central.

O sítio do barramento, por sua vez, localiza-se a cerca de 50 km a montante da foz do rio Paranã, nas proximidades da cidade de São Salvador do Tocantins (TO).

No local da UHE São Salvador, a área de drenagem é de 61.298 km². Esta área corresponde à cerca de 18% da área de drenagem do rio Tocantins na sua confluência com o rio Araguaia (343.000 km²) ou a 8% da área de drenagem total da bacia, na foz (767.000 km²). No trecho de interesse o rio Tocantins apresenta uma extensão de aproximadamente 900 km, desde a nascente (do rio das Almas) até o local do aproveitamento.

Com relação à densidade de drenagem, os principais cursos d'água da sub-bacia são o próprio Tocantins, o Maranhão, o das Almas, o Bagagem, o Verde, o Uru, o Sucuri e o Cana Brava.

Essa sub-bacia 21 possui média densidade de drenagem e é desprovida de áreas alagadiças. Pela sua declividade, seus hidrogramas naturais nos períodos de cheia tenderiam a se caracterizar por picos de vazões mais acentuados e menores tempos de base¹. Atualmente, entretanto, a formação do reservatório da UHE Serra da Mesa modificou essa tendência, atenuando os picos dos hidrogramas afluentes ao reservatório da UHE Cana Brava, que opera a fio d'água, e ao local da UHE São Salvador.

O regime hidrológico é bem definido, com período de estiagem iniciando em maio/junho e terminando em outubro/novembro e período de cheias entre

¹ Tempos de pico médio da ordem de 4 dias.

dezembro e maio, com o trimestre mais chuvoso concentrando-se em dezembro/janeiro/fevereiro.

Quanto aos aproveitamentos hidrelétricos, destacam-se as UHEs de Serra da Mesa e Cana Brava, já em operação a montante. Imediatamente a jusante, está em fase de construção a UHE Peixe Angical.

6.1.1 Fluviometria

A rede fluviométrica da bacia do rio Tocantins é apresentada no desenho 8588/00-6B-A1-2040-0. As características dos postos fluviométricos de referência (de interesse) são apresentadas no Quadro 6.1.

Quadro 6.1
Características dos postos fluviométricos de referência

Código	Posto	Área de drenagem (km ²)	Latitude	Longitude
21050000	São Félix	57.062	13°31'57"	48°08'15"
21080000	São Salvador	63.522	12°44'33"	48°14'14"
22350000	Porto Nacional	173.828	10°42'00"	48°25'12"

O Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro – SIPOT – Versão 4.0, da Eletrobrás - Centrais Elétricas Brasileiras S.A., não dispõe de dados sobre a UHE São Salvador. Sendo assim, as metodologias descritas a seguir foram adotadas para a determinação da série de descargas médias mensais no local do aproveitamento.

As vazões médias mensais para o local do aproveitamento de São Salvador, no período de 1931 a 1961 foram definidas por modelação matemática tipo chuva-deflúvio (modelo Limay). No período de 1962 a 1998, a série foi gerada a partir de correlação com Cana Brava, considerando a vazão incremental específica entre as séries em Peixe e Cana Brava, no rio Tocantins, e São Domingos, no rio Paraná.

$$QSS = QCB + q_{\text{incr esp}} \cdot (61298 - 57777)$$

$$q_{\text{incr esp}} = (QPX - QSD - QCB) / (APX - ASD - ACB)$$

Onde:

QCB = Vazão do aproveitamento de Cana Brava.

QSS = Vazão do aproveitamento de São Salvador

QPX = Vazão do aproveitamento de Peixe em Fazenda Angical

QSD = Vazão do aproveitamento de São Domingos

$q_{\text{incr esp}}$ = Vazão incremental entre os aproveitamentos de Peixe-Faz. Angical, Cana Brava e São Domingos, calculados mês a mês.

ACB = Área de drenagem do aproveitamento de Cana Brava = 57.777 km²

ASS = Área de drenagem do aproveitamento de São Salvador = 61.298 km²

APX = Área de drenagem do aproveitamento de Peixe em Fazenda Angical = 125.436 km²

Dessa forma, foi obtida a série de vazões médias mensais no local da UHE São Salvador, apresentada no item a seguir.

É importante notar que optou-se por não atualizar a série de vazões médias mensais após 1998, pois deste período em diante as vazões já refletiriam a influência regularizadora ou atenuante do reservatório da UHE Serra da Mesa. Sendo assim trabalhando até 1998 tem-se uma avaliação mais conservativa para definição da viabilidade energética do empreendimento. Além deste fato, o reservatório ainda não atingiu seu nível d' água máximo normal, não sendo possível, portanto, tirar conclusões adequadas dos resultados da operação desta usina e seu reservatório

a) Vazão média de longo período

Na Tabela 6.1, pode ser observada a série de vazões médias mensais do aproveitamento e na seqüência um resumo das principais características da mesma, incluindo vazão média de longo período, vazão mínima, vazão máxima e vazão média do período crítico.

Tabela 6.1
Série de vazões médias mensais na UHE São Salvador

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd
31	1344	1797	3166	2023	988	703	521	394	382	576	846	906	1137
32	1481	1917	1379	790	415	272	200	147	185	418	748	1053	751
33	1691	1727	1441	1315	544	370	267	202	235	419	964	1825	917
34	1846	1766	1474	1219	461	302	222	162	282	215	599	1035	798
35	2046	3214	3007	2798	1429	813	601	443	384	580	1034	1544	1491
36	1355	1921	2039	1536	638	410	301	241	278	317	575	847	871
37	1046	1358	1294	1092	537	294	202	151	111	519	1063	1946	801
38	1708	1733	1354	783	369	270	198	149	179	268	402	1049	705
39	2160	2133	1501	1095	537	360	306	188	269	644	1033	1084	943
40	2158	4461	4828	2142	1304	908	659	517	606	661	1047	1495	1732
41	1716	1894	2071	1583	562	399	318	217	282	505	761	1034	945
42	1378	2214	1918	1322	542	366	269	194	547	579	954	2022	1025
43	3858	3261	3128	1910	821	599	443	334	338	576	1245	2007	1543
44	1622	2240	1779	1149	519	408	287	215	161	445	603	1524	913
45	3437	3680	4255	4250	2132	1165	840	637	529	995	1817	3436	2264
46	3227	2416	2043	1279	745	430	309	235	251	282	590	708	1043
47	1329	1965	2786	1924	818	586	446	484	331	599	1002	1560	1153
48	1657	1591	2052	1205	562	433	317	235	262	367	851	3646	1098
49	2464	3367	2055	1467	756	443	322	231	188	320	603	993	1101
50	898	1070	1683	1102	474	276	199	162	147	236	603	786	636
51	1044	1113	1432	1301	612	449	325	257	251	220	238	764	667
52	597	747	2057	786	493	295	201	154	142	150	358	1122	592
53	542	564	924	906	406	281	218	183	159	336	483	1137	512
54	945	1634	685	853	357	232	181	144	133	107	254	1296	568
55	1251	1325	965	1149	386	293	208	170	159	265	433	1146	646
56	1124	520	1254	591	498	352	221	178	149	225	1076	2087	690
57	2830	2539	2935	2429	736	487	346	249	223	250	403	976	1200
58	1300	2803	1614	1615	952	441	350	210	236	297	354	755	910
59	3863	1804	1756	947	445	340	240	194	155	244	585	580	929
60	1835	2994	3085	1773	783	514	374	279	188	253	581	1276	1161
61	1812	2221	1564	901	814	390	274	235	191	217	338	643	800
62	1080	1315	1737	752	490	333	252	192	168	322	504	1658	734
63	1445	1548	870	578	423	291	227	179	145	130	320	465	552
64	2685	2664	1206	902	593	380	289	218	153	309	697	1286	949
65	1198	1309	1567	1486	766	493	368	275	205	574	875	974	841
66	1225	3889	2308	1170	796	504	382	292	245	419	459	915	1050

Tabela 6.1
Série de vazões médias mensais na UHE São Salvador

													(m ³ /s)
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd
67	897	1278	1349	1005	580	390	294	219	231	221	479	964	659
68	770	1575	2490	1170	625	419	294	225	212	330	679	1592	865
69	1039	2041	1685	821	623	413	269	254	223	222	1120	1671	865
70	3148	2845	2686	1242	638	560	434	345	326	480	868	667	1187
71	586	632	790	828	445	319	241	198	204	385	1187	1372	599
72	840	943	1204	1032	538	384	301	241	207	456	722	1864	728
73	1296	1319	1886	1694	795	557	429	328	270	792	1057	1202	969
74	1049	1089	2512	1994	1066	673	501	394	324	461	602	830	958
75	885	1321	833	1163	585	415	331	263	218	405	685	685	649
76	646	963	1167	737	527	357	280	228	262	389	926	1463	662
77	2146	3076	1070	1121	690	543	408	322	311	416	534	1174	984
78	3166	2410	2787	1555	900	683	528	409	343	444	541	1044	1234
79	3585	4773	2256	1418	891	693	535	434	440	411	646	756	1403
80	3149	7066	2977	1936	1025	720	572	448	426	371	789	2043	1794
81	2626	1347	1900	1901	959	731	490	386	361	635	1388	1124	1154
82	3948	2224	2177	1430	951	740	574	483	461	572	627	712	1241
83	1988	5590	2080	1696	985	744	592	481	434	545	828	1624	1466
84	1186	918	1076	1235	668	484	389	327	352	455	451	652	683
85	3243	2516	1722	1445	891	646	506	412	350	482	656	1940	1234
86	2449	1762	1417	956	676	489	407	365	309	396	407	740	864
87	912	737	1247	877	599	405	306	241	219	318	630	1422	659
88	1187	1420	2272	1214	743	578	432	346	273	460	615	1188	894
89	1139	1054	968	667	497	368	307	268	266	341	850	4324	921
90	2739	1700	1532	1075	842	595	488	386	424	430	497	640	946
91	1264	1333	2067	1748	839	595	462	371	329	389	542	762	892
92	1826	3897	1572	1334	883	629	496	405	414	595	1093	2505	1304
93	1676	1849	1272	945	664	496	393	335	327	380	348	948	803
94	1410	1128	2431	1435	759	573	455	353	277	289	546	911	881
95	1196	1564	1148	1417	898	576	434	332	271	305	508	1225	823
96	1163	806	1021	778	523	383	295	248	208	317	597	645	582
97	1757	1111	2643	2104	1007	669	491	339	337	389	451	821	1010
98	1011	1380	1013	507	322	308	243	183	142	219	696	1018	587
Mínimo	542	520	685	507	322	232	181	144	111	107	238	465	107
Média	1752	2035	1860	1332	711	486	366	287	274	399	704	1296	958
Máximo	3948	7066	4828	4250	2132	1165	840	637	606	995	1817	4324	7066

De acordo com as vazões médias mensais calculadas para a UHE São Salvador, resumem-se assim as principais informações:

- Vazão média de longo termo (MLT) = 958 m³/s;
- Vazão mínima = 107 m³/s;
- Vazão máxima = 7.066 m³/s;
- Vazão média do período crítico (junho/1949 a novembro/1956) = 662 m³/s.

b) Curva de permanência de vazões médias

Na Figura 6.1 é apresentada a curva de permanência da série de vazões médias mensais na UHE São Salvador, onde se pode observar que a vazão com 95% de permanência é 201 m³/s.

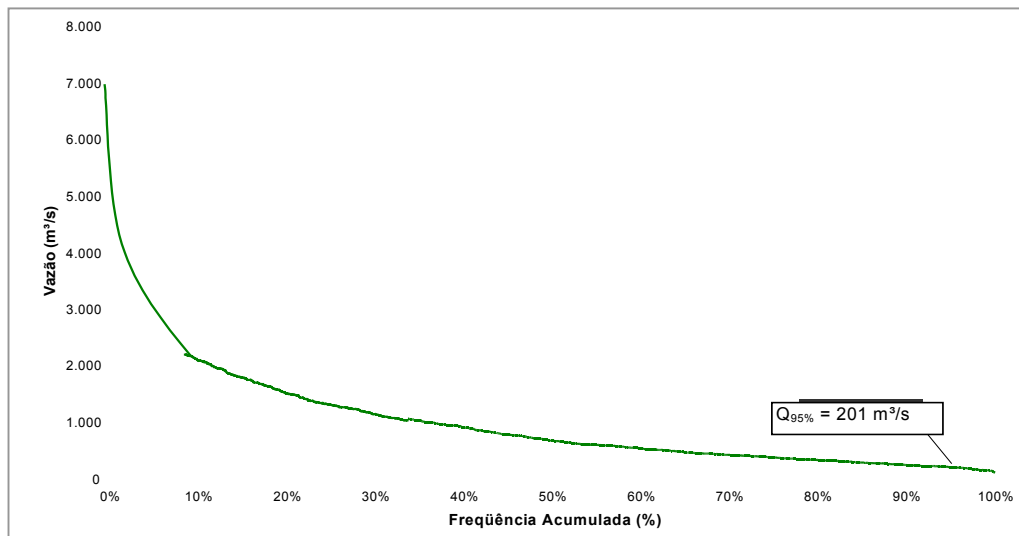


Figura 6.1
Curva de permanência de Vazões Médias Mensais

c) Vazões de projeto

Os critérios e procedimentos adotados no estabelecimento das vazões para o projeto do vertedouro e das obras de desvio do rio, assim como para avaliação dos efeitos de remanso do reservatório em períodos de cheias são apresentados no Anexo B - Volume IV.

Na Tabela 6.2 são apresentados, resumidamente os principais resultados obtidos para o local da UHE São Salvador.

Tabela 6.2
Vazões extremas da UHE são salvador

TR do ajuste	Vazão no posto porto nacional (m³/s)	Vazão na UHE São Salvador (m³/s)	Vazão na Uhe São Salvador-pico (m³/s)
10	17.424	7.204	7.906
25	22.002	9.097	9.983
50	25.465	10.528	11.554
100	28.928	11.960	13.125

Nota: Fator de Correção = 0,4135; Fuller = 1,0974.

d) Vazão $Q_{7,10}$

Para o cálculo da $Q_{7,10}$ (vazão com permanência de 7 dias e recorrência de 10 anos) foi considerada a série histórica do posto São Salvador, localizado a jusante do eixo do empreendimento em apreço. Os dados considerados foram os disponíveis na Aneel (período de 1977 a 1998). Foi utilizado este histórico de dados pois no final deste período se iniciou o enchimento do lago da UHE Serra

da Mesa, que como já foi mencionado possui efeito regularizador ainda não quantificado, e neste caso os resultados aqui apresentados são conservadores. A distribuição estatística utilizada nos cálculos foi a exponencial de dois parâmetros de onde foi obtido o valor de $154 \text{ m}^3/\text{s}$

6.2 Enchimento do reservatório

O reservatório da UHE São Salvador possui volume de $0,952 \times 10^9 \text{ m}^3$ na cota correspondente ao nível d'água normal (287 m). A fim de se determinar o tempo de enchimento deste volume, foram consideradas as descargas médias mensais afluentes ao reservatório, correspondentes ao histórico de janeiro de 1931 a dezembro de 1998, admitindo-se a manutenção da descarga mínima de $86 \text{ m}^3/\text{s}$, equivalente a 80% da vazão mínima média mensal do histórico considerado, valor suficiente para atender às demandas e manter um nível razoável no estirão de rio a jusante. Pode-se fazer tal afirmativa, pois quando se iniciar o enchimento do reservatório da UHE de São Salvador o lago da UHE Peixe Angical já estará formado, sendo que este lago ainda recebe uma contribuição significativa do rio Paranã.

As simulações do enchimento foram feitas considerando-se seu início no primeiro dia de cada um dos meses do ano. Para cada mês, definiu-se a curva de permanência de sua vazão média. A partir destas curvas adotou-se como vazão afluente em cada mês a vazão média do histórico, a vazão correspondente a 10% de permanência (vazões mais altas); a vazão correspondente a 50% de permanência e a vazão mais seca, correspondente a 90% de permanência (10% de risco).

A partir das vazões afluentes mês a mês, foi calculado o número de dias necessários para encher o reservatório até a cota 287,00 m, a partir do balanço comparativo entre o volume acumulado em cada mês com o volume total do reservatório. Caso a vazão do mês em questão não fosse suficiente para completar o enchimento, era feito o mesmo cálculo utilizando o déficit de volume para encher o reservatório e a vazão do mês seguinte, e assim sucessivamente.

Tabela 6.3
Enchimento do reservatório

Início	Q média mensal (m ³ /s)	Tempo (dias)	Q 10% (m ³ /s)	Tempo (dias)	Q 50% (m ³ /s)	Tempo (dias)	Q 90% (m ³ /s)	Tempo (dias)
Janeiro	1.752	7	3.230	4	1.445	8	895	14
Fevereiro	2.035	6	3.722	3	1.762	7	938	13
Março	1.860	6	2.983	4	1.722	7	1.004	12
Abril	1.332	9	2.000	6	1.219	10	782	16
Maio	711	18	992	12	664	19	441	31
Junho	486	28	723	17	441	31	294	70
Julho	366	43	542	24	325	53	216	110
Agosto	287	56	444	31	254	63	168	99
Setembro	274	47	427	32	262	49	153	77

Tabela 6.3
Enchimento do reservatório

Início	Q média mensal (m ³ /s)	Tempo (dias)	Q 10% (m ³ /s)	Tempo (dias)	Q 50% (m ³ /s)	Tempo (dias)	Q 90% (m ³ /s)	Tempo (dias)
Outubro	399	33	595	22	389	34	221	53
Novembro	704	18	1.079	11	627	20	393	33
Dezembro	1.296	9	2.026	6	1.122	11	681	18
Tempo Mínimo	6		3		7		12	
Tempo Máximo	56		32		63		110	

Observa-se que o tempo máximo de enchimento é de 110 dias, considerando-se o cenário hidrológico mais adverso, qual seja, aquele com vazões correspondentes a 90% de permanência; o tempo mínimo é de três dias, considerando-se o cenário oposto (10% de permanência). É importante notar que pode, à época do enchimento se tornar um fator positivo, acelerando esse processo.

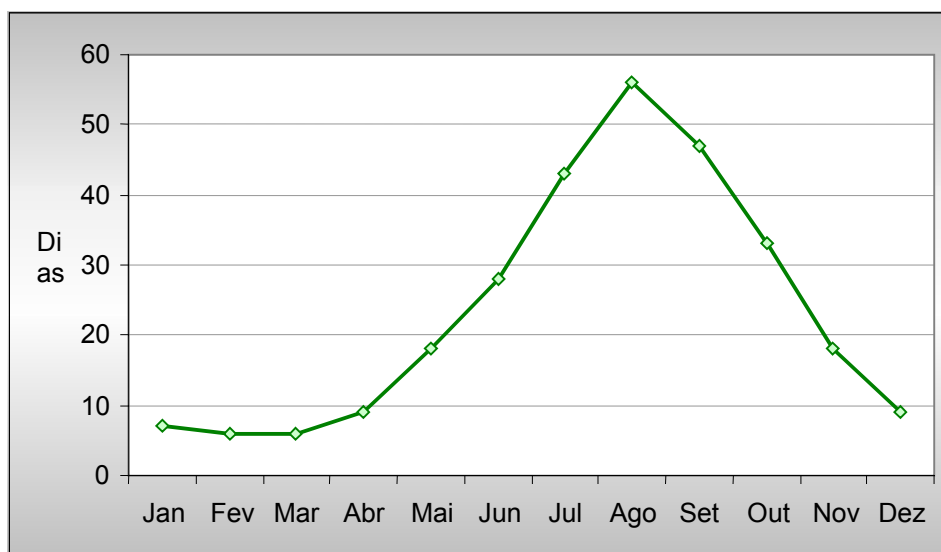


Figura 6.2
Tempo de enchimento do reservatório da UHE São Salvador

Como se observa na Figura 6.2 e considerando as vazões médias mensais do histórico, o tempo máximo de enchimento seria da ordem de 56 dias.

6.3 Produção de sedimentos na bacia e transporte de sedimentos

A descarga sólida média anual, afluente ao Reservatório de São Salvador, foi avaliada utilizando-se a curva de descargas sólidas x líquidas, determinada a partir de medições realizadas no posto sedimentométrico de São Félix (Mira O/Rubão-código 20930000 e Mira B/São Félix-código 21050020). Tal curva foi admitida como válida para o local do eixo da UHE São Salvador em virtude do

baixo incremento de área de drenagem (menor que 10%) observado entre as duas seções e da carência de medições de descarga sólida no local do eixo.

O transporte sólido total foi avaliado pelo método de Colby (1957) com base em um total de 67 medições de descarga sólida em São Félix (44 medições pela Hidroesb-Saturnino de Brito S.A. e 8 medições por Furnas em Mira O/Rubão e 15 medições por Furnas em Mira B/São Félix), nos anos de 1983 e 1984.

6.3.1 Cálculo da vida útil do reservatório

Os estudos de vida útil do reservatório de São Salvador foram baseados na série de vazões líquidas médias mensais, no local do aproveitamento.

Aplicando-se a curva-chave de sedimentos apresentada anteriormente à série de vazões médias mensais, obtém-se a série de vazões sólidas médias mensais do ano 1931 a 1996 em t/dia. Em seguida, com base na curva de duração de vazões, seguindo metodologia recomendada por Newton Carvalho em “Hidrossedimentologia Prática” (Eletrobras/CPRM), obtém-se o deflúvio sólido médio anual (Dst), da ordem de $25,8 \times 10^6$ t/ano. Este deflúvio corresponde a uma produção específica de sedimentos (Dst/AD) da ordem de 413 t/ano/km², no local da UHE São Salvador (AD= 61.298 km²).

Para avaliação do assoreamento no reservatório foram utilizados os métodos de Deposição Laminar, descrito por Newton Carvalho em Hidrossedimentologia Prática (Eletrobras/CPRM); e Empírico de Redução de Área, indicado pelo United States Bureau of Reclamation, desenvolvido por Borland e Miller.

No método de Deposição Laminar, a vazão sólida total média retida no reservatório é calculada em função das características físicas do reservatório e vazões afluentes, conforme curvas empíricas de Brune, que aplicadas no presente estudo, forneceram 74% de eficiência de retenção de sólidos. Esta eficiência aplicada ao deflúvio sólido médio anual resultaria em $19,1 \times 10^6$ t/ano de sólidos retidos.

Partindo da vazão sólida total média retida no reservatório e de acordo com a formulação de Lara e Pemberton, foi obtido o peso específico aparente dos sedimentos do reservatório, igual a $1,54$ t/m³. Para estes cálculos utilizou-se a composição média do sedimento obtida por Furnas por meio de análises granulométricas para as amostras coletadas no posto São Salvador, que permitiram estabelecer a seguinte composição do sedimento: argila – 0,20%, silte – 3,80% e areia – 96,00%.

Os cálculos a partir do método de Deposição Laminar mostraram que seriam necessários 77 anos para o comprometimento total do reservatório (NA máximo normal igual a 287,00 m), caso não existissem reservatórios a montante.

O Método Empírico de Redução de Área de Borland e Miller permite determinar a altura de depósitos de sedimentos no pé da barragem e a distribuição dos depósitos ao longo do leito do reservatório. A aplicação de tal metodologia, que leva em consideração a descarga líquida média afluente, a eficiência de retenção

de sedimentos no reservatório, o peso específico aparente dos depósitos, a compactação com o tempo, o tipo de reservatório e sua operação, permitiu avaliar um tempo de assoreamento do reservatório superior a 160 anos.

Vale lembrar mais uma vez que o cenário até aqui considerado em nenhum momento levou em conta a retenção de sedimentos nos reservatórios de Serra da Mesa e de Cana Brava. Também foi considerada como hipótese básica a constância temporal do regime sedimentológico contribuinte para o reservatório.

Estudos anteriores desenvolvidos por Furnas para os dois reservatórios de montante mencionados permitiram avaliar eficiências de retenção de sedimentos naqueles reservatórios em cerca de 95 e 60%, respectivamente. A partir destes valores foi considerado um novo cenário no tocante ao transporte de sedimentos, no qual foi considerada a influência dos reservatórios das usinas localizadas a montante da UHE São Salvador.

Admitindo-se que a retenção quase total dos sedimentos nos reservatórios de Cana Brava e Serra da Mesa seja uma realidade, o que significaria considerar a afluência de sedimentos ao reservatório da UHE São Salvador advinda apenas da área incremental entre Cana Brava e São Salvador (4.825 km²), e valendo-se da taxa de produção específica de sedimentos calculada anteriormente, pode-se estimar o deflúvio sólido total anual (Dst) em cerca de $2,15 \times 10^6$ t/ano.

Neste caso, a vazão sólida total média retida no reservatório, admitindo-se a mesma eficiência de retenção é de $1,59 \times 10^6$ t/ano.

O “Método da Deposição Laminar” foi novamente aplicado e previu, neste novo cenário, 461 anos para o assoreamento completo do reservatório. Nesta simulação foi considerada, a título de segurança, a majoração do deflúvio sólido total anual por um fator igual a 2, como previsão do aumento do transporte de sedimentos ao longo do tempo devido a ações antrópicas.

Na aplicação do “Método Empírico de Redução de Área” de Borland e Miller para este novo cenário, o tempo de assoreamento do reservatório seria superior a 995 anos.

Desta forma, conclui-se que os reservatórios imediatamente a montante de São Salvador, ou seja, Serra da Mesa e Cana Brava, promovem considerável redução no aporte de sedimentos a São Salvador, ampliando significativamente os valores determinados para sua vida útil, conforme descrito anteriormente.

6.3.2 Determinação dos níveis d’água normais de operação

A UHE São Salvador não alterará as condições do regime fluvial proporcionadas pelo reservatório da Serra da Mesa, pois opera a fio d’água.

Da análise do hidrograma de vazões médias e naturais mensais pode-se concluir que o regime fluviométrico tem uma sazonalidade marcante, com um período de cheias que se estende de novembro a abril, e o de estiagem de maio a outubro.

O início da operação do reservatório da UHE de Serra da Mesa determinou uma modificação deste regime com a atenuação dos eventos de cheias e o aumento das vazões de estiagem proporcionada pela regularização deste reservatório, e no caso da UHE São Salvador trazendo vantagens na geração de energia e no controle de cheias.

O reservatório da UHE São Salvador no nível d'água máximo normal (287,00m) possui uma superfície de 105 km², comprimento da ordem de 80 km e perímetro de 570 km.

As características morfológicas do vale do Tocantins neste trecho do rio conferem ao reservatório um formato predominantemente alongado, orientado no sentido sul-norte. Sua largura máxima é de aproximadamente 5 km, no seu trecho inferior, ficando praticamente confinado na calha do rio a partir de seu trecho intermediário. A área inundada, descontando-se a calha do rio Tocantins é de 82,8 km².

O volume total do reservatório no nível d'água máximo normal é de 952 hm³, resultando numa profundidade média da ordem de 10 m. A profundidade máxima, próximo à barragem, atinge cerca de 30 m.

Em condições normais, a UHE São Salvador irá operar a fio d'água, com o nível do reservatório não ultrapassando o nível d'água máximo normal, igual a 287,00 m.

Na passagem da cheia máxima provável (pico de 19.919 m³/s) será admitida sobrelevação do nível do reservatório, podendo ser atingido o nível d'água máximo correspondente a este evento de 287,30 m, sem amortecimento.

Nessa situação, o volume adicional disponível acima da elevação 287,00 m, de fato, não proporciona amortecimento significativo, uma vez que a vazão efluente seria inferior à afluyente em menos de 1%, o que dentro da precisão dos cálculos não foi considerado no projeto.

6.4 Determinação da curva cota x área x volume

A curva cota x área x volume do reservatório da UHE São Salvador, foi obtida com base na restituição realizada na escala 1:25.000, com curvas de nível de 5 em 5 m, e é apresentada na Figura, a seguir.

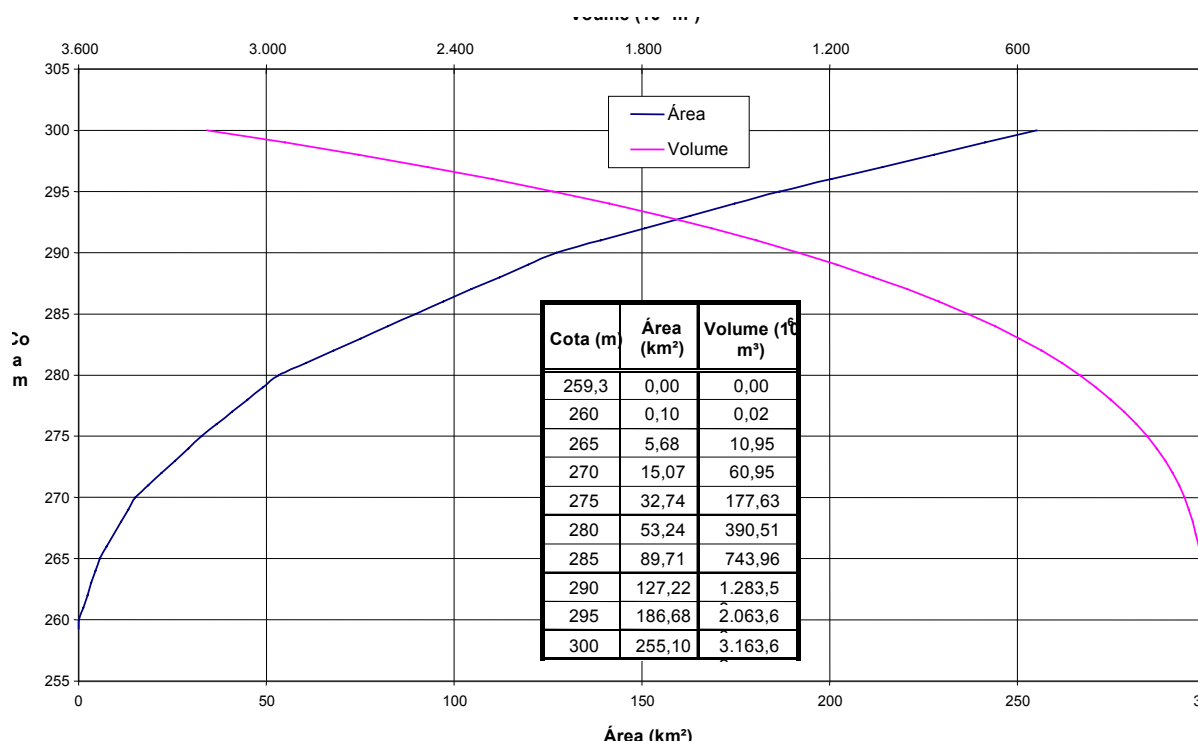


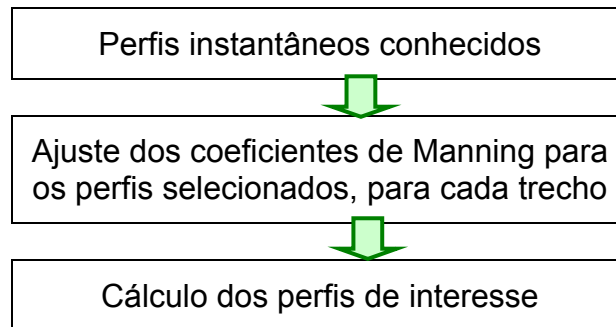
Figura 6.3
Curva cota x área x volume da UHE São Salvador

6.4.1 Estudos de remanso

Os estudos de remanso do reservatório da UHE São Salvador foram desenvolvidos a partir de 40 seções topobatimétricas levantadas ao longo do estirão de cerca de 78 km do rio Tocantins compreendido entre o local do eixo e o canal de fuga da UHE Cana Brava.

Os estudos foram realizados com o auxílio do modelo de simulação, HEC-RAS, o qual teve o coeficiente de resistência calibrado para a situação de calha natural, nos diversos trechos entre seções topobatimétricas levantadas.

O procedimento utilizado nos cálculos pode ser representado pelo fluxograma a seguir.



Ao se efetuar a calibragem (determinação dos valores do coeficiente de Manning para cada trecho), buscou-se igualar os níveis observados e calculados, tendo sido selecionados para esse fim os mesmos perfis de linha d'água utilizados para obtenção da curva chave no eixo.

Em função da regularização das vazões do rio Tocantins pela UHE de Serra da Mesa, e da variação das vazões quando do levantamento dos perfis instantâneos (500 a 1.200 m³/s), optou-se por considerar inicialmente os coeficientes de resistência ajustados para o perfil instantâneo obtido no dia 29 de outubro de 2000 (pico registrado no período setembro/outubro), associados à vazão média em curso nos dias 28, 29 e 30 de outubro, de, aproximadamente, 1.047 m³/s (obtida da curva chave ajustada para o posto São Salvador).

A partir dos critérios acima expostos, foram simuladas situações de calha natural e com o reservatório na elevação 287,00m para vazões correspondentes à média de longo termo (MLT) e vazões associadas a 10, 25, 50 e 100 anos de recorrência. Cabe ressaltar que as vazões utilizadas não levam em considerações os efeitos de laminação proporcionada pelos reservatórios de Serra da Mesa e de Cana Brava.

Tabela 6.4
Resultados dos estudos de remanso

SEÇÃO	Q = 958 m³/s (MLT)		Q = 7.906 m³/s (TR = 10 anos)		Q = 9.983 m³/s (TR = 25 anos)		Q = 11.555 m³/s (TR = 50 anos)		Q = 13.126 m³/s (TR = 100 anos)	
	NA NATURAL	NA COM RESERV.	NA NATURAL	NA COM RESERV.	NA NATURAL	NA COM RESERV.	NA NATURAL	NA COM RESERV.	NA NATURAL	NA COM RESERV.
CB-05	288,51	288,85	300,21	300,32	302,41	302,49	303,87	303,93	305,21	305,26
MIRA S	288,44	288,79	300,06	300,17	302,25	302,34	303,71	303,77	305,05	305,10
MIRA T	288,20	288,71	299,95	300,07	302,16	302,24	303,62	303,68	304,96	305,02
MIRA U	287,88	288,60	299,64	299,76	301,82	301,90	303,25	303,32	304,57	304,63
CB-06	287,72	288,48	299,26	299,40	301,45	301,54	302,88	302,95	304,20	304,26
CB-07	287,66	288,46	299,23	299,37	301,42	301,52	302,86	302,93	304,18	304,24
CB-08	287,63	288,44	299,21	299,35	301,40	301,49	302,84	302,91	304,16	304,22
MIRA X	287,58	288,41	299,13	299,27	301,32	301,41	302,75	302,82	304,07	304,13
S1	287,41	288,33	298,90	299,05	301,08	301,18	302,50	302,57	303,81	303,87
S2	286,84	288,08	297,97	298,15	300,10	300,22	301,48	301,57	302,75	302,83
S3	285,90	287,78	296,80	297,03	298,85	299,01	300,20	300,32	301,43	301,53
S4	285,52	287,69	296,40	296,65	298,43	298,61	299,79	299,91	301,01	301,11
S5	285,40	287,65	296,12	296,39	298,14	298,33	299,48	299,62	300,70	300,81
S6	285,29	287,61	295,92	296,21	297,94	298,13	299,28	299,42	300,48	300,60
S7	284,76	287,51	295,18	295,51	297,13	297,35	298,42	298,58	299,57	299,70
S8	284,28	287,40	294,18	294,60	296,02	296,30	297,24	297,44	298,32	298,49
S9	283,90	287,32	293,42	293,92	295,21	295,55	296,39	296,64	297,44	297,65
S10	283,53	287,27	292,88	293,44	294,64	295,03	295,81	296,09	296,84	297,08
S11	282,96	287,21	292,13	292,81	293,88	294,33	295,03	295,37	296,05	296,34
S12	281,65	287,15	291,16	292,02	292,86	293,42	293,97	294,40	294,96	295,32
S-13	281,62	287,15	291,03	291,92	292,72	293,30	293,82	294,26	294,79	295,16
S13-1	281,56	287,15	290,98	291,88	292,68	293,26	293,78	294,23	294,76	295,13
S-14	280,95	287,11	289,95	291,09	291,58	292,32	292,61	293,18	293,51	293,99
S-15	280,55	287,08	289,10	290,48	290,68	291,60	291,69	292,40	292,54	293,15
S-16	279,57	287,06	287,66	289,62	289,24	290,60	290,25	291,31	291,09	291,99
S-17	277,50	287,03	285,52	288,62	287,07	289,33	288,04	289,88	288,83	290,42
S-18	276,71	287,02	284,20	288,12	285,61	288,66	286,47	289,09	287,20	289,54
S-19	276,46	287,02	283,75	288,01	285,17	288,51	286,02	288,92	286,74	289,33
S-20	276,13	287,01	283,30	287,92	284,73	288,39	285,60	288,77	286,32	289,17
S-21	273,61	287,01	281,08	287,72	283,00	288,10	284,02	288,43	284,89	288,78
S-22	272,99	287,01	280,43	287,61	282,41	287,94	283,42	288,22	284,27	288,52
S-23	271,41	287,01	279,17	287,42	281,29	287,64	282,26	287,84	283,05	288,05
S-24	270,23	287,00	277,41	287,30	279,76	287,48	280,81	287,63	281,63	287,79
S-25	265,18	287,00	274,78	287,22	276,98	287,34	278,06	287,45	279,01	287,58
TOC-16-A	264,83	287,00	274,34	287,17	276,46	287,27	277,46	287,36	278,38	287,46
SM-27	264,69	287,00	273,74	287,13	275,73	287,21	276,70	287,28	277,60	287,36
TOC-16	263,65	287,00	272,28	287,07	273,85	287,11	274,87	287,14	275,76	287,19
TOC-15	262,93	287,00	271,64	287,05	273,21	287,08	274,23	287,11	275,13	287,14
TOC-14	261,41	287,00	270,42	287,00	271,89	287,01	272,87	287,01	273,75	287,01
EIX0	260,78	287,00	270,03	287,00	271,45	287,00	272,39	287,00	273,25	287,00

7. Hidrogeologia

7.1 Caracterização dos aquíferos

A área de influência direta do empreendimento está situada no domínio de rochas cristalinas, representado pelas rochas proterozóicas, que incluem predominantemente gnaisses, quartzitos, granitóides e xistos. Essas rochas apresentam comportamento hidrogeológico típico, com água armazenada nas fraturas abertas das rochas, o que origina um aquífero do tipo fissural.

Esse conjunto litológico é considerado genericamente como aquífero pouco expressivo, em razão de suas características impermeáveis e pouco porosas cuja importância hidrogeológica é relativamente pequena.

Entretanto, as rochas cristalinas armazenam água nas fraturas em volumes variados. Estão quase sempre cobertas por um manto de alteração (ou manto de intemperismo) areno-argiloso ou argilo-arenoso, variando de poucos centímetros até 4-5 metros em média. Esse manto de intemperismo permite a infiltração direta das águas meteóricas, que podem originar as fontes e/ou alimentar as fraturas abertas ou pouco abertas das rochas.

A permeabilidade varia com o grau de fraturamento e devido às suas freqüentes descontinuidades, precária homogeneidade e forte anisotropia, não apresenta parâmetros hidrodinâmicos constantes, dificultando a caracterização do regime hidrogeológico. Assim, em determinada zona de rochas cristalinas onde não ocorram fraturas ou fraturas abertas, a porosidade e a permeabilidade são praticamente nulas, enquanto que em uma zona próxima ou mesmo contígua, as rochas podem apresentar grande concentração de fraturas abertas e intercomunicáveis permitindo boas circulação e armazenamento de água subterrânea.

A alimentação do aquífero origina-se na parcela das águas pluviais que são retidas diretamente por meio de infiltração sobre as áreas de fraturas abertas, ou indiretamente, pelas coberturas detríticas e material aluvionar.

O armazenamento de água nessas rochas depende de uma porosidade secundária, formada a partir de fraturas e falhas, adquiridas devido às deformações de uma tectônica rígida, desenvolvendo-se, nesses setores, um aquífero livre descontínuo. Localmente, podem existir boas condições de armazenamento, quando se têm áreas de recarga associadas a tectonismo rúptil intenso. A quantidade de água está condicionada principalmente pelo índice de fraturamento, pelo grau de abertura das fendas, pela interconexão das fraturas e pela ligação do sistema de fissuramento das rochas com as zonas de recarga em superfície.

As áreas com coberturas intemperizadas também apresentam boas condições de recarga, podendo funcionar, em certas situações, como um aquífero típico de material inconsolidado. Deve-se levar em consideração, também, a importância

dos depósitos aluvionares, que, por possuírem permeabilidade elevada, reduzem a parcela de escoamento superficial, facilitando a infiltração nos “riachos-fenda”.

A evapotranspiração constitui o principal processo de descarga natural do sistema fissural, principalmente, nas zonas onde os níveis de água são superficiais ou pouco profundos. Destacam-se, também como exutório natural, as descargas por meio de pequenas fontes, muitas vezes sazonais, existentes no sistema fraturado, quando as condições topográficas permitem a interseção dos níveis de água livre, nas fraturas com a superfície do terreno, ao longo dos eixos de drenagem e mantos aluviais. Outro exutório desses aquíferos pode ser a própria rede de drenagem.

O potencial do aquífero fissural é geralmente baixo, em torno de 2-3m³/h. São livres e localizados, restritos a essas zonas fraturadas, ampliados, em certos trechos, devido à associação com rochas porosas do manto de intemperismo. A qualidade química da água é geralmente boa. Pela natureza das rochas cristalinas, esse domínio apresenta, em geral, baixa a média favorabilidade para exploração em função da distribuição e densidade aleatórias das fraturas e também da ocorrência de rochas não-fraturadas ou pouco fraturadas, na região, não obstante condições locais possam ser favoráveis para a exploração de água subterrânea.

Dados de poços tubulares profundos na mesma província hidrogeológica (Centro-Oeste Brasileiro), em litologias semelhantes, indicam uma produtividade para esses aquíferos variando de média a fraca, com capacidade específica entre 1m³/h/m e 0,13m³/h/m e vazão entre 25 e 3,25m³/h para rebaixamento do nível d'água de 25m (referências: Mapa Hidrogeológico do Brasil. 1:5.000.000, DNPM, 1983; Mapa Hidrogeológico da América do Sul, 1:5.000.000, UNESCO, 1996).

O manto de intemperismo, representado pelos solos residuais e transportados (colúvios) constitui um aquífero caracterizado pela pouca profundidade do lençol freático, cujo nível d'água e espessura são bastante variáveis. De maneira geral, apresentam uma capacidade de infiltração boa, com probabilidade de armazenamento de média a alta. São aquíferos contínuos de extensões limitadas, livres, com permeabilidade variável. Contêm, normalmente, água de boa qualidade físico-química, porém com elevado risco de contaminação, haja vista, a pequena profundidade do lençol freático, sem proteção em superfície.

Na base das encostas das elevações, a predominância de depósitos de solos coluviais bastante espessos pode resultar na formação de reservatórios expressivos de água. Nas partes mais elevadas, têm sido geradas pequenas espessuras de solos (solos cambissólicos e litólicos), formando reservatórios de água subterrânea de pequeno volume.

Os solos profundos e bem drenados, com textura grosseira e estruturas em bloco ou prismática (solos latossólicos), apresentam alta capacidade de infiltração. Já os solos rasos e mais argilosos ou os solos com horizonte de acumulação de argila (solos podzólicos) demonstram baixas taxas e volumes de infiltração.

A cobertura vegetal também facilita a infiltração de água nos solos. As áreas cobertas por vegetação densa permitem maior infiltração e percolação da água

nos solos. As matas nas encostas regulam as águas de escoamento, pereniza os córregos, riachos, nascentes e alimenta o lençol da água subterrânea. Todavia, o estado de conservação das áreas que drenam para a AID é problemático, pois a cobertura vegetal, em sua maior parte, está bastante antropizada.

Nos mantos de alteração constituídos por solos com boa infiltração, o fluxo de água subterrânea escoar de forma laminar em direção aos flancos e vales podendo alimentar os canais abertos (ou rios) durante longos períodos de estiagem. Esse escoamento é condicionado pela permeabilidade do material e pelas características litológicas e estruturais das rochas cristalinas subjacentes. A presença de fontes e nascentes nos vales e nas encostas indicam a influência da água subterrânea.

Os exutórios desses aquíferos são representados, em geral, pela interseção da superfície de erosão dos vales com a superfície hidrostática do aquífero, além do contato com o manto/rocha alterada/rocha fresca.

Tais reservatórios podem constituir fontes de água interessante para atender ao abastecimento doméstico, às demandas das atividades urbanas, industriais ou agrícolas.

Cabe ressaltar que o horizonte C de alteração das rochas granito-gnáissicas é capaz de armazenar água subterrânea, tendo em vista apresentar material arenoso de textura grosseira, a partir do qual seguem-se zonas irregulares de rocha alterada e semi-alterada. Apesar da permeabilidade baixa a moderada (10^{-4} cm/seg), com lenta infiltração de água, esse material pode ser provedor de água.

Os usos de aquíferos superficiais e subterrâneos na área de estudo é bastante incipiente, tendo em vista serem muito esparsas, bem como em alguns casos grandes, as propriedades. A utilização de poços tubulares profundos ocorre fora da área de influência direta, sendo que nesta são observadas alguns poços rasos. Normalmente, o abastecimento de pequenas propriedades se dá no próprio rio Tocantins.

7.2 Nível do lençol freático a partir da formação do reservatório

Parte do reservatório de São Salvador foi investigada por meio de sondagens a percussão e rotativa, durante os estudos para escolha do local da barragem. As sondagens realizadas disponibilizam dados sobre o lençol freático o que permitiu uma análise mais consubstanciada. O Quadro 7.1 apresenta um resumo dos principais elementos utilizados para análise.

Quadro 7.1
Relação das sondagens realizadas

Sondagem	Coordenadas		Cota da boca	Cota N.a.	Data N.a	Litologia
SR-101	8.572.273	804.281	300,0	SECO	22/09/2000	-
SR-103	8.572.323	804.715	276,3	SECO	28/09/2000	-
SM-105	8.572.406	805.197	271,0	259,0	27/09/2000	Xisto
SR-301	8.578.069	803.708	272,0	267,8	11/01/2001	Colúvio
SR-302	8.577.400	803.800	269,4	265,2	19/01/2001	Aluvião
SR-303	8.577.400	804.000	272,5	270,5	25/01/2001	Aluvião
SR-501	8.582.308	799.538	272,3	266,3	17/01/2001	Qtz mx
SR-502	8.582.300	799.500	283,0	277,0	19/01/2001	Qtz mx
SR-503	8.582.403	799.890	272,0	261,0	16/12/2000	Qtzito friável
SR-505	8.582.442	800.055	266,0	260,2	13/12/2000	Aluvião
SR-505 A	8.582.464	800.141	268,3	265,8	16/12/2000	Aluvião
SR-506	8.582.498	800.268	272,0	268,8	14/12/2000	Quartzito
SM-601	8.583.085	799.425	268,9	260,5	20/10/2000	SRM
SR-602	8.583.142	800.050	271,1	259,0	10/10/2000	Qtz mx
SM-603	8.583.042	799.128	281,5	269,0	24/10/2000	SRM
SR-604	8.583.111	799.796	267,9	259,9	17/10/2000	Aluvião
SR-609	8.583.125	799.917	267,3	260,9	27/10/2000	Aluvião
SR-609 A	8.583.129	799.946	266,4	260,4	19/10/2000	Aluvião
SR-609 B	8.583.129	799.946	266,4	260,4	21/10/2000	Aluvião
SR-610	8.583.156	800.151	272,6	262,6	31/10/2000	SRJ
SR-612	8.583.034	799.917	267,2	259,8	01/11/2000	Aluvião
SR-613	8.583.212	799.901	267,2	260,6	03/12/2000	Aluvião
SR-615	8.583.203	800.049	271,0	261,5	06/12/2000	SRJ
SR-616	8.583.111	799.556	257,2	RIO	-	-
SR-617	8.583.110	799.670	258,1	RIO	-	-
SR-618	8.583.204	799.611	258,5	RIO	-	-
SR-619	8.583.003	799.610	258,6	RIO	-	-
SR-626	8.583.191	800.440	297,5	289,4	29/11/2000	Quartzito
SR-627	8.583.142	800.016	269,2	265,5	12/01/2000	Quartzito
SM-702	8.583.578	800.145	277,3	268,8	19/11/2000	SRJ
SR-704	8.583.578	799.850	268,6	262,6	10/11/2000	Aluvião
SM-705	8.583.584	799.948	269,8	261,2	16/11/2000	Aluvião
SP-304	8.577.235	803.361	275,0	272,0	23/01/2001	Aluvião
SP-305	8.577.227	803.270	272,5	270,5	25/01/2001	Aluvião

Quadro 7.1
Relação das sondagens realizadas

Sondagem	Coordenadas		Cota da boca	Cota N.a.	Data N.a	Litologia
SP-607	8.583.071	799.319	269,1	SECO	01/11/2000	-
SP-608	8.583.057	799.222	275,4	SECO	07/11/2000	-
SP-611	8.582.923	799.889	268,3	260,1	24/11/2000	Aluvião
SP-614	8.583.323	799.876	268,9	261,8	06/12/2000	Aluvião
SP-620	8.583.111	799.361	268,6	266,9	10/11/2000	Aluvião
SP-620 A	8.583.129	799.366	269,1	SECO	08/11/2000	-
SP-621	8.583.161	799.425	269,8	264,8	27/11/2000	Aluvião
SP-622	8.583.107	799.246	277,3	270,3	14/11/2000	SRJ
SP-623	8.583.159	799.246	277,9	267,9	22/11/2000	SRJ
SP-624	8.583.108	799.090	284,9	278,9	18/11/2000	SRJ
SP-625	8.583.170	800.261	276,5	266,5	21/11/2000	Qtz mx

Notas:

Valores do nível médio d'água no leito do rio:

Sondagens série 600 – 259,0 m; Sondagens série 700 – 257,0 m; Sondagens série 500 – 256,0 m; Sondagens série 300 – 260,0 m; Sondagens série 100 – 260,5 m

Das informações contidas no quadro acima pode-se concluir que, de modo geral, na região constituída por aluviões, o lençol freático junto a margem está próximo ao nível do rio, sendo que para o interior, o lençol pode apresentar uma diferença de nível da ordem de 4 a 5 m, podendo chegar a cerca de 10m em casos extremos. No entanto, a superfície freática apresenta uma declividade suave em direção ao rio. Nas regiões, onde são encontradas rochas metamórficas como substrato e até mesmo solos residuais das mesmas, observa-se que em cotas muito elevadas, até a profundidade investigada não é encontrado o lençol freático, em cotas mais baixas e intermediárias o lençol freático de modo geral está cerca de 10 m abaixo da superfície do terreno natural, em alguns casos próximo do nível do rio.

Considerando que o NA do lago da barragem de São Salvador estará na cota 287 m, e portanto, acima da ocorrência dos aluviões, a nova superfície do lençol freático se restabelecerá dentro de solos residuais e rochas metamórficas, sendo assim, pode-se esperar que próximo ao lago, a nova superfície se restabeleça entre 0,5 a 1m de profundidade e que essa profundidade aumente até cerca de 30m em direção ao interior a uma distância aproximada de 650m, o que equivale a uma declividade de 5% da nova superfície freática.

Com base nesses estudos, é possível considerar que nos locais onde o reservatório de São Salvador se estabelecer em terrenos arenosos, o nível do lençol freático será elevado de 1m, sendo esta elevação de 0,5m quando o terreno for rochoso.

Os desenhos 8788/00-6B-A1-2041 a 2048, apresentam, em planta e seção, o exposto acima. Nos mesmos observa-se que o caso mais crítico, ou seja onde o lençol freático terá um maior elevação, será no trecho final do reservatório, a partir da seção S11, onde existe uma maior influência do remanso conjugada com a ocorrência de sedimentos aluviais recentes nas margens.

8. Qualidade da água

8.1 Parâmetros para avaliação da qualidade da água

O estudo da qualidade da água do futuro reservatório da UHE São Salvador compreendeu parâmetros indicados na Resolução Conama nº 20/1986, que estabelece critérios para a classificação das águas e define limites e/ou condições de qualidade. Esses critérios coadunam com a tendência atual de uso múltiplo para águas de reservatórios de usinas hidrelétricas que, no caso do projeto da UHE São Salvador, é constituído por agricultura/irrigação, lazer e turismo, consumo humano, dessedentação de animais e pesca.

8.1.1 Localização e características dos pontos de coleta

A distribuição dos pontos de coleta representa uma tentativa para, a partir dos aspectos mais relevantes das relações entre a qualidade da água, as principais fontes poluidoras para o sistema e os diferentes tipos de usos predominantes na bacia hidrográfica alcançar uma certa representatividade para a área, cujo estudo consubstanciará uma avaliação dos prováveis impactos sobre o meio ambiente, decorrentes das atividades de implantação e posterior operação da usina.

Além dos dados primários, foram compiladas informações anteriores sobre os parâmetros físico-químicos da água no rio Tocantins, durante o monitoramento da qualidade da água, na fase rio, para a UHE Serra da Mesa (junho de 2000), no rio Tocantins e tributários; durante os monitoramentos da qualidade da água, nas fases rio (2001) e no reservatório (2002), para a UHE Cana Brava. As amostragens, para efeito de qualificação das águas do trecho do rio Tocantins que será barrado, abrangeram a área do futuro reservatório da UHE São Salvador, desde montante de Cana Brava percorrendo o trecho de jusante até a confluência do rio Tocantins com o rio Paranã.

O Quadro a seguir apresenta a localização dos pontos de amostragem de qualidade da água, os quais coincidiram com os pontos para ictiofauna e, por isso, são descritos no Capítulo III - Parte A. Os pontos são apresentados no desenho 8788/00-6B-A1-2048. Os resultados foram compilados e analisados no que se refere à caracterização dos sítios amostrais da ictiofauna.

Quadro 8.1
Localização dos pontos de amostragem de qualidade
da água na área de estudo da UHE São Salvador

Ponto	Curso d'Água
PA1	Margem direita do rio Tocantins, antes da foz do Traíras.
PA2	Corpo do rio Traíras, a montante de sua foz com o rio Tocantins.
PA3	Margem esquerda do rio Tocantins, antes da foz do rio Cana Brava.
PA4	Corpo do rio Cana Brava, a montante de sua foz com o rio Tocantins.
PA5	Margem direita do rio Tocantins, antes da foz do rio Custódio.
PA6	Corpo do rio Custódio, a montante de sua foz com o rio Tocantins.
PA7	Margem esquerda do rio Tocantins, antes da foz do rio São Luis/Mutum.
PA8	Corpo do rio São Luis/Mutum, a montante de sua foz com o rio Tocantins.
PA9	No rio Tocantins, a jusante do eixo proposto da barragem da UHE S. Salvador
PA10	No rio Tocantins, a jusante da cidade de S. Salvador.
PA11	No rio Tocantins, após sua confluência com o rio Paranã.
PA12	No rio Paranã, imediatamente a foz do ribeirão das Lajes.

8.1.2 Características físico-químicas

A análise dos parâmetros físico-químicos colhidos de amostragens durante as campanhas de seca e de chuva, para o presente estudo de viabilidade ambiental da UHE São Salvador (Tabelas 8.1) e de monitoramento para as UHE Serra da Mesa (Tabela 8.2) e Cana Brava (Tabela 8.3), indicou alguns aspectos ambientais que são destacados a seguir.

Tabela 8.2.
Variáveis de qualidade da água monitoradas na área de
influência da UHE Serra da Mesa

Variáveis	Unidade	01	02	03	04	05	06	07	08
Temperatura do Ar	°C	23,0	23,5	23,0	24,0	26,0	30,0	30,0	30,0
Temperatura da Água	°C	26,5	25,2	25,1	25,2	25,0	26,6	27,2	27,2
Oxigênio Dissolvido	mg/LO ₂	5,8	7,18	7,6	6,20	7,56	7,93	7,58	7,04
PH		6,12	6,22	6,12	6,08	6,23	6,40	6,13	7,30
Condutividade	mho/cm	0,013	0,014	0,077	0,008	0,080	0,101	0,014	0,050
Transparência (Disco de Secchi)	Cm	0,70	0,10	0,10	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Turbidez	UNT	38	350	311	70	91	91	129	148
Cor	Unidade	21,0	72,0	86,0	52,0	54,0	40,0	51,0	21,0
Alcalinidade CO ₃ ⁻²	Meq/L	1,00	0,76	0,68	0,88	0,68	0,80	0,56	0,80
Cl ⁻	Mg/L	14,2	10,6	21,3	14,2	14,2	14,2	14,2	17,7
Na ⁺	Mg/L	1,8	1,3	1,3	1,6	1,6	1,6	1,61	1,1
K ⁺	Mg/L	2,8	2,8	2,1	2,7	2,9	3,1	2,2	2,0
Dureza Total Ca ⁺² +Mg ⁺²	Meq/L	0,50	0,50	0,42	0,48	0,42	0,50	0,44	0,44
Dureza Ca ⁺²	Meq/L	0,28	0,22	0,14	0,26	0,20	0,20	0,28	0,22
Dureza Mg ⁺²	Meq/L	0,22	0,28	0,28	0,22	0,22	0,30	0,16	0,22
SO ₄ ⁻³	Ug/L	0,62	0,47	0,38	0,45	0,39	0,50	0,24	0,38
SiO ²	Mg/L	6,71	6,71	5,85	4,90	6,7	5,8	3,00	5,60
PO ₄ ⁻³	Mg/L	0,008	0,004	0,002	0,040	0,003	0,003	0,001	0,004
NO ₂ ⁻	Mg/L	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002
NO ₃ ⁻	Mg/L	0,014	0,061	0,018	0,018	0,222	0,222	0,018	0,018
NH ₄	Mg/L	1,1	0,77	0,91	0,10	0,68	0,97	0,62	0,97

Nota: Naturae, 2003.

Tabela 8.3.
Dados de qualidade da água do monitoramento da UHE Cana Brava

Parâmetro/ Pontos		P	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12											
Coord. Geográficas			13°46'24"	48°09'12"	13°42'08"	48°03'35"	13°37'43"	48°07'11"	13°33'6"	48°59'26"	13°32'47"	48°05'29"	13°31'40"	48°11'53"	13°30'58"	48°12'40"	13°25'35S	48°02'45"	13°24'42S	48°08'34"	13°21'26S	48°09'54"	13°11'50S	48°09'54"
Fase (rio/reservatório)			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
T _{ar}	(°C)	S	25	24	23	24	29	28	27	28	26	27	28	28	29	30	27	29	27	29	29	30	30	30
Profundidade	(m)	S	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
		M	9,5	10			16,4	18			17,5	18,5							20	22				
		F	19	21			32,8	34,7			35	36,8							40	44,6				
T _{água}	(°C)	S	26,5	24,5	26,3	25	27,1	26,6	25,3	26,8	28	27	29	27,8	30,2	28,4	25,3	28,8	27,8	30,2	27,1	30,5	27,7	30,8
		M	26,3	23,8			26,4	26,2			26,5	26,5							26,6	29,7				
		F	26,1	23			26	25,8			25	25,7							26,4	26				
Transparência	(m)	S	2,32	2,45	1,1	1,48	2,8	3	4,3	4,8	4,7	5,2	2	2,5	1	2		2	4,6	4,8	2	2,5	2,4	2,7
Odor		S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pH		S	7,76	7,82	8,04	8,42	8,03	8,12	7,34	7,69	7,29	7,45	7,39	7,67	7,65	7,89	7,8	8,05	7,3	7,56	6,74	7,03	7,07	7,69
		M	7,74	7,8			8,03	8,09				7,41							7,49	7,5				
		F	7,6	7,77			7,35	7,67				7,06	7,28						6,95	6,84				
Turbidez	(NTU)	S	2,76	2,84	2	2,6	2,5	2,8	3,6	3,4	1,9	2,5	2,3	2,6	9,7	9,5	2,6	3	1,5	2	2,5	2,8	3,5	2,9
		M	2,93	3,45			3,2	3			1,2	2,3							1,7	2,3				
		F	21,5	18,7			3,1	3,2			2,1	2,9							31,7	28,6				
Cor	(UPTCo)	S	23	25	13	16	9	12	49	48	17	19	21	23	39	42	20	22	7,6	8,6	17	23	13	18
		M	20	24			8,8	12			14	15							8,8	9				
		F	29	31			24	26			31	33							8,4	9,4				
Condutividade	(μS/cm ²)	S	81	84	45	48	80	82	44	46	80	83	87	88	104	110	103	116	82	88	82	89	83	90
		M	81	82			79	81			79	80							81	84				
		F	80	77			73	75			66	72							83	80				
Dureza	(mg/L CaCO ₃)	S	33,6	45,8	22,4	23,8	38	42,6	16	43,8	32	34,8	41,6	44,2	39,2	41,5	52,4	54,2	34,8	36,6	35,2	36,3	38	40,2
		M	32,4	44,3			37,2	40,7			39,2	38,6							34,4	34,2				
		F	35,6	44			25,6	27,8			35,5	34,4							30	32				
Cloretos	(mg/L Cl)	S	0,9	0,8	1,5	1,2	0,2	0,4	0,4	0,6	1,8	1,6	0,9	1,2	1,3	1	0,3	0,7	0,9	1,2	1	1	1	1
		M	0,9	0,7			1,1	0,8			1,2	1,4							0,7	0,9				
		F	0,8	0,7			0,7	0,9			0,6	0,8							0,9	0,6				
Alcalinidade	(mg/L CaCO ₃)	S	32	36,5	18,8	22,6	36,8	41,4	20,8	23,8	37,6	39,4	30,8	32,6	42,4	44,6	40,4	42,6	28,8	30,5	27,2	29,4	28,8	30,4
		M	34,8	38,4			36,4	40,8			37,2	38,8							28,4	28,4				
		F	33,6	36,8			32,8	38,2			30,8	32,9							26,4	27,4				
OD	(mg/L O ₂)	S	2,4	4,8	6,9	6,5	2,5	3,6	7,1	7,8	3,7	4,8	4,8	5,6	3,7	4,8	6,7	7,3	5,6	6,9	3,2	4,8	4,6	5,8
		M	2,2	4			1,2	2,8			0,9	2,6												
		F	1,7	2,8			0	0			0	0												
DBO	(mg/L O ₂)	S	4,1	3,8	1,3	2,6	3,8	4,2	1,3	2,2	3	3,4	2,5	2,7	3,1	3,2	1,5	1,8	1,8	2,1	3,4	2,8	2,7	2,9
CO ₂	(mg/L)	S	9,4	10,2	1,8	2,2	6,2	7,2	4,2	4,6	7,2	8,2	9,6	8,4	10,8	9,8	6,4	6,4	7,6	8	10,2	9,3	7,4	8,2
		M	7,4	8,3			7,6	7,5			10,2	9,4							8,8	8,4				
		F	6,6	7,8			7,2	7,2			10,6	9,2							8,4	8,7				
Nitrito	(mg/L NO ₂)	S	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0,002						0	0	0	0	0	0	

Parâmetro/ Pontos	P	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12											
Coord. Geográficas		13°46'24"	48°09'12"	13°42'08"	48°03'35"	13°37'43"	48°07'11"	13°33'6"	48°59'26"	13°32'47"	48°05'29"	13°31'40"	48°11'53"	13°30'58"	48°12'40"	13°25'35S	48°02'45"	13°24'42S	48°08'34"	13°21'26S	48°09'54"	13°11'50S	48°09'54"
Fase (rio/reservatório)		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		1		1	1	2	3	3	1	3								2	2	3	2	2	2
	M	0	0,004			0	0			0	0,004							0	0				
		3				4	4			2								2	3				
	F	0	0			0	0			0	0,002							0	0				
		0				3	1			2								1	2				
Nitrato	(mg/L NO ₃)	S	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1							0	0	0,1	0,1	0	0,1
		M	0	0,1			0	0		0	0							0,1	0				
		F	0,1	0			0	0		0,1	0							0,1	0				
N _{amoniaco}	(mg/L NH ₃)	S	0,1	0,15	0,08	0,12	0,56	0,67	0,17	0,24	0,18	0,22						0,12	0,14	0,16	0,18	0,16	0,19
		M	0,19	0,17			0,16	0,21			0,22	0,24						0,17	0,19				
		F	0,28	0,32			0,17	0,26			0,29	0,32						0,26	0,3				
O e G	(mg/L)	S	1	1	1	1	1	2	1	2	2							3	2	2	1	1	1
Ferro Total	(mg/L)	S	0,32	0,28	0,12	0,15	0,16	0,18	0,2	0,22	0,07	0,1						0,66	0,45	0,27	0,3	0,25	0,32
		M	0,2	0,17			0,17	0,19			0,11	0,12						0,18	0,26				
		F	0,49	0,44			0,25	0,28			0,66	0,62						0,16	0,23				
STD	(mg/L)	S	81	84	45	48	80	83	44	46	80	83						81	83	83	86	83	88
		M	81	83			79	80			79	82						81	84				
		F	80	78			73	78			66	72						83	80				
Sulfetos	(mg/L S ⁻²)	S	0	0,003	0	0	0	0	0	0	0,01							0	0	0	0	0	0
			2		1	2	1	2	1	1	1							2	3	0	1	1	1
	M	0	0,002			0	0			0	0,01							0	0				
			2			1	1			1								2	2				
			0	0,001			0	0		0	0							0	0				
	F	1				0	0			1								1	1				
Sulfatos	(mg/L SO ₄)	S	3	3	1	1	1	2	1	1	2	2						2	2	1	1	1	1
		M	3	2			1	1			1	2						1	1				
		F	1	1			1	1			1	1						1	1				
Ortofosfato	(mg/L PO ₄ ⁻³)	S	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05	0,05	0,03	0,02	0,06	0,05						0,01	0,01	0,03	0,02	0,09	0,07
		M	0,04	0,03			0,03	0,04			0,16	0,08						0,01	0,01				
		F	0,03	0,02			0,01	0,02			0,08	0,06						0,01	0,01				
Coliformes Totais	(NMP/10 mL)	S	20	18	21	20	24	18	22	20	20	18						260	190	38	34	24	22

Fonte: Naturae, 2003.

Notas: P = profundidade; S = superfície; M = meio; F = fundo; coordenadas dos pontos: 1 - 13°46'24"S/48°09'12"W; 2 -13°42'08"S;48°03'35"W; 3 -13°37'43"S/48°07'11"W; 5 - 13°33'6"S/48°59'26"W; 6 - 13°32'47"S/48°05'29"W; 7 -13°31'40"S/48°11'53"W; 8- 13°30'58"S/48°12'40"W; 9 -13°25'35S/48°02'45"; 10 -13°24'42S/48°08'34"W; 11 -13°21'26S/48°09'54"; 12 -13°11'50S/48°09'54".

A maior fonte de comprometimento da qualidade da água do rio Tocantins no trecho em estudo, entre a UHE Cana Brava e o remanso da UHE Peixe-Angical, parecem ser as águas do próprio rio Tocantins. Isto porque a vazão desse curso d'água é regularizada pela barragem da UHE Serra da Mesa, em operação a cerca de 80 km a montante do remanso do empreendimento em estudo, como descrito no tópico 7, do presente capítulo.

Por se tratar de um sistema de rios de águas claras, o pH analisado deveria estar mais próximo da neutralidade, conforme se verificou nas análises de Serra da Mesa e Cana Brava. Entretanto, os valores de pH foram relativamente altos, em todos os pontos de amostragem, nas amostras de seca e de chuva, embora estejam dentro da faixa de 6-9 estabelecida pela Conama 20/86.

Em condições naturais, a própria conformação geoquímica do terreno poderia conferir tais características aos rios de água clara que, apesar de serem usualmente bastante transparentes e transportarem pouco material em suspensão, apresentam grande heterogeneidade do ponto de vista químico, que se reflete principalmente sobre o pH e a condutividade elétrica da água. Contudo, no caso do rio Tocantins e tributários (como o Cana Brava, o Traíras, o Custódio, Mutum e Paranã), no trecho que constitui a área objeto do presente estudo, pode ser equivocado afirmar sobre os imperativos das condições naturais, já que o regime hidrológico do sistema foi substancialmente alterado pela existência da UHE Serra da Mesa a montante, com efeitos razoáveis sobre processos de sedimentação/assoreamento/erosão e lixiviação, como também já explicitado neste capítulo.

Os efeitos de regularização a montante podem se estender aos valores de condutividade elétrica que, no presente estudo, foram bem acima dos valores obtidos em pontos similares nos monitoramentos da UHE Serra da Mesa e Cana Brava, e cerca de três vezes mais altos que os valores esperados para água clara, que variam entre 6,0 e 50,0 uS/cm (Salati *et al.*, 1983).

Por outro lado, há que se esperar a contribuição geoquímica do terreno, já que os íons diretamente responsáveis pelos valores de condutividade elétrica em águas interiores são os chamados macronutrientes - cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonatos, sulfatos, cloretos etc. (Esteves, 1988) - que, de fato, acompanharam os valores de condutividade, apresentando concentrações mais altas nas amostras de seca e chuva de São Salvador.

Em quase todos os pontos amostrados, os valores encontrados para fosfato total foram quase o dobro do limite fixado pela Resolução Conama nº 20/86, para as Classes 1, 2 e 3 (= 0,025 mg/l), tanto no período seco quanto durante a estação chuvosa. No PA2, localizado no rio Traíras, a jusante do eixo de Cana Brava, a concentração de fosfato atingiu, seis vezes esse limite, na estação seca. Na área de influência da UHE Cana Brava, no reservatório e nos tributários do rio Tocantins, as concentrações de ortofosfatos também excederam bastante o limite acima mencionado. Apenas durante o monitoramento da qualidade da água da

UHE Serra da Mesa, foram detectados valores dentro dos limites estabelecidos, mas esses dados foram coletados em 2000, com o reservatório ainda em fase de enchimento completo.

O nitrato, que, ao lado do amônio, é a principal forma de nitrogênio encontrado nas águas, esteve dentro dos limites estabelecidos pelo Conama para a Classe I, em todos os postos de coleta. O mesmo ocorreu com o nitrogênio de nitrito, um indicador de processos biológicos ativos, influenciados por poluição orgânica.

A turbidez se enquadrou nos limites fixados pela Resolução Conama para Classe I, exceto em dois pontos, nos tributários: um na seca, no rio Traíras e o outro, na chuva, no rio Cana Brava. Não são resultados tão destoantes, uma vez que os rios de água clara podem transportar grandes quantidades de material em suspensão, durante o período de chuvas, e podem então tornar-se bastante turvos.

Ainda assim, nem durante a seca, nem durante as chuvas, nem no rio Tocantins ou nos tributários, foram encontrados valores altos para turbidez, durante as campanhas de monitoramento de Cana Brava, realizadas em períodos muito próximos aos de São Salvador, nas duas estações. Nesse caso, os dados referem-se a situações muito pontuais e demandam um acompanhamento em fase posterior de licenciamento.

Os resultados obtidos para coliformes totais e fecais, exceto quanto à “irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas que se desenvolvem rentes ao solo e que são consumidas cruas” (Conama 20/86), não comprometem as demais formas de uso da água.

Observa-se que, de modo geral, os parâmetros físico-químicos analisados para esse trecho do rio Tocantins ainda não configuram um ambiente impróprio para os usos apontados na Resolução Conama. Em suma, exceto para alguns parâmetros e em alguns pontos, os resultados das amostragens revelaram índices que se enquadram perfeitamente dentro das classes 1 e 2, compatíveis com os usos predominantes na área de influência da UHE São Salvador.

8.2 Fontes poluidoras

Para a identificação das fontes poluidoras das águas nas áreas de influência indireta e direta da UHE São Salvador, foram agregadas as informações coletadas durante a elaboração do diagnóstico ambiental ora apresentado.

Observa-se que não há pontos ou focos de poluição significativos na área, reflexo, principalmente, de seu processo de ocupação, caracterizado pelo baixo dinamismo de investimentos produtivos, ausência de cidades de maior porte e a relativa dispersão da população nas zonas rurais. Foram indicados, no entanto, alguns elementos possivelmente causadores de poluição, representados no desenho 8788/00-6B-A1-2048.

De acordo com a Enciclopédia de Ecologia (Charbonneau, 1979), a classificação das fontes de poluição mostra-se difícil, em função da grande diversidade das mesmas. Pode-se, no entanto, distinguir três grandes grupos, as fontes de

poluição industrial, as fontes poluição de origem agrícola (sobretudo por agrotóxicos) e as fontes de poluição domésticas.

A região não comporta unidades industriais de porte, sendo a agropecuária a principal atividade econômica local. Verificam-se apenas pequenas unidades de beneficiamento de produtos primários, como a produção de farinha e debulhamento de arroz, cujos rejeitos são lançados no ambiente sem qualquer cuidado. A Figura 8.1 ilustra uma pequena unidade beneficiadora de arroz na região.



Figura 8.1
Beneficiamento de arroz em Minaçu

As atividades de extração de mineral são consideradas de grande potencial poluidor. No município de Minaçu está instalada a Sama (SA Mineração de Amianto), indústria de mineração de amianto (Figura 8.2), que opera desde 1965, na Mina de Cana Brava, localizada na margem esquerda do rio Tocantins, a montante da UHE Cana-Brava. Essa indústria encontra-se fora da bacia hidrográfica contribuinte para o reservatório da UHE São Salvador.



Figura 8.2
Exploração na mina de amianto da Sama

Na área de influência direta da UHE São Salvador, foi constatada a presença de 24 áreas requeridas para pesquisa ou lavra mineral junto ao DNPM, as quais poderão ser parcialmente atingidas, conforme apresentado anteriormente.

Como já explicitado no tópico 2 - Geologia, na área de influência indireta, as principais substâncias de interesse são o ouro, a argila e o nióbio, seguidos do cádmio, do cobre, do zinco e da prata. Apesar do número de processos existentes, praticamente todos estão na fase de pesquisa (alvará ou autorização) e poucos com licença concedida ou mesmo em exploração, o que não representa fontes poluidoras significativas em termos de volume.

Quanto às fontes de origem agrícola, a área de influência indireta (AII) da UHE São Salvador caracteriza-se pela predominância das áreas destinadas às pastagens, sendo muito reduzidas as áreas de lavouras, ocupando espaços dispersos. Em geral, a produção é de subsistência.

Considerando que assentamentos humanos normalmente provocam degradações ambientais, figuradas pelo desmatamento, revolvimento de solo, aumento da pressão sobre os recursos hídricos, bem como e, principalmente, aporte orgânico doméstico e rural, foram incluídos como fontes de poluição os assentamentos existentes na AII da UHE São Salvador. Foram registrados sete projetos de assentamento, sendo cinco implantados pelo Incra outros dois pela CEM - Companhia Energética Meridional, todos em municípios goianos estudados, quais sejam o Reassentamento Rural Coletivo- RRC e o Auto Reassentamento Rural Coletivo- AARC.

Dos assentamentos do Incra, quatro encontram-se nas proximidades do rio Mocambão, na margem esquerda do rio Tocantins, e o projeto de assentamento órfão no município de Cavalcante, em área fora da bacia de contribuição da UHE São Salvador. Os outros dois da CEM estão instalados nas proximidades do rio Cana Brava.

Os projetos do Incra, implementados a partir de 1995, já beneficiaram 554 famílias, em uma área total de cerca de 28.000 hectares. No quadro a seguir, apresentam-se os principais dados dos assentamentos.

Quadro 8.2
Projetos de assentamento do Incra

Nome assentamento	Município	Fase	Capac. Famílias	Famílias reassentadas a partir de 1995	Área (ha)	Data da criação
PA Orfãos	Cavalcante-GO	Implantação	121	121	4.852,6	30/12/96
PA Céu Azul	Minaçu – GO	Implantação	48	21	2.420,62	06/02/95
PA Mocambão	Minaçu – GO	Implantação	64	41	3.543,652	06/02/95
PA Noite Negra	Minaçu – GO	Implantação	150	101	9.443,48	06/02/95
PA São Salvador	Minaçu – GO	Implantação	270	270	8.115,25	14/10/96

Fonte: Instituto Nacional de Colonização Agrícola – Incra (2003).

O Reassentamento Rural Coletivo - RRC , com 26 lotes e o Auto Reassentamento Rural Coletivo- AARC, com treze lotes, ambos no município de Minaçu. O RRC possui uma área total de 389,47 hectares. Dos 26 lotes, 21 possuem áreas entre 11,78 e 13,48 ha e, cinco, áreas entre 28,62 e 28,36 ha. Ali residem 24 famílias, com 88 pessoas.

Quanto ao AARC, a área total soma 386,55 ha, onde estão distribuídos treze lotes, sendo oito com área de 29,7435 ha, dois com áreas de 35,5938 ha, dois com áreas de 29,1815 ha e um com área de 24,9035 ha. Ali residem sete famílias, com 22 pessoas. Os demais lotes são administrados por famílias que residem fora dali, principalmente na cidade de Minaçu.

Em termos de fontes de origem doméstica, destacam-se os efluentes sanitários e os resíduos sólidos urbanos. As condições de esgotamento sanitário nas cidades são precárias. Mormente, os esgotos são lançados em fossas ou, algumas vezes, a céu aberto, conforme apresentado no Capítulo IV - Parte A.

Destaca-se em Minaçu, a existência de três ETEs. A primeira na Vila da Sama e a segunda na Vila de Furnas, com um pequeno percentual de atendimento (abaixo de 15%). Após tratado o efluente da ETE da Vila da Sama é lançado no córrego Amianto, enquanto o efluente da ETE da Vila de Furnas é lançado no rio Bonito. Foi implantado pela Companhia Energética Meridional, concessionária da UHE Cana Brava, o Sistema de Coleta e Tratamento de Esgotos Sanitários da cidade, como medida compensatória, com percentual de atendimento de 60% da população.

O Censo Demográfico 1991 – IBGE, indicou que os domicílios dos municípios de Paranã e Cavalcante, na sua maior parte não possuem instalação sanitária. Enquanto Minaçu e Palmeirópolis indicaram que utilizam como forma de esgotamento sanitário a fossa rudimentar. O município de São Salvador não apresenta dados para o ano de 2000, pois o município pertencia ao município de Palmeirópolis. A Tabela 8.4 apresenta a forma de esgotamento sanitário das cidades da área de influência indireta do empreendimento.

A destinação inadequada dos resíduos sólidos urbanos na área da bacia de contribuição da UHE São Salvador pode representar um fator de pressão para a poluição dos solos nas áreas próximas às cidade. No município de São Salvador não existe tratamento para o lixo, que é depositado a céu aberto em terreno localizado a cerca de 800 m de distância da área urbana. O mesmo acontece com Paranã e Palmeirópolis, que depositam o lixo, sem tratamento, a 5 km e 2 km, respectivamente das cidades.

Tabela 8.4
Esgotamento sanitário na área de influência indireta - 2000

Domicílios particulares permanentes		Rede geral de esgoto ou pluvial	Fossa séptica	Fossa rudimentar	Vala	Rio, lago	Outro escoadouro	Sem banheiro ou sanitário	Total
Palmeirópolis	Número	2	7	1.474	2	3	6	448	1.942
	%	0,10	0,36	75,90	0,10	0,15	0,31	23,07	100,0
Paraná	Número	4	17	654	1	-	13	1.729	2.418
	%	0,17	0,70	27,05	0,04	-	0,54	71,51	100,0
São Salvador do Tocantins	Número	-	5	227	3	-	1	413	649
	%	-	0,77	34,98	0,46	-	0,15	63,64	100,0
Cavalcante	Número	21	119	652	1	1	10	1.410	2.214
	%	0,95	5,37	29,45	0,05	0,05	0,45	63,69	100,0
Minaçu	Número	683	84	5.823	175	476	279	1.484	9.004
	%	7,59	0,93	64,67	1,94	5,29	3,10	16,48	100,0

Fonte: IBGE, 2000.

Nota: Os números estão desatualizados em função da entrada em operação da ETE da CEM.

O lixo de Minaçu é depositado em um aterro sanitário, localizado às margens da GO-241, a cerca de seis quilômetros de distância da cidade. Este aterro está devidamente licenciado pela Agência Ambiental de Goiás. Em Cavalcante, a destinação final é um lixão localizado a oito quilômetros da cidade. O lixo é depositado em valas que são cobertas periodicamente pela Prefeitura.

Os dados disponíveis (IBGE, 2000) indicam que, para a destinação do lixo, os domicílios utilizam em pequena proporção o rio como forma de destinação final, menos de 1%, 11% jogam em terrenos baldios e cerca de 60% queimam o lixo na própria propriedade. Na Tabela 8.5 é apresentada a destinação do lixo dos domicílios da área de influência indireta da UHE São Salvador.

Tabela 8.5
Destinação do lixo na área de influência indireta

Domicílios particulares permanentes		Coletado	Queimado (na propriedade)	Enterrado (na propriedade)	Jogado em terreno baldio, ou logradouro	Jogado em rio, lago, ou mar	Outro destino	Total
Palmeirópolis	Número	985	645	29	280	1	2	1.942
	%	50,7	33,2	1,5	14,4	0,1	0,1	100,0
Paraná	Número	489	1.307	19	471	4	128	2.418
	%	20,2	54,1	0,8	19,5	0,2	5,3	100,0
São Salvador do Tocantins	Número	70	407	18	54	-	100	649
	%	10,8	62,7	2,8	8,3	-	15,4	100,0
Cavalcante	Número	819	496	92	795	7	5	2.214
	%	37,0	22,4	4,2	35,9	0,3	0,2	100,0
Minaçu	Número	7.317	1.384	46	240	8	9	9.004
	%	81,3	15,4	0,5	2,7	0,1	0,1	100,0

Fonte: IBGE, 2000.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 8.5, o serviço de coleta do lixo no município de Minaçu possui um bom grau de eficiência, abrangendo boa parte dos domicílios particulares permanentes (81,3%); em Palmeirópolis, o índice de coleta abrange metade dos domicílios locais; São Salvador do Tocantins e Paranã têm, como principal estratégia de descarte final de lixo domiciliar, a queima no próprio terreno.

As fontes de poluição identificadas não se consolidaram como causadores de poluição, pelo menos não em níveis significativos. Contudo, como poderão vir a se transformar em efetivos poluidores, é importante acompanhar a evolução dos parâmetros físico-químicos, em corpos d'água, por um tempo maior, sempre em alerta com os usos a que se destinam.

9. Usos das águas

9.1 Navegação

O regime hidrológico da bacia do rio Tocantins é bem definido. As mínimas do período de estiagem ocorrem no bimestre setembro/outubro e o período de cheias ocorre no quadrimestre de janeiro a abril, com máximos no bimestre fevereiro e março no rio Tocantins, enquanto que no rio Araguaia, os máximos ocorrem em março e abril. Tal fato é benéfico para a navegação e para geração hidráulica a jusante da confluência e é uma decorrência do poder de amortecimento da bacia do rio Araguaia.

O rio Tocantins desemboca no delta amazônico e embora possua, ao longo do seu curso, vários rápidos e cachoeiras, também permite alguma navegação fluvial no seu trecho desde a cidade de Belém, capital do estado do Pará, até a localidade de Peixe, no estado de Tocantins, por cerca de 1.900 km, em épocas de vazões altas. Todavia, considerando-se os obstáculos oriundos das corredeiras e bancos de areia durante as secas, só pode ser considerado utilizável, por todo o ano, de Miracema do Norte para jusante.

A formação do reservatório da UHE Tucuruí, cujo enchimento ocorreu em 1984, eliminou totalmente os principais impedimentos à navegação entre Tucuruí e Itupiranga/PA. O Governo Federal, na gestão anterior, no âmbito do projeto Brasil em Ação, desenvolveu estudos de verificação das condições de navegabilidade para o trecho Imperatriz-Itupiranga. Este trecho faz parte da hidrovía do Tocantins, a qual possui uma rede fluvial com uma extensão de 2.841 km (715 km do Tocantins até Imperatriz, 1.701 km do Araguaia e 425 km do rio das Mortes), cujo trecho mais a montante do rio Tocantins se localiza próximo à cidade de Palmas, tem condições de ser transformada, a curto e médio prazos, em via de transporte contínua, de ampla capacidade de tráfego, ligada a grande malha hidroviária amazônica ao complexo portuário exportador de Belém/Vila do Conde e aos sistemas ferroviários de Carajás-Ponta da Madeira.

A Hidrovía Tocantins-Araguaia é parte do Corredor Multi-Modal Centro-Norte, que é um grande sistema de transportes a ser implantado com o objetivo de atender as regiões Centro-Oeste e Norte, mais diretamente os estados do Maranhão, Pará, Mato Grosso, Tocantins e Goiás e indiretamente Bahia e Piauí.

A jusante da região de estudo, está operando a UHE Lajeado, no município de Miracema do Tocantins, com potência de 850 MW. Na barragem já concluída, está prevista espera para eclusa de transposição de embarcações, permitindo assim, a continuidade da navegação no rio Tocantins até Palmas.

No caso do empreendimento de São Salvador, a montante de Palmas, e tendo entre essa cidade e seu eixo a UHE Peixe Angical, também está prevista, em projeto, espera para sistema de transposição de desnível.

9.2 Lazer e turismo

Na área de influência indireta, a formação de praias durante o período de estiagens atrai significativo número de turistas e constitui-se em importante fator de lazer para as populações da região, e de turismo interno para as suas economias. Geralmente, a hospedagem é feita em acampamentos, visto que o setor hoteleiro é pouco desenvolvido. Tanto no Brasil quanto nos países estrangeiros é crescente o interesse pelo ecoturismo. O estado do Tocantins tem diversos projetos para incrementar o turismo na região e em 1993 realizou um inventário de oferta turística com o apoio da Embratur e a antiga Sudam.

No diagnóstico socioeconômico será explicitado com mais detalhes as alternativas de lazer vinculadas à água, mas aqui cabe citar as mais importantes.

Os rios Tocantins, Paranã e Palma são os principais marcos geográficos do médio e baixo trechos do Tocantins, constituindo-se em atrações turísticas e alternativas de lazer. Entre os meses de junho a agosto, as praias do rio Paranã constituem-se em grande atrativo, devido a suas areias brancas e águas claras. A principal delas é o “Praião”, localizada na própria cidade e onde é montada toda infra-estrutura que inclui barracas, bares e outros equipamentos de lazer. A outra praia fica a dez minutos de barco, no rio Paranã.

Em Paranã, também há a lagoa do Dauto, formada na época de enchentes do rio Paranã e possui uma extensão de 2,5 km de extensão e 1,8 km de largura, e em determinados pontos, possui 2 m de profundidade. A vegetação ao redor do atrativo é formada por malícia, calundi e água-pés. No local, estão presentes animais como garças brancas e cor-de-rosa, marrecos, gaviões e outros. A lagoa encontra-se em bom estado de conservação e fica no perímetro urbano. O acesso a ela se dá pela Avenida do Cais, a 100 metros do centro da cidade.

Da encosta da Serra das Caldas, no município de Paranã, há uma fonte de águas termais que brota da fenda de uma rocha, formando duas piscinas de águas quentes, com temperatura de 40°C. Essas piscinas são permanentes tanto em volume d’água quanto em homogeneidade, constituindo-se no principal atrativo da região. Num percurso de 10 m, as águas caem no rio Ventura, que corta a serra com a sua água fria e esverdeada, formando ali um lago. O local abriga penhascos íngremes, cobertos por uma vegetação densa que circunda a nascente. O acesso ao atrativo se dá por uma estrada de rodagem até Paranã. Daí segue-se por uma estrada vicinal por onde só trafegam carros de tração 4x4.

Em Cavalcante, destaca-se o uso da água para prática de esportes radicais como rapel, alpinismo, asa delta, entre outros. Alguns pontos turísticos são os rios das Almas I, II e III, Claro e Preto; as cachoeiras do Bom Jesus, da Prata I, II e III, do Roncador, Canadá, São Bartolomeu e São Domingos; a Serra da Nova Aurora, Morro Encantado; o Mirante do vão do rio Claro e o Sítio Histórico Kalunga.

Em Minaçu, o turismo e as atividades de lazer concentram-se nas margens da UHE Serra da Mesa e, mais recentemente, da UHE Cana Brava. As principais atrações turísticas de Minaçu são o lago da UHE Serra da Mesa, que permite a prática de esportes náuticos e da UHE Cana Brava; o córrego do Lageado, com as cachoeiras do Lageado e das Pedras; o córrego do Rajado, com cachoeira de

mesmo nome, com 5m de altura e a Cachoeira da Fumaça. Recentemente a municipalidade, com apoio da Companhia Energética Meridional, implantou uma praia artificial e toda a infra-estrutura de lazer disponível para uso da população da cidade, e estímulo ao turismo na região norte do estado de Goiás.

Em Palmeirópolis, existem cachoeiras, corredeiras e locais que permitem a prática de camping e o ecoturismo. Destacam-se como pontos turísticos o Apertado da Hora, no rio Mocambinho; a Praia do Anderson, no rio Tocantins e o rio Mocambão, na ponte, fronteira com o município de Minaçu. Em São Salvador do Tocantins, os principais pontos de turismo e lazer da população são a praia da Liberdade e a cachoeira Santo Antônio.

9.3 Agricultura e irrigação

Muitas pessoas vivem do que chamam de “cultura de vazante”, ou seja, plantio, principalmente de arroz, nas partes baixas do rio no período de estiagem. Plantam, também, milho e mandioca. Em geral, a produção é de subsistência, embora seja comercializada em certas localidades.

Apenas cerca de 15% do total de áreas agricultáveis da bacia do Tocantins está sendo explorada neste momento. Uma das razões que pode explicar esta diminuta utilização da terra na região é que, apesar do clima favorável, a área apresenta, de modo geral, um potencial agrícola reduzido, em função da baixa fertilidade natural e da alta erodibilidade do latossolos que ali ocorrem.

A irrigação não é significativa na área de influência indireta em razão das características predominantes de exploração agropecuária - extensiva e de subsistência.

De modo geral, foram observados na área de influência direta, de ocupação rarefeita em termos de população, uma utilização modesta para o plantio de culturas diferentes das típicas de subsistência. Os ribeirinhos, muitas das vezes, soltam o gado para pastar livremente nos terraços aluvionares formados, especialmente na região mais próxima do eixo proposto para a UHE São Salvador (chamado de Sítio Amostral 2 - SA2) e, em menor escala, no SA1, no trecho mais encaixado do rio rumo ao canal de fuga da UHE Cana Brava.

9.4 Consumo humano e dessedentação de animais

As águas dos rios que compõem as Áreas de Influência direta e Indireta são utilizadas para consumo humano e dessedentação de animais. Algumas cidades se utilizam de poços tubulares profundos para o abastecimento público.

Analisando o abastecimento de água na região, dimensionando para a situação mais crítica, em que toda a população da área de influência captasse água diretamente do rio Tocantins, a vazão de captação seria da ordem de 0,6 m³/s, ou seja, muito inferior à vazão média do rio Tocantins, que é em torno de 500 a 1700

m³/s. Sendo assim, a captação, caso ocorresse desta forma, não causaria conflito de uso da água.

9.5 Pesca

Na região em estudo, os peixes mais apreciados são o curimatá, pacu, piabanha, curvina, piau, tucunaré, jaú, surubim, cari, piramutama e o piraíba. A pesca constitui-se em atividade econômica artesanal. É uma atividade de subsistência para as populações ribeirinhas que consomem o produto da pesca em sua alimentação cotidiana e vendem o excedente para os demais núcleos e cidades à beira dos rios que compõem a bacia do Tocantins.

Os rios Tocantins, Paranã e Palmas são os mais procurados, tanto em função de suas belezas naturais, o que atrai grande número de turistas, como por serem piscosos. A pesca artesanal é praticada para subsistência e abastecimento local, enquanto a modalidade esportiva vem ganhando importância. Há também pesca e comércio de peixes ornamentais.

9.6 Conflitos de uso

Devido à incipiente ocupação da área de influência indireta e direta, seu estado de conservação (bastante degradado tanto pelo garimpo em tempos pretéritos, quanto pelo desmatamento seletivo), uma situação socioeconômica precária e a grande disponibilidade de água, não foram identificados conflitos atuais de uso da água entre os diversos segmentos que dela se utilizam, como navegação, lazer e turismo, pesca, agricultura, e o uso que se avalia nesse estudo - o de geração hidrelétrica.