

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

## **5. DIAGNÓSTICO SÓCIO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO APROVEITAMENTO**

### **5.1. Meio Físico**

#### **5.1.1. Aspectos Gerais**

As informações relativas ao Meio Físico foram obtidas a partir dos dados disponíveis no Projeto Básico de aproveitamento e apresentados no estudo original desenvolvido pela Recitech (2005). Em janeiro de 2009 foi efetivado em trabalho de campo para a atualização das informações.

O presente capítulo foi desenvolvido por uma equipe de profissionais atuantes no setor elétrico, com experiência na implantação de obras de geração, dentro de suas especialidades de geologia, prospecção e sondagens e geotecnia.

O relatório, na forma como está estruturado, aborda as questões da implantação do aproveitamento PCH Confluência com enfoque nos aspectos práticos e de segurança correlacionados com as diversas estruturas e sua interação com os elementos geológicos subsidientes.

O texto foi dividido em dois grandes conjuntos - Aspectos regionais e Aspectos locais, sendo que neste último são expostos os levantamentos de campo, sondagens, geologia de superfície entre outros itens de interesse direto à obra.

As campanhas de campo tomaram cerca de dois meses para sua execução, tendo sido contratada uma firma especializada para as sondagens rotativas além da mão de obra local para abertura de acessos e poços manuais.

#### **5.1.2. Geomorfologia**

##### **5.1.2.1. Geomorfologia Regional**

O rio Marrecas está situado parte no Segundo Planalto e parte no Terceiro Planalto Paranaense. O contato entre estes se dá por escarpas arenito-basálticas que definem a chamada Serra da Esperança.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

No Segundo Planalto Paranaense ocorre um relevo tabular mais dissecado, com esculturação de mesetas e escarpas no contato com o Terceiro Planalto. É constituído por relevos tabulares, que formam “cuestas” e plataformas estruturais cada vez mais dissecadas para oeste, onde perdem altitude. As rochas são de sedimentos antigos, do paleozóico, que ocorrem em camadas sub-horizontais, com inclinação para oeste. A oeste, ainda, os rios entalham vales mais amplos em terrenos permo-carboníferos, com rochas básicas intrusivas, originando formas de mesetas, cadeias de mesetas, morros testemunhos e platôs alongados.

Toda a região da bacia do rio Marrecas incluída no Segundo Planalto possui declividade relativamente baixa, com relevo plano a suave ondulado. A drenagem possui padrão dendrítico, desprovida de vegetação marginal. Observa-se em drenagens de ordens primária e secundária processos erosivos do tipo ravinas e voçorocas, devido à baixa coesão dos solos associada à falta de cobertura vegetal.

O Terceiro Planalto Paranaense é talhado em rochas eruptivas básicas, cobertas por sedimentos mesozóicos (arenito Caiuá) na região noroeste do Estado do Paraná. Apresenta-se como um grande plano inclinado para oeste, limitado a leste pela Serra da Esperança, onde atinge altitudes de 1.100 a 1.250 m, descendo, a oeste, a 300 m no vale do rio Paraná. A feição dominante é a de uma série de patamares, devido à sucessão de derrames basálticos, à erosão diferencial e ao desnível dos blocos falhados. As encostas muitas vezes apresentam uma série de degraus correspondentes a diferentes derrames ou a variações na estrutura das rochas. Os rios esculpiram, na região, vales ora mais abertos, formando lajeados e dando origem a corredeiras, saltos e cachoeiras, ora mais fechados formando “canyons”.

No rio Marrecas, no domínio das rochas basálticas, o relevo é ondulado e isoladamente escarpado. As drenagens são profundas, com padrão dendrítico e sem vegetação.

O padrão do rio Marrecas está fortemente condicionado ao controle estrutural, principalmente pelos lineamentos das fraturas e falhas, apresentando-se com um padrão semi-retangular a retangular.

**Mapa 2: Geomorfologia – Área de Influência Indireta (ANEXO)**

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A****5.1.2.2. Geomorfologia Local**

A área de influência da PCH Confluência é marcada pela ausência marcante de peraus verticais bastante altos (alturas superiores a 50 m), constituídos de arenitos da Formação Botucatu. Estes peraus definem o contato entre o Segundo e o Terceiro Planalto Paranaense, acima dos quais estão presentes os derrames de basalto.

A Figuras 5.1 ilustra a paisagem local, nas quais se destacam:

- Um relevo ondulado a suave ondulado, cujas terras são utilizadas para lavoura e/ou pastagem; esta unidade geomorfológica, superior, é constituída de solos e rochas basálticas da Formação Serra Geral; também compõem as escarpas, na sua parte superior;
- Peraus verticais, aflorantes ou sob espessa cobertura vegetal, constituídos de arenitos da Formação Botucatu;
- Abaixo dos peraus verticais ocorre um relevo ondulado a suave ondulado, onde ocorrem as rochas sedimentares das Formações Pirambóia e Rio do Rasto;
- Cobrindo o leito do rio e as baixas encostas há grande cobertura de material recente — blocos e seixos rolados, de origem basáltica e arenítica.

**Mapa 3: Geomorfologia – Área de Influência Direta (ANEXO)**

### CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A

**Figura 5.1:** **A** – Platôs basálticos e escarpas areno-basálticas; **B** – Geomorfologia local - Afloramentos de perais areníticos sobre rochas sedimentares da Formação Botucatu e Pirambóia; **C** - Leito do rio Marrecas coberto por seixos compostos de origens variadas.



Fonte: Pinto, 2002

#### 5.1.3. Geologia

Em termos estratigráficos, a bacia do rio Marrecas está inserida integralmente sobre a Bacia do Paraná. A Bacia do Paraná é uma extensa depressão situada na porção centro-leste do continente sul-americano, sendo considerada como uma bacia intracratônica simétrica preenchida por aproximadamente 5.000 m de sedimentos paleozóicos, mesozóicos e cenozóicos, bem como lavas basálticas e afins.

A região de interesse é composta por rochas sedimentares do Grupo Passa Dois - Formação rio do Rasto e do Grupo São Bento - Formações Botucatu/Pirambóia. Sobre estas ocorre a Formação Serra Geral, ou seja, derrames basálticos e rochas intrusivas básicas (Tabela 5.1).

#### **Mapa 4:** Geologia – Área de influência indireta (ANEXO)

**Tabela 5.1.** Coluna estratigráfica utilizada para o rio Marrecas (seg. Pinto, 2002)

PERÍODO	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIAS
QUATERNÁRIO			Depósitos fluviais atuais, arenosos, com intercalações de horizontes argilosos e de cascalho. Depósito de tálus. Depósito coluvionares
JURO-CRETÁCEO	SÃO BENTO	SERRA GERAL	Vulcânicas básicas
TRIÁSSICO		PIRAMBÓIA	Arenitos finos, desérticos, esbranquiçados, com estratificação cruzada de pequeno e grande porte. Fossilífero.
PERMIANO	PASSA DOIS	RIO DO RASTO	Siltitos e argilitos de planície de maré, avermelhados, com intercalações de arenitos. Estratificação plano-paralela. Ossilífero.

#### 5.1.3.1. Descrição Litológica

##### Grupo Passa Dois - Formação Rio do Rasto

A Formação Rio do Rasto é constituída de siltitos e arenitos finos, de cor arroxeada, ora esverdeada (quando alterada). Nos níveis superiores observa-se ocorrência de argilitos e siltitos avermelhados, mudança que justifica a divisão desta unidade em dois Membros: Serrinha e Morro Pelado.

O Membro Serrinha é constituído de siltitos arroxeados e esverdeados, com abundantes intercalações de argilitos, arenitos finos e bancos carbonáticos. Observa-se a ocorrência de estratificação cruzada e laminações cruzadas e onduladas.

Constituem sedimentos do Membro Morro Pelado, argilitos e siltitos semelhantes aos acima citados, porém avermelhados e com intercalações lenticulares de arenitos médios e mal selecionados. Predominam aí a estratificação cruzada acanalada e as

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

laminações cruzada e plano-paralela, ocorrendo, secundariamente, o acunhamento das camadas, principalmente entre siltitos e arenitos (Figura 5.2 A).

São características de toda a Formação Rio do Rasto os sistemas de fraturamento subconchoidal, especialmente evidentes nas camadas de siltitos arroxeados. Em alguns afloramentos, as intercalações mais espessas de arenito são caracterizadas por uma marcante erosão diferencial, devido à menor resistência à erosão dos siltitos. Esta formação é considerada por alguns autores como sendo do Permiano Superior e por outros sendo do Triássico.

**Grupo São Bento - Formação Pirambóia**

A Formação Pirambóia consiste em arenitos esbranquiçados, amarelados e avermelhados, de granulação fina a média, mal selecionados e com intercalações de material silto-argiloso. Também ocorrem arenitos conglomeráticos, com seixos pequenos (diâmetro máximo de 5 cm). Na parte basal ocorre camada arenoargilosa, com cerca de 2 m de espessura, com seixos angulares de sílex.

As principais estruturas sedimentares desta Formação são a estratificação cruzada, planar e acanalada, e a estratificação plano-paralela, comum nas porções silto-argilosas (PINTO, 2002).

A idade desta Formação é juro-cretácea e a sua origem é continental fluvial, com depósitos de rios meandrantos e pequenas lagoas associadas.

Praticamente toda a obra deverá estar assentada sobre esta formação. A experiência de uma obra recente sobre este material permite inferir seu comportamento (Figura 5.2 B).

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

**Figura 5.2:** **A** - Ocorrência da Formação Rio do Rasto na região da casa de força; **B** - Formação Pirambóia, devendo ocorrer nas estruturas de barragem, túnel e conduto forçado da PCH Confluência.



Fonte: Pinto, 2002

**Grupo São Bento - Formação Botucatu**

A Formação Botucatu é constituída de arenitos avermelhados, de granulação predominantemente fina, com grãos bem selecionados e arredondados.

Dada a sua friabilidade e o seu sistema de diaclasamento, os sedimentos em questão formam uma geomorfologia típica, com escarpas subverticais de dimensões consideráveis. Próximo ao rio Ivaí foram encontradas duas grutas em rocha sã e praticamente não fraturada, geradas por erosão em escarpa (Figura 5.2 A).

Como estruturas sedimentares mais evidentes estão a estratificação cruzada em grandes cunhas, a estratificação plano-paralela e a estratificação cruzada acanalada. Estas estruturas ainda são bem visíveis nas camadas de solo residual jovem.

O contato desta unidade com os derrames basálticos se dá de forma gradual, com intercalações de arenito intertrapiano, o qual atinge expressões mais significativas nas camadas de brecha basáltica. Nestes horizontes observa-se um arenito com efeitos de metamorfismo de contato.

Os arenitos da Formação Botucatu estão presentes também no preenchimento de algumas fraturas na base da Formação Serra Geral, bem como em diques delgados de pequena penetração nos derrames inferiores, indicando a contemporaneidade dos derrames com a deposição do arenito.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

Os sedimentos da Formação Botucatu foram depositados em ambiente desértico, com deposição eminentemente eólica até os níveis inferiores, onde há evidências de sedimentação fluvial. Atribui-se a esta Formação a idade juro-cretácea, como unidade integrante do Grupo São Bento.

**Grupo São Bento - Formação Serra Geral — Derrames de basalto**

Os derrames basálticos afloram em toda região centro-oeste do Estado do Paraná, no chamado Terceiro Planalto Paranaense, exceto o extremo noroeste do Estado, que é composto por arenitos sobrepostos aos basaltos.

Os basaltos são rochas de composição básica (baixo teor de sílica), que nas variedades maciças apresentam coloração cinza escura a preta. Nas variedades afaníticas, certa porção é constituída de matéria vítrea, enquanto nas variedades mais grosseiras, os minerais formam cristais visíveis a olho nu.

Estas rochas ocorrem na forma de derrames tabuliformes, cujas espessuras podem variar de cerca de 5 m a mais de 50 m. Cada derrame é formado de uma seqüência de litologias distintas. Nos derrames relativamente espessos, esta seqüência é constituída por basaltos maciços nos dois terços inferiores e por basalto vesículoamigdaláide e brechas basálticas no terço superior. Nos derrames mais delgados, esta seqüência pode diferir, não existindo algumas destas litologias.

Os basaltos vesiculares e amigdalóides, que têm presença constante no topo dos derrames, são rochas avermelhadas ou acinzentadas, cheias de orifícios formados pelo escape dos gases durante o resfriamento das lavas. Esses orifícios podem variar no diâmetro, de milímetros a decímetros, apresentando preenchimentos parciais ou totais de ágata, quartzo, zeólitas, calcita e argilominerais esverdeados.

A Figura 5.3 B caracteriza um afloramento desta formação.



**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

**Figura 5.3:** **A** - Arenito da Formação Botucatu; **B** – Formação Serra Geral - O basalto ocorre no topo do pacote geológico, em altitudes superiores a 750 m.



Fonte: Pinto, 2002

Na área de influência direta da PCH Confluência não há este tipo de formação com exceção dos seixos e matacões rolados.

**Grupo São Bento - Formação Serra Geral - Rochas intrusivas básicas**

Os diques de rochas ígneas básicas estão intrudidos desde as rochas do embasamento cristalino, nas proximidades de Curitiba até a Formação Serra Geral, no centro-oeste do Estado do Paraná. Posicionam-se segundo direções variáveis entre N40°W e N60°W, apresentando desde espessuras métricas até decamétricas e extensões até quilométricas.

São diabases de cor cinza escura até preta, maciços, de granulação fina. Quando alterados mostram esfoliação esferoidal e cor de alteração típica, marrom avermelhado. Também ocorrem, em menor escala, diques de diorito pórfiro.

**Coberturas Cenozóicas**

Os depósitos recentes cobrem boa parte da área com maior expressão sobre as rochas sedimentares (Formações Botucatu, Pirambóia e Rio do Rasto), onde há espessa cobertura de tálus, sob a forma de blocos e matacões de composição arenítica e basáltica. Sobre estas rochas também é encontrada espessa cobertura coluvionar, composta de matriz argilosa ou areno-argilosa, com seixos variados em composição e forma, conforme pode ser visto nos perfis dos poços de investigação (Figura 5.4 A).

## **CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

Os solos residuais de arenitos e siltitos somente são encontrados abaixo da camada de colúvio.

Nas baixadas fluviais, barranco e leito dos rios, em especial nas dos rios maiores, como no rio Marrecas, ocorrem depósitos aluvionares de cores variegadas, heterogêneos e também com granulometria essencialmente arenosa, com seixos rolados. (Figura 5.4 B).

**Figura 5.4:** **A** - Contato entre o arenito Pirambóia – branco e o material rolado (colúvio); **B** - Registro de depósito de seixos rolados a 150 m a montante do eixo previsto para a barragem.



Fonte: Pinto, 2002

Devido à disponibilidade deste material na região do barramento, optou-se por um tipo de barragem que pudesse empregar o material rolado. A solução encontrada é uma barragem em enrocamento com face de concreto, na ombreira esquerda, recebendo em seu corpo a totalidade do material das escavações necessárias para a construção do vertedor e desvio do rio.

### **5.1.3.2. Aspectos Estruturais**

#### **5.1.3.2.1. Estruturas Atectônicas**

Nas regiões constituídas por derrames de basalto, as feições atectônicas possuem características bem conhecidas, interferindo diretamente na modelagem dos relevos regionais.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

Os principais tipos de feições atectônicas relacionadas aos terrenos basálticos são: contato de derrames; fraturamentos colunares presentes nos núcleos dos derrames e fraturamentos sub-horizontais originados pelo resfriamento diferenciado das várias camadas de um derrame.

Quando se observa a disposição das fraturas em posição subhorizontalizada, a geração de alívios de tensões produz modelagem de relevo que acompanham a configuração dos vales adjacentes.

Nas rochas sedimentares, as estruturas referem-se à estratificação original da rocha.

**5.1.3.2.2. Estruturas Tectônicas**

O sistema de fraturas com orientação média N55°W coincide com a orientação principal dos diques, ou seja, este foi o sistema penetrado pela lava basáltica durante o Cretáceo Inferior. As fraturas principais que ocorrem nas formações Serra Geral e Botucatu se orientam preferencialmente na direção N45°W e as que ocorrem nas formações pré-cretáceas se orientam na direção N35°W.

As formações pertencentes ao Grupo São Bento têm densidade muito baixa de fraturamento, não apresentando um padrão definido. As fraturas têm pequenas aberturas apresentando descoloração devido à lixiviação. São geralmente de persistência e regularidade variáveis, sendo de provável origem atectônica.

Os lineamentos mais importantes da região possuem orientação preferencial noroeste, comumente tendo formado linhas de fraqueza para a intrusão dos diques. As estruturas citadas são denominadas Lineamento de Cândido de Abreu e Lineamento do Rio Alonzo.

A densidade de fraturamento é muito maior na área de afloramento dos basaltos, reflexo de um forte controle estrutural da drenagem nessas rochas.

Os falhamentos normais constituem o principal tipo de estrutura rúptil detectado na região. Apresentam, normalmente, faixa cataclástica bem definida. Nos basaltos desenvolve-se, geralmente, uma zona bastante densa de fraturas, nas vizinhanças

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

dessa faixa cataclástica. Também em diabásios pôde ser observado o desenvolvimento de juntas sigmoidais associadas a falhamentos. Em siltitos e arenitos desenvolve-se um material cataclástico predominantemente argiloso, que preserva fragmentos da rocha original.

**5.1.3.3. Sondagens**

Foram executados 8 (oito) furos de sondagem rotativa distribuídos nas seguintes estruturas: 5 ao longo do eixo da barragem; 01 no desemboque; 01 na câmara de carga e 01 na casa de força. Totalizou-se 120,77 m de sondagem rotativa, com testemunhagem contínua e ensaios de perda d'água a cada intervalo de 5 m em rocha sã.

As litologias perfuradas através de Sondagem Rotativa compreendem Rocha Basáltica com diferentes graus de alteração, desde capa de alteração com seixos e matacões em meio a solo residual de alteração até rocha sã (sem indícios de alteração), Arenitos e siltitos.

**5.1.3.4. Poços exploratórios**

Foram abertos 6 (seis) poços exploratórios sobre o perfil do conduto forçado para visualização direta do perfil abaixo da superfície de solo, em alguns deles, porém não foi atingida a superfície de rocha semi-alterada dura.

**5.1.3.5. Geologia local**

**Mapa 5:** Geologia – Área de influência direta (ANEXO)

**5.1.3.5.1. Estratigrafia e litologias**

A PCH Confluência se situa no início das escarpas da Formação Serra Geral, localizando-se cerca de 33 km da confluência com o rio Ivaí.

Cinco unidades estratigráficas serão envolvidas no arranjo conforme pode ser visto no Mapa Geológico em anexo.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

- A primeira unidade, que se situa na parte superior das escarpas, é a **Formação Serra Geral**, que é composta por basalto com textura subofítica e estrutura maciça, apresentando também alguns níveis com estrutura amigdaloidal. O contato com a unidade subjacente é inferido, situando-se em torno das cotas 700-725.
- Os arenitos da **Formação Botucatu** ocorrem sob o basalto e compõem os peraus de até 50 m de altura. São arenitos finos a médios, bem selecionados, de coloração avermelhada, com estratificação cruzada acanalada de grande porte. Em geral mostram-se bem coeso, estando, por vezes, silicificados. O contato desta unidade com a unidade inferior (Formação Pirambóia) geralmente é difícil de ser definido, mas foi inferido com base em perfis realizados em campo.
- Abaixo destes, observa-se o contato erosivo do arenito da Formação Botucatu com o arenito da **Formação Pirambóia**, o qual aflora em uma escarpa (de falha), expondo um arenito esbranquiçado, fino com matriz siltosa, muito silicificado, com diminuição dos grãos moderada, devido ao falhamento. Apresenta estratificação cruzada acanalada de pequeno porte, evidenciado pela mudança na direção dos sets deposicionais.

Em uma ravina pequena de drenagem é possível observar novamente o arenito da Formação Pirambóia aflorante, com altura de aproximadamente 5 m. Esta rocha ocorre com coloração amarelada e com alteração moderada. As estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte são muito evidentes.

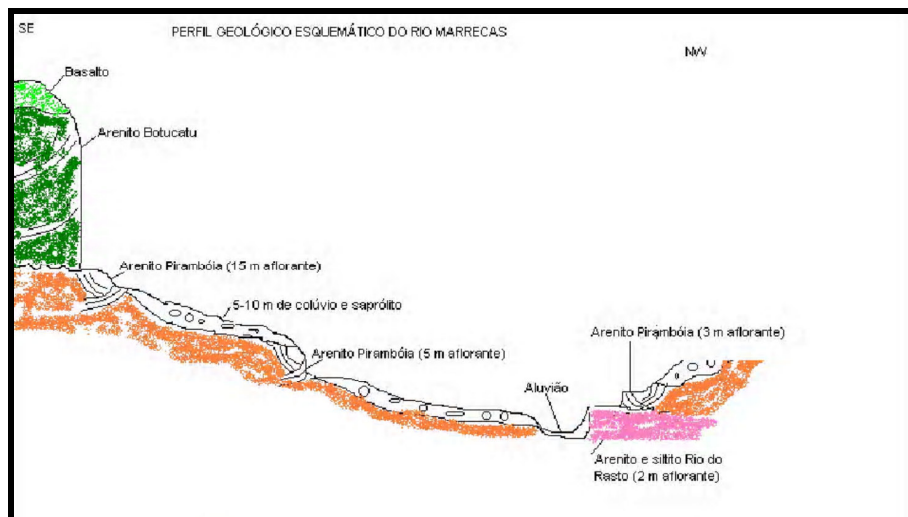
Na margem direita do rio ocorre um terraço aluvionar com aproximadamente 20 m de largura e superior a 5 m de espessura. Na outra margem do rio, é possível observar afloramento de cerca de 2 m de espessura de siltitos arroxeados intercalados a camadas centimétricas de arenito, da **Formação Rio do Rasto**. Sobre esta camada é possível observar o contato dos siltitos da Formação Rio do Rasto com o arenito da Formação Pirambóia conforme mostra o perfil geológico esquemático (Figura 5.5).

Na base da escarpa até o vale do rio existe uma **cobertura coluvionar** com matacões e blocos de basalto e arenito em meio a um solo argiloso de coloração avermelhada.

### CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A

Os sedimentos recentes, envolvendo tálus e colúvio, estão presentes, via de regra, na base das escarpas, nos barrancos das principais drenagens e nas planícies aluviais.

**Figura 5.5:** Perfil geológico esquemático do rio Marrecas.



Fonte: Pinto, 2002

#### 5.1.3.5.2. Estruturas

Em se tratando de estruturas primárias, as rochas basálticas apresentam fraturamento colunar (vertical) com um fraturamento secundário na posição horizontal, típica de interior de derrame.

Os arenitos da Formação Botucatu mostram estratificação cruzada acanalada de médio a grande porte, geralmente acanalada, o que mostra serem de origem desértica. Os arenitos da Formação Pirambóia apresentam estratificação cruzada de pequeno porte, enquanto os arenitos e siltitos da Formação rio do Rasto apresenta estratificação plano-paralela.

Além das estruturas primárias acima descritas, não se observou, em campo, indicativos de falhamentos ou fraturamentos de origem tectónica. Em fotografias aéreas percebe-se a presença de grandes lineamentos, formando vales, na direção N30-45°E. Estes lineamentos, provavelmente, podem ser estendidos para a área de estudo, definindo a direção de certos trechos lineares do rio Marrecas. Um sistema de fraturamento com

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

direção ortogonal aos lineamentos NE verifica-se em certos vales de riachos tributários do Marrecas.

**5.1.3.5.3. Caracterização Geotécnica**

As rochas sedimentares (arenitos, siltitos, folhelhos, etc.) nem sempre apresentam problemas, no que se refere à fundação de barragem. As taxas de carga requerida da fundação usualmente são baixas a despeito do volume aparente da obra.

Os problemas limitam-se quase exclusivamente à fundação das estruturas de impermeabilização, o plinto, no caso de faces de concreto, ou o núcleo de argila, no caso de enrocamentos com núcleo impermeável.

Já no que diz respeito às estruturas de concreto obrigatórias, como o vertedouro, tomada d'água, casa de força e outras, requer-se atenção maior, devido a problemas de deformabilidade das fundações e/ou principalmente, a possibilidade de deslizamento em camadas menos resistentes. O usual, nesta fase de estudo e em fases posteriores, são ensaios em pequenos corpos de prova e extrapolação dos dados para o restante do maciço. No entanto, devido à anisotropia da maioria dos maciços sedimentares, causada pela estratificação e pelo diaclasamento, estas extrapolações às vezes exigem investigações minuciosas e freqüentemente acabam por exigir ensaios *in situ*.

Durante a construção de uma usina hidrelétrica movimentam-se grandes volumes de rocha, geralmente provenientes de escavações a céu aberto. Neste caso, os maiores cuidados voltam-se para os taludes remanescentes, e em rochas sedimentares dois fatores são mais importantes: (1) a estabilidade dos taludes formados pela escavação e (2) a alteração que eles sofrem pelo intemperismo.

A estabilidade dos taludes (1) envolve aspectos variados, como heterogeneidade da rocha, estratificação, mergulho dos estratos em direção ao corte, fraturamento, etc. O mergulho dos estratos, em geral sub-horizontal, constitui-se em fator favorável à estabilidade. Já o efeito da fraturação é muito difícil de se analisar com antecedência.



**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

A alteração das rochas (2) é causada pela ação intempérica e causa a diminuição da sua resistência. Dependendo das características geológicas, torna-se imprescindível a proteção destes taludes após a escavação. É comum notar, em cortes de rochas sedimentares, processos de alteração diferencial com avanços gradativos, deixando blocos mais resistentes em balanço sujeito à queda, efeito este muito importante para a estabilidade de cortes elevados.

Um dos problemas sérios nas hidrelétricas situadas sobre rochas sedimentares é o da erosão nas estruturas sujeitas a fluxos d'água, principalmente à jusante de vertedouros, túneis de desvio, canais de fuga, etc., face à maior tendência à erodibilidade de certas variedades, particularmente arenitos brandos, mal cimentados ou rochas bem estratificadas. Dois aspectos devem aí ser considerados: a resistência da rocha e os aspectos estruturais, particularmente a estratificação e fraturamento.

Em se tratando das características geotécnicas das rochas sedimentares do local, o que se pode afirmar é que os arenitos Botucatu e Pirambóia apresentam valores de resistência à compressão simples inferiores aos basaltos maciços, ficando em torno de  $100 \text{ kgf/cm}^2$  e massa específica de  $2,5 \text{ g/cm}^3$ . É claro que estes valores não podem ser generalizados para o pacote inteiro, devendo-se fazer ensaios de amostras do local, se houver necessidade futura. Podem ocorrer, esporadicamente, bolsões muito friáveis, reduzindo-se consideravelmente os valores da compressão simples.

Diferenças acentuadas nos índices físicos em diferentes amostras da mesma rocha podem ser verificadas, devido a fatores diagenéticos que permitem níveis de compactação e cimentação da rocha diferenciados. Os arenitos, logo após a sua formação, apresentam porosidade alta. Com a evolução geológica sofrem mudanças na textura, volume dos poros e resistência dos grãos, tornando-se menos porosos e mais densos.

Submetidos aos testes de cilclagem água-estufa, os siltitos da Formação Rio do Rasto mostram maior desagregação e fragmentação em relação aos arenitos das Formações Botucatu e Pirambóia, que são melhor cimentados (PINTO, 2002 *apud* Levis, 1988).



**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A****5.1.4. Pedologia**

A avaliação das características dos solos em áreas destinadas a implantação de projetos de produção de energia hidrelétrica, bem como sua distribuição na paisagem, fornece subsídios e diretrizes importantes para o planejamento e operacionalização das obras e implantação da infra-estrutura necessária (construção da barragem, acessos, canal adutor, casa de força, etc), permitindo compatibilizar o empreendimento com a aptidão dos recursos naturais do local selecionado para sua implantação. Pode ainda contribuir para ações futuras visando a revegetação da área para conter processos erosivos bastante comuns nesses empreendimentos e cujo controle é de vital importância para a manutenção e ampliação de sua vida útil.

As obras de construção de barragens e estruturas anexas normalmente exigem cortes, aterros e compactações, operações que expõem camadas de solo de baixa fertilidade, com estruturação incipiente e fraca. Causam, assim, compactação acentuada e podem ocasionar afloramento de lençóis hídricos superficiais. Como consequência, podem desencadear processos erosivos acentuados, que devem ser contidos e/ou minimizados através de práticas conservacionistas (terraceamento, bacias de infiltração, etc) e de recuperação específicas (melhoria da estrutura e infiltração do solo). Assim, o sucesso esperado em empreendimentos que envolvem movimentação intensa do solo está associado à habilidade de compatibilizar os projetos às condições naturais que o solo oferece.

A intensidade e o nível de restrição oferecidos por esses processos são bastante variáveis em função das características dos solos, do uso que será aplicado e da distribuição na paisagem, podendo favorecer em maior ou menor grau empreendimentos desta natureza. Assim, profundidade, estrutura, textura e drenagem interna dos solos constituem subsídios importantes para o planejamento das práticas de conservação e recuperação dos solos após operações de corte e aterro. O relevo associado à textura e à facilidade de compactação determina o potencial erosivo e as possibilidades de controle.

#### **5.1.4.1. Características Gerais da Área de Estudo**

Na Área de influência Direta (AID) e na Área Diretamente Afetada (ADA) as altitudes variam de 500 a 600 m. A modelagem do relevo geram grandes mudanças na paisagem, sendo observadas morfologias vigorosamente onduladas correlacionadas aos derrames de basalto. O vale do rio Marrecas apresenta-se bastante encaixado, com os ressaltos provenientes de contatos de derrames bastante marcados no relevo. O relevo da área prevista para implantação da PCH apresenta-se com predominância de declividades em torno de 8-100%.

A maior parte do terreno possui declividade entre 20 e 45%, sendo que cuidados especiais devem ser tomados, principalmente em função das áreas com alta declividade e fragilidade dos tipos de solo, podendo provocar escorrimento superficial de partículas de solo, fatores que favorecem o assoreamento do reservatório.

#### **5.1.4.2. Características Pedológicas**

Os solos superficiais de topos e encostas caracterizam-se como predominantemente argilosos e muito argilosos (com mais de 50% de argila), variando de bem desenvolvidos (Latosolos) sobre as porções de relevo favorável a pouco desenvolvidos e rasos (Neossolos) sobre as porções mais íngremes.

Apresentam profundidade em torno de 1,0 m (entre 0,5 e 1,5 m), de média a alta plasticidade, alta porosidade, baixa permeabilidade e baixa a moderada expansibilidade. A resistência à penetração apresenta-se em geral baixa com o solo úmido e moderada quando excessivamente seco (estiagens prolongadas). A permeabilidade é baixa em quase todo o perfil, devido ao elevado teor de argila.

A camada superficial (horizonte A) apresenta-se descaracterizada na maior parte do terreno em função do uso agrícola. Em geral compreende uma camada entre 0,15 e 0,40 cm com moderado teor de matéria orgânica e boa estrutura.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

Sob os solos atuais desenvolve-se material saprolítico inconsolidado de espessura em geral superior a 2,0 m, textura argilosa, baixa permeabilidade, consistência baixa a média e comportamento expansivo e retrativo, apresentando em algumas circunstâncias, estruturas da rocha original. Os substratos rochosos constituem-se de um pacote basáltico sobreposto a um pacote arenítico.

As principais classes de solos de ocorrência na área de estudo são Latossolo (Vermelho e Bruno) e Neossolos conforme descrito a seguir:

**Mapa 6:** Pedologia – Área de Influência Indireta (ANEXO)**Latossolo Vermelho**

Essa classe é formada por solos minerais não hidromórficos, vermelho-escuros de tonalidades arroxeadas, derivados de rochas básicas e tufitos, apresentando horizonte B latossólico e teores consideravelmente elevados de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (> 18% e < 40%), MnO e, usualmente, de  $\text{TiO}_2$ , com atração Magnética forte e predominantemente de textura argilosa ou muito argilosa.

Apresentam seqüência A – Bw – C de costumeira modesta diferenciação. O horizonte diagnóstico é o B latossólico, mas tipicamente com aspecto maciço poroso *in situ*, o que lhe empresta a aparência de pó café. Contudo, com lente de mão, pode-se constatar a existência de uma organização estrutural, definida como forte muito pequena granular. Estrutura fraca em blocos subangulares é incomum e excepcional a de desenvolvimento moderado. A cor típica desse horizonte é bruno-avermelhado-escuro, com notação Munsell 2,5YR 3/4, 3/5. Matizes mais vermelhos, de até 10R, são comuns, porém os mais amarelos que 3,5YR foram registrados apenas em pequenas áreas, de solos profundos ou com provável restrição da drenagem interna.

Devido aos elevados teores de magemita apresentam, quando secos e pulverizados, forte atração pelo ímã. Essa propriedade é utilizada no campo para diferenciá-los de outros solos de cor e textura análogas.

A textura é, com raras exceções, argilosa ou muita argilosa. São solos bastante porosos, sendo comum porosidade total da ordem de 50%. Em áreas intensamente

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

mecanizadas, é freqüente a formação de camada adensada a 20-30 cm, dificultando o enraizamento das plantas e a penetração de água da chuva ou da irrigação.

O horizonte A moderado é o mais freqüente, porém o proeminente ou mesmo o chernozêmico também ocorrem, embora este último seja mais comum.

Os eutróficos e os distróficos são os mais comuns, tendo os álicos e eutroférricos maior pressão espacial apenas nos estados sulinos. É freqüente, especialmente sob mata, ocorrer Latossolo vermelho com caráter epieutrófico, ou seja, eutrofismo na parte superior e distrofismo no interior. OLIVEIRA; MENK (1984) citam exemplos desses solos; no mais sugestivo, a soma de bases era de 21,1 meq/100g de TFSA na camada 0-20 cm e de apenas 2,2 na 80-100 cm.

A classe Latossolo Vermelho é formada por solos de grande significado agrícola: situados em relevo normalmente suave ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%, são profundos, porosos, bem permeáveis mesmo quando muito argilosos, friáveis de fácil preparo. A presença de camada adensada abaixo do piso do arado, comum em áreas intensivamente cultivadas com máquinas pesadas, constitui limitação, pela menor porosidade, pela diminuição da permeabilidade e pela resistência à penetração do sistema radicular.

Os eutróficos, especialmente os que têm soma de bases relativamente elevada, pelo menos nos 100 cm superiores, são muito férteis e dos melhores solos brasileiros. Os distróficos, e mesmo os álicos, respondem bem às aplicações adequadas de fertilizantes e corretivos, dando também boas produções. Os álicos, devido a apresentarem no horizonte B maior capacidade de reter ânions do que cátions, requerem manejo específico. A perda por lixiviação de cálcio, magnésio e potássio neles é grande, devido à pequena capacidade de retenção. A manutenção da matéria orgânica e o aumento do pH são práticas recomendáveis nesses casos.

A grande quantidade de óxidos de ferro, ou de ferro e alumínio e a textura argilosa favorecem a adsorção de fósforo, requerendo doses relativamente maiores desse elemento do que outros solos com mineralogia e textura diferentes. Isso é mais significativo para os solos que nunca receberam tal elemento, pois, à medida que

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

novas aplicações de fosfato são feitas, o solo atinge um ponto a partir do qual não mais responde àquelas aplicações, passando a liberá-lo paulatinamente.

Os Latossolo Vermelhos apresentam boa resistência à erosão; requerem, contudo, tratamentos conservacionistas adequados conforme o declive do terreno e o uso.

**Latossolo Bruno**

Compreende solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B latossólico de coloração brunada sob horizonte superficial rico em matéria orgânica (húmico ou proeminente). São derivados de rochas efusivas da Formação Serra Geral, compreendendo toda uma seqüência de diferenciação, desde as de caráter básico até as de natureza ácida como riodacito, dacito e riolito. São encontrados também, mas esporadicamente, na área sedimentar paleozóica, desenvolvidos a partir de argilitos e folhelhos siltico-argilosos.

Caracterizam-se ainda por serem muito profundos, muito argilosos, bem acentuadamente drenados e com seqüência de horizontes A, B, C. Os horizontes A e AB, que em conjunto perfazem 50 cm ou mais de espessura, costumam ser bruno escuro ou bruno-avermelhado escuro, com matiz entre 7,5YR e 5YR, valor e croma iguais ou inferiores a 4. Quanto ao horizonte Bw, este deve ter, pelo menos na sua parte superior, matiz mais amarelo que 4YR, não se admitindo matiz igual ou mais vermelho que 2,5YR nos primeiros 100 cm do horizonte Bw. O gradiente textural B/A é usualmente baixo, visto os teores de argila serem superiores a 70%, tanto no horizonte A como no B, enquadrando-se, portanto, na classe textural muito argilosa. A estrutura do horizonte superficial, via de regra, é composta de fraca pequena média granular e em blocos subangulares, e a do B é fraca pequena média blocos subangulares e/ou forte granular. Quanto à consistência, esta varia ao longo do perfil de ligeiramente dura a dura, de friável a muito friável, de ligeiramente plástica a plástica e de ligeiramente pegajosa a pegajosa, respectivamente com o solo seco, úmido e molhado.

Constituem feições marcantes nestes solos o incremento da tonalidade avermelhada em profundidade, a baixa suscetibilidade magnética independente dos teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, a presença de fendilhamentos, especialmente nos antigos cortes de estrada e

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

o fato de o horizonte superficial nem sempre satisfazer os requisitos de cor para A húmico ou proeminente, apesar dos relativamente elevados teores de carbono orgânico.

São solos fortemente ácidos, com baixa reserva de nutrientes, principalmente nos horizontes inferiores onde é menor a influência exercida pela matéria orgânica. No que diz respeito aos teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , estes parecem correlacionar-se com o tipo de rocha-matriz, sendo normalmente superiores a 15% em se tratando de efusivas básicas e intermediárias, e pouco superiores a 12% quando derivados de rochas efusivas ácidas ou de sedimentos pelíticos referidos ao paleozóico. São encontrados quase sempre em altitudes superiores a 600 metros, estando sob a influência de um clima subtropical úmido, com precipitação média anual superior a 1.600mm, comumente com geadas e nevoeiros freqüentes e nevadas ocasionais (clima Cfb de Köppen), e tendo por cobertura ora vegetação do tipo campo subtropical, ora floresta subtropical de ou com araucária, ou a associação destas formações.

Os eutróficos e os distróficos são os mais comuns, tendo os álicos e eutroféricos maior pressão espacial apenas nos estados sulinos. É freqüente, especialmente sob mata, ocorrer Latossolo vermelho com caráter epieutrófico, ou seja, eutrofismo na parte superior e distrofismo no interior. OLIVEIRA; MENK (1984) citam exemplos desses solos; no mais sugestivo, a soma de bases era de 21,1 meq/100g de TFSA na camada 0-20 cm e de apenas 2,2 na 80-100 cm.

A classe Latossolo Bruno é formada por solos situados em relevo normalmente suave ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 15%, são profundos, porosos, bem permeáveis mesmo quando muito argilosos, friáveis de fácil preparo.

Os eutróficos, especialmente os que têm soma de bases relativamente elevada, pelo menos nos 100 cm superiores, são muito férteis e dos melhores solos brasileiros. Os distróficos, e mesmo os álicos, respondem bem às aplicações adequadas de fertilizantes e corretivos, dando também boas produções. Os álicos, devido a apresentarem no horizonte B maior capacidade de reter ânions do que cátions, requerem manejo específico. A perda por lixiviação de cálcio, magnésio e potássio

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

neles é grande, devido à pequena capacidade de retenção. A manutenção da matéria orgânica e o aumento do pH são práticas recomendáveis nesses casos.

A grande quantidade de óxidos de ferro, ou de ferro e alumínio e a textura argilosa favorecem a adsorção de fósforo, requerendo doses relativamente maiores desse elemento do que outros solos com mineralogia e textura diferentes. Isso é mais significativo para os solos que nunca receberam tal elemento, pois, à medida que novas aplicações de fosfato são feitas, o solo atinge um ponto a partir do qual não mais responde àquelas aplicações, passando a liberá-lo paulatinamente.

Os Latossolo Brunos apresentam boa resistência à erosão; requerem, contudo, tratos conservacionistas adequados conforme o declive do terreno e o uso.

**Neossolos (Solos Litólicos e Litossolos)**

São solos minerais não hidromórficos, rudimentares, pouco evoluídos, rasos (<50 cm até o substrato rochoso), com horizonte A assente diretamente sobre a rocha coerente e dura, ou cascalheira espessa, ou sobre horizonte C pouco espesso ou mesmo exíguo Bi. São, portanto, solos com seqüências de horizontes A – R, ou A – C – R sendo o C pouco espesso, ou A – Bi – C – R ou um Bi exíguo e pouco espesso, o C, usualmente, contém elevado setores em minerais primários pouco resistentes ao intemperismo e variavelmente blocos de rocha semi-intemperizada de diversos tamanhos. Solos Litólicos constituem classe que agrupa solos rasos seqüência A – C – R e aqueles com horizonte B incipiente muito pouco espesso. Os Litossolos, por sua vez, abrangem os constituídos por um horizonte A seguido de rocha dura e coerente.

Quanto à diferenciação de horizontes nesses solos, nada mais há do que o manifestado no horizonte A e, eventualmente, num C ou Cr e, esporadicamente, um infimo Bi.

Esses solos apresentam grande diversificação morfológica, sendo também bastante heterogêneos no que concerne aos atributos químicos, físicos e mineralógicos.

Sua característica comum é a profundidade, arbitrada por muitos pedólogos em menos de 50 cm.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

Alguns têm apenas um horizonte A seguido de rocha (camada R), outros, um horizonte C ou Cr pouco espesso acima de rocha, admitindo-se também um Bi muito delgado.

É de certa forma subjetiva a decisão quanto ao grau de dureza da rocha sendo considerada dura, quando úmida, não se deixa cortar por uma pá reta ou pá de transplântio, não obstante possa ser escarificada. Certas rochas sedimentares, como os arenitos, apresentam grau muito variado de dureza por esse critério.

Às vezes, portanto, torna-se difícil estabelecer onde termina o horizonte Cr e começa a rocha consolidada (R) e, conseqüentemente, a espessura do solo.

A observância da presença de rocha dura, não ou muito intemperizada, a 50 cm de profundidade ou menos, não tem sido utilizada sistematicamente para identificar os Solos Litólicos. Em muitos casos, têm sido assim considerados solos apresentando seqüência A – C – R, porém com horizonte C bastante espesso.

Solos Litólicos podem apresentar variáveis tipos de horizonte A, como o fraco, o moderado, o proeminente, o chernozêmico (exceto sobre o material calcífero), ou o húmico, imprimindo diversidade à manifestação morfológica dos solos em tudo quanto dependa, direta ou indiretamente, de sua riqueza em matéria orgânica.

Do ponto de vista químico, físico e mineralógico são muito heterogêneos e ressaltando o que seja decorrência normalmente da matéria orgânica, os solos revelam estreita relação com o material de origem que influi até na atividade da argila que pode ser alta ou baixa. Podem ser eutróficos, distróficos ou álicos, com as mais variadas texturas. É freqüente a presença de relevantes quantidades de minerais primários facilmente intemperizáveis.

O horizonte B, quando existente, pode apresentar estádios bem variados de desenvolvimento, desde ligeiras modificações devidas à cor ou à estrutura, até alterações mineralógicas expressivas de maior evolução dos solos, manifestas, porém, em seção de reduzida espessura, caracterizando-a como B incipiente.



**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

Os Litossolos, em sentido estrito. São muito rasos, com espessura inferior a 20 cm, constituídos por um horizonte A seguido de rocha dura e coerente – camada R. Dificilmente ocorrem em áreas contínuas, o suficiente para constituir unidade de mapeamento em mapas pedológicos de escala menor que 1:20.000; assim, não aparecerem sequer nos mapas pedológicos semidetalhados, executados no Brasil. Nesses levantamentos, têm sido incorporados aos Solos Litólicos. Nos mais detalhados, contudo, o Litossolo, conforme extensão e arranjo de distribuição, pode constar em unidades de mapeamentos qualificadas sob essa denominação específica.

Os Litossolos são muito singelos pois, acima da rocha dura, da cascalheira ou do fino horizonte C – condição rara – possuem apenas um horizonte A, de natureza variável. A textura está intimamente relacionada com o material de origem desses solos. Eles geralmente contém apreciável proporção de fragmentos de rocha, parcialmente intemperizados, e/ou ainda pedras ou cascalhos no interior ou mesmo na superfície do solo.

O horizonte A pode ser de qualquer dos tipos já mencionados, excluído o horizonte A chernozêmico quando a rocha é calcária.

Os Litossolos, em sentido estrito, por serem muito rasos, com horizonte A seguido de rocha (R), apresentam limitação muito séria, em vista da pequena espessura, pois o substrato, sendo duro, dificulta ou impede a penetração do sistema radicular das plantas. Por outro lado, a água de percolação, ao atingir a rocha tem seu fluxo interrompido ou muito diminuído, expondo esses solos aos efeitos das enxurradas. Esse fator é mais sério nas áreas acidentadas, desprotegidas de vegetação original e utilizadas com agricultura ou pastagens.

A rocha por ser dura, impede ou restringe o uso de implementos agrícolas para preparo da terra, ou então destacam-se blocos grandes, coesos, que prejudicam os tratos das lavouras e dificultam a traficabilidade e o pastejo dos animais.

A pequena espessura desses solos e a presença freqüente de cascalhos, pedras e matacões, aliadas normalmente ao relevo acidentado das áreas de sua ocorrência,

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

fazem com que sua utilização agrícolas seja muito restrita. De modo geral, suas áreas são mais indicadas para preservação de flora e fauna.

Os Solos Litólicos, por serem um pouco mais espessos ou por apresentarem substrato constituído por rochas mais brandas ou fragmentadas, apresentam condições menos limitantes que os anteriores, por permitirem que as raízes das plantas penetrem através das fendas e entre os fragmentos do substrato rochoso, indo buscar nutrientes e água a maiores profundidades do que a encontrada no solo propriamente dito.

Apesar de poderem apresentar boa disponibilidade em nutrientes para as plantas, esses solos são mais indicados para reservas naturais, reflorestamento e pastagens, com restrições das condições de umidade da região onde se encontram. Assim, na zona semi-árida, a limitação pela falta d'água é extremamente crítica para seu uso. Em outras regiões brasileiras, como em São Paulo e Minas Gerais, constata-se culturas de café e milho. Em Santa Catarina, culturas de milho, feijão e soja nas áreas de colônias, o que se verifica com acréscimo da viticultura, também no Rio Grande do Sul, onde, na região da Campanha, são usados com boas pastagens.

**5.1.4.3. Descrição das Unidades de Mapeamento**

As classes de solos identificadas na gleba foram associadas a unidades de mapeamento simples e compostas. Sempre que possível procurou-se criar unidades de mapeamento simples, delimitando de forma isolada as classes de solo. Na delimitação das unidades compostas, também denominadas de associações, procurou-se agrupar prioritariamente as unidades cujas características de maior relevância do ponto de vista do empreendimento fossem semelhantes, permitindo assim que as recomendações para projeto, ocupação e manejo durante a implantação e operação atendem-se favoravelmente a todas as unidades.

**Mapa 7: Pedologia – Área de influência direta (ANEXO)**

Tendo em vista estas observações, foram delimitadas as seguintes classes de solos de ocorrência na ADA e AID.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**  
**Classe de Solo Latossolo Vermelho (LV)**

Esta classe tem como principais variações e inclusões Neossolos Litólicos e Cambissolos Distróficos.

Situação e posicionamento	Ocupam topos, antetopos e porções de encosta até declividades em torno de 8%
Litologia	Formação São Bento
Relevo local	Os latossolos aparecem nas porções praticamente planas a suave onduladas (<8%), podendo se estender a declividades de até 25 %
Pedregosidade	Ausente em toda a espessura
Drenagem	Bem drenados com permeabilidade média, que podem resultar em acúmulo de água
Uso Atual	Agricultura anual (milho, soja, aveia e mandioca), e porções de floresta nativa
Morfologia	Caracterizam-se como solos minerais bem desenvolvidos (latossolos), com horizonte A em média entre 20 a 40 cm
Física	Solos argilosos e muito argilosos, em geral profundos (mais de 1,00 m), de média a alta plasticidade, alta porosidade, baixa permeabilidade e baixa a moderada expansibilidade. A resistência a penetração apresenta-se em geral baixa com o solo úmido e moderada quando excessivamente seco (estiagens prolongadas), coesos, e a permeabilidade, baixa em quase todo o perfil, devido ao elevado teor de argila
Química	Apresentam fertilidade natural alta (material de origem rico), teores baixos a médios de matéria orgânica, alta CTC (retenção de nutrientes), apresentando alta aptidão agrícola. As classes distróficas apresentam fertilidade natural média e alta aptidão agrícola após correção
Geotecnia	Apresenta boa aptidão para implantação de infraestrutura enterrada e das vias, principalmente em função da condição de relevo, profundidade e alto

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

	teor de argila
Grau de degradação	As áreas agricultadas apresentam erosão laminar ligeira observando-se remoção parcial do horizonte A, sobre canais de drenagem observa-se também drenagem.

**Recomendações**

Nesta unidade desenvolvem-se terrenos de boa aptidão para implantação do empreendimento tanto sob o ponto de vista de aproveitamento de material como para a adoção de medidas de controle e recuperação, com o predomínio de solos estáveis, profundos (sem limitações físicas), sem pedregosidade impeditiva para escavações, boa capacidade de carga e moderadamente susceptíveis, localizados sobre declividades abaixo de 13%.

Estes solos podem ser utilizados principalmente para a execução das porções de vedação das enseladeiras, zonas de transição e camadas finais de aterro de acessos de serviço e até definitivos. Apresentam condições ótimas de compactação, baixa permeabilidade e boa capacidade de suporte. Preferencialmente, a área a ser explorada deve situar-se a montante do eixo previsto para o barramento. Apresenta também indicação para impermeabilização devido à alta plasticidade.

Quanto ao uso do solo no entorno do reservatório, oferece como limitações mais significativas a permeabilidade baixa (devido aos elevados teores de argila), gerando altos volumes de escoamento superficial e a possibilidade de ocorrência de erosão quando mal manejados. Não existem restrição de uso agrícola, devendo ser tomadas medidas adequadas de manejo e conservação de solo.

Durante o período de construção o volume de escoamento superficial deverá ser ampliado como consequência da movimentação do terreno (desagregação, compactação e exposição de camadas subsuperficiais de solo) e retirada da vegetação, aumentando o potencial erosivo, especialmente sobre as porções de maior declividade e onde houver exposição de camadas superficiais.

### **CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

O controle dos processos de dinâmica superficial depende essencialmente da contenção e controle das águas de escoamento superficial, possibilitando a estabilização do processo erosivo nas áreas com exploração de culturas anuais. Recomenda-se a construção de terraços de condução com baixo gradiente em função da baixa capacidade de infiltração do solo, seguida pela implantação de sistema de plantio direto na palha com cobertura constante de solo com material vegetal.

A fertilidade natural alta pode facilitar a implantação da cobertura vegetal de proteção e futura recuperação das áreas de preservação no entorno da barragem

Como medidas preventivas e mitigadoras são recomendadas:

- Executar as operações de corte e aterro pelas cotas mais elevadas em direção às porções mais baixas, com a implantação simultânea de terraços;
- Construção de terraços (curvas de nível) nas áreas do entorno e contribuição da barragem, diminuindo o processo erosivo e o acúmulo de sedimentos na barragem.
- Construção de caixas de retenção ou canais escoadouros nos pontos de lançamento dos terraços e acessos;
- Recuperação física (escarificação), química (correção e adubação) e revegetação do solo nas áreas afetadas o mais rapidamente possível após a implantação do projeto.

### **Classe de Solo Latossolo Bruno (LB)**

Esta Classe tem como principais variações e inclusões Cambissolos Álicos e Neossolos Litólicos.

Situação e posicionamento	Ocupam antetopos e porções de encosta até declividade em torno de 30%
Litologia	Formação São Bento
Relevo local	Aparecem nas porções com relevo suave ondulado a ondulado (< 13%), podendo se estender a declividades até 20%
Pedregosidade	Ausente em toda a espessura

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

Drenagem	Moderadamente drenados devido ao acúmulo de argila nas camadas sub-superficiais, com permeabilidade média, que podem resultar em acúmulo de água
Uso Atual	Agricultura anual (milho, soja, aveia e mandioca), pousio (capoeira) e pastagens, com alguns capões de florestas nativas
Morfologia	caracterizam-se como solos minerais bem desenvolvidos (nitossolos), com horizonte A em média entre 20 e 40 cm
Física	São solos argilosos e muito argilosos, em geral profundos (mais de 1,00 m), de média a alta plasticidade, alta porosidade, baixa permeabilidade e baixa a moderada expansibilidade. A resistência à penetração apresenta-se em geral baixa com o solo úmido e moderada quando excessivamente seco (estiagens prolongadas), coesos, e a permeabilidade, baixa em quase todo o perfil, devido ao elevado teor de argila
Química	Apresentam fertilidade natural alta, teores baixos a médios de matéria orgânica, alta CTC (retenção de nutrientes). As classes latossólicas apresentam uma transição mais lenta quanto aos teores de argila
Geotecnia	Apresenta boa aptidão para implantação de infraestrutura, principalmente em função da condição de relevo, profundidade e alto teor de argila
Grau de degradação	As áreas agricultadas apresentam erosão laminar ligeira observando-se remoção parcial do horizonte A, sobre canais de drenagem observa-se também drenagem.

**Recomendações**

Nesta unidade desenvolvem-se terrenos de boa aptidão para implantação do empreendimento tanto sob o ponto de vista de aproveitamento de material como para a adoção de medidas de controle e recuperação, com o predomínio de solos estáveis,

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

profundos (sem limitações físicas), sem pedregosidade impeditiva para escavações, boa capacidade de carga e moderadamente susceptíveis, localizados sobre declividades abaixo de 20%.

Estes solos podem ser utilizados principalmente para a execução das porções de vedação das enladeiras, zonas de transição e camadas finais de aterro de acessos de serviço e até definitivos. Apresentam condições ótimas de compactação, baixa permeabilidade e boa capacidade de suporte. Preferencialmente, a área a ser explorada deve situar-se a montante do eixo previsto para o barramento. Apresenta também indicação para impermeabilização devido à alta plasticidade.

Quanto ao uso do solo no entorno do reservatório, oferece como limitações mais significativas a permeabilidade baixa (devido aos elevados teores de argila) e a característica textural (aumento dos teores de argila nas camadas inferiores), gerando altos volumes de escoamento superficial e a possibilidade de ocorrência de erosão quando mal manejados. Não existe restrição de uso agrícola, devendo serem tomadas medidas adequadas de manejo e conservação de solo.

Durante o período de construção o volume de escoamento superficial deverá ser ampliado como consequência da movimentação do terreno (desagregação, compactação e exposição de camadas sub-superficiais de solo) e retirada da vegetação, aumentando o potencial erosivo, especialmente sobre as porções de maior declividade e onde houver exposição de camadas superficiais.

O controle dos processos de dinâmica superficial depende essencialmente da contenção e controle das águas de escoamento superficial, possibilitando a estabilização do processo erosivo nas áreas com exploração de culturas anuais. Recomenda-se a construção de terraços de condução com baixo gradiente em função da baixa capacidade de infiltração do solo, seguida pela implantação de sistema de plantio direto na palha com cobertura constante de solo com material vegetal.

A fertilidade natural alta pode facilitar a implantação da cobertura vegetal de proteção e futura recuperação das áreas de preservação no entorno da barragem.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**  
**Classe de Solo Neossolo Litólico (RL)**

Observa-se como principal variação e inclusão a ocorrência de Cambissolos com textura argilosa e fase pedregosa.

Situação e posicionamento	Estão associados predominantemente às classes de declividade superiores a 30%, predominando ao longo das porções mais dissecadas, áreas de arco-drenagem e proto-drenagem (entorno da cabeceira de drenagem)
Litologia	Formação
Relevo local	Meia encosta e terço inferior
Declividade	Ondulada, forte ondulada e montanhosa
Pedregosidade	Ocorrência de fragmentos rochosos e matacões em grau elevado
Uso Atual	Predomina vegetação de campo nativo, observando-se também capões de floresta, faixas de pequena extensão agricultadas e pastagens
Drenagem	Moderadamente drenados, devido a permeabilidade média
Morfologia	Caracterizam-se como solos minerais pouco desenvolvidos, com horizonte A moderado ou fraco, em média entre 20 e 25 cm e horizonte B incipiente ou mesmo ausente
Física	Caracterizam-se pela média a alta plasticidade, alta porosidade, baixa permeabilidade e moderada expansibilidade. A resistência à penetração apresenta-se em geral baixa com o solo úmido e moderada quando excessivamente secos
Química	Apresentam alta fertilidade natural e média concentração de matéria orgânica
Geotecnia	Apresentam limitações e restrições em função da declividade, risco de deslizamento e escorregamentos em cortes e aterros, susceptibilidade a erosão, instabilidade
Grau de degradação	As porções protegidas com pastagens e florestas apresentam-se razoavelmente conservadas, as porções onde avançaram as áreas de lavoura



**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

	observam-se sinais de erosão laminar e sulcos, especialmente nas rampas côncavas e retilíneas
--	---

**Recomendações**

Estas áreas caracterizam-se por solos com maiores restrições a implantação das estruturas do projeto. Estão principalmente localizados na área de construção da barragem, do canal adutor e da casa de força. Este material de solos de transição ricos em saprolíticos brandos e até duros (neossolos) poderão ser empregados em zonas de transição de ensecadeiras e camadas finais de aterros de acessos.

Devido às suas características de pouca profundidade e relevo acentuado são áreas com fortes restrições ao uso agrícola, sendo bastante suscetíveis a erosão e de difícil mecanização. Devem ser utilizadas de maneira pouco intensiva como áreas de preservação, reflorestamento e pastagens. Quando utilizada para agricultura, se recomenda a adoção de práticas mecânicas de controle, como terraços e cordões de pedra. Há a possibilidade de valorização do seu potencial educacional, ambiental e turístico através do replantio de espécies nativas para recuperação e estabilização das cabeceiras de drenagem.

Nas áreas em que forem necessárias a construção de estruturas físicas recomenda-se a implantação de sistemas de drenagem e a retiradas das rochas expostas sobre o solo, evitando a movimentação de massa, escorregamentos e a rolagem encosta abaixo.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**
**5.1.4.4. Aptidão, Restrições Potenciais e Resultados das Análises Laboratoriais das Unidades para Implantação do Empreendimento**

A tabela 5.2. a seguir apresenta as principais características das unidades de mapeamento identificadas e potenciais limitações à instalação do empreendimento.

**Tabela 5.2.** Características dos solos da área e limitações à implantação do empreendimento

Característica	LV	LB	RL
Ambiente	Topo e encosta		Encostas íngremes
Espessura horizonte A	20 – 40 cm		10 – 25 cm
Profundidade (A+B)	70 a > 300 cm		< 70 cm
Textura	Argilosa		
Pedregosidade	Ausente		Rochas e matacos
Declividade	Predominantemente ondulado	Predominantemente suave ondulado	Ondulado e Forte ondulado
Erodibilidade	Média (relevo)	Baixa	Alta (relevo)
Hidromorfismo	Ausente		
Lençol freático	Profundo		
Fase de erosão	Laminar leve sobre as áreas de agricultura, ausente sob a mata		Laminar e em sulcos sobre as áreas de agricultura e pastagem
Grau de degradação	Degradação leve sobre as áreas utilizadas para agricultura		Médio
Fertilidade Natural	Baixa		
Aptidão agrícola	Boa		Baixa (relevo / pedregosidade)
Potencial p/ a PCH	Bom		Médio (relevo e pedregosidade)
Principais restrições	Permeabilidade		Suscetibilidade à erosão; profundidade, relevo irregular; risco de escorregamento em cortes e taludes
Influência sobre a PCH	Baixa		Alta
Influência com a	Baixa	Baixa (decapeamento,	Média

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

implantação da PCH	(decapeamento, risco de erosão, sedimentos)	escavações, risco de erosão, sedimentos)	(decapeamento, escavações, risco de erosão, sedimentos)
--------------------	---	--	---

**5.1.5. Hidrologia**

O comportamento hidrológico do rio Marrecas carece de informações mais detalhadas, pois as poucas disponíveis são fragmentadas e com pesquisas muito restritas em medições fluviométricas na bacia, apesar de já haver duas usinas hidrelétricas em operação instaladas na bacia. Os dados provenientes das estações dos rios da vizinhança igualmente não apresentam a qualidade desejada e em grande parte se encontram perdidas.

Frente a estas dificuldades buscaram-se metodologias adequadas para suprir estas lacunas de informação, baseadas no conhecimento disponível dos rios da região central do Estado do Paraná e embasadas em inferências estatísticas. Os dados coletados são comentados e apresentados no decorrer deste relatório.

Assim foram levantados os aspectos climatológicos da região onde está inserida a bacia, reconstituindo-se a série de vazões médias mensais como embasamento à análise energética da usina e definindo o regime do rio Marrecas neste eixo. O fluviograma mensal é apresentado, bem como, são discutidos os ajustes empregados, coeficientes de correlação obtidos e finalmente a apreciação gráfica dos resultados.

Também foram conduzidas estimativas de vazões máximas e suas probabilidades de ocorrência, para os dimensionamentos hidráulicos de desvio do rio e estruturas vertentes da PCH Confluência. As vazões mínimas ou de estiagem são igualmente importantes na determinação da vazão sanitária, atendendo as exigências ambientais.

As curvas de permanência de vazões também são apresentadas, abordadas através de técnicas de regionalização e exprimem a característica da disponibilidade do recurso hídrico, muito importante na atual fase de projeto.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

O reservatório é tratado com especial atenção no que diz respeito a questão do armazenamento, remanso e sua vida útil. Avaliações sedimentológicas são conduzidas de forma a estimar a vida útil do reservatório.

**Mapa 8:** Base Cartográfica – Área de influência indireta (ANEXO)**5.1.5.1. Considerações Gerais****5.1.5.2. Potamografia e Outros Usos da Água**

O rio Marrecas nasce próximo a cidade de Guarapuava ao norte, na região central do Paraná.

Sua cabeceira faz divisa com a bacia do rio Piquiri e é uma região de altos índices pluviométricos, atuando como zona coletora da bacia. O relevo na cabeceira e o terço médio da bacia configuram-se como ondulado a plano, praticamente um planalto no qual o traçado do rio principal vem recebendo regularmente pequenos afluentes por ambas as margens. O afluente principal é o rio Cachoeira, tributário pela margem esquerda com 383 km<sup>2</sup>.

O rio Marrecas desenvolve-se na direção nordeste, apresentando um comprimento total de 99,5 km e uma área de drenagem de 894 km<sup>2</sup>, sendo considerado um rio de pequeno porte. Ao longo de seu traçado o rio serve de divisa municipal entre Turvo e Prudentópolis.

O rio atravessa uma reserva indígena. Após a reserva, o rio Marrecas uma série de acidentes geográficos, com uma sequência espetacular de saltos caracterizados pelo aproveitamento PCH Boa Vista II - IBEMA, em operação.

O desnível total encontrado, desde sua nascente (ei. 1240,00) até sua foz (ei. 469,30), é de 771 m. Uma série de pequenas corredeiras e alguns saltos são observados na descida da Serra da Esperança, apresentando condições favoráveis a implantação de aproveitamentos hidrelétricos conforme foi verificado em campanha de levantamentos de campo para fins de inventário.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

O rio Cachoeira também apresenta conformações favoráveis para implantação de pequenas usinas. Neste rio há uma pequena central hidrelétrica instalada e em operação, a PCH Januário de Nápoli, servindo as instalações da fábrica de Papel da IBEMA.

O rio Marrecas desenvolve-se em um planalto passando bruscamente para um trecho de alta declividade na descida da Serra da Esperança oferecendo condições propícias ao aproveitamento hidrelétrico.

Após a contribuição do rio Cachoeira, o rio Marrecas adquire maior volume exatamente na seção onde se insere o aproveitamento PCH Confluência, onde o ambiente sofre bruscas mudanças de ordem climática e geológica, com forte influência do vale do rio Ivaí.

Ainda no rio Marrecas, na região de sua foz junto ao rio Ivaí, está prevista a implantação de outra PCH.

Quanto à questão dos usos múltiplos da água, a vocação do rio Marrecas é eminentemente hidráulica, uma vez que seu curso d'água não é utilizado para irrigação ou outros usos consumptivos.

A atividade agrícola e uso do solo na região, devido ao terreno bastante acidentado (Figura 5.6 A), restringem-se a reflorestamentos e culturas de subsistência não havendo nestes segmentos necessidades de irrigação. Ainda o curso d'água não pode ser utilizado para navegação por ser um típico rio serrano.

Outros usos da água, como captação e consumo na descendentação de animais são registrados, porém em escala insignificante comparativamente ao uso hidráulico.

A IBEMA, uma indústria do ramo de papéis, a montante do eixo de referência mantém captação para a PCH Boa Vista II (8,0 MW), recentemente implantada derivando uma vazão de 4,7 m<sup>3</sup>/s. Do canal da PCH deriva-se 150 lis para uma Estação de Tratamento de Água - ETA, a qual atende a vila residencial e as instalações industriais da fábrica de papel (Figura 5.6 B). O rio Marrecas recebe carga orgânica da fábrica no retorno da água derivada para a ETA.

## CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A

**Figura 5.6:** **A** - Conformação do rio Marrecas na região de inserção da PCH Confluência; **B** - Fábrica da IBEMA e estação de tratamento d'água no canto direito da figura. No canto inferior nota-se o canal estendido da PCH Boa Vista II, em operação.



Fonte: Pinto, 2002

### 5.1.5.3. Base de Dados e Estudos Anteriores

Para elaboração dos estudos Hidrológicos, feitos para a elaboração dos Projetos Básicos, procedeu-se extensa pesquisa onde foram colhidas informações de várias fontes e entidades relacionadas a seguir:

- DNAEE — Inventários das estações fluviométricas;
- DNAEE — Inventários das estações pluviométricas;
- ANEEL - Sistema de dados hidrometeorológicos - Hidroweb;
- CEHPAR - Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza (UFPR/COPEL) - Projeto HG77 - Estudos de regionalização de vazões para o Estado do Paraná;
- SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento do Estado do Paraná;
- Relatório Hidrológico de Projeto Básico PCH Boa Vista II - Rio Marrecas — 1995;
- Estudo Hidrológico de Rio Pedrinho — COPEL 1997.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

Em pesquisa aos órgãos SUDERHSA e ANEEL concluiu-se que o rio Marrecas possui apenas um curto histórico de posto fluviométrico disponível, com treze anos de operação entre 1953 e 1970.

Como alternativa para base de dados visando à elaboração desta avaliação hidrológica pode-se empregar dados de postos existentes na vizinhança, estudos de regionalização de vazões, cuja abrangência atual cobre todo o Estado do Paraná, e informações hidrológicas de outros projetos desenvolvidos nos rios vizinhos.

Estudos de regionalização são recomendados quando há pouca disponibilidade de informações no local de interesse.

Após consulta aos postos constantes do boletim fluviométrico do DNAEE, foram selecionados inicialmente seis estações fluviométricas com base em critérios de:

- Proximidade;
- Período disponível;
- Área de drenagem compatível;
- Características físicas — geologia, relevo, declividade, cobertura vegetal;
- Qualidade dos dados.

A Figura 5.7, a seguir, ilustra as possibilidades de estações nas proximidades da bacia. Existe um “código de cores” representativo da qualidade dos dados sendo que os postos em amarelo vivo indicam boa qualidade e dados consistentes.

Os dados em amarelo esmaecido indicam postos menores com qualidade não tão confiável. Os tons verdes representam os períodos de dados que se espera inferir, sendo que os em verde escuro indicam a hipótese básica e os em verde claro as correlações com outros postos. Outras estações vizinhas que poderiam auxiliar nos estudos de complementação, seriam: a estação na ETA da cidade de Pitanga e outra no rio Borboleta com respectivamente 40 km<sup>2</sup> e 110 km<sup>2</sup>. Estas, apesar de constarem no manual de inventário de estações fluviométricas, infelizmente não possuem dados disponíveis, a despeito do que consta na relação de estações. As mesmas são indicadas em vermelho na figura a seguir.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**
**Figura 5.7. Estações fluviométricas selecionadas (Pinto, 2002).**

Disponibilidade de Dados hidrológicos nas proximidades da bacia do rio Marrecas									
Posto selecionado	codigo	rio	área de drenagem	início	fim	período	entidade	lat	long
	DNAEE		km <sup>2</sup>			anos			
Rio dos Patos	64620000	Rio dos Patos	1086	mai-30	-	70	DNAEE	25 12	50 56
<b>Fazenda Boa Vista</b>	<b>64630000</b>	<b>Marrecas</b>	<b>450</b>	<b>mar/57</b>	<b>jul/70</b>	<b>13</b>	<b>SUDERHSA</b>	<b>24 55</b>	<b>51 25</b>
ETA Pitanga	64634000	Ernesto	~40~	set/78	-	23	SANEPAR	24 46	51 47
Pitanga ou Limeira	64635000	Borboleta	111	set/48	1972	24	DNAEE	24 41	51 41
Salto do Onça	64637000	Borboleta	263	ago-62	mai-80	18	SUDERHSA	24 38	51 37
Barra Preta	64638000	Barra Preta	46	jun-56	dez-58	1,5	SUDERHSA	24 34	51 38
Cândido de Abreu	64639000	Ubázinho	305	ago-56	mar-60	4	SUDERHSA	24 33	51 20

As estações estão apresentadas a partir do Sul para o Norte na ordem de ocorrência. Os postos em **vermelho** foram desconsiderados por não haver dados disponíveis. O Posto Fazenda Boa Vista é o local onde deseja-se complementar informações hidrológicas.

**Visualização gráfica dos períodos comuns para estabelecimento das correlações.**

1) Rio dos Patos 64620000  
2) Fazenda Boa Vista 64630000  
3) Salto do Onça 64637000  
4) Barra Preta 64638000  
5) Cândido de Abreu 64635000



A partir das **vazões específicas** dos postos considerados serão geradas as séries do rio Marrecas (tom Verde) no período 1930a 2000, considerando inicialmente a calibragem da correlação entre Marrecas e Borboleta pela proximidade e semelhança das bacias. Os dois postos citados (com características mais homogêneas de declividade, geologia, cobertura vegetal e ocupação do solo), são utilizados para expandir a série inicial em verde escuro para verde normal. Após esta primeira análise busca-se estabelecer uma correlação entre o rio dos Patos e Marrecas, complementando-se este no período de 1930 a 2000.

As equações de correlação encontraram valores de variância relativamente altos.

Para os valores médios entretanto os erros cometidos foram pequenos, isto é, a média calculada e a média observada diferem de no máximo 6%.

A estação Ubázinho não foi empregada tampouco a estação Barra Preta

As estações em **vermelho** foram desconsideradas por não haver disponibilidade de dados.

#### 5.1.5.4. Área de Drenagem e Estudos Anteriores

As áreas de drenagem dos postos e eixos envolvidos neste estudo foram planimetradas através das bases do IBGE.

A metodologia envolveu a digitalização das referidas cartas e sua vetorização – limitadas pelos divisores de águas, até o eixo da barragem projetada para a PCH Confluência - resultando em uma superfície de drenagem de 822 km<sup>2</sup>.

Os estudos hidrológicos anteriores executados para o rio Marrecas foram desenvolvidos no sentido de subsidiar análises de viabilidade, projetos básicos e também fornecer elementos para a determinação energética dos estudos de inventário recém aprovados. Alguns destes estudos foram executados pelo atual projetista, que já vem acompanhando o desenvolvimento do potencial energético do rio há bom tempo.



**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

O primeiro estudo hidrológico efetuado para o rio Marrecas data de 1986, realizado pela COPEL sob Contrato da IBEMA - fábrica de papéis — Engenheiro Álvaro Liberato Massusci.

Após foram efetuados estudos de divisão de quedas do trecho da confluência do rio Marrecas e Cachoeira com vistas a inserção destas potências no catálogo de PCH's da COPEL - Eng. Alberto de Andrade Pinto (COPEL 1994). Os estudos hidrológicos realizados na época se concentraram em técnicas de regionalização de vazões.

Em 1995 em uma participação conjunta da Rischbieter Engenharia e engenheiro Alberto de Andrade Pinto, foi desenvolvido um estudo hidrológico mais aprofundado visando subsidiar o Projeto Básico da PCH Boa Vista II — 5,0 MW sistema isolado - para a IBEMA. O projeto básico foi aprovado, mas o empreendimento não foi implantado por razões alheias. Os estudos hidrológicos se preocuparam em checar a qualidade dos dados existentes e optou-se por empregá-los a despeito do tamanho pequeno da amostra, após uma série de testes de correlação.

No ano de 1997 foi feito um estudo de viabilidade visando o aproveitamento do trecho final do rio Marrecas, após a confluência do rio Cachoeira - engenheiro Alberto de Andrade Pinto (COPEL, 1997). Este estudo determinou duas possibilidades de aproveitamento hidrelétrico no trecho de jusante que foram incorporadas aos volumes do catálogo de PCH's da COPEL.

No ano de 2000 foi executado pela Rischbieter Engenharia o estudo de remotorização e projeto básico da PCH Boa Vista II — 8,0/16 MW para a IBEMA. A base hidrológica deste estudo foi a mesma empregada no estudo de 1995.

Em 2001 foi levado a cabo o projeto executivo de implantação da PCH Boa Vista II, com 8,0 MW instalados e obra civil do circuito hidráulico pronta para 16,0 MW. A usina encontra-se em operação comercial, suprimindo as instalações da Fábrica da IBEMA no sistema isolado. Nesta ocasião estudos hidráulicos foram efetuados, principalmente visando determinar os níveis de alagamento previstos para diversos tempos de recorrência. O acompanhamento estreito da implantação da obra se deu sob supervisão do engenheiro Projetista, o que possibilitou um conhecimento acurado do

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

comportamento dos solos e rochas locais, conhecimentos estes ora aplicados no atual projeto.

Ainda no ano de 2001, foi desenvolvido e entregue para apreciação da Agência Reguladora os estudos de inventário hidrelétrico do rio Marrecas e Afluentes (Mega Construções Elétricas Ltda, julho de 2001. Processo 48500.002008/01-79), realizados conjuntamente pelo mesmo profissional e a Rischbieter Engenharia. Neste, optou-se por empregar o projeto HG77 para determinações das vazões de estiagem e de cheias. Já para os cálculos energéticos foi obtida uma série de vazões médias mensais a partir da estação existente no rio dos Patos, com um longo período de observação e dados consistidos. Naquela ocasião empregaram-se as mesmas séries de vazões médias mensais específicas em l/s/km<sup>2</sup>, corrigindo-se apenas as áreas de drenagem dos eixos de interesse. Como recomendação final do capítulo hidrologia do citado estudo de inventário, é apresentada a sugestão de se buscar uma correlação mais refinada para transferência de informações de vazões entre estações existentes, levando-se em consideração não somente as correções devido ao tamanho da bacia, mas também as próprias diversidades existentes entre os rios envolvidos.

A série de vazões médias mensais será empregada na determinação energética das alternativas estudadas para o local.

Para a determinação das vazões de cheia com vistas ao dimensionamento das estruturas de desvio do rio e vertedouro, serão empregadas técnicas de regionalização de vazões devido a não haver série razoavelmente longa de dados diários disponíveis no rio, necessários a uma análise completa de eventos extremos. O mesmo procedimento será adotado para a análise das vazões mínimas sanitárias a serem liberadas a jusante do empreendimento.

Este procedimento é justificado pelo fato das séries diárias dos rios vizinhos contemplarem poucos anos de observação e a impossibilidade de geração de séries diárias para o rio Marrecas a partir de outros postos com precisão suficiente a uma análise de extremos (eventos máximos e mínimos).

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A****5.1.5.5. Séries de Vazões Médias Mensais**

Para finalidade de análise energética das alternativas do projeto básico buscou-se obter a série de vazões médias mensais no período disponível dos postos envolvidos. A partir da série básica dos postos existentes em rios vizinhos, calculou-se a série do eixo de interesse no rio Marrecas.

É importante destacar que todos os cálculos de correção interpostos, foram feitos considerando-se vazões específicas em  $\text{l/s/km}^2$ .

Em função da pouca disponibilidade de dados para o rio Marrecas, considerou-se que a série de vazão específica do rio Marrecas, no posto fazenda Boa Vista, cujo período de dados disponível, mar/57 a jul/70, pode ser complementado inicialmente por dados disponíveis da estação Salto do Onça no rio Borboleta e posteriormente através dos dados da estação de rio dos Patos, respectivamente, os rios que correm na lateral esquerda e direita da bacia. Para a utilização desses dados foi considerado que:

- As bacias hidrográficas do rio Borboleta e do rio Marrecas estão localizadas em região geologicamente semelhante, além de possuírem parâmetros físicos de declividade do terreno, cobertura vegetal, uso do solo, tipo de solos etc, muito similares;
- A configuração climática comum com pequena variação, devendo as diferenças de pluviosidade em cada bacia serem expressas particularmente pela variação da vazão específica. Neste caso há uma variação nas vazões específicas médias de  $25 \text{ l/s/km}^2$  para  $22 \text{ l/s/km}^2$ ;
- A estação de rio dos Patos, apesar de não estar contida na mesma macroregião do topo da Serra da Esperança, é uma estação de referência no Estado do Paraná, com dados disponíveis desde 1930 e cuja qualidade fica entre as melhores. A COPEL vem empregando sistematicamente esta estação em suas avaliações hidrológicas, pelo motivo da mesma oferecer dados seguros e consistidos. Ainda, esta estação possui área de drenagem de  $1086 \text{ km}^2$ , compatível com a ordem de grandeza da PCH Confluência.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A****5.1.5.6. Curva de Permanência de Vazões**

A curva de permanência relaciona a vazão ou nível de um rio e a probabilidade de ocorrerem vazões maiores ou iguais ao valor da ordenada.

Esta curva pode ser estabelecida com base em valores diários, mensais ou até mesmo anuais.

A curva de permanência de vazões é um instrumento útil na determinação da energia gerada onde se pode estabelecer uma correlação direta entre um determinado valor de vazão ou potência e a sua disponibilidade (quantos dias por ano devem ocorrer valores de vazão/potência iguais ou superiores a um determinado valor).

Uma curva de permanência de vazões pode também apresentar a disponibilidade de potências naturais sem reservação em um determinado local. Para tanto basta multiplicar as ordenadas da curva pelo valor da queda líquida disponível e coeficientes de rendimento. Com a integração da curva de permanência de potências obtém-se a curva de motorização do aproveitamento, demonstrando a energia associada a cada potência instalada.

Na prática é calculada uma série de potências truncadas no patamar de cada potência instalada e calculada sua média, que é o valor da energia média gerada para varias potências instaladas.

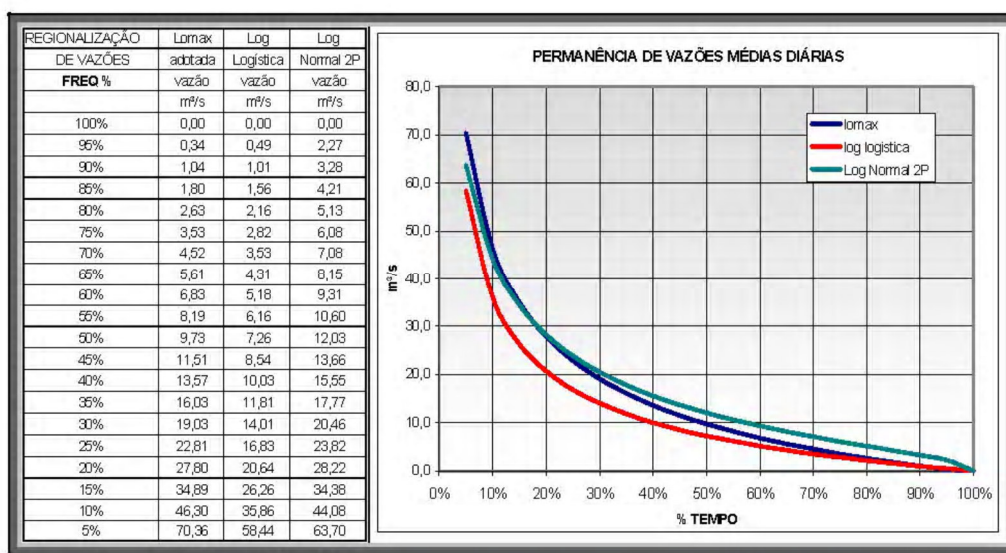
A curva de permanência de vazões médias é obtida pela ordenação decrescente dos valores de vazão, agrupados em classes ou intervalos. Para cada uma destas classes é calculada sua frequência e, conseqüentemente, a frequência acumulada, variando valores de 0 a 100%.

A curva de permanência de vazões também pode ser obtida por métodos estatísticos de ajustes, via técnicas de regionalização de vazões. A Figura 5.8 apresenta as curvas de permanência de vazões médias diárias, mensais e anuais, obtidas a partir da série calculada para o rio Marrecas - eixo PCH Confluência, com 822 km<sup>2</sup> de superfície de drenagem.

## CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A

Os cálculos energéticos, entretanto consideraram diretamente a série de vazões médias mensais.

**Figura 5.8:** Curva de permanência de vazões médias diárias na área da PCH Confluência, com base na drenagem de 822 km<sup>2</sup> (seg. Pinto, 2002).



### 5.1.5.7. Regionalização de Vazões

Técnicas de regionalização de vazões são recomendadas quando não há disponibilidade de dados de vazão na bacia, caso do rio Marrecas.

No estado do Paraná há estudos que remontam a década de 80, desenvolvidos pelo Centro de Hidráulica e Hidrologia Professor Parigot de Souza, centro de pesquisa mantido por convênio entre a COPEL e a Universidade Federal do Paraná — UFPR. O projeto HG52 fornecia mapas de isolinhas de parâmetros regionalizados, onde se obtinham vazões médias específicas, coeficientes dos polinômios dos ajustes, dados de precipitação média, etc, possibilitando alimentar algoritmos que forneciam as distribuições de vazões médias, máximas e mínimas.

A base de dados do projeto HG52 continha um grande número de postos pré-selecionados. As aplicações do projeto HG52 foram bastante amplas principalmente nos estudos de pré-viabilidade das pequenas centrais hidrelétricas.

## CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A

Ao final de 1994 foi desenvolvido o projeto H677, como uma atualização do antigo conceito de regionalização, eliminando a pesquisa manual dos parâmetros dos ajustes e substituindo por uma busca automática.

Houve na ocasião a oportunidade de se incrementar a base de dados com aproximadamente 10 anos adicionais de observação de vazões (em relação ao projeto anterior HGS2), além do fato de englobar duas importantes cheias na região sul 1983 e 1992.

Através da metodologia proposta por Kruger e Kaviski, um programa computacional gerenciando vasta base de dados faz as interpolações e ajustes dada a coordenada do eixo de captação (exutária), a coordenada de um ponto médio inicial da bacia (cabecera) e a área de drenagem. O método apresenta excelentes resultados já confirmados na sua fase de testes e elaboração quando houve a oportunidade de comparar curvas de permanência geradas a partir de regionalização sobre locais dos postos com dados disponíveis e efetuar a comparação dos resultados (PINTO, 1995). Os ajustes mostram-se com bons coeficientes de correlação.

Foi executado um estudo de regionalização de vazões completo para a bacia do rio Marrecas no local da PCH Confluência. Vários tipos de ajuste foram testados e são apresentados ao longo do Projeto Básico.

A Tabela 5.3 a seguir apresenta a relação dos resultados obtidos para a bacia.

**Tabela 5.3** - Regionalização de vazões em pequenas bacias hidrográficas do Paraná.

REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES EM PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO PARANÁ - COPEL				CEHPAR
AVALIAÇÃO PCH CONFLUÊNCIA – RIO MARRECAS				
DADOS GEOMÉTRICOS E DE LOCALIZAÇÃO DA BACIA				
Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	822,00	Parâmetros de Posição da Bacia:	latitude (gg mm)	longitude (gg mm)
Comprimento do talvegue (km)	: 79			
Desnível total do talvegue (m)	: 448	Exutória	: 24 55	51 24
Declividade média da bacia (m/km)	: 5,67	Nascente	: 25 15	51 26

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

Altitude média da bacia (m) : 1022      Centróide : 25 6      51 25

Parâmetro (mm)	jan	fev	mar	abr	mai	jun
Prec. média mensal	113,59	143,60	137,97	125,37	132,37	142,97
Desvio-padrão mensal	102,52	67,95	66,90	63,91	89,79	84,97

Parâmetro (mm)	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
Prec. média mensal	130,46	112,85	156,66	185,09	150,28	169,85	687,47
Desvio-padrão mensal	103,52	67,63	81,79	73,03	78,72	84,10	130,86

Prec. máx. anual de 1 a 5 dias de duração	1	2	3	4	5
Média (mm)	84,20	109,55	126,32	138,27	150,31
Desvio-padrão (mm)	27,17	32,09	35,74	39,66	38,46

**5.1.5.8. Qualidade da Água**

A classificação da Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental — SUDERHSA para a qualidade da água se dá por meio do Índice de Qualidade das Águas (IQA). Esse índice envolve oito parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos totais.

Ambos os rios atingidos pelo empreendimento (Cachoeira e Marrecas) fazem parte da bacia hidrográfica do Rio Ivaí (bacia 06 e sub-bacia 64), sendo que os dados apresentados no Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná são os mesmos para os referidos cursos d'água.

Os valores para o IQA estão situados entre os valores 52 e 79, portanto, a água se apresenta moderadamente comprometida, de qualidade razoável/boa. A divisão dos valores de IQA, segundo a SUDERHSA, são expressos na tabela abaixo:

Classificação	Valores do IQA
Péssimo	0 – 25
Ruim	26 – 50

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

<b>Razoável</b>	<b>51 – 70</b>
<b>Bom</b>	<b>71 – 90</b>
<b>Ótimo</b>	<b>91 - 100</b>

---

**5.1.6. Clima****5.1.6.1. Circulação Atmosférica**

O clima e as condições meteorológicas de uma região são determinados principalmente pelas circulações atmosféricas, que atuam nas diversas escalas em que se insere a região e em menor proporção pelas condições geográficas, geológicas e hidrológicas locais. Essas circulações são decorrentes da distribuição uniforme da radiação líquida sobre a terra, do movimento rotação da terra e da água, do relevo, da evaporação de grandes massas de água, e da evapotranspiração de grandes florestas (PINTO, 2002). Apesar de toda a complexidade da circulação atmosférica, já se tem estabelecidos os fenômenos meteorológicos mais atuantes nas diversas regiões do planeta terra.

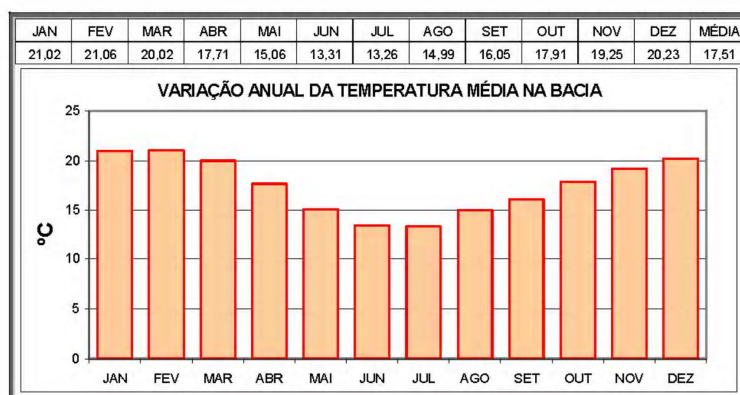
O sul do Brasil, como resultado de sua localização em latitudes médias, está sujeito aos seguintes centros básicos de ação atmosférica: o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, o Anticiclone Migratório Polar, o Centro de Baixa Pressão do Chaco, as Altas Tropicais da Amazônia e o Anticiclone do Pacífico. Este último eventualmente influi, com acúmulo de ar frio, para intensificar a Frente Polar Atlântica, que passa a atuar no clima regional. A circulação atmosférica que influencia a área, freqüentemente perturbada pela passagem de grandes descontinuidades de origem circumpolar em qualquer época do ano, sucedidas por ondas de frio do sistema anticiclônico móvel de origem polar, concorre para bruscas mudanças de tempo, configurando outro traço específico do clima.

As características climatológicas reinantes em toda a região, segundo classificação de Köppen, se enquadram como subtropical mesotérmico, sem estação seca, sendo que a temperatura do mês mais frio é igual 13,2°C. A Figura 5.9 apresenta a distribuição das temperaturas médias na bacia.



**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

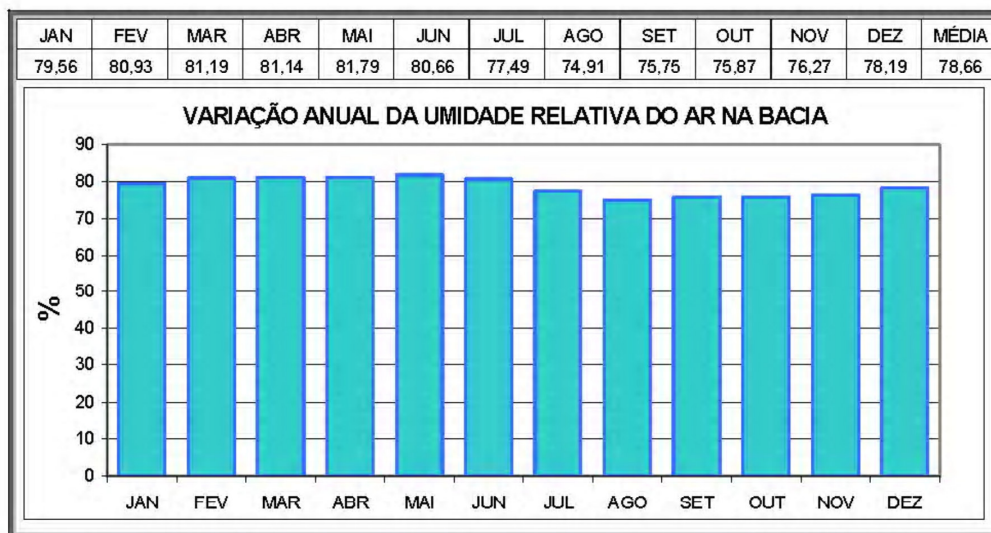
**Figura 5.9:** Distribuição das temperaturas médias mensais na bacia do rio Marrecas, tendo-se por base a área de drenagem de 822 km<sup>2</sup> (Pinto, 2002).



Na região do aproveitamento hidrelétrico PCH Confluência, predominam verões quentes devido à proximidade do vale do rio Ivaí. Já nas cabeceiras o inverno é rigoroso, ocorrendo geadas freqüentes. A temperatura média do mês mais quente, entretanto, ainda é inferior a 22°C.

A temperatura média na bacia é de 17,5 °C, e a umidade relativa do ar gira em torno de 79%, apresentando pequena variação entre estações do ano (Figura 5.10).

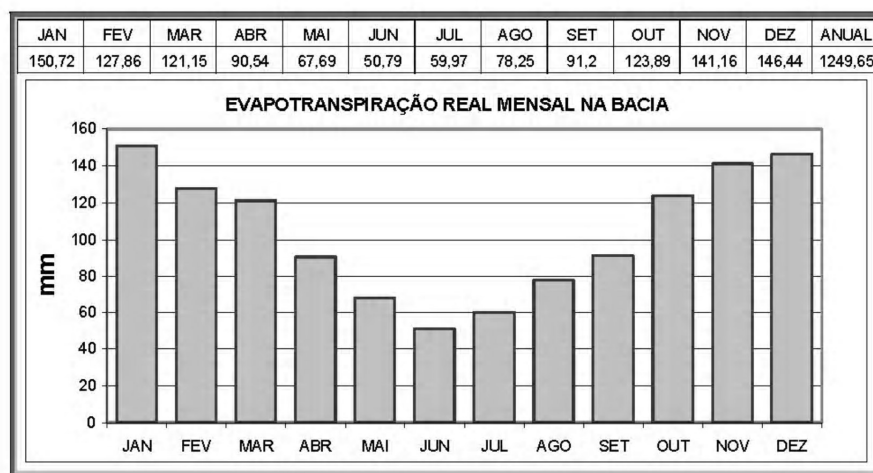
**Figura 5.10:** Distribuição umidade relativa do ar na bacia do rio Marrecas, tendo por base a área de drenagem de 822 km<sup>2</sup> (Pinto, 2002).



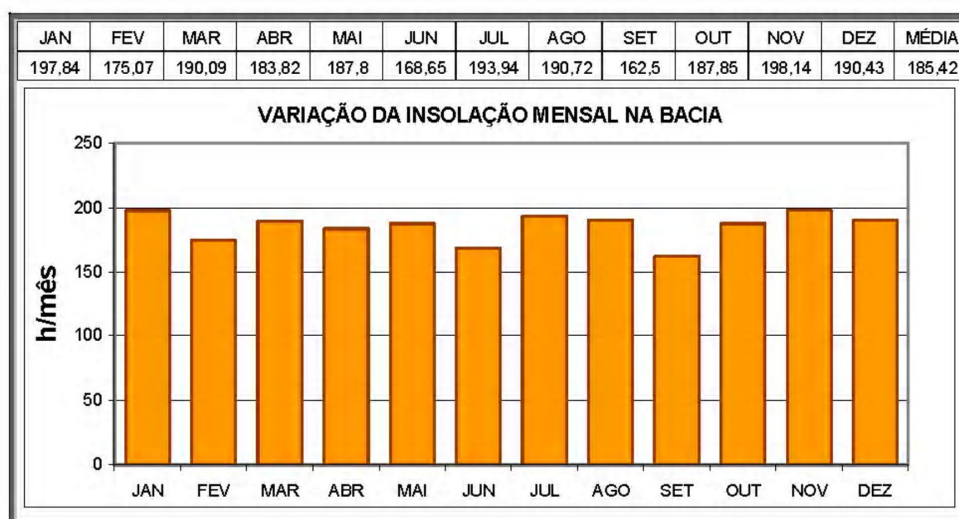
### CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A

A insolação média mensal na bacia de 185 h, o que permite estimar uma evapotranspiração real de 1249 mm (Figuras 5.11 e 5.12).

**Figura 5.11:** Estimativa da evapotranspiração na bacia do rio Marrecas, tendo por base a área de drenagem de 822 km<sup>2</sup> (Pinto, 2002).



**Figura 5.12:** Distribuição da insolação na bacia do rio Marrecas, tendo por base a área de drenagem de 822 km<sup>2</sup> (Pinto, 2002).



Dados coletados na região inferem uma precipitação média na bacia de 1687 mm, sendo que os meses que apresentam médias mensais pluviométricas mais elevadas são outubro, dezembro e janeiro.

**CONFLUÊNCIA ENERGIA S/A**

A Figura 5.13 apresenta a distribuição média das chuvas na região de Turvo. Segundo estudos efetuados pela SUDERHSA a tendência, ao se deslocar da bacia para nordeste, é a diminuição da precipitação média esperada.

**Figura 5.13:** Distribuição das chuvas médias mensais (em mm) na bacia do rio Marrecas, tendo por base a área de drenagem de 822 km<sup>2</sup> (Pinto, 2002).

