

## ANEXO C – ESTUDO DE VIABILIDADE



# **USINA HIDRELÉTRICA PAI QUERÊ**



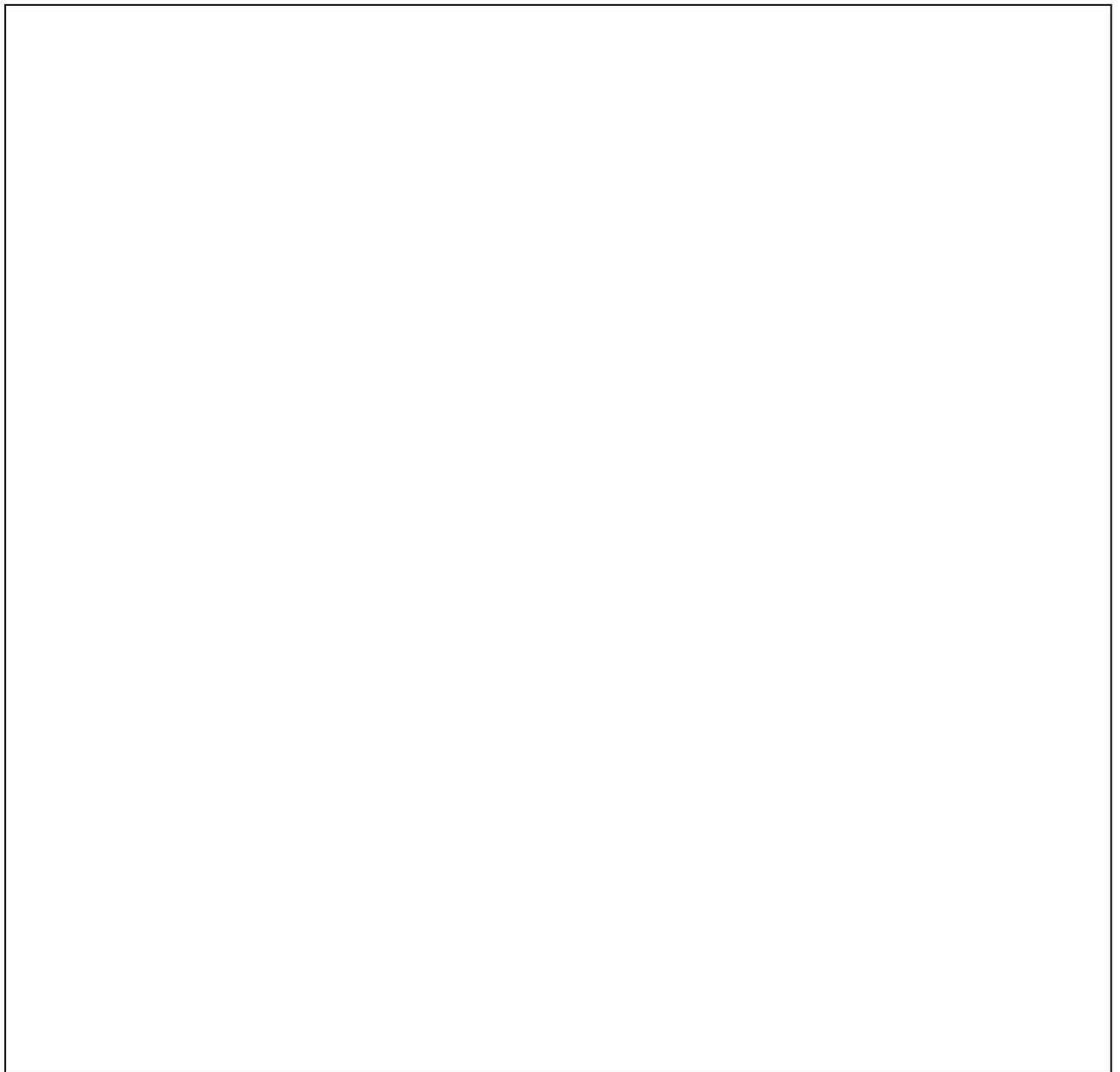
**ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL**

**VOLUME I/II**

**RELATÓRIO FINAL**

**ENGEVIX ENGENHARIA LTDA.**

**MAIO/2001**



A	JUN/2001	Revisados os itens 3.2; 8.2; 8.3; 12.2; 12.12.1; 12.13.1; 12.13.5-c); incluído 12.14; revisados 12.14.1;12.14.4;.	MK/AMF/OT	MK	AMF
REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.

CLIENTE:

**DESENVIX**

**ENGEVIX**

EMPREENHIMENTO:

**UHE PAI QUERÊ**

ÁREA:

**ENERGIA**

TÍTULO:

**ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL – VOLUME I/II – RELATÓRIO FINAL**

ELAB. MK/AMF/OT	VERIF. MK	APROV. AMF	R. TEC.: JAS	CREA NO 21.207-4
CÓDIGO DOS DESCRITORES         --         --		DATA JUN/2001	Folha: 1	de 210
Nº DO DOCUMENTO: <b>8609/US-10-RL-0010</b>				REVISÃO <b>A</b>

---

<b>ÍNDICE</b>	<b>PÁG.</b>
<b>1 - APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 - Objetivos dos Estudos.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 - Localização do Aproveitamento .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 - Acessos.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4 - Justificativas dos Estudos .....</b>	<b>11</b>
<b>2.5 - Organização dos Estudos .....</b>	<b>11</b>
<b>2.6 - Estrutura do Relatório.....</b>	<b>12</b>
<b>2.7 - Documentos de Referência .....</b>	<b>13</b>
<b>3 - SUMÁRIO E CONCLUSÕES.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 - Histórico dos Estudos .....</b>	<b>13</b>
<b>3.2 - CONCLUSÕES.....</b>	<b>14</b>
<b>4 - DADOS EXISTENTES .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1 - Estudos Anteriores - Inventário Hidrelétrico .....</b>	<b>16</b>
<b>4.2 - Topográficos Aerofotogramétricos e Cartográficos .....</b>	<b>16</b>
4.2.1 - Aerofotogramétricos e Cartográficos.....	16
4.2.2 - Levantamentos Cartográficos Existentes .....	16
<b>4.3 - Hidrometeorológicos .....</b>	<b>17</b>
<b>4.4 - Geológicos - Geotécnicos .....</b>	<b>18</b>
<b>5 - ESTUDOS PRELIMINARES .....</b>	<b>18</b>
<b>5.1 - Alternativas de Aproveitamento .....</b>	<b>18</b>
5.1.1 - Estudos de Divisão de Quedas .....	18
5.1.2 - Estudo do Tipo de Barragem.....	18
5.1.3 - Seleção de Eixos Potencialmente Viáveis.....	18
5.1.4 - Avaliação do Posicionamento do Circuito de Geração.....	19
<b>5.2 - Programação dos Estudos de Viabilidade.....</b>	<b>19</b>
<b>6 - LEVANTAMENTOS EXECUTADOS .....</b>	<b>19</b>

---

<b>6.1 - AEROFOTOGRAMÉTRICOS .....</b>	<b>19</b>
<b>6.2 - TOPOBATIMÉTRICOS .....</b>	<b>20</b>
<b>6.3 - HIDROMETEOROLÓGICOS .....</b>	<b>20</b>
6.3.1 - Dados Climáticos e Pluvimétricos .....	20
<b>6.4 - GEOLÓGICO – GEOTÉCNICOS.....</b>	<b>21</b>
<b>6.5 - SÓCIO – AMBIENTAIS.....</b>	<b>21</b>
<b>7 - ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS .....</b>	<b>22</b>
<b>7.1 - Características Gerais da Bacia Hidrográfica.....</b>	<b>22</b>
<b>7.2 - CLIMA.....</b>	<b>22</b>
7.2.1 - Características Climáticas da Bacia .....	22
7.2.2 - Dados Climatológicos Utilizados .....	23
7.2.3 - Temperaturas.....	24
7.2.4 - Precipitação.....	25
7.2.5 - Evapotranspiração.....	27
7.2.6 - Demais Características Climáticas.....	28
<b>7.3 - DEFLÚVIOS NATURAIS .....</b>	<b>29</b>
<b>7.4 - CHEIAS DE PROJETO.....</b>	<b>35</b>
7.4.1 - Estudos de Freqüência de Cheias.....	35
7.4.2 - Enchentes de Projeto do Vertedouro.....	40
7.4.3 - Cheia Máxima Provável.....	40
7.4.4 - Enchente Decamilenar .....	41
<b>7.5 - TRANSPORTE SÓLIDO E ASSOREAMENTO DO RESERVATÓRIO .....</b>	<b>43</b>
<b>7.6 - ESTUDOS DE ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO .....</b>	<b>44</b>
<b>7.7 - ESTUDOS DE REMANSO .....</b>	<b>47</b>
<b>8 - ESTUDOS GEOLÓGICOS - GEOTÉCNICOS.....</b>	<b>56</b>
<b>8.1 - Aspectos Gerais da Bacia Sedimentar e dos Basaltos.....</b>	<b>56</b>
<b>8.2 - Geologia Regional e Estrutural .....</b>	<b>58</b>
<b>8.3 - Estratigrafia .....</b>	<b>62</b>
<b>8.4 - Geomorfologia.....</b>	<b>67</b>
8.4.1 - Geomorfologia do Local do Aproveitamento .....	67

<b>8.5 - Aspectos Geológico - Geotécnicos da UHE Pai Querê.....</b>	<b>71</b>
8.5.1 - Dados Geológico – Geotécnicos Existentes.....	71
8.5.2 - Levantamentos Geológico - Geotécnicos Executados.....	72
8.5.3 - Geologia Local.....	72
8.5.4 - Aspectos Geológico - Geotécnicos Locais.....	74
8.5.5 - Barragem e Ensecadeiras.....	74
8.5.6 - Túneis de Desvio.....	75
8.5.7 - Vertedouro.....	75
8.5.8 - Circuito de Adução/Geração.....	76
8.5.9 - Materiais de construção.....	77
<b>9 - ESTUDOS SÓCIO - AMBIENTAIS.....</b>	<b>78</b>
<b>9.1 - Diagnóstico ambiental das áreas de influência.....</b>	<b>78</b>
9.1.1 - Meio Físico.....	78
9.1.2 - Meio Biótico.....	102
9.1.3 - Meio Antrópico.....	112
<b>9.2 - IMPACTOS AMBIENTAIS.....</b>	<b>119</b>
9.2.1 - Levantamento dos Impactos.....	120
9.2.2 - Classificação dos Impactos.....	122
<b>9.3 - Programas Ambientais.....</b>	<b>122</b>
9.3.1 - Programa de Monitoramento Limnológico, de Qualidade da Água e Sedimentológico.....	122
9.3.2 - Programa de Monitoramento Faunístico.....	123
9.3.3 - Programa de Monitoramento da Ictiofauna.....	123
9.3.4 - Programa de Monitoramento da Produtividade Pesqueira.....	124
9.3.5 - Programa de Monitoramento e Resgate da Fauna.....	124
9.3.6 - Programa de Unidade de Conservação.....	125
9.3.7 - Programa de Monitoramento do Lençol Freático, Proteção das Margens do Reservatório e Recuperação de Áreas Degradadas.....	125
9.3.8 - Programa de Acompanhamento de Atividades Minerárias.....	125
9.3.9 - Programa de Educação Ambiental.....	126
9.3.10 - Programa de Remanejamento e Monitoramento da População Diretamente Atingida.....	127
9.3.11 - Programa de Saúde.....	127
9.3.12 - Programa de Salvamento do Patrimônio Arqueológico Pré - Histórico e Histórico Cultural.....	128
9.3.13 - Programa de Redimensionamento e Relocação da Infra - Estrutura.....	128
<b>10 - ESTUDOS ENERGÉTICOS.....</b>	<b>129</b>
<b>10.1 - Aspectos Gerais.....</b>	<b>129</b>

<b>10.2 - Parâmetros Econômico - Energéticos Adotados no Estudo .....</b>	<b>129</b>
10.2.1 - Parâmetros de Ordem Energética .....	129
10.2.2 - Parâmetros de Ordem Econômica .....	130
<b>10.3 - Escolha das Alternativas de Eixo de Barramento .....</b>	<b>130</b>
<b>10.4 - Determinação do Nível Máximo Operativo – N.A. máx.....</b>	<b>130</b>
<b>10.5 - Estudo de Motorização .....</b>	<b>130</b>
<b>10.6 - Determinação do Nível Mínimo Operativo Para Cada Alternativa de Eixo de Barramento .....</b>	<b>131</b>
10.6.1 - Aspectos Gerais .....	131
10.6.2 - Determinação dos Benefícios Energéticos.....	131
10.6.3 - Custos Associados às Configurações Analisadas.....	133
10.6.4 - Resultados da Análise Econômico - Energética.....	134
<b>10.7 - Dimensionamento das Quedas de Referência.....</b>	<b>136</b>
10.7.1 - Análise Econômico - Energética Para Definição do Eixo .....	136
<b>10.8 - Otimização dos Parâmetros Físico - Operativos Associados à Alternativa Selecionada .....</b>	<b>137</b>
10.8.1 - Definição da Motorização da Usina .....	137
10.8.2 - Definição das Quedas de Referência e de Projeto.....	138
10.8.3 - Definição do Número de Unidades a Instalar .....	138
<b>10.9 - Conclusões .....</b>	<b>139</b>
<b>11 - ESTUDO DE ALTERNATIVAS DO APROVEITAMENTO.....</b>	<b>140</b>
<b>11.1 - Estudo do Tipo de Barragem .....</b>	<b>140</b>
11.1.1 - Considerações Gerais .....	140
11.1.2 - Características Gerais das Alternativas Estudadas.....	140
11.1.3 - Barragem de Enrocamento com Face de Concreto .....	141
11.1.4 - Barragem de Concreto Rolado.....	142
11.1.5 - Cronogramas de Execução .....	145
<b>11.2 - Estudos de Alternativas de Eixo da Barragem .....</b>	<b>146</b>
11.2.1 - Alternativa do Eixo 1.....	146
11.2.2 - Alternativa do Eixo 2.....	146
<b>11.3 - Estudos de Alternativas de Arranjo.....</b>	<b>149</b>
11.3.1 - Arranjo da Alternativa A1.....	150
<b>12 - ESTUDOS FINAIS .....</b>	<b>154</b>

---

<b>12.1 - Integração da Usina ao Sistema .....</b>	<b>154</b>
<b>12.2 - Encargos de Uso do Sistema de Transmissão .....</b>	<b>154</b>
<b>12.3 - Descrição Geral do Arranjo Selecionado .....</b>	<b>155</b>
<b>12.4 - Reservatório .....</b>	<b>156</b>
<b>12.5 - Descarga Sanitária .....</b>	<b>156</b>
12.5.1 - Finalidade .....	156
12.5.2 - Características .....	156
<b>12.6 - Desvio e Controle do Rio e Ensecadeiras .....</b>	<b>157</b>
12.6.1 - Generalidades .....	157
12.6.2 - Estrutura de Emboque.....	157
12.6.3 - Túneis.....	158
12.6.4 - Ensecadeiras Principais .....	159
12.6.5 - Etapas de Desvio do Rio .....	159
12.6.6 - Equipamentos .....	159
<b>12.7 - Barragem de Enrocamento com Face de Concreto .....</b>	<b>160</b>
<b>12.8 - Vertedouro .....</b>	<b>162</b>
12.8.1 - Obras Civis.....	162
12.8.2 - Equipamentos Mecânicos .....	163
<b>12.9 - Circuito de Adução.....</b>	<b>164</b>
12.9.1 - Considerações Gerais .....	164
12.9.2 - Canal de Adução.....	165
<b>12.10 - Tomada de Água.....</b>	<b>165</b>
12.10.1 - Obras civis.....	165
12.10.2 - Equipamentos .....	166
<b>12.11 - Túneis Forçados.....</b>	<b>167</b>
12.11.1 - Obras civis.....	167
12.11.2 - Blindagem .....	168
<b>12.12 - Casa de Força – Obras Civis .....</b>	<b>168</b>
12.12.1 - Características Gerais da estrutura .....	168
12.12.2 - Cotas de Proteção.....	169
12.12.3 - Acesso e Pátios.....	169
12.12.4 - Área de montagem.....	170
12.12.5 - Blocos das unidades .....	170
12.12.6 - Galerias Elétrica e Mecânicas .....	170

<b>12.13 - Casa de Força - Equipamentos Mecânicos</b> .....	<b>171</b>
12.13.1 - Turbinas .....	171
12.13.2 - Pontes Rolantes Principais.....	172
12.13.3 - Pórtico Rolante .....	172
12.13.4 - Comportas Ensecadeira .....	172
12.13.5 - Sistemas Auxiliares Mecânicos .....	173
<b>12.14 - Casa de Força – Equipamentos Elétricos</b> .....	<b>179</b>
12.14.1 - Geradores .....	179
12.14.2 - Barramentos de Fases Isoladas.....	180
12.14.3 - Transformadores Elevadores .....	180
12.14.4 - Serviços Auxiliares Elétricos em Corrente Alternada .....	180
12.14.5 - Serviços Auxiliares Elétricos em Corrente Contínua .....	181
12.14.6 - Comando, Controle, Proteção e Supervisão da Usina .....	182
12.14.7 - Iluminação .....	183
12.14.8 - Sistema de Aterramento e Proteção Contra Descargas Atmosféricas .....	184
12.14.9 - Sistema de Comunicações.....	185
12.14.10 - Sistema de Vias de Cabos .....	185
<b>12.15 - Subestação</b> .....	<b>185</b>
12.15.1 - Características gerais.....	185
12.15.2 - Localização .....	185
12.15.3 - Arranjo e Esquema de Manobra.....	186
<b>12.16 - Linha de Transmissão</b> .....	<b>186</b>
12.16.1 - Descrição .....	186
12.16.2 - Esquema de Proteção dos Circuitos Pai Querê – Caxias 5.....	186
<b>12.17 - Construções Especiais</b> .....	<b>187</b>
<b>12.18 - Obras de Infra - Estrutura</b> .....	<b>187</b>
12.18.1 - Energia Elétrica e Iluminação .....	187
12.18.2 - Água Industrial, Tratada e Potável .....	187
12.18.3 - Proteção Contra Incêndio.....	188
12.18.4 - Esgotos Sanitários.....	188
12.18.5 - Drenagem de Águas Pluviais .....	188
12.18.6 - Acesso à Obra e Plano Viário .....	188
12.18.7 - Canteiro de Obras .....	188
12.18.8 - Bota - Foras.....	189
12.18.9 - Estimativa de Mão de Obra .....	189
<b>12.19 - Orçamento Padrão Eletrobrás</b> .....	<b>190</b>

<b>12.20 - Cronograma de Construção .....</b>	<b>195</b>
12.20.1 - Introdução .....	195
12.20.2 - Serviços Preliminares.....	195
12.20.3 - Desvio do Rio e Obras do Barramento.....	195
12.20.4 - Vertedouro.....	197
12.20.5 - Circuito de Geração.....	197
<b>12.21 - Índices de Mérito .....</b>	<b>198</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>200</b>
<b>ANEXO I - FICHA RESUMO DO EMPREENDIMENTO</b>	
<b>ANEXO II - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	
<b>ANEXO III - PARTICIPANTES DO GRUPO DE TRABALHO</b>	

## **1 - APRESENTAÇÃO**

Este relatório apresenta as atividades desenvolvidas relativas aos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental da Usina Hidrelétrica Pai Querê e consubstancia os resultados dos levantamentos, investigações de campo, estudos e trabalhos técnicos de engenharia desenvolvidos.

O objetivo final deste relatório é apresentar a ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica os estudos de engenharia relativos a esta usina, bem como seus custos de implantação e benefícios auferidos, para ser licitada a concessão para exploração do seu potencial energético.

Com a finalidade de fornecer os elementos necessários ao futuro desenvolvimento do Projeto Básico deste Aproveitamento são apresentados neste memorial:

- as informações relativas aos dados básicos de topografia, geologia, hidrologia, climatologia do local do aproveitamento levantados.
- a descrição das características das diversas estruturas, equipamentos e sistemas componentes, conforme concebidos.

A usina concebida com 290 MW de potência instalada, será localizada no rio Pelotas, imediatamente a montante do reservatório do Aproveitamento de Barra Grande e a jusante do Aproveitamento de Passo da Cadeia.

## **2 - INTRODUÇÃO**

### **2.1 - Objetivos dos Estudos**

Os Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Sócio - Ambientais da Usina Hidrelétrica Pai Querê, a ser implantada no rio Pelotas, divisa dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, objetivaram a definição das características básicas do empreendimento, tais como o nível de água normal do reservatório, posição do eixo do barramento, queda aproveitável, potência instalada, número de unidades geradoras, entre outras, que propiciam o aproveitamento de energia elétrica mais econômico e ambientalmente menos impactante do recurso hídrico disponível.

Assim, além de permitir a otimização do projeto, os estudos realizados forneceram subsídios aos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e à preparação do Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente (RIMA), objetos de relatórios específicos.

No sentido inverso, os estudos e levantamentos realizados para diagnóstico de impactos ambientais, foram levados em conta na formulação de alternativas de eixo e de arranjo de modo a obter soluções de menor impacto ambiental.

O objetivo final dos estudos, é a definição e apresentação do aproveitamento do potencial hidrelétrico neste local do rio Pelotas à Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL,

para que a mesma possa realizar a licitação da concessão deste aproveitamento hidrelétrico, conforme a legislação atualmente em vigor.

## **2.2 - Localização do Aproveitamento**

A Usina Hidrelétrica de Pai Querê deverá ser implantada no rio Pelotas, entre os municípios de Lages no Estado de Santa Catarina e de Bom Jesus no Estado Rio Grande do Sul.

O eixo da barragem ficará localizada cerca de 10 km a montante da foz do rio Pelotinhas, um dos afluentes pela margem direita, e poderá ser identificado através das coordenadas geográficas com latitude sul 28<sup>o</sup> 19' 40" e longitude oeste 50<sup>o</sup> 39' 30".

O local de implantação do Aproveitamento dista cerca de 335 km de Florianópolis e 260 km de Porto Alegre.

## **2.3 - Acessos**

Os principais acessos rodoviários ao local deste Aproveitamento podem ser identificados no Des. N<sup>o</sup>. 8609/US –10 - A1 - 0001.

A rede viária de estradas pavimentadas, federais e estaduais, interligando os mais importantes portos marítimos e os principais centros fornecedores da região sul e sudeste com as cidades de Vacaria - RS e Lages - SC assegura de forma plenamente satisfatória, o transporte até o local das obras de todo e qualquer equipamento necessário à implantação do empreendimento, inclusive de equipamentos pesados, independentemente da sua procedência.

O acesso rodoviário principal ao local do barramento se faz a partir da cidade de Vacaria, no estado do Rio Grande do Sul.

O acesso pela margem esquerda, faz - se saindo da cidade de Vacaria, e percorrendo capitais mais próximas mencionamos:

Florianópolis - Lages .....	225 km
Itajaí - Lages.....	289 km
Lages - Vacaria .....	118 km
Porto Alegre – Vacaria .....	225 km
Paranaguá - Curitiba .....	90 km
Curitiba – Lages .....	362 km
Vacaria – UHE Pai Querê.....	35 km
Lages – UHE Pai Querê .....	110 km

Quanto ao acesso aéreo, a cidade de Lages, localizada cerca de 110 km do local de implantação das obras, dispõe de aeroporto de uso comercial mais próximo. Este aeroporto está homologado para operar com aeronaves de médio porte, apresenta pista asfaltada de ( 30 x 1500) m e é operada com rádio – farol. Atualmente, existe implantada uma linha comercial da Rio Sul – Serviços Aéreos Regionais S.A., a partir de Florianópolis.

O acesso marítimo pode ser feito através dos portos de Paranaguá no Estado do Paraná, de São Francisco do Sul ou de Itajaí no Estado de Santa Catarina, com distâncias entre 380 km e 570 km do local de implantação das obras.

## **2.4 - Justificativas dos Estudos**

De acordo com a Lei nº 9.648 de 27/05/98, os aproveitamentos hidroenergéticos com potência instalada acima de 30 MW deverão ter as suas concessões definidas pela ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, mediante processo de licitação, com base nos Estudos de Viabilidade aprovados e os Estudos de Impactos e Relatórios de Impacto Ambientais, EIA - RIMA, aprovados pelos órgãos ambientais envolvidos.

## **2.5 - Organização dos Estudos**

Os estudos do presente relatório foram organizados e realizados conforme descrito a seguir.

Os estudos ambientais foram realizados concomitantemente com os estudos técnicos de engenharia, e objetivaram a elaboração do EIA ( Estudos de Impacto Ambiental) e do RIMA ( Relatório de Impacto Ambiental) . Para o desenvolvimento destes estudos foi estruturada uma equipe multidisciplinar e independente. Foram realizados levantamentos de campo, cobrindo os meios físico, biótico e sócio – econômico, objetivando o preparo do diagnóstico ambiental das áreas diretamente afetadas e de influência indireta.

Com a implementação do empreendimento e de seus efeitos sobre o meio ambiente previamente diagnosticados, foram elaborados os programas ambientais destinados a mitigá - los.

Com na base na localização do barramento e do nível de água máximo normal do reservatório definido nos estudos anteriores, foram elaborados os programas de levantamentos aerofotogramétricos e topobatimétricos de campo.

Para a realização dos estudos de engenharia foram analisados o tipo de barramento e eixos alternativos de sua localização. Definido o eixo, foram estudados os arranjos das estruturas.

Com a definição preliminar do arranjo, foram preparados os programas de investigações geológicas e geotécnicas de campo e seguidas de sua implementação no campo.

A partir dos resultados das campanhas de sondagem efetivadas foram realizados estudos geológicos voltados às necessidades de informações técnicas de engenharia de subsolo para a implantação das obras.

Com base nestes levantamentos nas investigações foram realizados os estudos de arranjo final das estruturas.

Paralelamente a estes estudos de arranjo, foram realizados os estudos energéticos, visando a determinação da potência a instalar, a energia disponível e avaliação de sua viabilidade técnica econômica. Toda esta avaliação foi realizado conforme os critérios preconizados pelo setor elétrico brasileiro.

Finalmente foi detalhado o arranjo recomendado para as estruturas da obra e preparado o orçamento geral do empreendimento, considerando os custos ambientais, do reservatório, de infra- estrutura, de obras civis, de equipamentos eletromecânicos. Além disso, foram avaliados os benefícios energéticos associados, elaborados o cronograma de implantação das obras e o cronograma físico – financeiro do empreendimento.

## **2.6 - Estrutura do Relatório**

O presente relatório encontra-se apresentado em dois volumes. O volume I contém toda a parte relativa a texto, figuras, quadros e anexos e o volume II contém os desenhos dos estudos de engenharia. O Relatório encontra-se estruturado com a seguinte itemização:

Volume I - Relatório Final

1. Apresentação;
2. Introdução;
3. Sumário e Conclusões;
4. Dados Existentes;
5. Estudos Preliminares;
6. Levantamentos Executados;
7. Estudos Hidrometeorológicos;
8. Estudos Geológico - Geotécnicos;
9. Estudos Sócio - Ambientais;
10. Estudos Energéticos;
11. Estudos de Alternativas do Aproveitamento;
12. Estudos Finais

13. Anexos

14. Volume II - Desenhos

## **2.7 - Documentos de Referência**

São os seguintes os documentos de referência utilizados no Estudo de Viabilidade da UHE Pai Querê:

ENERSUL – Canambra Engineering Consultants Limited, entre 1966 e 1969, abrangendo os três estados da região Sul: Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul;

ELETROSUL- CNEC – Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores S.A., Estudo de Inventário Hidroenergético da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, em outubro de 1979;

ELETROSUL- THEMAG – Estudo de Viabilidade da UHE Barra Grande, que reestudou a divisão de quedas entre o reservatório de Machadinho e Pai Querê.

## **3 - SUMÁRIO E CONCLUSÕES**

### **3.1 - Histórico dos Estudos**

O potencial hidroenergético dos rios da bacia do rio Uruguai foi analisado pela primeira vez, no período de 1966 a 1969, pelo Comitê de Estudos Energéticos da Região Sul – ENERSUL, com a participação da CANAMBRA Engineering Consultants Limited. Neste estudo, o esquema de divisão de quedas do rio Pelotas previa a implantação dos Aproveitamentos de Machadinho, Barracão, Socorro, Santa Vitória e Passo da Cadeia, com o nível de água máximo normal dos seus reservatórios nas elevações 425,00 m, 450,00 m, 650,00 m, 794,00 m e 910,00 m, respectivamente.

Em 1977, a ELETROSUL em função das necessidades de mercado e das características do sistema de energia elétrica existente e planejado, elaborou a revisão dos estudos de inventário do potencial hidroenergético do trecho nacional da bacia do rio Uruguai. Neste estudo, para o rio Pelotas, foi proposto um esquema no qual o nível de água máximo normal do reservatório de Machadinho foi estabelecido na elevação 480,00 m. Assim, neste estudo, no rio Pelotas, previa a implantação dos Aproveitamentos de Machadinho, Barra Grande, Pa i Querê e Passo da Cadeia, com os níveis de água máximo normal do reservatório nas elevações 480,00 m, 647,00 m, 797,00 m e 910,00 m, respectivamente.

Com base nestes estudos, estabeleceu – se que os Aproveitamentos de Machadinho e Itá seriam os primeiros a serem estudados com maior profundidade. Na presente data, o Aproveitamento de Itá encontra - se em operação, enquanto que o de Machadinho encontra - se em implantação e o de Barra Grande licitado e em início de implantação.

No que se refere a este Aproveitamento de Pai Querê, o presente estudo é o primeiro a ser realizado desde a conclusão da Revisão dos Estudos de Inventário em 1979.

O Des. N.º 8609/US - 10 - A1 - 0005, mostra os Aproveitamentos do rio Pelotas, em operação, em construção, em estudos de viabilidade e a nível de inventário, com a divisão de quedas.

### **3.2 - CONCLUSÕES**

O resultado dos estudos de engenharia, levantamentos e investigações de campo, conduziu ao Aproveitamento da Usina Hidrelétrica Pai Querê, com as características que constam no presente relatório denominado “Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental da Usina Hidrelétrica Pai Querê”.

Os estudos partiram do esquema de divisão de quedas proposta nos Estudos de Revisão de Inventário proposto pela Eletrosul / CNEC em 1979.

Foram realizados levantamentos topobatimétricos, levantamentos aerofotogramétricos da área do reservatório assim como dos prováveis locais de eixos alternativos da barragem.

Foram realizadas medições de vazões na região do Aproveitamento e determinação de níveis de água simultâneos no trecho do rio Pelotas, imediatamente a jusante dos eixos alternativos analisados para a UHE Pai Querê. Estes levantamentos tiveram a finalidade de realização dos estudos de remanso para a determinação das curvas de descarga e verificação da variação dos níveis de água ao longo destes eixos alternativos.

Os estudos dos eixos de barramento se concentraram nos locais mais favoráveis topográficamente para a implantação das estruturas e levaram em consideração os níveis de água do reservatório da Usina Hidrelétrica Barra Grande.

Para definição do tipo de barragem foram comparadas a barragem de enrocamento com face de concreto e a barragem de concreto rolado

Simultaneamente a definição do eixo da barragem, foram analisadas deplecionamento do reservatório de 5, 10, 15, 20, 30, 35, 40 e 50 m.

Para a determinação da potência a instalar na usina, foram determinados os custos referentes a motorização da usina de 260, 270, 280, 290, 300, 310, 320, 330, 340 e 350 MW e avaliados os benefícios econômicos de cada uma destas motorizações. Na avaliação dos custos de cada motorização, foram levadas em conta basicamente as estruturas do circuito hidráulico de geração, uma vez que os custos das demais estruturas não sofrem variações com a motorização.

Os estudos de engenharia definiram um arranjo com barragem em EFC, com vertedouro e adufas de desvio localizados na margem direita, e circuito de geração composto de canal de adução, tomada de água do tipo gravidade aliviada, 3 túneis forçados e casa de força abrigada com 3 unidades geradoras, perfazendo uma potência total instalada de 290 MW com energia firme correspondente a 171 MW médios no local do Aproveitamento mais 43 MW médios de incremental na cascata a jusante, totalizando 214 MW médios de energia firme da UHE Pai Querê.

O Índice Custo Benefício ( ICB), que corresponde à relação entre os custos associados ao empreendimento e o benefício decorrente da valorização da energia firme, resultou em R\$ 39,84 /MWh, considerando uma taxa de juros de 12 % ao ano, vida útil econômica de 30 anos. O custo médio de geração, considerando uma taxa interna de retorno (TIR) de 15 %, taxa de juros sobre empréstimo de 12 % e “equity” de 30%, além da incidência de impostos e taxas, resultou em R\$ 62,24 /MWh.

Do ponto de vista ambiental, este Aproveitamento de Pai Querê se mostra bastante favorável, devido ao fato do seu reservatório ocupar o vale do rio Pelotas bastante encaixado e a ocupação populacional desta área apresentar – se relativamente baixa.

A seguir são descritas as conclusões e impactos mais importantes:

- A maioria dos impactos ambientais podem ser plenamente mitigados com a adoção de medidas adequadas, a serem detalhadas nas fases posteriores de projeto.
- Os levantamentos sócio – econômicos identificaram 235 propriedades e um total de 173 famílias, na área rural do futuro reservatório. O reservatório não atingirá nenhum núcleo urbano.
- reservatório inundará uma área de 61,26 km<sup>2</sup> de terras. A área a ser adquirida ainda deverá ser a relativa ao canteiro de obras estimada em 2,50 km<sup>2</sup> e a área para a faixa ciliar de preservação do reservatório estimada em 18,74 km<sup>2</sup>
- empreendimento afetará uma área do sítio arqueológico histórico tombada por decreto municipal , localizada na confluência do rio dos Touros com o rio Pelotas, na localidade de Passo de Santa Vitória, também no município de Bom Jesus . O empreendimento não afeta área de reserva indígena.
- reservatório inundará área de pouco potencial agrícola.
- A implementação de uma faixa de proteção com vegetação ciliar protegendo as margens do reservatório, reduzirá a probabilidade de deslizamento das encostas no futuro reservatório.
- A probabilidade de atividades sísmicas resultantes da implementação do reservatório é extremamente remota.
- Haverá alteração na estrutura da fauna aquática e na qualidade de água e comprometimento das rotas migratórias, que deverão ser mitigadas com a adoção de programas de monitoramento limnológico, da ictiofauna, da qualidade de água e com a seleção e implantação de uma unidade de conservação.

Para as comunidades envolvidas, este empreendimento poderá trazer desenvolvimento de uma região mais pobre de ambos os estados, com a construção de sistema viário de interligação dos diversas localidades.

Face ao exposto, o aproveitamento, conforme proposto neste estudo, mostrou-se plenamente viável como fonte de geração de energia elétrica, dos pontos de vista técnico, econômico e ambiental.

## **4 - DADOS EXISTENTES**

### **4.1 - Estudos Anteriores - Inventário Hidrelétrico**

Como estudos anteriores citamos:

- Estudos de Inventário Energéticos da Região Sul realizado pela ENERSUL - Comitê de Estudos Energéticos da Região Sul, entre os anos de 1966 e 1969, sob a supervisão técnica da empresa Canambra Engineering Consultants Limited, abrangendo os três estados da região sul do Brasil, quais sejam : Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.
- Revisão dos Estudos de Inventário Hidroenergético da Bacia do Rio Uruguai - elaborado pela ELETROSUL / CNEC em 1979.

### **4.2 - Topográficos Aerofotogramétricos e Cartográficos**

#### **4.2.1 - Aerofotogramétricos e Cartográficos**

Como dados topográficos e aerofotogramétricos existentes dos estudos anteriores citamos:

- Mapas de restituição aerofotogramétrica elaboradas pelo Levantamentos Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul, para a ELETROSUL, do local do Aproveitamento e da área do reservatório na escala 1:20.000, com curvas de níveis a cada 20 m, a partir de fotos aéreas na escala 1:60.000.
- Cobertura aerofotográfica na escala 1 : 20 000 e na escala 1 : 45 000 ( infravermelho colorido), abrangendo uma área de 96 000 km<sup>2</sup> , executada entre junho de 1977 e junho de 1979.
- Referências de níveis do nivelamento geométrico de 1<sup>a</sup> ordem do levantamento realizado pelo IBGE em 1978 e do nivelamento geométrico de 3<sup>a</sup> ordem do levantamento realizado pela COPAVEL também em 1978.

#### **4.2.2 - Levantamentos Cartográficos Existentes**

Cartas geográficas nas escalas 1:100.000 e 1:50.000 da área da bacia hidrográfica e do reservatório, publicadas pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército - DSG., publicadas em 1979. As folhas disponíveis e utilizadas foram VACARIA - N, SÃO PEDRO, CAPÃO ALTO, COXILHA RICA, na escala 1: 50 000

### 4.3 - Hidrometeorológicos

Para a realização dos estudos climáticos da bacia do rio Pelotas abrangida pelo Aproveitamento de Pai Querê foram utilizados os dados das estações climatológicas e pluviométricas, que constam nos Quadros 4.1 e 4.2 a seguir.

**QUADRO 4.1  
ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS UTILIZADAS**

<b>Código do DNAEE</b>	<b>Estação</b>	<b>Período Disponível</b>	<b>Elementos utilizados</b>
02750005	Lages	1955 – 1992	T; UR; INS; V
02849003	São Joaquim	1942 – 1988	T; UR; INS
02850001	Bom Jesus	1948 - 1989	T; UR; INS
02850011	Vacaria	1914 - 1986	T; UR; INS; V

ABREVIATURAS: T - Temperatura; UR - Umidade Relativa; INS - Insolação; V - Vento

**QUADRO 4.2  
ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS**

<b>Código do DNAEE</b>	<b>Estação</b>	<b>Período Disponível</b>
02750007	Painel	1958 - 1998
02751001	Anita Garibaldi	1964 - 1998
02751009	Videira	1941 - 1986
02849009	Bom Jardim da Serra	1977 - 1998
02849015	Urubici	1943 - 1998
02849023	Despraiado	1972 - 1998
02850002	São José dos Ausentes	1961 - 1998
02850003	Coxilha Grande	1952 - 1981
02850004	Coxilha Rica	1958 - 1998
02850006	Invernada Velha	1964 - 1985
02850008	Passo do Socorro	1943 - 1998
02850015	Escurinho	1978 - 1998
02851043	Esmeralda	1978 – 1998

ABREVIATURAS: T - Temperatura; UR - Umidade Relativa; INS - Insolação; V – Vento

Para a caracterização fluviométrica do rio Pelotas, no local do Aproveitamento de Pai Querê, foram utilizados os dados observados na estação fluviométrica de Invernada Velha e Passo do Socorro, que estão relacionadas no Quadro 4.3 a seguir.

**QUADRO 4.3**  
**ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS**

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOME DO POSTO</b>	<b>RIO</b>	<b>ENTIDADE</b>	<b>ÁREA DE DRENAGEM ( Km<sup>2</sup>)</b>	<b>PERÍODO</b>
70200000	Invernada Velha	Pelotas	ANEEL	2.850	1931 a 1998
70700000	Passo Socorro	Pelotas	ANEEL	8.440	1931 a 1998

#### **4.4 - Geológicos - Geotécnicos**

As informações geológico – geotécnicas básicas disponíveis no início do presente estudo foram as do acervo da “ Revisão de Inventário da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai “, em escala regional, elaborada pela Eletrosul , na década de 70.

Naquele estudo, foi elaborado um Mapa Geológico Regional da referida bacia, com base na interpretação de imagens de satélite, radar e fotografias aéreas, bem como por meio de sobrevôos e caminhamentos na área. Além disso, foi obtida uma caracterização expedita dos locais inventariados, através de execução de poços de inspeção, sondagens a trado e prospecções geofísicas.

### **5 - ESTUDOS PRELIMINARES**

#### **5.1 - Alternativas de Aproveitamento**

##### **5.1.1 - Estudos de Divisão de Quedas**

No presente estudo, não foram realizados Estudos de Divisão de Quedas, já que pelas características topomorfológicas e hidrológicas deste trecho do rio Pelotas, os estudos anteriores já demonstraram que não há vantagem em dividir ainda mais a queda disponível neste trecho do rio.

##### **5.1.2 - Estudo do Tipo de Barragem**

No estudo do tipo de barragem foram consideradas apenas a barragem de enrocamento com face de concreto e a barragem de concreto rolado, com base na experiência acumulada em outros estudos e projetos já realizados para a bacia do rio Uruguai

##### **5.1.3 - Seleção de Eixos Potencialmente Viáveis**

Para seleção de eixos potencialmente viáveis, foram levados em conta apenas os arranjos e os seus benefícios energéticos, já que sob ponto de vista ambiental as diferenças foram consideradas insignificantes. Isto se deve ao fato da distância entre os

dois eixos analisados ser de cerca de 1,90 km e entre estes locais o rio Pelotas não receber contribuição de afluentes.

#### 5.1.4 - Avaliação do Posicionamento do Circuito de Geração

Simultaneamente a definição do eixo e do arranjo, realizou-se também a análise do posicionamento do circuito hidráulico de geração de maneira a obter o máximo de benefício energético sem grandes acréscimos no investimento.

### 5.2 - Programação dos Estudos de Viabilidade

Com base na definição dos eixos potencialmente viáveis e do posicionamento do circuito de geração, foi possível programar os levantamentos de campo necessários ao desenvolvimento dos estudos de viabilidade.

Assim, foram definidos os levantamentos aerofotogramétricos na região do reservatório e do sítio do Aproveitamento e os levantamentos topobatimétricos na região do barramento, englobando os dois eixos considerados, e do canal de fuga.

Foram, ainda, programadas as investigações geológico - geotécnicas, com execução de sondagens rotativas na região do barramento, túneis adutores, tomada de água, condutos forçados e casa de força.

Os levantamentos realizados estão descrito no capítulo a seguir.

## 6 - LEVANTAMENTOS EXECUTADOS

### 6.1 - AEROFOTOGRAMÉTRICOS

Os levantamentos aerofotogramétricos realizados compreenderam :

- cobertura aerofotográfica na escala 1 : 30.000, abrangendo uma área de 350 km<sup>2</sup>, executada pela AEROMAPA S/A;
- apoio terrestre básico e suplementar, amarrado á rede de triangulação e de nivelamento de primeira ordem do IBGE;
- restituição aerofotogramétrica digital, na escala 1 : 10.000, abrangendo uma área de cerca de 81,30 km<sup>2</sup>, com curvas de níveis eqüidistantes de 10 metros;
- cobertura aerofotográfica na escala 1 : 10.000, abrangendo uma área de 30 km<sup>2</sup>, executada pela AEROMAPA S /A;
- restituição aerofotogramétrica digital, na escala 1 : 2.000, abrangendo uma área de cerca de 10 km<sup>2</sup>, com curvas de níveis eqüidistantes de 1 metro;
- levantamento cadastral dos limites de propriedades.

## 6.2 - TOPOBATIMÉTRICOS

- levantamento de 15 seções topobatimétricas ao longo do rio Pelotas, na área de implantação da barragem;
- implantação de dez marcos planialtimétricos na área de implantação da barragem e a jusante.

## 6.3 - HIDROMETEOROLÓGICOS

Para a realização dos estudos hidrológicos, assim como os estudos de remanso, foram realizados os seguintes levantamentos e coleta de dados das estações climatológicas, pluviométricas e fluviométricas da área de influência do Aproveitamento de Pai Querê.

### 6.3.1 - Dados Climáticos e Pluviométricos

Os dados climáticos foram obtidas através das seguintes estações climatológicas

**QUADRO 6.1  
ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS**

<b>Código do DNAEE</b>	<b>Estação</b>	<b>Período Disponível</b>	<b>Elementos utilizados</b>
02750005	Lages	1955 - 1992	T; UR; INS; V
02849003	São Joaquim	1942 - 1988	T; UR; INS
02850001	Bom Jesus	1948 - 1989	T; UR; INS
02850011	Vacaria	1914 - 1986	T; UR; INS; V

ABREVIATURAS: T - Temperatura; UR - Umidade Relativa; INS - Insolação;  
V - Vento

**QUADRO 6.2  
ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS**

<b>Código do DNAEE</b>	<b>Estação</b>	<b>Período Disponível</b>
02750007	Painel	1958 – 1998
02751001	Anita Garibaldi	1964 – 1998
02751009	Videira	1941 – 1986
02849009	Bom Jardim da Serra	1977 – 1998
02849015	Urubici	1943 – 1998
02849023	Despraiado	1972 – 1998
02850002	São José dos Ausentes	1961 – 1998
02850003	Coxilha Grande	1952 – 1981
02850004	Coxilha Rica	1958 – 1998
02850006	Invernada Velha	1964 – 1985
02850008	Passo do Socorro	1943 – 1998
02850015	Escurinho	1978 – 1998
02851043	Esmeralda	1978 – 1998

**QUADRO 6.3**  
**ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS**

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOME DO POSTO</b>	<b>RIO</b>	<b>ENTIDADE</b>	<b>ÁREA DE DRENAGEM ( Km<sup>2</sup>)</b>	<b>PERÍODO</b>
70200000	Invernada Velha	Pelotas	ANEEL	2.850	1931 a 1998
70700000	Passo Socorro	Pelotas	ANEEL	8.440	1931 a 1998

#### **6.4 - GEOLÓGICO – GEOTÉCNICOS**

As investigações geológicas - geotécnicas, abrangendo a área do Aproveitamento, foram orientadas para caracterização e avaliação das principais feições geológico - geotécnicas da fundação e dos materiais naturais de construção, com a finalidade precípua de subsidiar o pré - dimensionamento e orçamento das estruturas, a nível de viabilidade.

Na presente etapa foram realizadas análise de foto - interpretação de fotos aéreas e de mosaico semi controlado de radar, que nortearam os caminhamentos de campo. Com base nas observações efetuadas, elaborou - se um programa de sondagens rotativas, contemplando alternativas de posicionamento do barramento e do sistema de adução e geração .

O referido programa levado a termo no período de fevereiro a abril de 2001, consistiu em 10 sondagens mecânicas com diâmetros  $H_W$  e  $N_W$ , num total de 505 m de perfuração, conforme apresentado nos desenhos de projeto.

No que se refere os materiais naturais de construção, na presente etapa não foram efetuadas pesquisas específicas. Fontes naturais de agregados miúdo são escassas no local, prevendo - se o uso de areia artificial. Quanto ao solo, prevê - se o aproveitamento dos materiais provenientes das escavações comuns e obrigatórias e também aproveitamento de materiais da ombreira esquerda localizado nas laterais do caminho de acesso ao eixo da barragem.

#### **6.5 - SÓCIO – AMBIENTAIS**

Os estudos sócio – ambientais foram realizados mediante coleta de dados e levantamentos de campo.

A coleta de dados consistiu na pesquisa e aquisição de dados estatísticos, bibliográficos e interpretação de mapas e imagens de sensoriamento remoto sobre os meios físico, biótico e sócio – econômico da área de influência

## **7 - ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS**

### **7.1 - Características Gerais da Bacia Hidrográfica**

A bacia hidrográfica do rio Pelotas, com uma área de drenagem de aproximadamente 6.250 km<sup>2</sup> até o eixo da UHE Pai Querê, tem suas nascentes na Serra Geral, no estado de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul.

Os principais afluentes do rio Pelotas até o local do aproveitamento são: pela margem direita o rio Lava Tudo, com área de drenagem de 2.600 km<sup>2</sup>, e pela margem esquerda, os rios Cerquinha e dos Touros, com áreas de drenagem de aproximadamente 600 km<sup>2</sup>, cada um.

De modo geral, todos os cursos de água da bacia considerada, apresentam grande declividade e vales muito encaixados, estreitos e profundos, drenando áreas predominantemente desmatadas onde geralmente ocorrem solos pouco espessos e de baixa permeabilidade.

Tais características são responsáveis por um regime fluvial estritamente ligado ao regime pluvial, tendo como consequência deflúvios diários com uma grande variabilidade. As cheias, face ao reduzido tempo de concentração da bacia, apresentam picos instantâneos muito altos, sendo quase sempre associados a precipitações de grande intensidade. Também ocorrem vazões mínimas acentuadas, freqüentemente inferiores a 3,0 l/s/km<sup>2</sup>.

### **7.2 - CLIMA**

#### **7.2.1 - Características Climáticas da Bacia**

A bacia tem suas nascentes na Serra Geral, numa distância inferior a 100 km do litoral, drenando para o interior do continente. Os fatores genéticos dinâmicos são os mesmos para todo o Sul do Brasil, sendo portanto, a latitude, a altitude, a orientação do relevo e a continentalidade, os fatores estáticos encarregados de caracterizar as diferenças próprias da bacia.

Com relação ao relevo, a bacia tem suas altitudes máximas no seu limite Leste, constituído pela Serra Geral, com altitudes da ordem de 1800 m, nos seus divisores.

Quanto aos fatores dinâmicos geradores do clima, os mais importantes são o anticiclone móvel polar da América do Sul e o anticiclone do Atlântico Sul. O anticiclone polar tem muita importância no clima da região, por constituir uma fonte de ar frio dotado de grande mobilidade. O anticiclone do Atlântico Sul constitui por sua vez uma massa de ar tropical marítima, que com sua subsidência inferior e conseqüente inversão de temperatura, mantém a estabilidade do tempo e a umidade limitada à camada superficial.

Na bacia, especialmente no inverno e início da primavera, há predominância de tempo bom com dias ensolarados, porém interrompidos por uma seqüência de dias chuvosos, decorrentes da frente polar. Por outro lado, as linhas de instabilidade tropical ocasionam

dias de chuvas intensas e de curta duração, em particular no final da primavera e no verão.

Utilizando - se a classificação de Köeppen, pode - se concluir que o clima predominante na bacia é do tipo **Cf**, isto é, temperado chuvoso de ambiente úmido. Dentro desse tipo geral duas classes foram reconhecidas:

- A primeira denominada Cfbg', correspondente a um clima considerado "frio", com temperatura média anual inferior a 18° C e temperatura média do mês mais quente compreendida entre 18° C e 22° C. Trata-se do clima da região de Lages.
- A segunda, conhecida como Cfk'bg', corresponde a um clima com chuvas irregulares onde a precipitação do mês mais chuvoso está compreendido entre 3 a 10 vezes a precipitação do mês mais seco. Dentre as características que definem esta classificação destacam-se:
  - a temperatura média anual e a média do mês mais quente são inferiores a 18° C;
  - mês mais frio tem média na faixa de 3° C a 18° C;
  - no mínimo quatro meses tem temperaturas médias acima de 10° C.

#### 7.2.2 - Dados Climatológicos Utilizados

Os estudos climáticos realizados para a bacia considerada, tiveram como base os dados de quatro estações climatológicas e 13 estações pluviométricas, que são mostradas no desenho 8609/US - 3H – A1 - 0001 e nos Quadros 7.1 e 7.2 seguintes. Os estudos de microclima da região do Aproveitamento utilizaram, mais especificamente, os dados observados na estação climatológica de Campos Novos.

**QUADRO 7.1**  
**ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS**

<b>Código do DNAEE</b>	<b>Estação</b>	<b>Período Disponível</b>	<b>Elementos utilizados</b>
02750005	Lages	1955 - 1992	T; UR; INS; V
02849003	São Joaquim	1942 - 1988	T; UR; INS
02850001	Bom Jesus	1948 - 1989	T; UR; INS
02850011	Vacaria	1914 - 1986	T; UR; INS; V

ABREVIATURAS: T - Temperatura; UR - Umidade Relativa; INS - Insolação; V - Vento

**QUADRO 7.2**  
**ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS**

<b>Código do DNAEE</b>	<b>Estação</b>	<b>Período Disponível</b>
02750007	Painel	1958 - 1998
02751001	Anita Garibaldi	1964 - 1998
02751009	Videira	1941 - 1986
02849009	Bom Jardim da Serra	1977 - 1998
02849015	Urubici	1943 - 1998
02849023	Despraiado	1972 - 1998
02850002	São José dos Ausentes	1961 - 1998
02850003	Coxilha Grande	1952 - 1981
02850004	Coxilha Rica	1958 - 1998
02850006	Invernada Velha	1964 - 1985
02850008	Passo do Socorro	1943 - 1998
02850015	Escurinho	1978 - 1998
02851043	Esmeralda	1978 - 1998

### 7.2.3 - Temperaturas

Na bacia, o elemento temperatura apresenta uma distribuição espacial bem regular, sendo que a sua distribuição espacial permite verificar a influência do relevo da bacia e do fator continentalidade sobre a temperatura que aumenta gradualmente no sentido Leste para Oeste, acompanhando a diminuição de altitude e o distanciamento do mar.

A distribuição das temperaturas no tempo evidencia a sazonalidade típica das zonas temperadas, com máximas ocorrendo no trimestre de dezembro a fevereiro e mínimas no trimestre de junho a agosto.

As temperaturas médias anuais de longo período das estações climatológicas usadas estão em torno de 16° C, com exceção da estação de São Joaquim, localizada numa altitude bem superior às demais (1.400 m), que apresenta um valor médio em torno de 11° C, demonstrando a influência do fator relevo.

Na região do futuro Aproveitamento Hidrelétrico, considerando - se o período 1940 a 1992, a temperatura média anual oscila em torno de 16,5° C, com variações de 20,5° C em janeiro a 12,3° C em julho.

Com relação às temperaturas máximas diárias registradas na bacia, elas apresentam seus pontos culminantes no Oeste da bacia, ao passo que no planalto Leste, o verão é amenizado pela altitude, verificando - se em São Joaquim, por exemplo, a média das temperaturas máximas de 23° C nos meses de verão, com uma máxima absoluta de 30° C em janeiro.

Inversamente, os invernos são mais amenos na região Oeste da bacia, com diferenças de temperatura, em média, não tão pronunciadas quanto no verão. Temperaturas de até - 8° C tem sido registradas nos meses de maio a setembro na região de São Joaquim. Entretanto, no extremo oeste da bacia, também tem sido registradas temperaturas negativas nestes mesmos meses, mas com menor frequência e com valores mínimos limitados em - 4° C.

No local de implantação do Aproveitamento Hidrelétrico de Pai Querê as variações de temperatura podem ser caracterizadas pelos seguintes valores:

- Temperaturas médias:
  - Média anual 16,5° C
  - Média do mês mais quente (janeiro) 20,5° C
  - Média do mês mais frio (julho) 12,3° C
- Temperaturas extremas:
  - Máxima absoluta (dezembro) 38,0° C
  - Mínima absoluta (agosto) 6,5° C
  - Máxima do mês mais frio (julho) 27,4° C
  - Mínima do mês mais quente (janeiro) 5,3° C
  - Média das máximas do mês mais quente (janeiro) 27,2° C
  - Média das mínimas do mês mais frio (julho) 7,9° C

#### 7.2.4 - Precipitação

A precipitação total anual média na bacia é de aproximadamente 1.627 mm. A sua variação espacial é pouco acentuada, variando de 1.500 mm a um pouco menos de 1.800 mm, conforme mostra o mapa de isoietas no Des. N.º 8609/US - 3H - A1 - 0001. Neste mapa podemos notar um centro de tormenta, na região de São Joaquim, próximo do limite leste da bacia.

A variação sazonal das precipitações mostram máximas relativas nos períodos de agosto a outubro e em janeiro e fevereiro, e mínimas relativas nos períodos de março a maio, e em novembro. Entretanto, estas médias não são muito representativas para fins de previsão pluviométrica, uma vez que a variação interanual das precipitações na bacia é muito grande.

Para o local do Aproveitamento, o regime pluvial foi definido com base nos dados registrados na estação pluviométrica de Invernada Velha, registrando características de variação sazonal e interanual idênticas às da bacia em geral. A precipitação total anual média foi calculada em 1.575 mm. Os totais médios mensais, conforme mostrados no Quadro 7.3 e no desenho 8609/US - 3H - A1 - 0002, variaram entre um mínimo de 84,3 mm em abril e um máximo de 168,3 mm em agosto. A máxima precipitação total

mensal registrada no período de observações considerado foi de 624,8 mm, em julho/1983.

**QUADRO 7.3**  
**PRECIPITAÇÕES TOTAIS MÉDIAS NA REGIÃO DO APROVEITAMENTO**

MÊS	PRECIPITAÇÃO MÉDIA ( mm)	PRECIPITAÇÃO MÁXIMA ( mm)	PRECIPITAÇÃO MÍNIMA ( mm)
JAN	156,2	328,4	25,2
FEV	145,4	305,6	49,2
MAR	130,8	287,8	46,1
ABR	84,3	189,2	5,6
MAI	94,5	225,6	4,8
JUN	108,3	186,6	37,0
JUL	140,0	624,8	43,1
AGO	168,3	489,0	2,6
SET	148,5	309,1	35,8
OUT	131,9	298,0	63,0
NOV	117,6	284,0	14,1
DEZ	149,2	261,6	70,9
ANUAL	1.575,0	2441,5	1078,0

Quanto ao número de dias de chuva com precipitação maior do que 5,0 mm, valores estes que podem conduzir a uma paralisação dos trabalhos em obras de terra, a pesquisa realizada com base na estação de Invernada Velha mostrou que em média ocorrem aproximadamente 8 dias por mês. O quadro 7.4 apresenta os valores médios, máximos e mínimos mensais de dias com precipitação superior a 5,0 mm. O Des. N.º 8609/US - 3H - A1 - 0002 mostra um histograma destes valores.

**QUADRO 7.4**  
**NÚMERO DE DIAS COM PRECIPITAÇÃO MAIOR QUE 5,0 mm**

ELEMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
MÉDIA	9,5	9,4	6,8	7,8	5,4	6,7	7,3	7,9	8,4	8,0	7,0	8,8	91
MÁXIMA	16	16	16	10	12	13	23	14	16	17	13	14	120
MÍNIMA	2	3	3	0	0	2	4	1	3	4	1	3	74

Em termos de chuvas intensas de curta duração ( inferiores a 24 horas), importantes para o dimensionamento de obras de drenagem pluvial, foi determinada a seguinte equação de chuvas intensas:

$$P = 1115,38 \times TR^{0,1242}$$

$$(D + 14,95)^{0,7712}$$

onde: P = precipitação em mm/hora

TR = tempo de recorrência em anos

D = duração da chuva em minutos

#### 7.2.5 - Evapotranspiração

Embora existam informações de evaporação medida em evaporímetros tipo Piché, estes dados não foram utilizados diretamente para as finalidades citadas, uma vez que suas leituras não podem ser consideradas como representativas regionais, e muito menos da evaporação de reservatórios, por ser este equipamento instalado ao abrigo. Desta forma, os estudos foram baseados em métodos indiretos de cálculo.

Para o cálculo das demandas evaporativas mensais usou-se o método da radiação, que utiliza como variáveis os registros mensais de temperatura e radiação solar, e também uma estimativa da umidade relativa e da velocidade dos ventos.

A evapotranspiração potencial e a evaporação de superfícies líquidas, calculadas com base no método da radiação apresentam valores relativamente moderados na bacia do rio Pelotas, com valores variando entre um máximo de 1.250 mm/ano e um mínimo de 1.050 mm/ano.

A variação espacial da evapotranspiração acompanha o relevo, ocorrendo os valores mínimos nos extremos norte e leste da bacia e os máximos a sudoeste. A variação sazonal reflete a ação combinada dos elementos climáticos, radiação solar, temperatura, umidade e velocidade de vento, ocorrendo geralmente em dezembro, as máximas médias mensais e em junho, as mínimas.

Os dados de evapotranspiração potencial e evaporação, calculados com base nos dados observados nas estações climatológicas consideradas, e que serviram como base para as estimativas das perdas por evaporação esperadas nas descargas médias mensais, são mostrados no Quadro 7.5.

**QUADRO 7.5**  
**PRECIPITAÇÕES E EVAPORAÇÕES MÉDIAS NO RESERVATÓRIO ( mm)**

ELEMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
PRE	135,2	140,9	126,4	115,0	126,0	142,8	156,3	151,0	150,9	155,6	142,5	140,5	1627,0
ETP	160,0	137,0	125,0	96,3	75,0	56,8	63,1	75,2	98,0	123,0	142,0	156,0	1307,4
EVP	176,0	151,0	137,5	106,4	82,5	62,5	69,4	82,7	108,0	135,0	156,3	171,5	1438,8
PRL	-40,8	-10,1	-11,1	8,6	43,5	80,3	86,9	68,3	42,9	20,6	-13,8	-31,0	188,2

NOTAS: PRE - Precipitação bruta

ETP - Evapotranspiração potencial

EVP - Evaporação potencial da superfície líquida

PRL - Precipitação líquida

Uma análise do quadro 7.5 evidencia, em termos médios, uma superioridade das evaporações sobre as precipitações durante cinco meses, quando, então, a alimentação do reservatório ficaria limitada somente aos escoamentos de entrada. Uma diferença de cerca de 130 mm anuais entre a evaporação da superfície líquida e a evapotranspiração pode ser representativa, numa primeira aproximação, da perda média anual por evaporação devido à formação do lago, que no caso de Pai Querê equivaleria a uma redução média das vazões naturais em cerca de 0,24 m<sup>3</sup>/s, ou seja, cerca de 0,15% da descarga média de longo período, estimada em 158 m<sup>3</sup>/s.

#### 7.2.6 - Demais Características Climáticas

O Quadro 7.6 apresenta os valores médios de longo período, para a região do Aproveitamento, de outros elementos definidores das características climáticas, quais sejam, radiação solar, insolação, umidade relativa e velocidade do vento.

**QUADRO 7.6**  
**VALORES MÉDIOS DE OUTROS ELEMENTOS CLIMÁTICOS**

ELEMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
RADIAÇÃO	15,5	13,6	12,6	10,4	9,2	7,0	7,4	8,9	10,4	12,7	14,4	15,8	114,7
INSOLAÇÃO	7,5	7,2	6,5	6,6	6,2	5,3	5,7	6,0	5,8	6,4	7,5	7,8	6,5
UMIDADE	75,3	77,3	78,1	78,2	79,3	79,6	77,5	74,6	74,4	73,6	71,3	71,2	75,9
VELOCIDADE DO VENTO	2,0	1,9	2,0	1,8	1,7	1,8	1,8	1,9	2,1	2,1	2,0	2,1	1,9

Observação: Radiação solar em Kcal/cm<sup>2</sup>/mês; Umidade relativa em %; Insolação em h/dia; Velocidade do vento em m/s.

A bacia, desenvolvendo - se no sentido leste - oeste entre as latitudes 27°55' e 28°45', recebe em toda a sua extensão praticamente a mesma intensidade de radiação solar extraterrestre, variando entre um mínimo de 8 mm / dia de evaporação equivalente, em junho, e um máximo de 18 mm/dia de evaporação, em dezembro. A parcela dessa

radiação que atinge a superfície da terra segue, em geral, a mesma variação sazonal, com alterações decorrentes apenas de fatores locais.

Com relação a insolação, as observações disponíveis mostram os valores mínimos ocorrendo nos meses de inverno, sendo este comportamento explicado pela frequência de nebulosidade e precipitações nestes meses. Os meses de verão são os que apresentam um maior número médio de horas de sol. A insolação média anual na região é de 6,5 horas/dia, com um máximo ocorrendo em dezembro ( média de 7,8 horas/dia) e um mínimo ocorrendo em junho, com médias de 5,3 horas/dia. O valor de insolação máximo absoluto registrado foi de 10,6 horas/dia, tendo ocorrido em setembro de 1979.

Quanto a umidade relativa, a bacia se caracteriza como uma região de ambiente sempre úmido, com valores médios anuais em torno de 76%, sendo que dezembro é o mês mais seco, com uma média de 71,2%, enquanto que junho é o mês mais úmido, com uma média de 79,6%. O Des. N.º 8609/US - 3H - A1 - 0002 apresenta um histograma com os valores médios mensais de umidade relativa para o local do Aproveitamento Hidrelétrico de Pai Querê.

As velocidades médias do vento na bacia, de um modo geral são baixas, com valores em torno de 2,0 m/s, podendo atingir valores até 5,5 m/s em estações localizadas junto ao divisor sul e valores médios um pouco inferiores a 2,0 m/s em locais do divisor norte.

A direção predominante do vento inclui geralmente a componente leste (ventos de sudeste e nordeste). Nos meses do outono e inverno também são freqüentes os ventos de componente norte.

No local do Aproveitamento, as velocidades médias anuais, de acordo com os registros da estação climatológica mais próxima, são da ordem de 2,0 m / s. A direção dominante é a do quadrante sudeste, para a qual os registros indicam os ventos de maior intensidade. Velocidades máximas de até 25,0 m / s, para ventos com duração superior a uma hora foram registrados nesta direção.

Para efeito de estimativa de formação de ondas no reservatório de Pai Querê, necessário para a definição da borda livre das estruturas da barragem, foi considerado um vento crítico de 80 km / h com duração superior a duas horas.

### **7.3 - DEFLÚVIOS NATURAIS**

Para a realização dos estudos hidrológicos necessários para a obtenção da série de descargas médias mensais do rio Pelotas para o local do Aproveitamento Hidrelétrico de Pai Querê, foram usados os dados das estações fluviométricas mostradas no Quadro 7.7 abaixo:

**QUADRO 7.7**  
**ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS**

CÓDIGO	NOME DO POSTO	RIO	ENTIDADE	ÁREA DE DRENAGEM ( Km <sup>2</sup> )	PERÍODO
70200000	Invernada Velha	Pelotas	ANEEL	2.850	1931 a 1998
70700000	Passo Socorro	Pelotas	ANEEL	8.440	1931 a 1998

A série de descargas médias mensais do rio Pelotas no local do Aproveitamento Hidrelétrico de Pai Querê foi obtida através dos dados das duas estações fluviométricas indicadas no quadro acima, através da seguinte equação de transferência:

$$Q_{PQ} = 0,609Q_{PS} + 0,391Q_{IV}$$

onde:  $Q_{PQ}$  = descargas médias mensais no local da UHE Pai Querê;

$Q_{PS}$  = descargas médias mensais na estação fluviométrica Passo Socorro;

$Q_{IV}$  = descargas médias mensais na estação fluviométrica Invernada Velha.

As séries de descargas médias mensais para o período de 1931 a 1939 nas estações fluviométricas utilizadas foram obtidas através da utilização de um modelo de transformação chuva - vazão, pela absoluta inexistência de dados fluviométricos na bacia do rio Uruguai, trecho nacional, para este período.

A série de descargas médias mensais obtida para o local do futuro Aproveitamento Hidrelétrico de Pai Querê, mostrada no Quadro 7.10, apresentou uma vazão média de longo período de 158 m<sup>3</sup>/s. A vazão máxima média mensal observada no período histórico (1931 a 1998) ocorreu em julho de 1983, com um valor de 1.097,60 m<sup>3</sup>/s. A vazão média mensal mínima ocorreu em maio de 1952, com um valor de 9,60 m<sup>3</sup>/s.

O Quadro 7.8 mostra as vazões médias mensais características no local do aproveitamento hidrelétrico de Pai Querê, para o período de 1931 a 1998. O Des. N.º 8609/US - 3H - A1 - 0003, apresenta um histograma das vazões naturais médias mensais do período de 1931 a 1998. O Des. N.º 8609/US - 3H - A1 - 0004, apresenta um histograma das vazões médias mensais máximas, mínimas e médias de longo período, observadas no período histórico. Nota - se pela análise daquele desenho, que existe uma pequena influência da sazonalidade quanto a distribuição das vazões máximas e médias ao longo do ano. Pode - se verificar uma maior freqüência de vazões altas nos meses de maio a outubro, principalmente nos meses de julho a setembro. As maiores enchentes registradas ocorreram nos meses de julho e agosto.

**QUADRO 7.8**  
**DESCARGAS CARACTERÍSTICAS NO LOCAL DO APROVEITAMENTO**

MÊS	DESCARGA ( m <sup>3</sup> /s)		
	MÉDIA	MÍNIMA	MÁXIMA
JAN	98,3	10,3	269,5
FEV	132,4	17,1	497,9
MAR	100,3	12,5	367,6
ABR	108,0	12,2	520,1
MAI	140,7	9,6	543,8
JUN	163,9	14,1	475,7
JUL	215,8	16,2	1097,6
AGO	237,1	14,3	706,2
SET	254,4	34,1	696,5
OUT	210,0	46,8	698,6
NOV	124,5	22,6	492,9
DEZ	109,7	18,1	441,0
<b>MÉDIA ANUAL</b>	<b>158,0</b>	<b>42,3</b>	<b>326,6</b>

Com base na série de vazões médias mensais, determinou - se a curva de permanência de vazões no local do Aproveitamento Hidrelétrico de Pai Querê, com o objetivo de subsidiar os estudos energéticos desenvolvidos. Esta curva foi obtida considerando o critério de Kimball, que determina a ordenação, em ordem decrescente, das vazões médias mensais do período histórico, atribuindo-se a cada valor uma percentagem calculada pela relação entre o seu número de ordem e o número total de valores da série acrescido de 1. Desta forma, a curva de permanência representa a percentagem do tempo em que uma determinada vazão média mensal é superada no histórico.

O Quadro 7.9 apresenta os valores da curva de permanência de vazões médias diárias para o local do aproveitamento hidrelétrico (período de 1931 a 1998). O Des. N.º 8609/US - 3H - A1 - 0004, apresenta o traçado da curva de permanência citada.

**QUADRO 7.9**  
**CURVA DE PERMANÊNCIA DE DESCARGAS MÉDIAS DIÁRIAS DO RIO**  
**PELOTAS NO LOCAL DA UHE PAI QUERÊ**

<b>PERMANÊNCIA (%)</b>	<b>DESCARGA (m<sup>3</sup>/s)</b>
1,0	1377,0
2,0	1007,0
5,0	592,0
10,0	381,1
20,0	220,9
30,0	153,0
40,0	113,2
50,0	86,6
60,0	67,7
70,0	52,3
80,0	38,7
90,0	26,4
95,0	19,8
99,0	14,0

**QUADRO 7.10**  
**DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS DO RIO PELOTAS NO LOCAL DA UHE PAI QUERÊ**

Folha 1/2

ANO	DESCARGA (m³/s)												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1931	121,1	26,5	110,1	83,8	483,5	326,5	498,4	214,0	491,2	249,3	80,4	102,4	232,3
1932	94,7	74,2	140,9	520,1	394,8	415,8	403,8	197,0	376,6	192,6	81,6	111,6	250,3
1933	69,3	26,0	18,9	23,9	33,8	78,7	127,0	201,0	177,8	305,3	86,0	56,3	100,3
1934	52,4	187,4	113,1	284,1	198,5	307,6	223,7	235,6	232,5	279,5	63,6	46,0	185,3
1935	36,2	40,6	39,9	48,1	24,6	87,1	348,4	439,0	525,2	315,6	85,3	441,0	202,6
1936	90,4	44,6	44,7	52,2	43,4	464,8	309,0	526,3	221,0	484,0	157,4	65,8	208,6
1937	71,1	109,1	146,9	100,2	44,8	26,9	119,8	248,8	217,0	254,0	169,0	102,1	134,1
1938	93,3	111,2	113,1	150,2	241,0	294,2	298,3	129,5	72,4	73,2	118,8	62,9	146,5
1939	37,2	89,9	142,9	153,4	264,3	297,2	88,8	95,6	207,0	139,3	221,5	322,8	171,7
1940	182,0	148,8	66,1	112,2	136,8	91,6	117,1	332,3	137,1	290,2	70,5	97,5	148,5
1941	78,5	91,0	50,1	184,2	464,8	234,3	172,3	412,1	148,1	104,6	245,0	66,9	187,7
1942	24,8	142,5	77,5	107,0	209,7	84,0	113,3	140,8	89,0	150,3	29,8	29,7	99,9
1943	10,3	22,6	18,9	12,2	19,1	127,1	129,8	419,2	396,7	81,5	31,8	18,9	107,3
1944	71,1	36,9	45,7	38,4	16,1	87,3	46,5	30,1	44,7	46,8	22,6	21,0	42,3
1945	11,8	42,8	27,5	13,1	15,5	14,1	16,2	142,8	121,5	67,2	37,9	35,8	45,5
1946	129,1	175,9	101,7	31,7	121,9	229,9	327,9	116,5	73,8	108,4	29,8	176,5	135,3
1947	93,6	74,8	51,3	20,4	76,7	86,3	137,8	70,1	185,7	166,9	56,6	136,1	96,4
1948	53,8	111,6	102,1	214,5	370,0	62,7	268,9	482,9	90,7	74,4	105,5	32,8	164,2
1949	47,4	17,1	18,2	68,9	59,7	155,4	155,4	111,6	366,8	193,0	34,9	36,8	105,4
1950	29,3	33,1	61,3	57,8	79,9	68,0	64,5	269,7	106,1	443,6	75,0	84,9	114,4
1951	144,3	303,4	132,4	36,6	22,8	29,2	54,7	14,3	34,1	366,6	133,9	64,0	111,4
1952	41,8	61,7	18,1	16,7	9,6	184,5	308,4	87,5	126,9	210,8	88,3	49,3	100,3
1953	36,0	69,0	29,8	33,0	36,3	70,3	93,3	69,5	362,3	328,1	153,3	87,9	114,1
1954	134,6	70,0	122,8	187,2	208,2	475,7	679,7	97,0	696,5	698,6	39,9	61,3	289,3
1955	27,6	34,9	12,5	242,2	258,6	257,4	426,5	150,4	164,8	143,4	66,0	64,1	154,0
1956	191,0	180,0	48,9	178,9	197,4	110,2	70,2	193,1	289,6	92,3	35,6	28,7	134,7
1957	103,5	174,3	115,0	169,8	105,0	99,7	246,1	567,0	467,3	239,3	80,9	61,4	202,4
1958	46,6	27,0	192,4	51,5	37,4	282,8	53,6	183,9	251,6	287,9	424,1	310,2	179,1
1959	70,0	113,0	63,3	197,0	146,3	107,0	87,5	154,3	312,1	177,3	38,8	36,4	125,3
1960	17,7	52,0	37,6	49,1	44,2	133,5	67,8	394,2	412,6	140,2	127,9	56,7	127,8
1961	42,5	49,8	367,6	216,1	71,0	173,3	204,9	71,3	629,1	360,5	312,1	141,9	220,0
1962	60,8	30,9	13,4	20,4	48,0	40,5	139,3	82,2	219,2	64,4	41,1	18,1	64,9
1963	26,3	334,0	314,9	84,7	39,4	23,9	45,8	365,1	264,1	608,6	174,8	59,2	195,1
1964	28,4	65,2	46,8	49,7	53,4	53,5	60,2	145,2	249,0	104,5	39,4	33,3	77,4
1965	52,6	23,6	24,6	28,6	93,7	54,9	140,1	706,2	692,2	256,6	116,5	265,6	204,6
1966	213,5	415,8	145,0	102,3	41,0	216,4	208,0	206,3	498,9	274,3	125,4	271,7	226,5

**QUADRO 7.10**  
**DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS DO RIO PELOTAS NO LOCAL DA UHE PAI QUERÊ**

Folha 2/2

ANO	DESCARGA ( m³/s)												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1967	100,9	164,2	106,1	40,2	33,6	49,0	133,6	224,6	605,8	143,3	75,1	87,7	147,0
1968	28,1	24,6	26,3	30,9	28,2	20,8	94,0	23,0	146,3	87,4	185,6	117,1	67,7
1969	123,1	163,1	102,3	129,3	46,4	196,5	113,1	74,4	271,3	65,9	213,8	42,4	128,5
1970	39,6	53,8	94,8	31,4	156,2	195,0	373,8	205,2	133,0	138,0	40,9	94,3	129,7
1971	269,5	264,2	252,7	261,9	178,5	218,5	241,5	354,2	106,5	68,8	29,2	19,3	188,7
1972	76,8	254,5	111,4	145,6	40,1	185,6	231,7	383,7	503,1	155,4	150,2	130,3	197,4
1973	164,0	141,1	61,6	52,6	222,5	232,7	240,2	420,3	331,9	113,7	98,4	43,7	176,9
1974	75,0	167,9	295,4	55,6	94,5	228,3	115,3	54,9	97,2	49,6	104,7	66,3	117,1
1975	79,9	52,6	30,6	24,5	28,8	76,5	68,6	158,7	437,0	232,8	127,2	250,9	130,7
1976	203,5	62,5	198,4	50,9	235,2	144,9	134,8	386,0	122,0	54,5	138,2	249,0	165,0
1977	177,5	226,9	182,1	153,2	60,6	129,9	313,0	605,3	78,3	162,6	164,4	102,1	196,3
1978	124,9	100,6	87,8	23,4	22,8	16,6	88,4	74,1	214,3	81,7	107,1	80,7	85,2
1979	35,8	23,0	62,9	69,6	144,3	89,0	192,5	95,6	53,1	312,6	235,8	284,3	133,2
1980	77,7	73,7	134,0	59,5	91,8	43,7	216,4	436,1	215,1	235,2	139,6	410,5	177,8
1981	108,2	183,5	60,2	93,7	51,3	76,6	84,6	78,8	224,6	135,2	69,2	70,3	103,0
1982	53,0	61,4	68,3	29,9	23,9	253,9	245,4	111,6	89,2	444,3	434,0	197,4	167,7
1983	167,3	297,4	243,5	179,0	371,7	327,4	197,6	684,9	199,7	123,3	146,5	81,0	326,6
1984	175,5	192,4	123,7	83,8	161,3	343,1	325,3	502,7	178,5	246,0	182,4	104,2	218,2
1985	29,1	186,6	146,8	119,9	107,1	109,1	109,6	176,9	148,7	117,5	91,7	20,6	113,6
1986	51,2	54,3	23,9	120,9	99,4	129,0	125,5	103,2	182,0	194,3	326,8	132,7	128,6
1987	196,4	164,5	38,5	309,5	543,8	245,6	312,5	381,2	194,0	389,4	77,0	68,0	243,4
1988	100,3	113,1	53,5	139,4	223,5	204,6	97,2	27,3	338,9	126,1	39,8	42,1	125,5
1989	147,3	173,4	57,7	145,0	224,6	42,5	211,7	211,6	693,9	168,7	35,8	39,0	179,3
1990	255,7	169,4	127,2	278,0	277,9	434,0	154,6	83,1	244,4	449,9	231,6	72,8	231,6
1991	62,3	48,5	23,0	20,5	17,0	135,9	104,2	182,5	53,9	243,8	224,1	307,1	118,6
1992	174,0	228,7	84,7	61,4	463,4	178,4	350,6	400,7	330,3	78,2	67,5	29,7	204,0
1993	89,0	177,8	132,1	140,0	188,5	175,3	822,3	101,2	197,7	139,4	62,9	198,7	202,1
1994	81,8	299,3	185,1	122,3	423,5	278,1	333,2	82,9	42,5	185,8	150,6	64,9	187,5
1995	244,2	136,3	71,0	31,8	25,3	83,7	195,0	167,5	133,6	138,2	60,4	166,1	121,1
1996	209,5	145,9	124,6	106,8	29,9	166,8	252,2	229,6	286,8	186,6	112,9	59,3	159,2
1997	154,9	485,8	80,7	22,5	14,4	79,8	216,4	388,4	148,9	517,9	492,9	115,9	226,5
1998	176,0	497,9	255,8	273,7	223,9	201,2	223,9	407,3	347,4	122,5	49,0	54,2	236,1

## 7.4 - CHEIAS DE PROJETO

Os estudos de enchentes do rio Pelotas para o local do Aproveitamento Hidrelétrico de Pai Querê, objetivando a definição das vazões de pico e dos hidrogramas característicos das cheias de projeto das estruturas de extravasão e de desvio do rio durante a construção, foram desenvolvidos através de duas abordagens, uma estatística e a outra hidrometeorológica.

### 7.4.1 - Estudos de Freqüência de Cheias

Para os estudos de freqüência de cheias do rio Pelotas no local do Aproveitamento Hidrelétrico de Pai Querê foram utilizados os dados observados na estação fluviométrica de Passo Socorro. A série de descargas máximas anuais observadas naquela estação para o período de 1940 a 1998 é mostrada no Quadro 7.11.

A série de descargas máximas anuais observadas na estação fluviométrica mencionada foi submetida a uma análise de freqüência de cheias, considerando as distribuições de probabilidade Log - Normal 2, Log - Normal 3, Gumbel, Pearson 3, Log - Pearson 3 e Exponencial 2. As distribuições foram ajustadas à série de descargas máximas anuais através do método dos momentos e do método da máxima verossimilhança. Para determinar a distribuição de probabilidade que apresentou a melhor aderência aos dados observados, foi calculado o erro padrão da estimativa para cada ajuste pelos métodos citados através da seguinte expressão:

$$E = [0,5 \sum_{i=1,n} (Q_{oi} - Q_{ci})^2]^{0,5}$$

onde:  $Q_{oi}$  = descargas observadas;

$Q_{ci}$  = descargas calculadas pela distribuição ajustada.

A distribuição de probabilidade selecionada foi a distribuição Gumbel, por ter apresentado o menor erro padrão da estimativa, além do fato da série amostral apresentar um coeficiente de assimetria de 1,137 muito próximo do coeficiente teórico da distribuição (1,13). Outro fator importante para a escolha desta distribuição foram os estudos realizados pela ELETROBRÁS / CEPEL, que recomendam a utilização da distribuição Gumbel e Exponencial 2, em estudos estatísticos de cheias, por serem as distribuições de probabilidade mais “robustas”, ou seja, aquelas que produzem resultados mais confiáveis e fisicamente aceitáveis.

Os valores das cheias para diferentes tempos de recorrência para o local do Aproveitamento Hidrelétrico de Pai Querê, foram determinados a partir da curva de freqüência ajustada para a estação fluviométrica de Passo Socorro, aplicando - se a seguinte relação obtida através das áreas de drenagem:

$$Q_{PQ} = 0,741 Q_{PS}$$

No Des. N.º 8609/US - 3H - A1 - 0004 apresenta-se a curva de freqüência de descargas máximas anuais para o local do aproveitamento hidrelétrico de Pai Querê, ajustada à distribuição Gumbel.

**QUADRO 7.11- DESCARGAS MÁXIMAS ANUAIS DO RIO PELOTAS NO LOCAL DO APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO DE PAI QUERÊ**

<b>ANO</b>	<b>DESCARGA (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>ANO</b>	<b>DESCARGA (m<sup>3</sup>/s)</b>
1940	2728	1970	1566
1941	3016	1971	2540
1942	1139	1972	2110
1943	2574	1973	2042
1944	566	1974	1625
1945	715	1975	2025
1946	1902	1976	2260
1947	715	1977	5722
1948	2505	1978	1582
1949	906	1979	1158
1950	5192	1980	3246
1951	2679	1981	1375
1952	1631	1982	3473
1953	3376	1983	7621
1954	5862	1984	4752
1955	2886	1985	1214
1956	1641	1986	3166
1957	2339	1987	3785
1958	2989	1988	2560
1959	2042	1989	4237
1960	3416	1990	4262
1961	2886	1991	2532
1962	1238	1992	6896
1963	3174	1993	6520
1964	1285	1994	2254
1965	5699	1995	2959
1966	1738	1996	1773
1967	2715	1997	3728
1968	1562	1998	2966
1969	1727		

O Quadro 7.12 apresenta os valores das cheias para diferentes tempos de recorrência, para o local do Aproveitamento Hidrelétrico de Pai Querê, calculadas através da distribuição Gumbel ajustada pelo método dos momentos.

O cálculo da descarga de pico instantânea para as diferentes cheias foi efetuado através da equação de Füller, mostrada abaixo:

$$Q_{\text{pico}} = Q_{\text{médio}} \left[ 1.0 + \frac{2,66}{A^{0,3}} \right]$$

Sendo: A = área de drenagem, em km<sup>2</sup>

Para o local do Aproveitamento Hidrelétrico de Pai Querê, com uma área de drenagem de 6.250 km<sup>2</sup>, foi determinada uma relação entre o pico instantâneo e o valor da descarga máxima média diária de 1,19.

**QUADRO 7.12-  
CHEIAS PARA DIFERENTES TEMPOS DE RECORRÊNCIA PARA OLOCAL DA UHE PAI QUERÊ**

TEMPO DE RECORRÊNCIA ( anos)	PERÍODO ANUAL ( ÚMIDO)		PERÍODO SECO	
	CHEIA MÉDIA DIÁRIA ( m³/s)	PICO INSTANTÂNEO ( m³/s)	CHEIA MÉDIA DIÁRIA ( m³/s)	PICO INSTANTÂNEO ( m³/s)
2	1.883	2.241	925	1.101
5	3,017	3.590	1.559	1.855
10	3.767	4.483	1.979	2.355
25	4.716	5.612	2.509	2.986
50	5.419	6.449	2.902	3.453
100	6.118	7.280	3.293	3.919
250	7.037	8.374	3.807	4.530
500	7.731	9.200	4.195	4.992
1000	8.425	10.026	4.583	5.454
10000	10.729	11.682*		

\* Pico determinado através do modelo de simulação chuva - vazão

O valor da cheia decamilenar mostrado no Quadro 7.12 acima representa as condições naturais do rio Pelotas, não considerando o efeito do amortecimento da cheia no reservatório do futuro Aproveitamento Hidrelétrico de Passo da Cadeia, previsto imediatamente a montante .

Os hidrogramas das cheias no local do Aproveitamento Hidrelétrico de Pai Querê, para diferentes tempos de recorrência, foram determinados a partir de hidrogramas de cheias observadas na estação fluviométrica de Passo Socorro. Para tanto, foram selecionados os maiores hidrogramas de cheias ocorridos durante o período histórico de dados, e a partir deles foi determinado um hidrograma adimensional característico de cheias do rio Pelotas para o local do Aproveitamento.

A partir dos valores das cheias (descargas médias diárias) calculadas para diferentes tempos de recorrência e do hidrograma adimensional característico, foram determinados os hidrogramas das cheias para diferentes tempos de recorrência, com intervalos de tempo de 6 horas, para o local do Aproveitamento Hidrelétrico de Pai Querê. O quadro 7.13 e o Des. N.º 7609/US - 3H - A1 - 0004 apresentam os hidrogramas de cheias calculados para diferentes tempos de recorrência.

**QUADRO 7.13**  
**HIDROGRAMAS DE CHEIAS NA UHE PAI QUERÊ PARA DIFERENTES TEMPOS DE RECORRÊNCIA**  
**DESCARGAS EM m<sup>3</sup>/s**

TEMPO ( horas)	TEMPO DE RECORRÊNCIA ( anos)					
	TR = 10	TR = 25	TR = 50	TR = 100	TR = 250	TR = 500
6	301	377	434	489	563	618
12	313	391	450	508	584	642
18	339	424	488	551	633	696
24	384	481	553	624	718	789
30	445	556	639	722	830	912
36	569	712	818	924	1063	1167
42	810	1014	1165	1315	1513	1662
48	1119	1401	1609	1817	2090	2296
54	1492	1868	2146	2423	2787	3061
60	1940	2429	2791	3151	3624	3981
66	2599	3254	3739	4221	4856	5334
72	3417	4277	4915	5549	6383	7012
78	4132	5173	5945	6711	7720	8481
84	4483	5612	6449	7280	8374	9200
90	4298	5381	6183	6981	8029	8821
96	3759	4707	5408	6106	7023	7716
102	3145	3938	4525	5109	5876	6455
108	2675	3348	3847	4344	4996	5489
114	2320	2905	3338	3769	4335	4762
120	2015	2523	2899	3273	3765	4136
126	1763	2207	2536	2863	3293	3618
132	1544	1934	2222	2508	2885	3170
138	1375	1721	1978	2233	2569	2822
144	1224	1533	1761	1988	2287	2513
150	1096	1372	1577	1780	2048	2250
156	979	1226	1409	1591	1830	2010
162	889	1113	1279	1444	1661	1825
168	806	1009	1160	1309	1506	1654
174	738	924	1062	1199	1379	1515
180	678	849	975	1101	1267	1392
186	637	797	916	1034	1189	1307
192	603	755	867	979	1126	1237
198	576	722	829	936	1077	1183
204	554	693	797	899	1034	1136
210	535	670	769	869	999	1098
216	520	651	748	844	971	1067
222	505	632	726	820	943	1036

#### 7.4.2 - Enchentes de Projeto do Vertedouro

A determinação das enchentes de projeto do vertedouro da Usina Hidrelétrica Pai Querê foi realizada através de dois processos distintos: o método estatístico, conforme já descrito anteriormente, e o hidrometeorológico, que consistiu no cálculo da Precipitação Máxima Provável (PMP) e na sua posterior transformação em Cheia Máxima Provável (QMP).

#### 7.4.3 - Cheia Máxima Provável

O cálculo da PMP na bacia do rio Uruguai seguiu a metodologia recomendada pela Organização Meteorológica Mundial (WMO).

Foram determinadas curvas de “altura de chuva × área de drenagem × duração” (DAD), para o trecho nacional do rio Uruguai, a partir do traçado de isoietas com durações variando de 1 a 10 dias, correspondentes às três situações sinópticas mais críticas observadas no período histórico de 1914 a 1992, que são as tormentas de agosto de 1965, julho de 1983 e agosto de 1984. As curvas DAD adotadas foram as envoltórias destas tormentas para as durações consideradas. Estas curvas são mostradas no Des. N.º 8609/US - 3H - A1 - 0005

Para o cálculo da PMP através das curvas DAD, foi considerado um fator de maximização por unidade de 1,31 multiplicado por 1,03, este último para considerar o efeito orográfico da bacia, resultando, desta forma, em um fator de maximização total de 1,349.

A partir das curvas DAD maximizadas, foi determinada a PMP para a bacia contribuinte ao local do aproveitamento hidrelétrico de Pai Querê, que é mostrada no Quadro 7.14.

**QUADRO 7.14**  
**PRECIPITAÇÃO MÁXIMA PROVÁVEL ( PMP) NA BACIA DO RIO PELOTAS ATÉ O**  
**APROVEITAMENTO DE PAI QUERÊ**

<b>DIA</b>	<b>PRECIPITAÇÃO TOTAL ( mm)</b>	<b>PRECIPITAÇÃO PARCIAL ( mm)</b>	<b>HIETOGRAMA ADOTADO ( mm)</b>
1	220	220	41
2	372	152	46
3	463	91	54
4	526	63	63
5	580	54	152
6	631	51	220
7	677	46	91
8	718	41	51
9	753	35	35
10	783	30	30

A Enchente Máxima Provável (QMP) para o local do aproveitamento e para condições naturais do rio Pelotas, ou seja, desconsiderando os aproveitamentos de montante, foi então obtida através da PMP calculada e de um modelo de transformação chuva vazão previamente calibrado para a bacia, admitindo-se que se mantivessem inalteradas as condições de uso de solo e a cobertura vegetal para as quais o modelo foi calibrado, condições estas que juntamente com as características morfológicas condicionam o regime de escoamento na bacia.

O modelo de simulação determinístico utilizado foi o modelo “MOSH-V.5”, que é baseado no Stanford Watershed Model. Trata - se de um modelo hidrológico conceitual de transformação chuva - vazão, tendo como ponto de partida a chuva que atinge o solo e como produto final a vazão do curso de água numa determinada seção de controle da bacia hidrográfica. Para retratar os fluviogramas de saída da bacia, na seção de controle, o modelo simula os processos físicos que controlam o ciclo hidrológico na sua fase terrestre, retratando - os através de equações e funções baseadas em parâmetros físicos da bacia e em muitos parâmetros empíricos que possuem uma relação qualitativa com as características físicas da bacia hidrográfica.

Para que o modelo possa retratar adequadamente as vazões de saída na seção de controle da bacia é necessária uma calibragem criteriosa do mesmo, usando para comparação os dados de vazões médias diárias observadas na seção. Para a calibragem do modelo foi utilizada a série de descargas médias diárias observadas na estação fluviométrica de Passo Socorro durante o período de 1980 a 1984, anos em que ocorreram grandes enchentes.

Quanto às condições iniciais do modelo para a transformação da PMP em vazão, após vários testes com situações críticas, foi considerado adotar a PMP iniciando uma semana após as cheias ocorridas em julho de 1983, pois as condições antecedentes de umidade da bacia, naquela ocasião, eram as mais críticas.

Foram analisadas também diversas situações de distribuição do hietograma da PMP, de modo a utilizar aquela que gerasse a situação mais severa. O hietograma final adotado também é mostrado no Quadro 7.16.

O hidrograma da Enchente Máxima Provável (QMP) resultante para o local do Aproveitamento Hidrelétrico é mostrado no Quadro 7.17 e no Des. N.º 8609/US - 3H - A1 - 0005. Este hidrograma é discretizado de 6 em 6 horas e apresenta um pico máximo instantâneo de 12.850 m<sup>3</sup>/s e uma vazão média diária máxima de 11.802 m<sup>3</sup>/s.

#### 7.4.4 - Enchente Decamilenar

O valor de pico médio diário da enchente decamilenar, de 10.729 m<sup>3</sup>/s, foi determinado através da distribuição Gumbel conforme descrito anteriormente. O pico instantâneo da cheia decamilenar foi obtido através da relação entre o pico instantâneo da QMP e a sua média diária, no valor de 1,089. Desta forma obteve - se um pico instantâneo para a cheia decamilenar de 11.683 m<sup>3</sup>/s.

O hidrograma representativo da enchente decamilenar, mostrado no quadro 7.17, foi obtido através do hidrograma da Cheia Máxima Provável, mantendo - se a sua forma inalterada e preservando a relação entre o pico decamilenar e o pico da QMP, que é de 0,909.

**QUADRO 7.17**  
**ENCHENTES DE PROJETO DO VERTEDOIRO**

TEMPO ( horas)	DESCARGAS ( m <sup>3</sup> /s)	
	CHEIA DECAMILENAR	CHEIA MÁXIMA PROVÁVEL
6	2.095	2.304
12	2.209	2.430
18	2.364	2.600
24	2.518	2.770
30	2.782	3.060
36	3.335	3.668
42	4.172	4.589
48	5.088	5.597
54	6.005	6.605
60	6.847	7.532
66	7.986	8.785
72	9.220	10.142
78	10.520	11.572
84	11.683	12.850
90	11.157	12.272
96	10.017	11.018
102	8.496	9.345
108	7.197	7.917
114	6.103	6.713
120	5.194	5.713
126	4.451	4.896
132	3.856	4.241
138	3.390	3.729
144	3.005	3.305
150	2.731	3.004
156	2.509	2.760
162	2.325	2.557
168	2.150	2.365
174	1.895	2.183
180	1.836	2.020
186	1.698	1.868
192	1.571	1.728
198	1.461	1.607
204	1.359	1.495
210	1.264	1.390
216	1.178	1.296
222	1.098	1.209

## 7.5 - TRANSPORTE SÓLIDO E ASSOREAMENTO DO RESERVATÓRIO

Os estudos de transporte sólido do rio Pelotas visaram avaliar o assoreamento do reservatório do Aproveitamento Hidrelétrico Pai Querê e desta forma estimar o seu tempo de vida útil.

Na bacia do rio Pelotas existem registros disponíveis de dados sedimentométricos ( medições de descarga sólida) na estação fluviométrica de Passo Socorro. Nesta estação foram efetuadas 29 medições de descarga sólida durante os anos de 1999 e 2000, com a finalidade de atender os programas ambientais da UHE Machadinho. Para o cálculo das descargas sólidas foi adotado o Método de Colby Simplificado, por dispor - se apenas de medidas de sólidos em suspensão.

As descargas sólidas calculadas a partir das medições efetuadas na estação fluviométrica citada permitiram definir a relação, mostrada no Des. N.º 8609/US - 3H - A1 - 0005 representada pela seguinte equação:

$$Q_S = 0,007 \cdot Q_L^{2,07}$$

onde:

$Q_S$  = descarga sólida, em toneladas / dia

$Q_L$  = descarga líquida, em m<sup>3</sup>/s

Para obter uma série de descargas sólidas médias mensais para o local do Aproveitamento foi utilizada a equação representativa da curva de descarga sólida mostrada acima e a série de descargas líquidas médias diárias observadas na estação fluviométrica de Passo do Socorro para o período de 1940 a 1998. A série de descargas sólidas totais diárias foi transportada para o local da UHE Pai Querê através de uma relação de áreas de drenagem com a estação fluviométrica. O Quadro 7.15 apresenta as descargas sólidas médias mensais e anual de longo período do rio Pelotas no local do Aproveitamento Hidrelétrico estudado.

**QUADRO 7.15**  
**DESCARGAS SÓLIDAS MÉDIAS MENSAIS NO RIO PELOTAS NA UHE PAI QUERÊ**

DESCARGAS SÓLIDAS TOTAIS ( ton/dia)												
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
325,2	768,3	403,2	609,2	1351,6	1084,4	2487,1	2648,3	2716,4	1902,4	767,8	481,5	1299,8

A campanha de medições efetuada no rio Pelotas, serviu também para estimar o peso específico aparente dos sedimentos transportados, no valor de 1,056 ton / m<sup>3</sup>, calculado pelo método do Bureau of Reclamation. Este valor, considerado constante para toda a vida útil do reservatório, está a favor da segurança uma vez que não foi considerada a compactação dos sedimentos.

A estimativa da vida útil do empreendimento da UHE Pai Querê foi realizada para a cota 758,00 m, nível correspondente a elevação de fundo do canal de adução.

Os seguintes dados do Aproveitamento Hidrelétrico de Pai Querê foram considerados para o cálculo do assoreamento do seu reservatório:

- A = 6.250 km<sup>2</sup> - área de drenagem
- Q<sub>L</sub> = 158,0 m<sup>3</sup>/s - descarga líquida de longo período (1940 a 1998)
- V<sub>m</sub> = 4982,7 × 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> - volume afluente médio anual
- Q<sub>st</sub> = 1.299,8 ton / dia - descarga sólida média de longo período (1940 a 1998)
- g = 1,056 ton / m<sup>3</sup> - peso específico dos sedimentos
- NA<sub>max</sub> = 797,00 m - nível máximo normal de operação
- V<sub>797,00</sub> = 2.588 × 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> - volume do reservatório no N.A. máximo normal
- V<sub>758,00</sub> = 932 × 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> - volume do reservatório na elevação de fundo do canal de adução

Para calcular o peso dos sedimentos retidos no reservatório foi necessário determinar a eficiência de retenção de sedimentos ( ER) que é calculada a partir da capacidade de afluência e da curva de Brune. A capacidade de afluência é definida como sendo a relação entre o volume do reservatório no seu nível máximo normal de operação e o volume afluente médio anual.

No caso do reservatório de Pai Querê, a capacidade de afluência foi estimada em 0,52. Este valor foi considerado como constante (a favor da segurança), quando na realidade a eficiência da retenção do reservatório diminui com o tempo. A eficiência de retenção do reservatório de Pai Querê determinada pela curva de Brune é de aproximadamente 98%.

A partir da descarga sólida total de longo período ( Q<sub>st</sub>) determinou-se o deflúvio sólido total anual, acrescido de 50% como uma prevenção contra erros de estimativa e para contemplar um possível aumento da produção de sedimentos na bacia, resultando num valor de 711.647 ton/ano. Com este valor e o valor da eficiência de retenção, foi calculado o peso do sedimento retido no reservatório por ano, no valor de 697.414 ton / ano.

O volume de sedimentos retidos no reservatório durante um ano, que é a relação entre o peso dos sedimentos retidos e o seu peso específico, é de 660.430 m<sup>3</sup>.

Com este volume anual de sedimentos acumulados no reservatório, o tempo necessário para o assoreamento atingir a cota 758,00 m seria de aproximadamente 1.410 anos.

## **7.6 - ESTUDOS DE ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO**

Visando a estimativa do tempo provável para o nível do reservatório atingir cotas pré - fixadas, de interesse para definição do cronograma básico do empreendimento, foram realizadas análises estatísticas dos resultados das simulações do enchimento inicial do reservatório de Pai Querê.

Essas simulações tiveram por base os dados da série histórica de vazões médias mensais obtida para o local deste Aproveitamento Hidrelétrico, para o período de 1931 a 1998. As simulações consideraram uma descarga defluente de  $4,8 \text{ m}^3/\text{s}$  (50% da vazão média mensal mínima observada), com o seu início, a partir do fechamento dos túneis de desvio, podendo ocorrer em qualquer um dos meses do ano.

Os resultados dos estudos são apresentados nos Quadros 7.16 e 7.17, e no Des. N.º 8609/US – 3H – A1 – 0016 , que mostram os tempos necessários para, com as probabilidades de 50%, 75%, 90%, 99% e para valores médios, serem atingidos os níveis de água correspondentes a soleira do vertedouro (777,00 m) e o Nível Máximo Normal de Operação (797,00 m), considerando o início do enchimento no primeiro dia de cada um dos meses do ano.

Uma análise dos resultados obtidos mostra que, do ponto de vista puramente hidrológico, o mês de julho é o mais favorável para o início do enchimento, necessitando, em média, 103 dias para atingir o nível correspondente a cota da soleira do vertedouro, ou 188 dias para atingir o Nível Máximo Normal de Operação. Entretanto, em face às limitações em termos de descarga para o fechamento final dos túneis de desvio, o início do enchimento do reservatório neste mês pode se tornar inviável.

Para qualquer mês do ano, o enchimento do reservatório até o nível 777,00 (cota da soleira do vertedouro) será realizado num prazo médio que varia de 103 a 184 dias, e num prazo máximo (90% de probabilidade) variando entre 169 a 292 dias, com uma vazão defluente de  $4,8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para atingir o Nível Máximo Normal de Operação, na cota 797,00 m, continuando a defluir apenas  $4,8 \text{ m}^3/\text{s}$ , o tempo de enchimento se realizará num prazo médio que varia de 188 a 262 dias e num prazo máximo (90% de probabilidade) variando de 328 a 402 dias.

**QUADRO 7.16**  
**NÚMERO PROVÁVEL DE DIAS PARA ATINGIR A COTA 777,00 m COM**  
**VAZÃO SANITÁRIA DE 4,8 m<sup>3</sup>/s**

MÊS DO INÍCIO DE ENCHIMENTO	PROBABILIDADE				
	MÉDIA	50%	75%	90%	99%
JAN	176	158	216	258	584
FEV	164	147	200	242	568
MAR	156	151	185	224	546
ABR	139	136	162	195	525
MAI	122	115	147	174	503
JUN	108	96	126	177	476
JUL	103	90	124	169	474
AGO	109	80	155	198	470
SET	126	120	160	221	463
OUT	164	139	227	292	492
NOV	184	169	245	290	592
DEZ	182	159	239	278	612

**QUADRO 7.17**  
**NÚMERO PROVÁVEL DE DIAS PARA ATINGIR A COTA**  
**797,00 m COM VAZÃO SANITÁRIA DE 4,8 m<sup>3</sup>/s**

MÊS DO INÍCIO DE ENCHIMENTO	PROBABILIDADE				
	MÉDIA	50%	75%	90%	99%
JAN	249	229	284	338	743
FEV	232	211	263	328	728
MAR	223	206	249	367	706
ABR	209	180	233	374	683
MAI	195	163	215	402	658
JUN	188	162	224	374	630
JUL	188	154	265	353	617
AGO	202	179	287	345	600
SET	229	218	309	364	577
OUT	255	252	309	356	758
NOV	269	259	324	345	794
DEZ	262	243	307	345	770

## **7.7 - ESTUDOS DE REMANSO**

O estudo de remanso do reservatório de Barra Grande teve como objetivo verificar o seu efeito sobre o canal de fuga da Usina Hidrelétrica Pai Querê. Para a determinação das curvas de remanso no trecho do rio Pelotas considerado, foi utilizado um modelo hidráulico de escoamento em canais baseado no “Standard Step Method” e que utiliza para o cálculo do nível de água em cada seção, a equação de Manning. Como ponto de partida do modelo foi considerada a seção transversal da estação fluviométrica de Passo Socorro.

Para a realização deste estudo, utilizou - se 15 seções transversais topobatimétricas levantadas num trecho de aproximadamente 3,0 km, mais próximo do local do Aproveitamento Hidrelétrico estudado.

Foram também utilizadas 24 seções transversais auxiliares, estimadas a partir da restituição aerofotogramétrica do reservatório de Barra Grande em escala 1:10.000, levantadas num trecho de aproximadamente 17 km do rio Pelotas, entre a estação fluviométrica de Passo Socorro e primeira seção topobatimétrica levantada no campo, localizada cerca de 3 km a jusante do eixo da futura barragem.

Para a calibragem do modelo de remanso foram utilizados 2 perfis longitudinais de níveis de água levantados entre a seção da estação fluviométrica de Passo Socorro e a seção topobatimétrica SL-13, e que são mostrados no Quadro 7.18 e no Des. N.º 8609/US - 3H - A1 - 0007. Os dados levantados permitiram calibrar o modelo de remanso para condições naturais. Adotou-se na calibragem do modelo de remanso coeficientes de rugosidade de 0,040.

Uma vez calibrado, o modelo de remanso foi utilizado para verificar a influência do reservatório de Barra Grande sobre os níveis de água do rio Pelotas no trecho estudado para a implantação da Usina Hidrelétrica Pai Querê.

Os Quadros 7.23 a 7.27 mostram os resultados das simulações efetuadas através do modelo de remanso, para diferentes descargas, para condições naturais e com o efeito do remanso provocado pelo reservatório da UHE Barra Grande. Os perfis longitudinais de níveis de água simulados são mostrados nos Des. N.º 8609/US - 3H - A1 - 0008, 8609/US - 3H - A1 - 0009, 8609/US - 3H - A1 - 0010, 8609/US - 3H - A1 - 0011, 8609/US - 3H - A1 - 0012 e 8609/US - 3H - A1 - 0013

Os quadro 7.19 a 7.22, apresentam os valores das curvas de descarga em quatro seções estudadas, para condições naturais do rio Pelotas e considerando o efeito do remanso provocado pelo reservatório de Barra Grande. Estas curvas foram obtidas a partir dos perfis longitudinais de níveis de água calculados pelo modelo de remanso utilizado. O desenho 8609/US - 3H - A1 - 0006, apresenta as curvas de descarga calculadas para as seções selecionadas. Nota - se que na seção 11 não existe mais efeito de remanso do reservatório de Barra Grande.

**QUADRO 7.18**  
**PERFIS SIMULTÂNEOS DE NÍVEIS DE ÁGUA USADOS NA**  
**CALIBRAGEM DO MODELO DE REMANSO**

SEÇÃO	DISTÂNCIA (m)	DESCARGA (m <sup>3</sup> /s)	
		297,1	220,6
P. SOCORRO	0	627,80	627,52
S-03	2686	629,58	629,31
S-04	3510	632,23	631,95
S-11	8491	633,56	633,27
S-15	10252	638,80	638,53
S-17	11377	639,31	639,07
S-18	12054	642,26	642,14
S-22	15477	643,19	642,90
SL-02	17116	643,69	643,41
SL-03	17232	643,94	643,67
SL-04	17381	644,22	643,94
SL-05	17670	646,94	646,67
SL-09	18412	647,07	646,78
SL-10	18514	647,21	646,87
SL-11	18724	647,44	647,16
SL-12	19002	648,65	648,37

Obs.: As vazões foram medidas no local do Aproveitamento Hidrelétrico de Pai Querê

**QUADRO 7.19**  
**CURVAS DE DESCARGA NA SEÇÃO SL - 05**

<b>DESCARGA (m³/s)</b>	<b>NÍVEL NATURAL (m)</b>	<b>NÍVEL COM REMANSO (m)</b>
50	645,35	647,01
80	645,70	647,02
118	645,98	647,05
158	646,18	647,08
237	646,50	647,19
316	646,76	647,34
632	647,62	648,03
1264	649,18	649,61
2528	652,05	652,50
4000	654,97	655,27
5419	657,21	657,43
6118	658,21	658,42
7731	660,32	660,52
10729	663,73	663,94

**QUADRO 7.20**  
**CURVAS DE DESCARGA NA SEÇÃO SL - 06**

<b>DESCARGA (m³/s)</b>	<b>NÍVEL NATURAL (m)</b>	<b>NÍVEL COM REMANSO (m)</b>
50	645,55	647,02
80	645,84	647,03
118	646,08	647,06
158	646,28	647,10
237	646,60	647,22
316	646,87	647,38
632	647,72	648,15
1264	649,28	649,74
2528	652,15	652,62
4000	655,08	655,30
5419	657,31	657,51
6118	658,29	658,49
7731	660,38	660,57
10729	663,74	663,95

**QUADRO 7.21**  
**CURVAS DE DESCARGA NA SEÇÃO SL-11**

<b>DESCARGA (m³/s)</b>	<b>NÍVEL NATURAL (m)</b>	<b>NÍVEL COM REMANSO (m)</b>
50	645,64	647,03
80	646,05	647,07
118	646,41	647,15
158	646,71	647,27
237	647,19	647,55
316	647,58	647,86
632	648,69	648,95
1264	650,46	650,7
2528	653,45	653,63
4000	656,22	656,38
5419	658,49	658,64
6118	659,51	659,65
7731	661,65	661,80
10729	665,12	665,28

**QUADRO 7.22**  
**CURVAS DE DESCARGA NA SEÇÃO SL-12**

<b>DESCARGA (m³/s)</b>	<b>NÍVEL NATURAL (m)</b>
50	646,80
80	647,25
118	647,60
158	647,90
237	648,34
316	648,70
632	649,81
1264	651,45
2528	654,05
4000	656,69
5419	658,91
6118	659,91
7731	662,04
10729	665,50

**QUADRO 7.23**  
**RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES EFETUADAS**

SEÇÃO	DISTÂNCIA (m)	PERFIS DE NÍVEIS D'ÁGUA CALCULADOS PELO MODELO DE REMANSO					
		VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	NÍVEL NATURAL (m)	NÍVEL COM REMANSO (m)	VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	NÍVEL NATURAL (m)	NÍVEL COM REMANSO (m)
S-00	0,0	161	626,60	647,00	214	626,88	647,00
S-01	713,2	161	626,68	647,00	214	626,97	647,00
S-02	1848,8	161	626,86	647,00	214	627,22	647,00
S-03	2685,6	156	628,39	647,00	208	628,67	647,00
S-04	3510,0	156	630,70	647,00	208	631,10	647,00
S-05	4103,4	156	630,86	647,00	208	631,27	647,00
S-06	4518,3	133	631,00	647,00	177	631,41	647,00
S-07	5210,0	133	631,19	647,00	177	631,62	647,00
S-08	5820,4	133	631,42	647,00	177	631,86	647,00
S-09	6736,4	133	631,56	647,00	177	632,02	647,00
S-10	7606,5	133	631,63	647,00	177	632,10	647,00
S-11	8490,9	133	631,77	647,00	177	632,25	647,00
S-12	8796,5	133	633,26	647,00	177	633,57	647,00
S-13	9448,3	133	637,84	647,00	177	636,71	647,00
S-14	9918,0	133	637,96	647,00	177	637,45	647,00
S-15	10252,4	118	638,07	647,00	158	637,94	647,00
S-16	10911,7	118	638,23	647,00	158	638,26	647,00
S-17	11376,8	118	638,36	647,00	158	638,48	647,00
S-18	12054,1	118	641,54	647,00	158	641,83	647,00
S-19	12812,2	118	641,60	647,00	158	641,91	647,00
S-20	13765,3	118	641,68	647,00	158	642,02	647,01
S-21	14517,7	118	641,76	647,01	158	642,13	647,01
S-22	15477,0	118	642,01	647,01	158	642,41	647,02
S-23	16022,5	118	642,21	647,02	158	642,64	647,03
S-24	16631,2	118	642,29	647,02	158	642,74	647,04
SL02	17116,2	118	642,37	647,03	158	642,83	647,05
SL03	17231,6	118	643,01	647,03	158	643,24	647,05
SL04	17381,4	118	643,39	647,03	158	643,59	647,05
SL05	17670,5	118	645,98	647,05	158	646,18	647,08
SL06	17855,2	118	645,99	647,06	158	646,28	647,10
SL07	18062,7	118	646,00	647,06	158	646,29	647,10
SL08	18220,7	118	646,03	647,07	158	646,31	647,12
SL09	18411,8	118	646,04	647,07	158	646,33	647,13
SL10	18513,6	118	646,07	647,08	158	646,37	647,15
SL11	18724,5	118	646,41	647,15	158	646,71	647,25
SL12	19002,3	118	647,60	647,60	158	647,90	647,90
SL13	19517,4	118	648,00	648,00	158	648,28	648,28
SL14	19702,1	118	648,02	648,02	158	648,31	648,31
SL15	20017,1	118	648,06	648,06	158	648,36	648,36

**QUADRO 7.24**  
**RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES EFETUADAS**

SEÇÃO	DISTÂNCIA (m)	PERFIS DE NÍVEIS D'ÁGUA CALCULADOS PELO MODELO DE REMANSO					
		VAZÃO (m <sup>3</sup> / s)	NÍVEL NATURAL (m)	NÍVEL COM REMANSO (m)	VAZÃO (m <sup>3</sup> / s)	NÍVEL NATURAL (m)	NÍVEL COM REMANSO (m)
S-00	0,0	428	627,76	647,00	856	629,05	647,00
S-01	713,2	428	627,91	647,00	856	629,24	647,00
S-02	1848,8	428	628,31	647,00	856	629,85	647,00
S-03	2685,6	416	629,55	647,00	832	630,79	647,00
S-04	3510,0	416	632,26	647,00	832	633,84	647,01
S-05	4103,4	416	632,45	647,00	832	634,03	647,01
S-06	4518,3	354	632,62	647,00	708	634,24	647,01
S-07	5210,0	354	632,86	647,00	708	634,52	647,02
S-08	5820,4	354	633,14	647,00	708	634,85	647,02
S-09	6736,4	354	633,35	647,00	708	635,11	647,03
S-10	7606,5	354	633,46	647,00	708	635,28	647,04
S-11	8490,9	354	633,64	647,00	708	635,50	647,04
S-12	8796,5	354	634,31	647,00	708	635,69	647,04
S-13	9448,3	354	637,39	647,00	708	638,39	647,04
S-14	9918,0	354	638,24	647,00	708	639,36	647,05
S-15	10252,4	316	638,75	647,00	632	639,87	647,05
S-16	10911,7	316	639,27	647,01	632	640,67	647,08
S-17	11376,8	316	639,57	647,02	632	641,06	647,10
S-18	12054,1	316	642,58	647,03	632	643,66	647,15
S-19	12812,2	316	642,76	647,05	632	644,01	647,22
S-20	13765,3	316	642,95	647,06	632	644,32	647,28
S-21	14517,7	316	643,14	647,08	632	644,60	647,34
S-22	15477,0	316	643,54	647,12	632	645,13	647,47
S-23	16022,5	316	643,89	647,16	632	645,61	647,62
S-24	16631,2	316	644,04	647,19	632	645,86	647,72
SL02	17116,2	316	644,17	647,22	632	646,04	647,80
SL03	17231,6	316	644,35	647,23	632	646,15	647,84
SL04	17381,4	316	644,49	647,24	632	646,20	647,86
SL05	17670,5	316	646,76	647,34	632	647,62	648,03
SL06	17855,2	316	646,87	647,38	632	647,72	648,15
SL07	18062,7	316	647,05	647,39	632	647,78	648,18
SL08	18220,7	316	647,20	647,46	632	647,94	648,32
SL09	18411,8	316	647,22	647,47	632	647,98	648,35
SL10	18513,6	316	647,29	647,52	632	648,12	648,46
SL11	18724,5	316	647,65	647,79	632	648,72	648,87
SL12	19002,3	316	648,70	648,70	632	649,81	649,81
SL13	19517,4	316	649,18	649,18	632	650,48	650,48
SL14	19702,1	316	649,23	649,23	632	650,56	650,56
SL15	20017,1	316	649,31	649,31	632	650,69	650,69

**QUADRO 7.25**  
**RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES EFETUADAS**

SEÇÃO	DISTÂNCIA (m)	PERFIS DE NÍVEIS D'ÁGUA CALCULADOS PELO MODELO DE REMANSO					
		VAZÃO (m <sup>3</sup> / s)	NÍVEL NATURAL (m)	NÍVEL COM REMANSO (m)	VAZÃO (m <sup>3</sup> / s)	NÍVEL NATURAL (m)	NÍVEL COM REMANSO (m)
S-00	0,0	1712	630,83	647,05	3424	633,44	647,18
S-01	713,2	1712	631,07	647,05	3424	633,69	647,18
S-02	1848,8	1712	631,88	647,06	3424	634,75	647,21
S-03	2685,6	1664	632,62	647,06	3328	635,41	647,24
S-04	3510,0	1664	635,85	647,09	3328	638,38	647,32
S-05	4103,4	1664	636,08	647,09	3328	638,67	647,34
S-06	4518,3	1416	636,36	647,10	2832	639,09	647,39
S-07	5210,0	1416	636,71	647,12	2832	639,56	647,44
S-08	5820,4	1416	637,13	647,14	2832	640,15	647,51
S-09	6736,4	1416	637,49	647,16	2832	640,64	647,60
S-10	7606,5	1416	637,76	647,19	2832	641,11	647,73
S-11	8490,9	1416	638,02	647,20	2832	641,39	647,77
S-12	8796,5	1416	638,07	647,21	2832	641,42	647,77
S-13	9448,3	1416	639,61	647,23	2832	642,17	647,85
S-14	9918,0	1416	640,91	647,27	2832	643,31	647,98
S-15	10252,4	1264	641,37	647,27	2528	643,61	647,97
S-16	10911,7	1264	642,52	647,36	2528	645,14	648,29
S-17	11376,8	1264	643,02	647,43	2528	645,75	648,51
S-18	12054,1	1264	645,20	647,61	2528	647,24	648,95
S-19	12812,2	1264	645,82	647,84	2528	648,30	649,52
S-20	13765,3	1264	646,25	648,02	2528	648,87	649,89
S-21	14517,7	1264	646,62	648,19	2528	649,34	650,21
S-22	15477,0	1264	647,29	648,54	2528	650,15	650,81
S-23	16022,5	1264	647,95	648,92	2528	651,01	651,48
S-24	16631,2	1264	648,31	649,17	2528	651,51	651,91
SL02	17116,2	1264	648,56	649,35	2528	651,88	652,23
SL03	17231,6	1264	648,68	649,44	2528	652,00	652,40
SL04	17381,4	1264	648,73	649,48	2528	652,03	652,46
SL05	17670,5	1264	649,18	649,61	2528	652,05	652,50
SL06	17855,2	1264	649,28	649,74	2528	652,15	652,62
SL07	18062,7	1264	649,35	649,77	2528	652,33	652,63
SL08	18220,7	1264	649,63	650,07	2528	652,77	653,02
SL09	18411,8	1264	649,68	650,11	2528	652,78	653,03
SL10	18513,6	1264	649,88	650,27	2528	653,00	653,23
SL11	18724,5	1264	650,46	650,70	2528	653,45	653,63
SL12	19002,3	1264	651,45	651,45	2528	654,05	654,05
SL13	19517,4	1264	651,99	651,99	2528	654,49	654,49
SL14	19702,1	1264	652,13	652,13	2528	654,70	654,70
SL15	20017,1	1264	652,32	652,32	2528	654,94	654,94

**QUADRO 7.26**  
**RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES EFETUADAS**

SEÇÃO	DISTÂNCIA (m)	PERFIS DE NÍVEIS D'ÁGUA CALCULADOS PELO MODELO DE REMANSO					
		VAZÃO (m <sup>3</sup> / s)	NÍVEL NATURAL (m)	NÍVEL COM REMANSO (m)	VAZÃO (m <sup>3</sup> / s)	NÍVEL NATURAL (m)	NÍVEL COM REMANSO (m)
S-00	0,0	5418	635,71	647,36	7340	637,64	647,78
S-01	713,2	5418	635,94	647,37	7340	637,80	647,81
S-02	1848,8	5418	637,23	647,44	7340	639,24	647,92
S-03	2685,6	5266	637,88	647,50	7134	639,90	648,01
S-04	3510,0	5266	640,55	647,69	7134	642,29	648,34
S-05	4103,4	5266	640,88	647,73	7134	642,65	648,41
S-06	4518,3	4481	641,45	647,86	6071	643,35	648,62
S-07	5210,0	4481	642,00	647,98	6071	643,95	648,82
S-08	5820,4	4481	642,74	648,14	6071	644,78	649,08
S-09	6736,4	4481	643,34	648,33	6071	645,46	649,36
S-10	7606,5	4481	644,02	648,63	6071	646,33	649,85
S-11	8490,9	4481	644,28	648,70	6071	646,58	649,94
S-12	8796,5	4481	644,32	648,72	6071	646,63	649,97
S-13	9448,3	4481	644,82	648,87	6071	647,10	650,21
S-14	9918,0	4481	645,77	649,12	6071	647,92	650,53
S-15	10252,4	4000	645,87	649,18	5419	647,87	650,64
S-16	10911,7	4000	647,55	649,70	5419	649,58	651,28
S-17	11376,8	4000	648,26	650,08	5419	650,35	651,78
S-18	12054,1	4000	649,43	650,72	5419	651,43	652,50
S-19	12812,2	4000	650,68	651,54	5419	652,68	653,42
S-20	13765,3	4000	651,27	651,99	5419	653,24	653,87
S-21	14517,7	4000	651,76	652,37	5419	653,73	654,28
S-22	15477,0	4000	652,60	653,07	5419	654,55	654,98
S-23	16022,5	4000	653,57	653,90	5419	655,61	655,92
S-24	16631,2	4000	654,17	654,45	5419	656,28	656,53
SL02	17116,2	4000	654,65	654,90	5419	656,85	657,08
SL03	17231,6	4000	654,90	655,14	5419	657,19	657,40
SL04	17381,4	4000	654,94	655,22	5419	657,20	657,47
SL05	17670,5	4000	654,97	655,27	5419	657,21	657,49
SL06	17855,2	4000	655,08	655,30	5419	657,31	657,51
SL07	18062,7	4000	655,18	655,31	5419	657,30	657,52
SL08	18220,7	4000	655,56	655,75	5419	657,81	657,98
SL09	18411,8	4000	655,57	655,76	5419	657,83	657,99
SL10	18513,6	4000	655,78	655,95	5419	658,02	658,18
SL11	18724,5	4000	656,22	656,38	5419	658,49	658,64
SL12	19002,3	4000	656,69	656,69	5419	658,91	658,91
SL13	19517,4	4000	657,02	657,02	5419	659,16	659,16
SL14	19702,1	4000	657,27	657,27	5419	659,43	659,43
SL15	20017,1	4000	657,52	657,52	5419	659,68	659,68

**QUADRO 7.27**  
**RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES EFETUADAS**

SEÇÃO	DISTÂNCIA (m)	PERFIS DE NÍVEIS D'ÁGUA CALCULADOS PELO MODELO DE REMANSO					
		VAZÃO (m <sup>3</sup> / s)	NÍVEL NATURAL (m)	NÍVEL COM REMANSO (m)	VAZÃO (m <sup>3</sup> / s)	NÍVEL NATURAL (m)	NÍVEL COM REMANSO (m)
S-00	0,0	8287	638,58	647,97	10472	640,69	648,55
S-01	713,2	8287	638,69	647,03	10472	640,79	648,60
S-02	1848,8	8287	640,18	648,14	10472	642,23	648,80
S-03	2685,6	8054	640,83	648,26	10177	642,86	648,96
S-04	3510,0	8054	643,09	648,67	10177	644,90	649,55
S-05	4103,4	8054	643,44	648,74	10177	645,24	649,65
S-06	4518,3	6854	644,20	649,01	8661	646,11	650,03
S-07	5210,0	6854	644,84	649,25	8661	646,78	650,35
S-08	5820,4	6854	645,69	649,54	8661	647,66	650,73
S-09	6736,4	6854	646,40	649,88	8661	648,43	651,17
S-10	7606,5	6854	647,36	650,47	8661	649,59	651,98
S-11	8490,9	6854	647,60	650,56	8661	649,78	652,07
S-12	8796,5	6854	647,65	650,60	8661	649,86	652,13
S-13	9448,3	6854	648,13	650,87	8661	650,37	652,48
S-14	9918,0	6854	648,60	651,22	8661	650,70	652,86
S-15	10252,4	6118	648,80	651,31	7731	650,84	652,99
S-16	10911,7	6118	650,50	652,03	7731	652,52	653,77
S-17	11376,8	6118	651,30	652,59	7731	653,37	654,42
S-18	12054,1	6118	652,36	653,34	7731	654,40	655,23
S-19	12812,2	6118	653,59	654,28	7731	655,56	656,17
S-20	13765,3	6118	654,13	654,73	7731	656,06	656,60
S-21	14517,7	6118	654,62	655,14	7731	656,54	657,02
S-22	15477,0	6118	655,43	655,84	7731	657,29	657,67
S-23	16022,5	6118	656,52	656,81	7731	658,44	658,72
S-24	16631,2	6118	657,21	657,46	7731	659,19	659,43
SL02	17116,2	6118	657,83	658,05	7731	659,90	660,11
SL03	17231,6	6118	658,20	658,41	7731	660,27	660,57
SL04	17381,4	6118	658,20	658,47	7731	660,30	660,60
SL05	17670,5	6118	658,21	658,42	7731	660,32	660,52
SL06	17855,2	6118	658,29	658,49	7731	660,38	660,57
SL07	18062,7	6118	658,31	658,48	7731	660,40	660,56
SL08	18220,7	6118	658,81	658,98	7731	660,92	661,09
SL09	18411,8	6118	658,87	658,94	7731	660,96	661,03
SL10	18513,6	6118	659,01	659,17	7731	661,11	661,27
SL11	18724,5	6118	659,51	659,65	7731	661,65	661,80
SL12	19002,3	6118	659,91	659,91	7731	662,04	662,04
SL13	19517,4	6118	660,12	660,12	7731	662,18	662,18
SL14	19702,1	6118	660,40	660,40	7731	662,48	662,48
SL15	20017,1	6118	660,66	660,66	7731	662,75	662,75

## **8 - ESTUDOS GEOLÓGICOS - GEOTÉCNICOS**

### **8.1 - Aspectos Gerais da Bacia Sedimentar e dos Basaltos**

A região em estudo situa - se no Planalto Sul Brasileiro, nos domínios geológicos da Bacia intracratônica paleozóica do Paraná e ocupa cerca de 1 000 000 Km<sup>2</sup>, no Brasil, alongando - se, ainda pelo Paraguai, Uruguai e Argentina . Abrange parte dos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Embora pouco se conheça da espessura total da seqüência das rochas sedimentares, no centro da bacia devem alcançar, pelo menos 4.500 m de espessura. A figura 01, demonstra o domínio geográfico da referida bacia. A idade destas rochas variam desde o paleozóico até o mesozóico, recobertas por espessas camadas ou seqüências de derrames de lavas basálticas, denominadas ou enquadradas na Formação Serra Geral de idade Juro – Cretácea.

Em relação ao derrames basálticos, Leins (1949) estabeleceu na Serra do Pinto, RS, uma superposição de 13 derrames de lavas basálticas , enquanto Lauro Muller em S. Joaquim, definiu uma seqüência de 09 derrames destas lavas. Aspectos que envolvem gênese e vulcanismo mesozóico são discutidos por vários autores, tais como, Guimarães(1933), Halpern et alli (1974), Sartori et alli (1975), Bossi (1975), Roseinberg (1980), Cordani et alli (1975), Paiva Filho (2000) e muitos outros não menos importantes.

As espessuras totais dos derrames alcançam mais de 1.000 m, e em alguns locais sendo mesmo superior a 1.500 m, como em Presidente Epitácio, SP. Os derrames tornam - se mais delgados na região limítrofe entre o Rio Grande do Sul e Uruguai - Argentina, onde a espessura não ultrapassa 50 m.

O vulcanismo basaltico é o mais extenso, localizando - se ao longo de toda a área da bacia do Paraná. Os derrames de composição intermediária apresentam distribuição igualmente ampla, registrando - se em todos os quadrantes da bacia, embora as extensões e espessuras sejam menores que a dos basaltos. O vulcanismo de filiação acida compreende uma extensa área do Rio Grande do Sul, onde mostra suas maiores exposições, cobrindo uma superfície da ordem de 80.000 Km<sup>2</sup>, somente neste estado, desde a borda nordeste até Santiago, numa distancia longitudinal de aproximada de 500 Km. As espessuras máximas registradas são da ordem de 350 m na região central do estado, com até 4 espasmos superpostos, enquanto na parte ocidental restringe - se a pouco mais de 40 metros com uma única corrida de lava. Em Santa Catarina, a situação alcançada pelos derrames ácidos é semelhante, estando as melhores exposições na região de Curitiba e Campos Novos. Entretanto, as espessuras são bem menores, não ultrapassando 200 m, restringindo - se a pouco mais de 30 metros em São Joaquim, localidade em que uma corrida de lavas vítreas é verificada. A área global neste estado é da ordem de 20.000 Km<sup>2</sup>. O pacote vulcânico mesozóico apresenta - se suportado pelas camadas da Formação Botucatu, sendo freqüentes lentes intertrapeanas de arenitos correspondentes a esta unidade nos primeiros espasmos basálticos.

A Formação Serra Geral, sob o ponto de vista petrográfico, apresenta uma completa suíte de tipos litológicos, desde basalto até rochas ácidas do extremo riolítico, conforme abaixo

detalhadas e com resultados das análises químicas de exemplos característicos apresentadas na tabela a seguir evidenciada.

Oxidos	Amostras										
	RS15	RS73	SC05	SC01	PR01	RS38	RS78	RS10	RS82	RS84	SC02
SiO <sub>2</sub>	49,25	50,82	48,85	62,93	62,41	61,75	56,66	67,61	67,41	66,64	65,59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,73	14,29	16,13	11,91	13,61	12,32	11,86	16,59	14,01	13,50	11,13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,75	5,60	5,25	4,98	5,20	4,54	5,22	3,28	4,05	4,22	2,84
FeO	7,05	7,39	7,29	2,59	2,47	2,42	6,08	2,38	1,74	1,98	3,30
MnO	0,25	0,22	0,19	0,25	0,27	0,23	0,19	0,11	0,18	0,09	0,25
TiO <sub>2</sub>	1,13	1,54	2,87	1,31	1,27	0,92	1,12	0,72	0,47	0,37	0,91
CaO	9,78	9,65	8,01	3,38	3,20	3,95	5,62	1,33	2,08	1,29	3,48
MgO	5,00	3,27	4,21	1,74	1,60	3,31	2,94	0,80	0,94	0,83	1,64
Na <sub>2</sub> O	2,74	2,62	2,91	3,49	3,50	2,62	2,99	1,43	2,82	2,66	2,75
K <sub>2</sub> O	1,87	2,24	1,91	5,81	5,75	5,37	5,49	3,18	4,32	4,74	5,50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,22	0,24	0,38	0,40	0,37	0,10	0,22	0,07	0,17	0,19	0,26
H <sub>2</sub> O	0,66	0,54	0,71	0,31	0,24	0,59	0,46	1,01	0,18	0,64	0,47
P.F.	0,32	0,90	0,56	0,60	0,71	2,62	0,82	0,96	1,11	1,29	1,54
Norma CIPW											
Q	0,00	4,32	3,02	15,27	13,93	16,09	5,22	44,61	29,79	30,76	21,68
Or	10,65	13,15	11,42	34,51	34,23	32,68	33,00	18,94	25,66	29,02	33,29
Ab	23,23	22,62	24,75	29,31	29,61	22,69	25,73	12,44	24,18	22,97	23,79
An	28,29	21,49	26,26	0,00	4,49	6,02	2,84	6,60	10,55	6,67	2,01
Ac	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Di	16,59	23,49	10,14	9,46	7,64	10,93	20,96	0,00	0,00	0,00	12,88
Wo	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hy	9,27	3,70	10,69	0,00	0,40	3,41	2,51	2,51	2,37	2,09	0,57
Mt	8,39	8,32	7,60	5,41	5,13	5,96	7,57	4,77	4,98	5,55	4,06
Hm	0,00	0,00	0,00	1,14	1,61	0,49	0,00	0,00	0,65	0,50	0,00
Il	2,14	2,96	5,45	2,47	2,29	1,72	2,17	1,41	0,78	0,63	1,72
Ap	0,00	0,00	0,67	0,67	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,73	1,04	1,81	0,00

Tabela 8.1 — Exemplos de análises químicas de elementos maiores e respectivas composições normativas de basaltos, vulcânicos lato-andesíticos e riodacíticos da formação Serra Geral.

**Localização da amostragem:**

- RS15 — perfil serra da Rocinha (Aranaguá — Bom Jesus), altitude 790 metros, RS-SC.
- RS73 — cidade de Carazinho, RS.
- SC05 — localidade de Ponte Alta, SC.
- SC01 — cidade de Xapencó, SC.
- PR01 — cidade de Guarapuava, PR.
- RS38 — localidade de Gaúcho, 20 km a sudoeste de Vacaria, RS.
- RS78 — localidade de Sertão, 40 km a nordeste de Passo Fundo, RS.
- RS10 — localidade de Apanhador, 35 km a nordeste de Caxias do Sul, RS.
- RS82 — localidade de Sarandi, 50 km ao norte de Carazinho, RS.
- RS84 — cidade de Erechim, RS.
- SC02 — localidade de São Joaquim, SC.

**Basaltos** - As partes centrais dos derrames basálticos (e diabásios correspondentes) são quase sempre microcristalinas e exibem um arranjo intergranular ou subofítico, não sendo raros os tipos porfíricos. A composição mineralógica compreende essencialmente plagioclásio e piroxênio, este dominante em metabasaltos (raros), com proporções menores de magnetita(ou magneto ilmenita). Intercrescimentos micrográficos, vidro intersticial, quartzo, apatita e anfibólio (hornblenda verde e marron) são constituintes menores, o ultimo praticamente restrito a diabásios, juntamente com olivina. zeólitas, minerais de cobre, quartzo (e variedades) e argilo - minerais são registrados em amígdalas. O plagioclásio (An<sub>50-60</sub>) mostra - se zonado e ripiforme, compreendendo tipos estruturais predominantemente vulcânicos e de transição. O piroxenio, em geral, tipo augita, com menor incidência de pigeonita, a primeira na matriz, enquanto a última na fração precoce. Hiperstênio é raro, ocorrendo somente em lavas vítreas, como aquelas de Jaguarão, RS. Nestas últimas, a presença de enclaves gabróicos é abundante, identificando a origem a partir do manto.

**Vulcânicas Ácidas** - Os vulcanitos de filiação ácida variam sua composição de dacitos a riólitos, com ampla dominância de riodacitos. Os tipos mais característicos possuem cor cinza e diaclases sub - horizontais extraordinariamente desenvolvidas, estruturas estas que persistem por dezenas de metros de espessura, constituindo uma das feições de campo mais marcantes. O arranjo cristalino apresenta - se porfírico , constituindo - se de uma pasta subvítrea ou de finíssimos Intercrescimentos complexos de quartzo e feldspato, às vezes micrográficos e esferolíticos, contendo abundantes micrólitos de plagioclásio, com proporções menores de piroxênio e magnetita, enquanto os microfenocristais (0,1 a 0,4 mm) são representados por andesina ( $An_{40-50}$ ;  $An_{50-55}$  nos tipos vítreos) pigeonita escassa. Uma das características desta litologia é a completa ausência de fenocristais de quartzo, cuja ocorrência restringe - se a matriz, o que se relaciona, provavelmente, a uma origem por processos de fusão superficial da crosta. Algumas rochas com filiação ácida destacam - se pelo gigantismo dos fenocristais de plagioclásio, com até 15 mm de comprimento. Tais são os derrames que ocorrem na barragem do rio Passo Fundo, RS, Vargeão e Chapecó, SC e Guarapuava, PR.

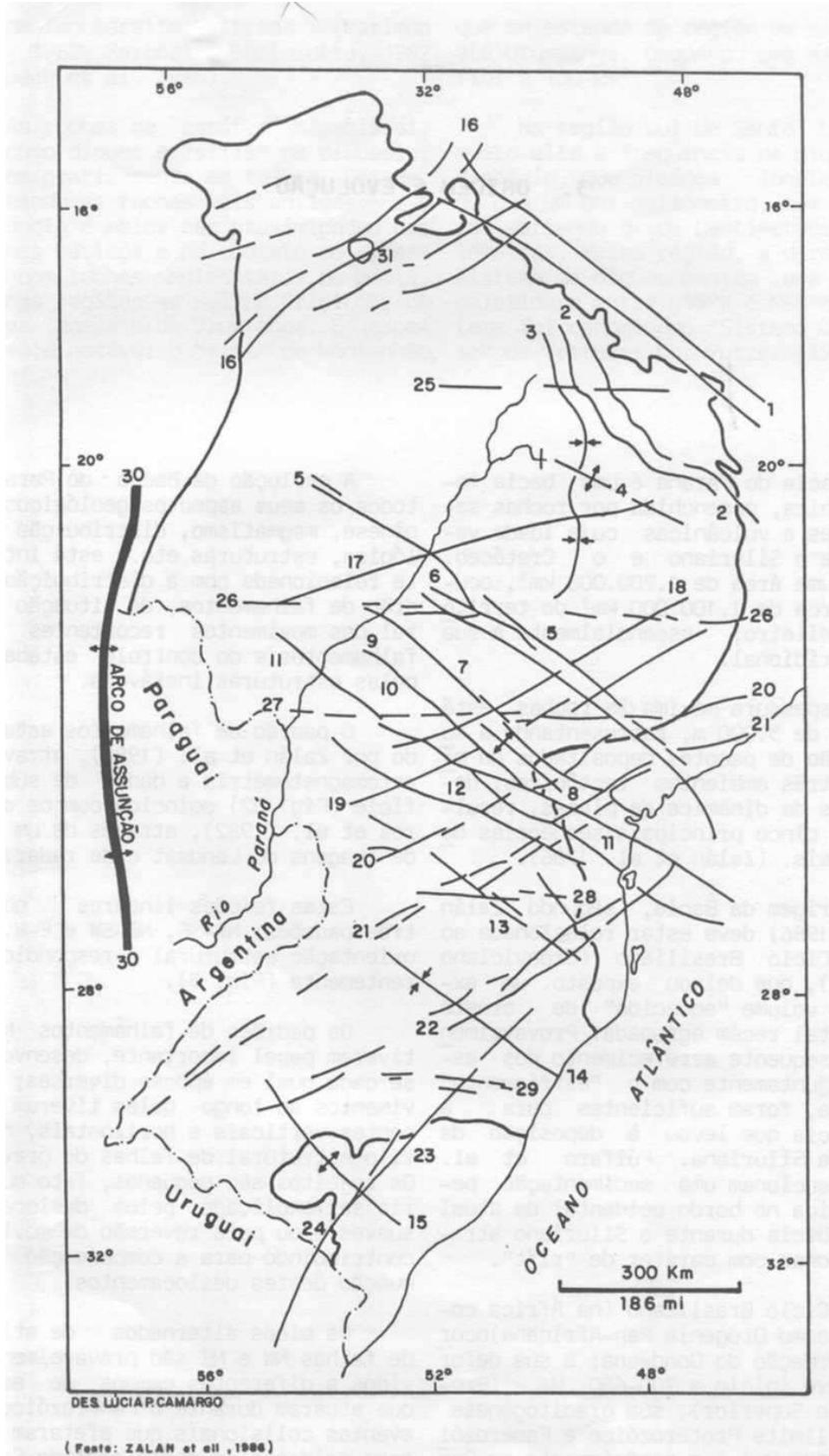
**Vulcânicas Intermediárias** – Este conjunto compreende rochas com natureza e composição transicionais entre os extremos básicos e ácidos, variando entre quartzo - andesitos e quartzo - traquitos, havendo ampla dominância de latitos. O arranjo cristalino é porfírico e não mostra orientações dos indivíduos, enquanto a mineralogia se aproxima das rochas ácidas, com incidência menor de intercrescimentos quartzo - feldspático na matriz, que apresenta abundantes micrólitos de plagioclásio. Enclaves são relativamente freqüentes, consistindo, em sua maioria, de granitos e quartizitos, observando - se todos os estágios de assimilação, desde xenólitos irregulares e grosseiros, até rochas híbridas, inteiramente homogeneizadas. As rochas vulcânicas da Formação Geral mereceram mais de 70 datações geocronológicas no Brasil e no Uruguai levadas a efeito em diversos trabalhos, tanto pelo método Rb-Sr ,como pelo método K-Ar, dando resultados, na grande maioria, consistentes entre si. Os resultados de mais de 60 análises de razões isotópicas  $Sr_{87}/Sr_{86}$  para as rochas vulcânicas da bacia do Paraná permite verificar uma perfeita linearidade dos resultados, quando comparados com  $Rr_{87}/Sr_{86}$  usando - se uma idade média de 120 milhões de anos. As rochas basálticas mostram valores de  $Sr_{87}/Sr_{86}$  variáveis com números compatíveis com fusões a partir do manto superior, com contaminação crustal. As rochas intermediárias apresenta um aparente hibridismo de magmas basálticos contaminados e magmas ácidos.

## 8.2 - Geologia Regional e Estrutural

No contexto da Geologia Regional a UHE Pai Querê pertinente aos Estudos de Viabilidade propostos, estão em domínios exclusivos da Bacia intracratônica do Paraná, a qual é constituída por uma seqüência basal, ou superposição de pacotes de rochas sedimentares, constituindo espessura máxima de até 5.000 m, com idades variando entre o Paleozóico (siluriano) e o Mesozóico (cretáceo), recobertas por uma espessa seqüência de derrames de lavas basálticas de idade juro - cretácea. Destaca - se ainda nesta idade a intrusão da suíte dos corpos alcalinos aflorando em forma de diques e sills expostas num grande domo, ou feição estrutural, desde o Grupo Itararé até a Formação Botucatu. A área afetada pelas rochas alcalinas somam 2.100 Km<sup>2</sup> e está localizado a mais de 700 km da UHE Pai Querê. Os referidos pacotes foram depositados no mínimo em três ambientes tectônicos, decorrentes da dinâmica de placas, resultando em cinco principais

seqüências reposicionais. A origem da Bacia deve estar relacionada ao fim do ciclo brasileiro (ordoviciano superior), que deixou exposto um expressivo volume “aquecido” da crosta continental recém agrupada que com o subsequente arrefecimento dos esforços, juntamente com o “esfriamento” da crosta foram suficientes para a subsidência, criando um arcabouço para a deposição da seqüência siluriana. A evolução da Bacia do Paraná em todos seus aspectos geológicos (diagênese, magmatismo, distribuição faciológica, estruturas etc.) está intimamente relacionada com a distribuição dos falhamentos e do controle estabelecido pelas estruturas instáveis.

As estruturas ou falhamentos, ou mesmo feições lineares obedecem três padrões: NW-SE . NE-SW e E-W conforme pode ser observado na figura 01 adiante exposta e devidamente legendada.



**Legenda:**

Figura 01 – Mapa do arcabouço estrutural da Bacia do Paraná.

A bacia é denominada por elementos tectônicos lineares que se orientam em três direções principais: NW-SE, NE-SW e E-W.

Apenas os mais importantes são mostrados aqui:

Com direção NW:

- 1 - arco do Alto Paraíba ;
- 2 - flexura de Goiânia;
- 3 - baixo de Ipiaçu/Campina Verde;
- 4 - alto de Cardoso;
- 5 - zona de falha de Guapiara;
- 6 - falha de Santo Anastácio;
- 7 - falha de São Jerônimo/Curiúva;
- 8 - arco de Ponta Grossa;
- 9 - zona de falha Curitiba/Maringá;
- 10 -falha do Rio Alonzo;
- 11 - zona de Falha Cândido de Abreu/Campo Mourão;
- 12 -lineamento do Rio Piriqui;
- 13 -zona de Falha Caçador;
- 14 -sinclinal de Torres;
- 15 -arco do Rio Grande.

Com direção NE:

- 16 - zona de falha Transbrasiliano (também conhecido por lineamento Transbrasiliano);
- 17 - lineamento de Araçatuba;
- 18 - falha de Guaxupé
- 19 - falha de Jacutinga;
- 20 - zona de falha Taxaquara;
- 21 - zona de falha Lancinha/Cubatão;

22 - zona de falha Blumenau/Soledade;

23 - falha de Leão;

24 - falha de Açotea.

Com direção E-W:

25 - lineamento de Cassilândia;

26 - lineamento Moji-Guaçu/Dourados;

27 - lineamento de São Sebastião;

28 - lineamento de Taquara Verde;

29 - lineamento de Bento Gonçalves.

A única estrutura importante com direção N - S é o arco de Assunção (30).

O domo de Araguainha (31) é o maior astroblema conhecido do mundo.

Um breve e resumido comentário sobre esta figura permite enumerar as seguintes considerações:

- a - As feições lineares com direção NW promoveram o condicionamento de milhares de corpos ígneos intrusivos e a extrusão dos derrames e lavas, sendo típicas a ocorrência de grandes diques e deformações associadas. Estas falhas foram fortemente reativadas durante o fraturamento juro - cretáceo do Gondwana, que foi o mais forte da bacia. Além da reativação destas falhas criaram - se várias outra falhas paralelas a esta direção, promovendo o condicionamento de corpos ígneos intrusivos e o derrame mais volumoso de lavas basálticas e ácidas, além do complexo desenvolvimento do Arco de Ponta Grossa.
- b - As feições lineares com direção NE são constituídas ou por uma única falha, ou por uma zona de falhas retilíneas. Há ausência de diques e de suas deformações associadas.
- c - As feições lineares E - W tiveram seu desenvolvimento a partir do Triássico. Esta idade, aliada ao paralelismo com as zonas de fraturas oceânicas, sugerem uma ligação com o desenvolvimento do Atlântico .

### **8.3 - Estratigrafia**

A estratigrafia da bacia sedimentar do Paraná merece destaque uma vez que o empreendimento relacionado à viabilidade de Pai Querê se processa exclusivamente no domínio desta bacia e principalmente sobre os domínio do complexo ou pacotes sedimentares da Bacia do Paraná, traduzido em Grupos, formações e unidades conforme abaixo resumidamente descritos a seguir, de sua base para o seu topo.

Os sedimentos desta Bacia foram depositados sobre uma vasta área do escudo do então recém constituído continente Gowduana, composto de vários núcleos cratônicos. O embasamento aflorante que bordeja a Bacia do Paraná no Estado de Santa Catarina, está discriminado em três blocos distintos, de idade arqueana a proterozóica inferior, sendo o complexo granulítico de Santa Catarina, ao norte. O complexo Tabuleiro ao sul, composto de faixas granito - gnaissicas e núcleos migmatíticos e o complexo de Busque. O grupo Itajaí, de idade Mesoproterozóica a Eopaleozóica, representado por um conjunto de associações vulcano - sedimentares das coberturas sub - horizontais de plataforma, constituindo - se sob forma de bacias isoladas (Itajaí, Queçaba e Campo Alegre) sobre os complexos anteriormente descritos.

Super Grupo Tubarão – Sob a denominação de “Série do rio Tubarão” inclui os arenitos amarelos e folhelhos e arenitos Rio Bonito, com camadas de carvão e restos da flora *Glossopteris* e o folhelho Palermo. Esta seria uma denominação mais antiga. O Super grupo Tubarão foi subdividido em Grupo Itararé e Grupo Guará.

Grupo Itararé - Esta unidade litoestratigráfica compreende um pacote sedimentar caracterizado por rochas originadas em um ambiente glacial periglacial que estendeu-se do Carbonífero Superior ao Permiano Médio. Tal Grupo foi subdividido em quatro formações: Campo do Tenente, Mafra, Rio do Sul e Aquidauana. Em Santa Catarina, ocorrem somente as três primeiras. A designação Formação Aquidauana é restrita aos estados de Mato Grosso, Goiás e nordeste de São Paulo. A espessura do Grupo Itararé diminui do norte para o sul da Bacia do Paraná, apresentando ocorrência muito limitada a partir do sul de Santa Catarina.

Formação Campo do Tenente – É constituída principalmente por pelitos de cor castanho avermelhada tendo eventualmente laminação plano paralela e desenvolvimento de certa fissilidade. Secundariamente ocorrem ritimitos e diamictitos com matriz arenosa intercalados nos pelitos. Na porção basal ocorre, em alguns locais, uma seqüência de arenitos finos e médios, amarelados e avermelhados, mal selecionados, com estratificação plano - paralela e cruzada acanalada. Em superfície sua maior espessura constatada foi 200 m nas regiões de Campo Tenente e Lapa, no Paraná . Em sub-superfície sua distribuição não é bem conhecida, porém tem sido constatada em várias sondagens realizadas no Estado e alhures.

Em relação aos contatos desta unidade, observações de campo indicam que em geral são abruptos e mesmo erosivos na maioria das exposições conhecidas. A natureza do contato superior, com a Formação Mafra, não se encontra claramente definida, sendo considerada como discordante por alguns autores. Quanto a idade, os sedimentos da Formação Campo do Tenente situam - se no Carbonífero Superior.

Formação Mafra - É constituída por arenitos de coloração esbranquiçada, amarela e vermelha. A granulometria é bastante variada, ocorrendo desde arenitos finos, bem selecionados, com estratificação plano - paralela, com espessos bancos, até arenitos médios e grosseiros com estratificação cruzada acanalada. Secundariamente são encontrados diamictitos, conglomerados, ritmitos, argilitos e argilitos várvicos. Os diamictitos apresentam matriz arenosa e argilosa. A influencia glacial na deposição da Formação Mafra foi sugerida pela presença de diamictitos sendo sua idade Permiana Inferior.

Formação Rio do Sul – Esta Formação pertencem a parte basal da Formação Rio Bonito (estratigraficamente superior) e é composta de sedimentos essencialmente argilosos ocorrentes no terço superior do Grupo Itararé nas vizinhanças da cidade de Rio do Sul, no centro leste de Santa Catarina .O contato inferior da Formação Rio do Sul com a Formação Mafra, é concordante, da mesma forma que o superior, com a Formação Rio Bonito. A ocorrência de ritmitos, diamictitos e arenitos é relativamente abundante em consequência do transporte de massa para dentro da Bacia, através de geleiras. A Formação Rio do Sul está situada no Permiano Médio.

Grupo Guatá – É constituído por siltitos cinza esverdeados bioturbados e por arenitos com intercalações de camadas de carvão e folhelhos carbonosos. Este termo foi proposto para designar os siltitos e arenitos aflorantes na imediações das cidades de Guatá, Santa Catarina englobando as Formações Rio Bonito e Formação Palermo.

Formação Rio Bonito - Compreende um pacote sedimentar, depositado sobre o Grupo Itararé, constituído de uma seção basal arenosa, uma média, essencialmente argilosa e uma superior, areno - argilosa, contendo os principais leitos de carvão explorados da bacia do Paraná. As maiores espessuras desta formação são encontradas nas proximidades de Santa Catarina ao sul do Paraná. A máxima espessura encontrada em sondagem foi 269 m em Barra Nova, SC.

Formação Palermo - Pode ser considerada como eminentemente pelítica, sendo constituída de siltitos arenosos, siltitos e folhelhos silticos com intercalações delgadas e interlaminações de arenitos quartzosos muito finos. As cores predominantes são cinza - escuro, médio e claro, mais raramente cinza esverdeado. Matéria orgânica encontra - se principalmente nos horizontes de granulometria mais fina. O termo Palermo foi utilizado para definir a seqüência de pelitos arenosos aflorantes na região meridional de Santa Catarina. A espessura, muito regular em superfície, é da ordem de 100 m, não ultrapassando em 300 metros em subsuperfície.

Grupo Passa Dois – A denominação Passa Dois é compreendida pela Formações Iratí, Serra Alta e Terezina.

Formação Iratí - Tida para nomear folhelhos pretos com restos do réptil Mesosaurus brasilienses que ocorrem persistentemente desde São Paulo, Paraná e Santa Catarina até o Rio Grande do Sul . Em Santa Catarina a formação costuma ser dividida em dois Membros: Taquaral e Assistência . O Membro Taquaral consiste de siltitos e folhelhos cinza - escuros, eventualmente cinza claros e azulados, com desagregação conchoidal. Sua espessura raramente é superior a 20 metros. A designação Membro Assistência é empregada para o pacote de folhelhos cinza escuros que intercala, em geral, duas camadas de folhelhos pretos, pirobetuminosos, associados a horizontes de calcários creme e cinza - escuros, dolomíticos, silicificados em superfície, sendo característica em Santa Catarina e São Paulo a formação de nódulos de sílex. Os contatos com a Formação Iratí, superior e inferior, são concordantes com as Formações Serra Alta e Palermo, da mesma forma que é concordante o contato entre os Membros Taquaral e Serra Alta.

Formação Serra Alta - Compreende uma seqüência de folhelhos, argilitos e siltitos cinza escuros a pretos, com fratura conchoidal, situado acima da camada superior de folhelho

betuminoso da Formação Iratí. Sua ocorrência em Santa Catarina é extensiva à praticamente toda a faixa de afloramentos Gowduânicos, desaparecendo apenas na região sul. A espessura média da formação, em afloramentos, é da ordem de 85 m, apresentando um máximo de cerca de 120 m em subsuperfície.

Formação Terezina - Formada por argilitos cinza escuros a esverdeados ritmicamente intercalados com siltitos cinza escuros, róseos a avermelhados quando alterados, entremeando camadas ou lentes de calcários, as vezes o olíticas e silicificado. A laminação flaser é característica desta formação, com alternância de folhelhos escuros com siltitos e arenitos muito finos, além da laminação ondulada, microlaminação cruzada, fendas de contração, marcas ondulares e diques de arenitos. Em afloramento, as melhores exposições estão nas rodovias Rio do Sul – Ponte Alta e Mafra – Santa Cecília e ao sul de Petrolândia. Suas espessuras alcançam de 600 a 650 m no centro da Bacia e em afloramentos são da ordem de 193 m em Petrolândia e 240 m no trecho rodoviário entre Monte Castelo e a Serra do Espigão, na região norte do Estado. Os contatos inferior e superior verificam - se de maneira concordante , respectivamente com as Formações Serra Alta e Rio do Rastro.

Formação Rio do Rastro - Sendo no conceito atual subdividida nos Membros Serrinha inferior e Morro Pelado, superior. A seqüência deposicional da Formação Rio do Rastro, a deduzir - se pela coloração de seus sedimentos, revela uma condição progressivamente mais oxidante do ambiente de sedimentação, com a passagem das condições de deposição de subaquática para francamente subaérea. A relação de contato inferior é concordante e transacional em relação a Formação Terezina; o contato superior é tido como discordante (desconformidade) com a Formação Botucatu. A sua expressão em afloramentos é notável no estado de Santa Catarina, especialmente no norte , onde junto a divisa com o Paraná alcança amplitude superior a 50 Km. Daí para o sul a faixa estreita - se progressivamente até a região central, na altura de Serra Geral onde forma escarpas em conjunto com as rochas do Grupo São Bento, para novamente ampliar - se de maneira impressionante na área de influencia das intrusões alcalinas de Lages.

Grupo São Bento - Na coluna do mapa geológico do Estado, o Grupo São Bento está caracterizado pelas Formações Botucatu e Serra Geral, além das intrusões de diabásio . A Formação Pirambóia aparece como unidade independente , interposta entre o Grupo Passa Dois e o São Bento. Devido a fraca expressão desta unidade Pirambóia em Santa Catarina, a mesma está incluída na Formação Botucatu, constituindo sua parte inferior.

Formação Botucatu - Está exposta em Santa Catarina numa faixa estreita e continua, seguindo o contorno da escarpa basáltica da Serra Geral. Na faixa de afloramento apresenta espessura média de 50 m e raramente ultrapassa os 100 m e em sondagens chega alcançar 200 m. Sua presença é marcante em afloramento, em vista do porte das suas estruturas. As características litoestrututrais da Formação indicam deposição eólica em ambiente desértico, cuja existência se prolongou até o advento do mecanismo de extrusão basáltica. O contato inferior da Formação em Santa Catarina é discordante, da mesma forma que o superior, com a Formação Serra Geral.

Formação Serra Geral - Constituída essencialmente por uma seqüência vulcânica que inclui rochas de composição básica até ácida. Os derrames de lavas da Formação Serra Geral, abrangem vários estados do território nacional e em relação ao estado de Santa

Catarina, a área recoberta por este evento vulcânico chega a 52% do seu território. O contato inferior da Formação Serra Geral é tido por alguns como discordantes com os arenitos eólicos da Formação Botucatu e tido também por alguns autores como interdigitado. Na região do Planalto Catarinense propriamente dito, as lavas basálticas toleíticas alcançam altitudes médias de 850 metros, com o relevo mergulhando suavemente para oeste. Na borda leste, as altitudes chegam a 1500 metros e ultrapassam esta cota em algumas partes. A seqüência básica de ocorrência predominantemente na maior parte do Planalto de Santa Catarina é constituída por basaltos, andesitos e basaltos vítreos. Estas rochas, quando frescas, apresentam coloração que vai de cinza escuro ao negro, com tonalidades esverdeadas. Quando alteradas apresentam geralmente cores em tons castanho – avermelhado. Os sucessivos derrames básicos mostram um característico zoneamento. A partir da base para o topo ocorrem as seguintes zonas: zona vítrea, zona de fraturamento horizontal, zona de fraturamento vertical e zona de amigdalóide. A Seqüência Intermediária ocorre na região centro oeste nas proximidades de Chapecó, Irani e Vargeão. Nos derrames de caracter Intermediário a coloração das rochas adquire tons cinzas castanhos, textura porfirítica, com presença de fenocristais de plagioclásio e piroxênio. São classificados como tranquiandesitos porfiríticos. Já a Seqüência Ácida ocorre preferencialmente na região sudeste do Planalto, ao longo do trecho Lages - Vacaria da BR – 116, já próximo com a divisa com o Rio Grande do Sul e nas cercanias de São Joaquim. As rochas tem coloração cinza, variando os tons desde claros até acastanhados, possuem textura afanítica e granulação fina. São classificados como riolitos, riolitos - felsíticos com fenobasaltos - vítreos. As rochas de caracter hipabissal, tais como diques e “sills” de diabásio, ocorrem praticamente em todo o Estado, recortando as rochas mais antigas. A ocorrência maior é nas proximidades dos derrames básicos e no contato do embasamento com rochas sedimentares da bacia, como nas regiões do sul de Criciúma, de Nova Veneza e de Urussanga. É especialmente notável o “sill” do Montanhão, que se estende da região de Siderópolis até Urussanga, ocupando área superior a 100 Km<sup>2</sup>. Na região sul de Santa Catarina é muito alta a freqüência de diques de diabásio, que alcança localmente valores variáveis entre poucos centímetros, até 1.000 m. Nesta região, a direção do sistema de diques mantém uma grande regularidade entre N 45 W e N 60 W. Este sistema foi denominado “Sistema Catarinense” de fraturas.

Rochas alcalinas - ocorrem forma de intrusões em torno da Bacia do Paraná. No estado de Santa Catarina merecem atenção especial os corpos alcalinos de Lajes, Anitópolis e Quarenta. A presença destes corpos é evidenciada pela disposição concêntrica dos afloramentos de rochas gondwânicas, a partir dos derrames basálticos e dos arenitos da Formação Botucatu, que cercam a região pelos quadrantes norte, oeste e sul, culminando numa porção central em que as rochas do Grupo Itararé afloram ao nível dos próprios derrames basálticos.

Cenozóico de Santa Catarina – Os diversos tipos de depósitos quaternários encontrados no estado de Santa Catarina podem ser subdivididos em continentais, transacionais e marinhos.

## **8.4 - Geomorfologia**

Na região sul, conforme consta o mapa geomorfológico anexo podem ser identificados quatro domínios morfoestruturais, cinco subdomínios morfoestruturais e 13 unidades de relevo.

Os quatro domínios morfoestruturais são identificados como:

1. Depósitos Sedimentares Quaternários, tendo dentro deste domínio os subdomínios morfoestruturais denominados de Depósitos Sedimentares Litorâneos e Depósitos Sedimentares Interioranos. Dentro deste citado subdomínio ocorre as unidades de relevo denominadas, Planície Gaúcha, Planície Descontínuas, Planície do Rio Paraná e Planícies dos Rios Jacuí - Ibicuí.
2. Bacias e Coberturas Sedimentares, tendo dentro deste domínio os subdomínios morfoestruturais denominados de Bacia Sedimentar do Paraná e seus Depósitos Sedimentares. Dentro deste citado subdomínio ocorre as unidades de relevo denominadas, Depressões Periféricas da Bacia do Paraná, Patamares da Bacia do Paraná, Planalto Central da Bacia do Paraná, Planalto das Araucárias e Planalto da Campanha Gaúcha.
3. Faixas de dobramento, tendo dentro deste domínio os subdomínios morfoestruturais das faixas de Dobramentos do Sul. Dentro deste citado subdomínio ocorre as unidades de relevo denominadas, Planalto Dissecado de Paranapiacaba e Escarpas e Reversos da Serra do Mar.
4. Embasamentos em Estilos Complexos, tendo dentro deste domínio os subdomínios dos Embasamentos do Sul. Dentro deste citado subdomínio ocorre as unidades de relevo das Serras do Leste Catarinense e Planalto Sul - Rio - Grandense.

### **8.4.1 - Geomorfologia do Local do Aproveitamento**

A UHE Pai Querê está inserida no domínio morfoestrutural das bacias e coberturas sedimentares e no subdomínio morfoestrutural das Bacias e Depósitos Sedimentares do Paraná e mais precisamente na unidade do Planalto das Araucárias.

Na região sul, o Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares corresponde a um único subdomínio morfoestrutural representado pela Bacia e Coberturas Sedimentares do Paraná. Este subdomínio configura uma entidade morfoestrutural responsável, em grande parte, pelos arranjos de relevo ocorrentes na Região Sul.

Sob o ponto de vista geomorfológico, corresponde esta entidade a um vastíssimo planalto monoclinial, inclinado para oeste em consequência do mergulho das rochas da Província do Paraná, que em sua parte oriental, apresentam tal sentido. Esse fato faz as cotas altimétricas variarem de 1.200 m, na parte leste, para menos de 150 m nas porções mais ocidentais do subdomínio.

A denominação genérica de planalto dada a superfície encerra algumas diferenças nas feições geomorfológicas existentes, sendo encontradas tanto áreas intensamente dissecadas quanto fracamente dissecadas, bem como extensas áreas planas.

A presença de litologias de resistências diferentes gerou, neste subdomínio, duas linhas de escarpas que, em alguns trechos, constituem cuestras. A primeira, mais oriental ocorre no contato da bacia sedimentar com o Subdomínio Morfoestrutural das Faixas de Dobramentos do Sul, aqui denominada de *cuesta* da Serrinha; a segunda linha de escarpa ocorre mais ao oeste, no contato da fase sedimentar da bacia com rochas efusivas, sendo regionalmente conhecida como Serra Geral.

As duas linhas de escarpas, associadas à inclinação da superfície planáltica para oeste, condicionam, em parte, a organização regional da drenagem, sendo que os principais rios que drenam a área, como Canoas, Iguazu, Tibagi e o Ivaí, são cataclinais, bem como como o Uruguai e o Pelotas que são rios cataclinais de reverso; ao cruzarem as escarpas a maioria desses rios elaboraram profundas gargantas de superimposição. O Iguazu é o único rio que corta as duas linhas de escarpas.

Quanto a unidade de relevo Planalto das Araucárias, onde se inserem os aproveitamentos acima assinalados, é entendido que tal unidade engloba uma vasta área de Região Sul abrangendo terras pertencentes ao estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Este planalto se desenvolve desde a escarpa modelada em litologias do Grupo São Bento, a leste, até os limites internacionais com o Paraguai e Argentina, a oeste. Para o norte, estreita - se, consideravelmente, estendendo - se até próximo a fronteira com o estado de São Paulo; para o sul, onde atinge sua maior largura, tem seus limites meridionais localizados nas proximidades das planícies de Jacuí - Ibicuí, sendo a unidade de relevo que possui a maior área da Região Sul, com 201 092 Km<sup>2</sup>. Toda esta área originalmente foi recoberta pela Araucária (pinheiro do Paraná), essa é a formação mais característica do planalto.

As características geomorfológicas encontradas nesse vastíssimo planalto são, em função das diferenciações litológicas, heterogêneas.

As diferenciações dizem respeito, principalmente, à Formação Serra Geral, que constitui o substrato litológico fundamental, bem como à cobertura de arenitos cenozóicos que ocorre em sua porção sudeste (Formação Tupanciretã).

A Formação Serra Geral é constituída por uma seqüência espessa de rochas vulcânicas predominante básicas, mas que contém, também, termos ácidos, mais abundantes na porção superior dos derrames.

Essa diferenciação entre efusivas básicas e ácidas corresponde, geralmente, a variações nos tipos de modelados existentes, que vão desde áreas planas mais ou menos conservadas até setores onde a dissecação, comandada pelos principais cursos de drenagem, propiciou a formação de relevo intensamente fragmentado.

As áreas mais conservadas correspondem aos topos regionais e pertencem a restos de uma superfície de aplainamento já tendo inclusive, sofrido remanejamento posterior à elaboração da superfície à qual pertenciam.

Sua distribuição espacial é feita em blocos de relevos isolados por áreas intensamente dissecadas, sendo sua ocorrência mais freqüente no setor oriental da unidade.

A fragmentação em blocos parece estar ligada a uma mudança no sistema morfogênético.

Essas áreas planas, conservadas, constituem os topos regionais e correspondem geralmente, às áreas de ocorrência das rochas efusivas ácidas, sendo conhecidas regionalmente com o nome de Campos Gerais.

Nas áreas onde ocorrem as rochas efusivas básicas as características do relevo quase sempre se alteram. A exceção dentro desse quadro geral de correspondência entre o tipo de rocha vulcânica e o modelado de relevo ocorre no oeste do Paraná, na área compreendida pelos Municípios de Cascavel, Medianeira, Toledo e Foz do Iguaçu, onde a presença de espessa cobertura latossólica imprime uma característica própria ao modelado, que se apresenta muito pouco dissecado. O modelado de colinas com pequena amplitude altimétrica que acompanha os eixos da drenagem, associado aos solos férteis, propiciou um desenvolvimento extraordinário da agricultura, que ocupa, praticamente, todos os espaços disponíveis com culturas temporárias como o milho e a soja, principalmente.

Nas demais áreas onde ocorrem as rochas efusivas básicas o relevo apresenta - se profundamente dissecado, com vales profundos e encostas em patamares. Esses setores contornam os topos regionais, isolando - os em blocos.

As cotas altimétricas mais elevadas do Planalto das Araucárias ocorrem em sua parte leste, ultrapassando 1 200 m próximo à escarpa conhecida como Serra Geral (cuesta da Serra Geral).

Em alguns pontos registram - se cotas altimétricas superiores a 1.500 m, com a presença de relevos residuais acima de 1.800 m, como o Morro da Igreja, com 1 822 m de altitude, localizado próximo a São Joaquim (SC).

A cuesta da Serra Geral, que faz o contanto dessa unidade com aquelas localizadas a leste, apresenta um desnível médio de 400 m, aparecendo em quase toda a borda oriental do planalto.

Na porção oeste, as cotas decaem gradativamente em direção à parte central da Bacia Sedimentar do Paraná, atingindo, no máximo, 300 m. Esse caimento topográfico generalizado está diretamente relacionado ao mergulho das camadas da bacia sedimentar, caracterizando o relevo da unidade como um planalto monoclinal.

Além deste comportamento generalizado da topografia, é importante observar, também, a variação da altimetria em função do aprofundamento da drenagem dos rios principais, como o Iguaçu e o Uruguai. Esses rios apresentam seus vales encaixados em vários trechos com desníveis entre as partes interviais e o fundo do vale acentuados em função da potência e do gradiente do rio. Em muitos casos, esse desnível ultrapassa 400 m.

Igualmente importante para a compreensão da topografia desse planalto, são os desníveis existentes nos contatos entre as áreas conservadas e as áreas dissecadas

que, em muitos setores, é marcado por forte ruptura de declive. Essa ruptura não se apresenta com um desnível único, mas em degrau, formando patamares.

Os fatores estruturais determinados pelas seqüências de derrames das rochas efusivas, que se individualizam morfológica e petrográficamente, possibilitaram a formação das áreas de relevo intensamente dissecado. Essas áreas são cortadas por sulcos e vales profundos, sendo que a forma do vale é variável, ora se apresenta em “V” aberto, ora em “V” bem estreito, quase sempre com patamares nas vertentes.

A forma fundamental dessas áreas de alta energia do relevo é dada por um interflúvio estreito, de topo plano ou levemente convexizado, interrompido por uma vertente de forte declividade que se caracteriza, às vezes, como uma escarpa. Ao longo das vertentes que exibem, quase sempre, profundas ravinas, ocorrem patamares que, de acordo com o encaixamento dos vales, podem ter de um até quatro níveis.

Os patamares são resultantes da diferenciação dos derrames e da variação interna dos mesmos, alguns deles parecem se relacionar, também, a níveis locais de aplanamento.

Nas áreas mais elevadas, que correspondem aos topos regionais, o relevo é pouco dissecado, com pequenos desníveis e drenagem pouco dissecado ou plano dessas áreas de cimeira associado, em alguns setores, a latossolos permitiu a instalação de uma agricultura mecanizada, esse fato tem acelerado os processos erosivos ligados ao escoamento superficial, o que é evidenciado pela formação de sulcos e ravinas nas encostas cultivadas.

A fragmentação da superfície de aplanamento da qual faziam parte esses topos regionais configura - se por áreas com sucessões de colinas de vertentes longas e regulares isoladas entre si por amplos valos de fundo chato. Os topos das colinas são normalmente planos, observando - se rupturas de declive nas encostas.

No extremo sudoeste do Planalto das Araucárias, na área correspondente ao Planalto das Missões. (Justus, Machado e Franco, 1986), o modelado é de colinas e lombas esbatidas e alongadas no sentido dos eixos da drenagem. Regionalmente, as lombas e as colinas são conhecidas com o nome de coxilhas, constituindo uma característica bastante conspícua da área.

A cobertura do arenito Tupanciretã sobre as rochas efusivas da Formação Serra Geral, principalmente nos topos das colinas, acarreta graves problemas erosivos, devido à alta friabilidade do arenito.

Os fenômenos se evidenciam por sulcos, ravinas e vassorocas que ocorrem tanto nas vertentes como nas nascentes.

A formação de áreas semelhantes às *bad-lands* nesse setor do Planalto das Araucárias é favorecida pela atuação dos processos morfogenéticos dominantes e pela litologia arenítica da Formação Tupanciretã.

Os diversos blocos de relevo correspondentes aos topos regionais funcionam como divisores de drenagem para as bacias dos rios Iguaçu, Piquirí, Uruguai, Jacuí, Itajaí - Açú e parte da bacia do Ivaí.

As características principais da drenagem do Planalto das Araucárias são fornecidas pelas bacias dos rios Iguaçu e Uruguai, os rios pertencentes a estas bacias na área desse planalto são, em sua grande maioria, rios cataclinais. Eles apresentam o curso sinuoso, vales encaixados com patamares nas encostas, desenvolvendo seus cursos em áreas de fraqueza das rochas efusivas, representadas pelo intenso fraturamento e pela disjunção e seqüência dos derrames.

O controle estrutural, ao qual está submetida a rede de drenagem, é evidenciado pela retilinização de segmentos dos rios, pelas inflexões bruscas e pela ocorrência generalizada de lajedos, corredeiras, saltos, quedas e ilhas.

A gênese das quedas de água existentes, que conferem aos rios desse planalto um potencial hidroelétrico excepcional, em grande parte já aproveitado, esta relacionada à variação da textura e ao diaclasamento do pacote vulcânico.

De todas as quedas de água existentes, as Cataratas do Iguaçu, localizadas no baixo curso do rio de mesmo nome, são as de maior beleza e magnitude. Conhecidas internacionalmente, constituem uma atração turística da cidade de Foz de Iguaçu, localizada 20 km a noroeste das quedas.

As *dales* constituem outra características singular da drenagem deste planalto, configuram pequenas depressões rasas de formas variadas que retêm água durante longos períodos e funcionam as vezes, como nascentes de rios. Elas ocorrem tanto nos modelados de aplanamento como nos de dissecação, em posição interfluvial ou separando colinas.

## **8.5 - Aspectos Geológico - Geotécnicos da UHE Pai Querê**

### **8.5.1 - Dados Geológico – Geotécnicos Existentes**

Como subsidio dos estudos atuais, foram utilizados os seguintes materiais abaixo relacionados :

- Mapa geológico do Rio Grande do Sul, escala 1 : 1.000.000, executado pelo DNPM
- Compilação do Mapa Geológico de Santa Catarina, escala 1 : 500.000, executado pelo Governo de Santa Catarina .
- Mapa Geomorfológico do IBGE - 1990 - Geografia do Brasil - Volume 2 - Região Sul.
- Mosaico semi controlado de radar do RADAMBRASIL, na escala 1 : 250.000
- Fotos aéreas escala 1 : 10.000 da Aeromapa S/A.
- Geologia do Brasil - 1984 - Texto explicativo do mapa geológico do Brasil na escala 1 : 2.500.000.

### 8.5.2 - Levantamentos Geológico - Geotécnicos Executados

As investigações geológicas - geotécnicas, abrangendo a área do aproveitamento, foram orientadas para caracterização e avaliação das principais feições geológico - geotécnicas da fundação e dos materiais naturais de construção, com a finalidade precípua de subsidiar o pré - dimensionamento e orçamento das estruturas, a nível de viabilidade.

Na presente etapa foram realizados análise de foto - interpretação de fotos aéreas e de mosaico semi controlado de radar, que nortearam os caminhamentos de campo. Com base nas observações efetuadas, elaborou - se um programa de sondagens rotativas, contemplando alternativas de posicionamento do barramento e do sistema de adução e geração .

O referido programa levado a termo no período de fevereiro a abril de 2001, consistiu em 10 sondagens mecânicas com diâmetros  $H_W$  e  $N_W$ , num total de 505 m de perfuração, conforme apresentado nos desenhos de projeto.

No que se refere os materiais naturais de construção, na presente etapa não foram efetuadas pesquisas específicas. Fontes naturais de agregados miúdo são escassas no local, prevendo - se o uso de areia artificial. Quanto ao solo, prevê - se o aproveitamento dos materiais provenientes das escavações comuns e obrigatórias e também aproveitamento de materiais da ombreira esquerda localizado nas laterais do caminho de acesso ao eixo da barragem.

### 8.5.3 - Geologia Local

#### Estratigrafia e litologia local

A área abrangendo a barragem, vertedouro e circuito de adução encontra - se inserida no domínio dos derrames basálticos da Formação Serra Geral, conforme detalhadamente descrito anteriormente. A área encontra - se recortada por lineamentos estruturais, conforme pode ser observado no mapa geológico anexo, na escala 1:500.000. A jusante do eixo da barragem, aproximadamente 100 m o rio sofre uma abrupta inflexão para direita, reflexo de um rio Pelotas encaixado por condicionantes estruturais, o que é muito comum na Bacia do Paraná. O direcionamento de tais estruturas (macrofraturas - falhas) foram comentados no item geologia estrutural e são predominantemente NW-SE e NE-SW.

As investigações realizadas detectaram uma sucessão de 13 derrames de lavas e 01 sub - derrame , denominados seqüencialmente A a N, a partir da elevação 810 m até a elevação 610 m, aproximadamente, dispostos sub - horizontalmente com mergulhos aparentes da ordem de 0,5 graus para jusante (quadrante oeste).

A maioria dos derrames basálticos, de forma bastante resumida se caracteriza na parte inferior e central por um basalto denso, com poucas vesículas na base do derrame e uma zona de basalto vesículo - amigdaloidal na porção superior, tendo por cima uma camada de brecha basáltica constituída por fragmentos de basaltos variados envolvidos e cimentados por minerais secundários ou por materiais silto - arenosos no topo. O basalto vesicular da base e a brecha do topo estão ausentes em alguns derrames.

Os contatos entre derrames sempre é uma feição de descontinuidade, uma vez que se trata de uma nova fase de lava líquida e ou pastosa inconsolidada sendo depositada sobre um derrame (lava consolidada) já existente. Os contatos poderão ter os mais diferentes tipos interação rocha a rocha, influenciando na adoção de parâmetros de coesão e ângulo de atrito do maciço rochoso. Neste caso, os boletins individuais de sondagens apresentam as características destes contatos.

A seguir são apresentadas as espessuras aproximadas desses derrames acima referidos:

Derrame / Sub -Derrame	Espessura Aprox. (m)	Observações
A	14	Rocha basalto – riodacito – solo de alteração e blocos de rocha
B	13	
C	18	
D	07	
E	12	4 m de brecha basáltica
F	27	2 m de brecha basáltica
G	5 e 8	2 m de brecha basáltica
H	19	10 m de brecha basáltica
J	18	3 m de brecha basáltica e fratura / junta preenchida a 33 m de profundidade na SM - 02
K	14 a 17	3 m de brecha basáltica junta falha a 33,69 m
L	35	
'L'	7,0	Sub - Derrame da Margem Esquerda
M	10	
N	Superior a 10	5 m de brecha basáltica

A partir do quadro acima e das seções geológico - geotécnicas apresentadas nos desenhos de projeto, pode ser observado variações nas espessuras dos derrames e camadas espessas de brechas basálticas. Nesta fase de estudo a presença de 01 sub - derrame de 7,0 m de espessura, denominado 'L' .

A presença da brecha, assim como a espessura desta camada, tem caracter independente da espessura do derrame, sendo então totalmente aleatória, muito embora quase sempre ocorrendo num mesmo patamar topográfico, a semelhança de uma camada guia ou de referencia do derrame.

A definição dos derrames foram perfeitamente delineadas de acordo com critérios tradicionais, qual seja presença de brecha no topo do derrame e ou a presença de vesículo - amigdaloidal na base do derrame do basalto denso do derrame superior. Dentro de toda esta configuração delineada, os derrames seqüenciais representa um

condicionante geológico - geotécnico importante no detalhamento da alternativa de arranjo selecionado.

#### 8.5.4 - Aspectos Geológico - Geotécnicos Locais

A campanha de investigações de campo realizadas permitiram a caracterização geológico - geotécnica a nível de viabilidade do maciço a ser escavado e das fundações da barragem definida.

O capeamento de solo na ombreira esquerda revela - se pouco espesso em torno de no máximo 3,00 m, estando intercalado com solo coluvionar argiloso com fragmentos de rocha e coloração avermelhada. A passagem para rocha basáltica normalmente é brusca, praticamente inexistindo uma transição entre solo e rocha.

O maciço rochoso próximo a superfície de contato entre o capeamento e a rocha conforme a SM 01, SM 02 e SR 03, apresenta rocha fraturada entre 3 a 8,50 m de profundidade, respectivamente, e com permeabilidade variando de baixa, moderada (H 3) até muito alta (H 5) neste intervalo.

No interior do maciço rochoso os ensaios de condutividade hidráulica não se revelaram altos. Especificamente, na SM02 a 33 m de profundidade foi detectado na sondagem uma fratura/junta aberta, porém sem perda de água excessiva. Esta feição aqui indicada, deverá ser objeto de investigações numa fase posterior de estudos.

Os contatos entre derrames, em sua maioria, foram localizadamente interpretados como selados, porém com a ressalva no sentido de que estes contatos são planos potenciais de descontinuidades, e que poderão ser consideradas nos cálculos de estabilidade das estruturas de concreto.

O capeamento de solo na ombreira direita revela - se diferente em relação a ombreira esquerda, uma vez que SM 07 revelou um capeamento de solo da ordem de 23 m de profundidade em face a ocorrência de um derrame de rocha riodacítica nesta ombreira, rocha esta mais susceptível a alteração. Desta forma a partir da cota 810 m para cima o maciço rochoso se apresenta alterado, ao passo que abaixo desta cota em direção ao rio Pelotas, o capeamento de solo passa a ter o mesmo comportamento da ombreira esquerda com espessura não superior a 6,50 m e com intercalações de solo coluvionar .

A passagem do capeamento de solo para rocha é praticamente brusca com rocha fraturada e permeabilidade variável de muito baixa (H 1) a moderada (H 3). O interior do maciço revelou - se pouco fraturado, com poucos, pequenos e localizados trechos muito fraturados. No geral, pode - se preliminarmente entender que ao nível de investigação empreendida nesta fase, o maciço rochoso não possui permeabilidade que possa exigir tomada considerável de calda de cimento.

#### 8.5.5 - Barragem e Ensecadeiras

Nas ombreiras deverá haver a remoção completa do capeamento de solo do domínio da área da barragem, por ser de pequena espessura. Ainda, a fração muito fraturada da

rocha vizinha a transição deverá ser removida. No leito do rio, poderão ocorrer blocos de rocha e cascalho dispersos, que deverão ser removidos na área de vedação das ensecadeiras, bem como na área da barragem.

Os condicionantes geológico - geotécnicos relacionados a fundação da barragem, bem como ensecadeiras referem - se principalmente as zonas superficiais mais intemperizadas e ou fraturadas, que podem estar estendendo para o interior do maciço rochoso, exigindo intervenções artesanais de remoção e preenchimento das cavidades.

Os contatos entre derrames representam potencialmente as zonas mais alteradas nas proximidades da superfície do topo de rocha e podem ser visualizados nos desenhos de projeto e que deverão ser objeto de intervenções específicas.

#### 8.5.6 - Túneis de Desvio

Os dois túneis de desvio e o de descarga sanitária, com seção arco - retângulo encontram - se posicionados na ombreira direita e tanto os emboques como os desemboques possuem um recobrimento de rocha adequado, tendo em vista a pequena cobertura de solo no local.

Prevê - se, a partir dos dados obtidos nas sondagens, que a escavação dos túneis se desenvolverão em um maciço com boas condições geomecânicas, ao longo do denso do derrame "L". Quanto ao túnel de descarga sanitária a escavação poderá se desenvolver parcialmente em basalto vesículo - amigdaloidal e basalto denso do mesmo derrame.

Os tratamentos previstos abrangem os espelhos de montante e jusante, onde devem ser instalados, sistematicamente, tirantes perimetrais aos túneis, barras de ancoragens e concreto projetado, usuais neste tipo de serviço. Consideram - se como sistemáticos, também, os tratamentos dos trechos iniciais (emboque e desemboque) dos túneis, onde o desconfinamento é mais acentuado.

Ao longo dos túneis, estima - se que na sua maior parcela será necessário apenas colocar, esporadicamente, tirantes e concreto projetado sobre telas metálicas fixadas ao maciço (ou concreto projetado reforçado com fibras de aço).

#### 8.5.7 - Vertedouro

A fundação do canal de aproximação e ogiva do vertedouro é constituída pelo basalto vesículo - amigdaloidal do derrame D. A fundação da ogiva do vertedouro está suposta e praticamente escavada numa região de contato entre o basalto denso também do derrame D e uma brecha do derrame E. Ainda deve ser considerado que a parte mais profunda da ogiva na El. 758 m, estará supostamente escavada num basalto vesículo - amigdaloidal. Portanto, a ogiva contempla uma escavação com 3 tipos diferentes de rochas, qual seja basalto denso, brecha basáltica e basalto vesículo - amigdaloidal.

As escavações das calhas do canal de aproximação, calha, restituição interceptarão aproximadamente os derrames D, E, F, G até H, conforme demonstrado nos desenhos de projeto. Cabe salientar que estes posicionamentos das escavações, em termos de

derrames, foram extrapolados de sondagens executados no eixo da barragem, devendo portanto, serem melhor avaliados numa fase posterior de detalhamento dos estudos.

Os tratamentos envolvidos para esta estrutura contemplam a estabilização dos taludes dos canais, com maior preocupação para o canal de aproximação onde o desnível total atinge 80 a 90 m de altura. Em princípio, não são previstos tratamentos sistemáticos para esses locais, mas tratamentos esporádicos com uso de tirantes e concreto projetado com tela metálica em áreas restritas, relacionadas aos contatos entre os derrames e materiais pulverulentos susceptíveis à erosão. Contudo, haverá tratamentos e ou intervenções no trecho, onde ocorre o solo de alteração do riodacito, conforme demonstrado no perfil geológico.

#### 8.5.8 - Circuito de Adução/Geração.

As escavações do canal de adução, com fundo na El. 758,00 m, interceptarão supostamente desde o derrame A até o derrame F, cujos principais tratamentos, a exemplo do canal de aproximação do vertedouro, se referem a proteção das camadas mais desagregáveis com projeto projetado, eventualmente, um tratamento mais intenso com a aplicação de barras de ancoragem, tela metálica e concreto projetado nas discontinuidades e contatos abertos e /ou alterados.

A fundação da tomada de água possuirá na sua fundação um basalto provavelmente denso, uma vez que a SM - 09, investigou um limite de 29,66 m de profundidade até a El.787,00 m, ficando um trecho de de 40,00 m a ser investigado, até a El. 748,00 m.

Ao longo dos 3 túneis forçados serão interceptados, por projeção da geologia em relação ao eixo da barragem, os derrames F a M , os quais apresentam boas condições geomecânicas. Nos trechos iniciais do emboque e desemboque são estimados tratamentos sistemáticos, com concreto projetado e tirantes. Nos trechos remanescentes, são previstos tratamentos esporádicos restritos aos contatos entre derrames e faixas mais fraturadas e desagregadas .

Complementarmente, deverão ser necessárias injeções de contato de consolidação, para melhorar as condições do maciço na faixa abalada pelas detonações e para compensar as deficiências no preenchimento do concreto. Para tornar mínimas as pressões induzidas no maciço, no caso de eventuais trincas no concreto, e abater a freática sobre o conduto, na eventualidade de manutenção, deverão ser efetuados estudos para detalhamento do sistema de drenagem do maciço rochoso, nas proximidades da casa de força.

As escavações em rocha a céu aberto, para implantação da casa de força, atinge cerca de 85,00 m de altura, tendo sido projetado taludes com inclinação de 1H :10V e 10,00 m de altura, e com bermas de escavação de 0,50 m, nos locais onde serão apoiadas as estruturas de concreto, e com inclinação de 1H :10V e 10 m de altura intercalados alternadamente por bermas de 0,50 m e 4,00 m de largura nos locais que ficarão expostos a céu aberto.

A casa de força estará assente sobre basalto denso, com boas características geomecânicas . Como tratamento prevê - se a aplicação de concreto projetado e tela metálica nos cantos vivos das bermas, associadas a barras de ancoragem. .

No espelho de desemboque dos túneis forçados, estima - se, ainda, a utilização de concreto projetado e barras de ancoragem, além de tirantes perimetrais aos túneis , de forma sistemática. Para alívio da subpressão sob a casa de força deverão ser previstas meias - canas no entorno da fundação no contato concreto - rocha.

#### 8.5.9 - Materiais de construção

Quanto as áreas de solo, as mesmas poderão ser pesquisadas, preferencialmente nos arredores da ombreira esquerda em direção ao caminho de acesso aberto para permitir a entrada dos equipamentos de sondagens no sítio da barragem .

O volume de solo requerido para o arranjo selecionado é muito reduzido, da ordem de 91000 m<sup>3</sup>. O material previsto originado das escavações comuns na área de implantação do Aproveitamento, não será suficiente para suprir o volume necessário, restrito as enseadeiras. Trata - se de um solo de alteração intercalado com colúvio argiloso, marrom avermelhado , com fragmentos de rocha .Adicionalmente poderá ser utilizado o solo de alteração de basalto com propriedades iguais a outros rotineiramente aplicados em empreendimentos similares.

A exemplo de outras obras, localizadas em áreas de basalto, a região em estudo é desfavorável a ocorrência de areia. Estudos e obras já mostraram a exequibilidade da aplicação de areias artificiais em concreto, obtidas a partir da britagem do basalto denso, que poderá ser facilmente obtidas nas escavações obrigatórias. Areia natural, deverá ser obtida em locais muito distantes da obra, no rio Guaíba, região de Porto Alegre.

O transporte de areia, eventualmente requerida poderá ser transportada por via férrea, cuja ferrovia passa à 2 Km de distância do eixo da barragem.

Os testemunhos de sondagens revelam a boa qualidade dos basaltos e que poderão ser perfeitamente compatibilizados para uso como agregado em concreto e fonte de enrocamento. Dependendo da finalidade, deverá ser levado em conta a incidência de brecha basáltica e basalto vesículo - amigdaloidal, utilizando - se o recurso da escavação seletiva para aproveitamento do material, se for o caso.

Como informação adicional, é conveniente citar a ocorrência de derrame ácido (basalto riodacito) na ombreira direita, que indica alta porcentagem de vidro devitrificado na sua composição, cujo aproveitamento sofre restrições na Engenharia Civil.

## **9 - ESTUDOS SÓCIO - AMBIENTAIS**

### **9.1 - Diagnóstico ambiental das áreas de influência**

Neste item procurar - se - á fazer um sumário dos principais aspectos sócio - ambientais notadamente aqueles mais significativos no que tange a implantação da UHE Pai Querê.

#### 9.1.1 - Meio Físico

##### a - Geologia e Recursos Minerários

##### a.1 Caracterização Geotectônica (Sismologia)

Em relação aos aspectos sismológicos, a Bacia do Paraná, apesar de estruturada por sistemas de falhamentos - “grabens e horsts” - parece inativa sismicamente. A evolução dessa bacia se deu em condições ortoplateformais, até o início do Mesozóico. Com a consolidação da Plataforma Sul - Americana, a região permaneceu em estabilidade até o jurássico Superior, quando no desenvolvimento da bacia do Paraná ocorreram movimentos tectônicos oscilatórios e relativamente lentos. No Cretáceo, acentuaram - se os movimentos tectônicos ligados a abertura do oceano Atlântico, persistindo a intensidade decrescente até o fim do Terciário, com predominância no Paleoceno (60 milhões de anos). Nesta fase, a bacia do Paraná foi cenário de intenso magmatismo basáltico.

Atualmente, a região da bacia do Paraná não apresenta um nível de atividade sísmica significativo. A ocorrência de um terremoto de grandes proporções é estatisticamente muito pouco provável. A atividade sísmica dessa unidade tectônica, se resume principalmente, a alguns casos de sismos induzidos por reservatórios ou por poços artesianos atingindo magnitudes pouco expressivas.

Assim, a probabilidade de ocorrência de sismos induzidos, decorrentes da implantação do empreendimento, pode ser considerada bastante reduzida, face às características do reservatório (pequeno volume armazenado). Entretanto, como trata - se de área estruturalmente caracterizada por grande quantidade de falhas e diáclases associadas, deve - se prever a instalação de sismógrafo no entorno do reservatório. Caso ocorram sismos, serão de pouca intensidade, devendo ser registradas apenas por aparelhos.

##### a.2 Recursos Minerais

A região em estudo pode ser considerada pobre em relação a recursos minerais. Estes são representados por ocorrências localizadas de areia para construção e afloramentos de basalto que podem ser utilizados como fonte para brita.

Foi identificada apenas uma área de interesse mineral (autorizações e concessões minerais) junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral na área a ser inundada pelo futuro reservatório. Trata - se do processo nº 810.007 de 1997, cujo requerente é a Construtora Andrade Gutierrez S.A., no local denominado Morrinhos, município de São Francisco de Paula, estado do Rio Grande do Sul. A substância de interesse é basalto

(substância mineral para construção civil). A área requerida originalmente era de 3.000 hectares, sendo de 3 hectares atuais. A situação legal atual (ou último evento) do processo é de Licenciamento.

Prevê - se que a formação do reservatório trará interferência com a jazida que tem concessão para ser explorada.

### a.3 Aspectos Hidrogeológicos

O aquífero Serra Geral, constituído por lavas básicas tipo basaltos toleíticos, com estrutura de derrames é o de maior expressão territorial e ocorrência. Trata - se de um aquífero em meio fraturado, onde a ocorrência de água subterrânea está associada a descontinuidades dos derrames de basaltos - juntas de resfriamento, descontinuidades subhorizontais no topo e base dos derrames, fraturas (juntas e falhas) refletidos em trechos longos e retilíneos dos rios. A permeabilidade, nesse caso, varia com o grau de fraturamento.

Tais aquíferos podem conter água nas fraturas tanto verticais quanto horizontais, nos contatos inter - derrames e nas vesículas interconectadas e vazias, sem preenchimento mineral.

A recarga desses aquíferos efetua - se, principalmente por fluxo vertical descendente através do manto de alteração e eluvios/colúvios, que constituem um nível freático superficial. As zonas de descarga ocorrem nos fundos dos vales em pontos de coincidência fratura - drenagem ou no próprio freático superficial do manto de alteração.

De um modo geral, os níveis d'água são pouco profundos nos vales e variam entre 50 - 120 m nas encostas ou topos das elevações. A água é de boa qualidade química, as vezes com muita sílica.

A permeabilidade é, geralmente, baixa média, estando associada a zonas fraturadas. Outra possibilidade de se formar aquíferos razoáveis, embora de dimensões modestas, reside na zona alterada superficial (solo residual/rocha alterada). Apesar da permeabilidade baixa desses materiais em geral argilosos, com lenta infiltração de água, esta formação pode ser provedora de água em alguns locais.

### b - Solos e Aptidão Agrícola

#### b.1 Pedologia

Os estudos realizados no tocante a componente ambiental de solos, incluem além do Levantamento Pedológico, a Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras e a Classificação da Erodibilidade dos Solos nas Áreas de Influência da UHE Pai Querê.

##### b.1.1 Aspectos Metodológicos

- Método de Trabalho

Os estudos pedológicos foram desenvolvidos através da análise e compilação dos dados existentes nos Mapas Exploratórios de Solos de Santa Catarina e Rio Grande do Sul,

informações complementares em diversos estudos do meio físico e checagens de campo com descrição de perfis e tradagens. A identificação de solos (Embrapa, 1998), avaliação da aptidão agrícola das terras (Ramalho Filho & Beek, 1995) foram realizadas de acordo com as normas preconizadas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos da Embrapa. Na a avaliação da erodibilidade dos solos, foram considerados os graus de impedimento quanto à suscetibilidade a erosão relacionada ao nível de manejo A (primitivo), da avaliação da aptidão agrícola das terras, cuja metodologia esta citada anteriormente.

- Relação das Unidades de Mapeamento

As classes de solos identificadas foram mapeadas, individualmente ou em associações, conforme as unidades de mapeamento listadas no Quadro 9.1, a seguir.

**QUADRO 9.1**  
**MAPA DE SOLOS**

UNIDADES DE MAPEAMENTO	UNIDADES TAXONÔMICAS	
	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
LBCa	LBCa + Ca1	Associação de LBCa A proeminente textura muito argilosa + Ca Tb A proeminente textura argilosa e muito argilosa ambos relevo suave ondulado ambos fase campo e floresta subtropical.
TBRa	TBRa1 + Ca2 + Ra1	Associação de TBR álica e distrófica A proeminente textura muito argilosa + Ca Tb A proeminente textura argilosa e muito argilosa fase pedregosa + R álicos e distróficos A proeminente textura média e argilosa fase pedregosa (substrato basalto), todos relevo forte ondulado.
Ca1	Ca3 + Ra2 + TBa	Associação de Ca Tb A húmico e proeminente textura argilosa fase pedregosa relevo ondulado e forte ondulado + Ra A proeminente textura argilosa fase pedregosa relevo forte ondulado (substrato efusivas Formação Serra Geral) + TBa A moderado textura muito argilosa relevo ondulado e suave ondulado.
Ca2	Ca4 + Ra3 + HGHa	Associação de Ca Tb A húmico textura muito argilosa relevo suave ondulado + Ra A húmico textura argilosa fase pedregosa relevo ondulado (substrato efusivas da Formação Serra Geral) ambos campo subtropical + HGHa Tb textura argilosa fase campo subtropical de várzea relevo plano
Ca3	Ca5 + Ra3	Associação de Ca Tb A húmico textura argilosa + Ra A húmico textura argilosa (substrato efusivas da Formação Serra Geral) ambos fase pedregosa campo subtropical relevo suave ondulado
Ca4	Ca5 + Ra4	Associação de Ca Tb A húmico textura argilosa relevo suave ondulado + Ra A húmico textura argilosa fase pedregosa relevo ondulado (substrato efusivas da Formação Serra Geral) ambos campo subtropical
Ca5	Ca6 + TBRa2 + Ra5 + AR	Associação de Ca Tb A proeminente textura argilosa e muito argilosa fase rochosa e não rochosa + TBR a A proeminente textura muito argilosa relevo suave ondulado e ondulado + Ra A proeminente textura média e argilosa (substrato riodacitos) relevo ondulado todos fase campo e floresta subtropical + AR
Ca6	Ca7 + Ca8 + Ra6 + AR	Associação de Ca Tb A proeminente textura argilosa e muito argilosa fase rochosa e não rochosa + Ca Tb A turfoso textura argilosa fase rochosa e não rochosa relevo ondulado + Ra A turfoso textura média (substrato riodacitos) relevo ondulado e forte ondulado todos fase campo e floresta subtropical + AR
Ca7	Ca7 + TBa + Ra7 + AR	Associação de Ca Tb A proeminente textura argilosa e muito argilosa fase rochosa e não rochosa + Tba A proeminente textura muito argilosa relevo ondulado + Ra A proeminente textura média e argilosa (substrato basalto) relevo forte ondulado todos fase campo e floresta subtropical + AR
Ra1	Ra8 + Ca5	Associação de Ra A proeminente textura argilosa e muito argilosa fase rochosa (substrato efusiva de Formação Serra Geral) + Ca Tb A proeminente textura muito

**QUADRO 9.1  
MAPA DE SOLOS**

UNIDADES DE MAPEAMENTO	UNIDADES TAXONÔMICAS	
	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
		argilosa fase pedregosa ambos campo subtropical relevo suave ondulado e ondulado
Ra2	Ra2 + Ca3	Associação de Ra A húmico textura argilosa relevo forte ondulado e ondulado (substrato sefusivas da Formação Serra Geral) + Ca Tb A húmico textura argilosa relevo ondulado fase pedregosa campo subtropical + AR
Ra3	Ra5 + Ca9	Associação de Ra A proeminente textura média e argilosa (substrato riodacitos) relevo forte ondulado + Ca Tb textura argilosa e muito argilosa relevo ondulado e forte ondulado todos fase campo e floresta subtropical
Rd1	Rd1 + Ca2	Associação de Rd A proeminente textura argilosa fase rochosa relevo montanhoso (substrato efusivas da Formação Serra Geral) + Ca Tb A proeminente textura muito argilosa relevo ondulado e forte ondulado fase pedregosa ambos campo subtropical
Rd2	Rd2 + Ca2 + TBa	Associação de Rd A proeminente textura argilosa fase rochosa relevo forte ondulado (substrato efusivas da Formação Serra Geral) + Ca Tb A proeminente textura muito argilosa relevo ondulado e forte ondulado + TBa A proeminente textura muito argilosa relevo ondulado todos fase pedregosa campo subtropical
Rd3	Rd3 + Ca3 + Re1	Associação de Rd A proeminente textura argilosa relevo ondulado e suave ondulado (substrato efusivas da Formação Serra Geral) + Ca Tb A proeminente textura argilosa relevo ondulado + Re A chernozêmico textura argilosa relevo forte ondulado (substrato efusivas da Formação Serra Geral) todos fase pedregosa campo e floresta subtropical
Rd4	Rd4 + Ca2 + AR	Associação de Rd e eutróficos A proeminente e moderado textura argilosa fase rochosa relevo forte ondulado e montanhoso (substrato efusivas da Formação Serra Geral) + Ca Tb A proeminente textura muito argilosa relevo forte ondulado e ondulado ambos fase pedregosa campo e floresta subtropical + AR
Rd5	Rd5 + Cd + Re1 + Re2 + TBRe	Associação de Rd A proeminente textura argilosa fase pedregosa e rochosa campo subtropical relevo montanhoso (substrato efusivas da Formação Serra Geral) + Cd Tb A proeminente textura muito argilosa fase campo e floresta subtropical relevo forte ondulado + Re A chernozêmico textura ondulado + Re A proeminente a chernozêmico textura argilosa fase pedregosa floresta subtropical relevo forte ondulado e montanhoso (substrato efusivas da Formação Serra Geral) + TBRe A moderado textura muito argilosa fase floresta subtropical relevo ondulado
Re	Re + TBRd + Ce	Associação Re A chernozêmico e moderado textura média e argilosa fase pedregosa relevo montanhoso (substrato efusivas da Formação Serra Geral) + TBRd A moderado textura muito argilosa relevo ondulado + Ce Ta A moderado textura muito argilosa fase pedregosa relevo forte ondulado todos floresta subtropical

### b.1.2 Descrição das Classes de Solos

- 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 e baixa capacidade de troca de cátions., estrutura de aspecto maciço porosa com grânulos pequenos textura argilosa a muito argilosa e consistência friável.

- Latossolo Bruno Câmbico

Esta classe apresenta cores brunadas e teores médios a baixos de óxidos de ferro com predominância de sesquióxidos e caulinita na fração argila e características intermediárias

para cambissolo. Apresentam - se forte a moderadamente ácidos e com baixa saturação de bases e alta saturação com alumínio. Ocorrem sob condições de relevo suave ondulado e ondulado, associados a Cambissolos álicos, com ligeira suscetibilidade a erosão e aptidão agrícola Restrita para lavouras no nível de manejo A e Regular nos níveis de manejo B e C.

- Solos com Horizontes B Textural (Bt)

Os solos deste grupo são minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural, argila de atividade baixa, predominantemente caulínicas, estrutura em blocos, bem a moderadamente drenados e seqüência de horizontes A, Bt, C. Neste grupo encontram – se : Terra Bruna Estruturada e Terra Bruna Estruturada intermediária para Terra Roxa Estruturada

Esta classe é constituída por solos com baixo gradiente textural (B/A), transições entre os horizontes graduais ou difusas, ricos em sesquióxidos de ferro e alumínio e derivados de rochas eruptivas básicas. São de coloração brunada, profundos, muito argilosos, bem drenados e porosos. Possuem horizonte A proeminente ou moderado e saturação por alumínio elevada, ocorrem sob relevo ondulado e suave ondulado e suscetibilidade à erosão moderada/forte com aptidão agrícola inapta para lavouras nos níveis de manejo A e C e restrita no B - 3(b).

- Terra Bruna Estruturada intermediária para Terra Roxa Estruturada

Esta classe é constituída por solos com baixo gradiente textural, com transições entre os horizontes graduais ou difusas, ricos em sesquióxidos de ferro e alumínio e derivados de rochas eruptivas básicas. São de coloração brunada a avermelhada, profundos, muito argilosos, bem drenados e porosos. Ocorrem em quatro unidades taxonômicas, duas com saturação por alumínio elevada (TBRa1 e TBRa2), uma com alta saturação de bases (TBRb) e uma com baixa saturação de bases (TBRd).

- Solos com horizonte B incipiente (Bi)

– Cambissolos

São solos minerais não hidromórficos, com horizonte B incipiente (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.

Neste grupo foram registrados solos predominantemente álicos, com ocorrência de distróficos, raramente eutróficos, com horizonte A moderado, proeminente ou húmico, textura muito argilosa ou argilosa, estão na área de estudo associados com Solos Litólicos, Terra Bruna intermediária para Terra Roxa e Afloramentos Rochosos. Ocorrem sob condições de relevo suave ondulado a forte ondulado.

### b.1.3 Solos Pouco Desenvolvidos

Neste grupo incluem - se os solos que apresentam pouco desenvolvimento pedogenético: Glei Húmico e Solos Litólicos.

- Glei Húmico

São solos mal a muito mal drenados, que permanecem saturados grande parte do ano. Sob essas condições formam - se características de redução de ferro, com cores neutras ou próximas de neutras, nos horizontes subsuperficiais, geralmente com mosqueados e/ou variegados, indicativos de gleização. Ocorre apenas uma unidade taxonômica, HGHa, de textura argilosa em fase de campo subtropical de várzea e relevo plano. Possui aptidão agrícola restrita para lavouras nos níveis de manejo B e C – 3(bc) e inapto para o nível de manejo A, devido ao excesso de água.

- Solos Litólicos

São solos rasos, com profundidade até a rocha menor que 60 cm, seqüência de horizontes A-C-R ou A-R. Dominam na área de influência indireta da UHE Pai Querê, normalmente associados a Cambissolos e Afloramento de Rochas. Apresentam, predominantemente, baixa saturação de bases (distróficos) e alta saturação por alumínio (álidos), baixa atividade da argila, ocorrendo sob relevo ondulado a montanhoso, com unidades taxonômicas com fase pedregosa e/ou rochosa. Também se identificou na área unidades taxonômicas com alta saturação de bases (eutrófica) – Re.

Na área de influência indireta da UHE Pai Querê são, principalmente, oriundos de substratos efusivos da Formação Serra Geral

São solos normalmente 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, porém quando sob relevo suave ondulado a ondulado pode ser indicado para pastagem plantada ou pastagem natural .

- 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 forte ondulado, ocorrendo sempre como membro secundário das unidades de mapeamento dos Solos Litólicos. São terrenos sem aptidão para o aproveitamento agrossilvopastoril (classe 6), que, 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.

### c - Aptidão Agrícola das Terras

O Quadro 9.2 a seguir, apresenta a avaliação da aptidão agrícola das unidades taxonômicas existentes na área de estudo. 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.

**QUADRO 9.2**  
**AVALIAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS**

Unidade Taxonômica	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	
LBCa	F	L/M1	N/L2	L	L	L	N	N	N	L	N/L1	N2	N/L	N/L	N/L	2(b)c
TBRa1	M/F	L/M1	N/L2	L	L	L	N	N	N	F	M/F1	M2	MF	MF	MF	5n
TBRa2	M/F	L/M1	N/L2	L	L	L	N	N	N	M/F	M1	L/M2	M/F	M/F	M/F	3(b)
TBRe	N/L	N1	N1	L	L	L	N	N	N	M/F	M1	L/M2	M/F	M/F	M/F	3(ab)
TBRd	M/F	L/M1	N/L2	L	L	L	N	N	N	M/F	M1	L/M2	M/F	M/F	M/F	3(b)
TBa	M/F	L/M1	N/L2	L	L	L	N	N	N	M/F	M1	L/M2	M/F	M/F	M/F	3(b)
Ce	L/M	N/L1	N/L1	L	L	L	N	N	N	F	M/F1	M2	MF	MF	MF	5N
Cd	M/F	L/M1	N/L2	L	L	L	N	N	N	F	M/F1	M2	MF	MF	MF	5N
Ca1	F	M1	L2	L	L	L	N	N	N	M	L1	N/L2	MF	MF	MF	3(c)
Ca2	F	M1	L2	L	L	L	N	N	N	F	M/F1	M2	MF	MF	MF	5n
Ca3	F	M1	L2	L	L	L	N	N	N	F	M/F1	M2	MF	MF	MF	5n
Ca4	F	M1	L2	L	L	L	N	N	N	M	L1	N/L2	N/L	N/L	N/L	3(a)
Ca5	F	M1	L2	L	L	L	N	N	N	M	L1	N/L2	MF	MF	MF	5n
Ca6	F	M1	L2	L	L	L	N	N	N	M	L1	N/L2	MF	MF	MF	5n
Ca7	F	M1	L2	L	L	L	N	N	N	MF	F1	M2	MF	MF	MF	6
Ca8	F	M1	L2	L	L	L	N	N	N	F	M/F1	M2	MF	MF	MF	5n
Ca9	F	M1	L2	L	L	L	N	N	N	F	M/F1	M2	F	F	F	4p
HGHa	M/F	L/M1	N/L2	N	N	N	F	M1	L2	N	N	N	M	M	F	3(bc)
Ra1	F	M1	L2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	MF	F1	F1	MF	MF	MF	6
Ra2	F	M1	L2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	MF	F1	F1	MF	MF	MF	6
Ra3	M/F	L/M1	N/L2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	M	L/M1	L2	MF	MF	MF	5N
Ra4	M/F	L/M1	N/L2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	F	M/F1	M2	MF	MF	MF	5N
Ra5	F	M1	L2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	F	M/F1	M2	F	F	MF	4p
Ra6	M/F	L/M1	N/L2	M	M	M	N	N	N	F	M/F1	M2	F	F	MF	4p
Ra7	M/F	L/M1	N/L2	M	M	M	N	N	N	MF	F1	M/F2	F	MF	MF	5(n)
Ra8	F	M1	L2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	M/F	M1	L/M2	F	MF	MF	5(n)
Rd1	M/F	L/M1	N/L2	M	M	M	N	N	N	MF	MF	MF	MF	MF	MF	6
Rd2	M/F	L/M1	N/L2	M	M	M	N	N	N	MF	MF	MF	MF	MF	MF	6
Rd3	M/F	L/M1	N/L2	L/M	L/M	L/M	N	N	N	M/F	M1	L/M2	F	MF	MF	5N
Rd4	M/F	L/M1	N/L2	M	M	M	N	N	N	MF	MF	MF	MF	MF	MF	6
Rd5	MF	MF	MF	M	M	M	N	N	N	MF	MF	MF	MF	MF	MF	6
Re1 / Re2	M	M	M	M	M	M	N	N	N	MF	F1	M/F2	MF	MF	MF	6

#### d - 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, para o nível de manejo A, de menor grau de interferência nos solos, da 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).

O Quadro 9.3 a seguir, estão relacionadas as unidades de mapeamento, sua composição em unidades taxonômicas e respectivas classes de aptidão e de erodibilidade.

**QUADRO 9.3**  
**APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS E ERODIBILIDADE DOS SOLOS**

Unidades de Mapeamento	Unidades Taxonômicas	Aptidão Agrícola das Terras	Erodibilidade dos Solos	Área (Ha)	%
LBCa	LBCa + Ca1	<u>2(b)c</u>	<u>Ligeira</u>		
TBRa	TBRa1 + Ca2 + Ra1	<u>5 n</u>	<u>Forte</u>		
Ca1	Ca3 + Ra2 + TBa	<u>3(c)</u>	<u>Moderada</u>		
Ca2	Ca4 + Ra3 + HGHa	<u>5 n</u>	<u>Forte</u>		
Ca3	Ca5 + Ra3	<u>5 n</u>	Moderada		
Ca4	Ca5 + Ra4	<u>5 n</u>	<u>Moderada</u>		
Ca5	Ca6 + TBRa2 + Ra5 + AR	<u>5 n</u>	<u>Moderada</u>		
Ca6	Ca7 + Ca8 + Ra6 + AR	<u>6</u>	<u>Muito Forte</u>		
Ca7	Ca7 + TBa + Ra7 + AR	<u>6</u>	<u>Muito Forte</u>		
Ra1	Ra8 + Ca5	<u>5 n</u>	<u>Moderada/Forte</u>		
Ra2	Ra2 + Ca3	<u>6</u>	<u>Muito Forte</u>		
Ra3	Ra5 + Ca9	4p	Forte		
Rd1	Rd1 + Ca2	<u>6</u>	<u>Muito Forte</u>		
Rd2	Rd2 + Ca2 + TBa	<u>6</u>	<u>Muito Forte</u>		
Rd3	Rd3 + Ca3 + Re1	<u>5 N</u>	<u>Moderada/ Forte</u>		
Rd4	Rd4 + Ca2 + AR	<u>6</u>	<u>Muito Forte</u>		
Rd5	Rd5 + Cd + Re1 + Re2 + TBRe	<u>6</u>	<u>Muito Forte</u>		
Re	Re2 + TBRd + Ce	<u>6</u>	<u>Muito Forte</u>		

## e - Recursos Hídricos e Qualidade da Água

### e.1 Regime Fluvial

Para a realização dos estudos hidrológicos necessários para a obtenção da série de descargas médias mensais do rio Pelotas para o local do Aproveitamento Hidrelétrico Pai Querê, foram usados os dados das estações fluviométricas mostradas no Quadro 9.4 a seguir.

**QUADRO 9.4**  
**ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS**

CÓDIGO	NOME DO POSTO	RIO	ENTIDADE	ÁREA DE DRENAGEM (Km <sup>2</sup> )	PERÍODO
70200000	Invernada Velha	Pelotas	ANEEL	2.850	1931 a 1998
70700000	Passo Socorro	Pelotas	ANEEL	8.440	1931 a 1998

A série de descargas médias mensais do rio Pelotas no local do Aproveitamento Hidrelétrico Pai Querê foi obtida através dos dados das duas estações fluviométricas indicadas no Quadro 9.4 acima, através da seguinte equação de transferência:

$$Q_{PQ} = 0,609Q_{PS} + 0,391Q_{IV}$$

onde:  $Q_{PQ}$  = descargas médias mensais no local da UHE Pai Querê;

$Q_{PS}$  = descargas médias mensais na estação fluviométrica Passo Socorro;

$Q_{IV}$  = descargas médias mensais na estação fluviométrica Invernada Velha.

As séries de descargas médias mensais para o período de 1931 a 1939 nas estações fluviométricas utilizadas foram obtidas através da utilização de um modelo de transformação chuva - vazão, pela absoluta inexistência de dados fluviométricos na bacia do rio Uruguai, trecho nacional, para este período.

A série de descargas médias mensais obtida para o local do futuro aproveitamento hidrelétrico de Pai Querê, mostrada no Quadro 7.10, apresentou uma vazão média de longo período de 158 m<sup>3</sup>/s. A vazão máxima média mensal observada no período histórico (1931 a 1998) ocorreu em julho de 1983, com um valor de 1.097,60 m<sup>3</sup>/s. A vazão média mensal mínima ocorreu em maio de 1952, com um valor de 9,60 m<sup>3</sup>/s.

O Quadro 9.5 a seguir mostra as vazões médias mensais características no local do aproveitamento hidrelétrico de Pai Querê, para o período de 1931 a 1998. O desenho 8609/US - 3H - A1 - 0003, apresenta um histograma das vazões naturais médias mensais do período de 1931 a 1998. O desenho 8609/US - 3H - A1 - 0004, apresenta um histograma das vazões médias mensais máximas, mínimas e médias de longo período, observadas no período histórico. Nota - se pela análise daquele desenho, que existe uma pequena influência da sazonalidade quanto a distribuição das vazões máximas e médias ao longo do ano. Pode - se verificar uma maior freqüência de vazões altas nos meses de maio a outubro, principalmente nos meses de julho a setembro. As maiores enchentes registradas ocorreram nos meses de julho e agosto.

**QUADRO 9.5**  
**DESCARGAS CARACTERÍSTICAS NO LOCAL DO APROVEITAMENTO**

MÊS	DESCARGA (m <sup>3</sup> /s)		
	MÉDIA	MÍNIMA	MÁXIMA
JAN	98,3	10,3	269,5
FEV	132,4	17,1	497,9
MAR	100,3	12,5	367,6
ABR	108,0	12,2	520,1
MAI	140,7	9,6	543,8
JUN	163,9	14,1	475,7
JUL	215,8	16,2	1097,6
AGO	237,1	14,3	706,2
SET	254,4	34,1	696,5
OUT	210,0	46,8	698,6
NOV	124,5	22,6	492,9
DEZ	109,7	18,1	441,0
MÉDIA ANUAL	158,0	42,3	326,6

Com base na série de vazões médias mensais, determinou-se a curva de permanência de vazões no local do aproveitamento hidrelétrico de Pai Querê, com o objetivo de subsidiar os estudos energéticos desenvolvidos. Esta curva foi obtida considerando o critério de Kimball, que determina a ordenação, em ordem decrescente, das vazões médias mensais do período histórico, atribuindo-se a cada valor uma percentagem calculada pela relação entre o seu número de ordem e o número total de valores da série acrescido de 1. Desta forma, a curva de permanência representa a percentagem do tempo em que uma determinada vazão média mensal é superada no histórico.

O Quadro 9.6 a seguir apresenta os valores da curva de permanência de vazões médias diárias para o local do aproveitamento hidrelétrico (período de 1931 a 1998). O desenho 8609/US - 3H - A1 - 0004, apresenta o traçado da curva de permanência citada.

**QUADRO 9.6**  
**CURVA DE PERMANÊNCIA DE DESCARGAS MÉDIAS DIÁRIAS DO RIO**  
**PELOTAS NO LOCAL DA UHE PAI QUERÊ**

<b>PERMANÊNCIA (%)</b>	<b>DESCARGA (m<sup>3</sup>/s)</b>
1,0	1377,0
2,0	1007,0
5,0	592,0
10,0	381,1
20,0	220,9
30,0	153,0
40,0	113,2
50,0	86,6
60,0	67,7
70,0	52,3
80,0	38,7
90,0	26,4
95,0	19,8
99,0	14,0

## e.2 Qualidade da Água

### e.2.1 Diagnóstico

Este estudo tem por objetivo apresentar o diagnóstico da qualidade da água na região da UHE Pai Querê. Neste tópico são apresentados os resultados das seguintes atividades:

- A caracterização da qualidade da água com base em rede de amostragem;
- Cálculo do IQA para diferentes pontos do rio Pelotas.

### d.2.2 Qualidade da Água - Situação Atual

Para uma melhor caracterização da situação atual da qualidade da água no rio Pelotas na região da UHE Pai Querê, foi realizada uma campanha de amostragem com três pontos

de coleta na área de interesse, no mês de maio de 2001. O laboratório responsável pela análise e laudo foi a Pró - Ambiente Análises Químicas e Toxicológicas Ltda.

O Quadro 9.7 a seguir indica os pontos de coleta de cada aproveitamento e sua localização. As amostras foram coletadas em pontes, e o material coletado foi condicionado segundo a NBR 9.898.

**QUADRO 9.7**  
**LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA**

<b>NOME DO POSTO</b>	<b>RIO</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b>	<b>COORDENADAS</b>
Pe – 01	Rio Pelotas	Ponte sobre o rio Pelotas Estrada Municipal 85	591000 E – 6850000 N
Pe – 02	Rio Pelotas	Ponte sobre o rio Pelotas	570000 E - 6853000 N
Pe – 03	Rio Pelotas	Ponte sobre o rio Pelotas BR-116	523500 E – 6880000 N

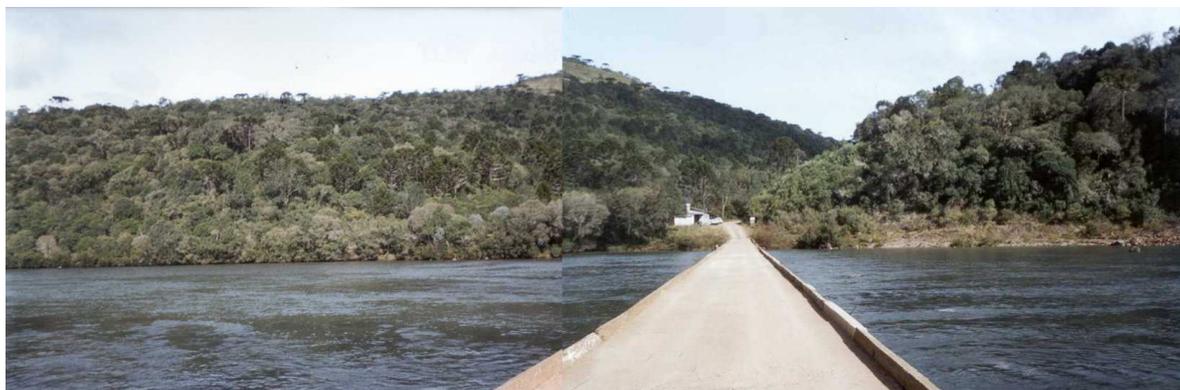
A Figura a seguir ilustra a localização dos pontos de coleta relacionados acima.



**Figura 9.1 - 3**  
**POSTO DE COLETA PE- 02**



**Figura 9.1 - 4**  
**POSTO DE COLETA PE- 03**



As águas do rio Pelotas se apresentavam claras e transparentes, com poucos sedimentos em suspensão. A foto a seguir, tirada no Pe-02 ilustra bem esta condição das águas na ocasião das coletas.

**Figura 9.1-5**  
**TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA - POSTO DE COLETA PE-02**



Os parâmetros analisados permitem uma caracterização do corpo de água, análises através da legislação do CONAMA e cálculo do IQA

**QUADRO 9. 8**  
**VARIÁVEIS ANALISADAS E METODOLOGIA DE OBTENÇÃO**

VARIÁVEIS	METODOLOGIA
Temperatura	In situ – termômetro de mercúrio
DBO5	Oximetria
Fosfato total	Espectrofotometria
Ntotal	Kjedahl
Oxigênio dissolvido	Oximetria
PH	Potenciometria
RT	Gravimetria
Turbidez	Espectrofotometria UV-V
Contagem de coliformes totais	
Contagem de coliformes fecais	

**QUADRO 9.9**  
**VALORES MEDIDOS PARA AS DIFERENTES VARIÁVEIS ANALISADAS NO RIO PELOTAS**

VARIÁVEIS	UNIDADE	UNIDADES DE AMOSTRAGEM		
		Pe - 01	Pe - 02	Pe - 03
Temperatura	°C	13,0	13,0	13,0
DBO <sub>5</sub>	mg/IO <sub>2</sub>	1,0	2,0	2,0
Fosfato total	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05
Ntotal	mg/l	0,59	0,88	1,0
Oxigênio dissolvido	mg/l	4,8	3,7	4,2
pH		6,99	7,20	7,40
Resíduo Total	mg/l	45,0	42,0	22,0
Turbidez	NTU	3,0	2,0	2,0
Contagem de coliformes totais	UFC / 100 ml	23	Ausentes	Ausentes
Contagem de coliformes fecais	UFC / 100 ml	09	Ausentes	Ausentes

O Quadro 9.10 apresentado a seguir ilustra as principais conseqüências, seja pelo excesso ou falta das substâncias analisadas neste estudo.

**QUADRO 9.10**  
**PARÂMETROS ANALISADOS E SUAS PRINCIPAIS CONSEQUÊNCIAS**

VARIÁVEL	TIPO DE MEDIÇÃO	CONSEQÜÊNCIAS POR FALTA OU EXCESSO
Coliformes Fecais	Em NMP	São bactérias (a exemplo da <i>Escherichia coli</i> ) oriundas do trato intestinal humano e animal. A presença de coliformes fecais indica contaminação por fezes humanas e portanto sua potencialidade em transmitir doenças. O limiar do CONAMA nº 20 para águas da classe I é de 200 NMP de coliformes fecais e para as águas de Classe especial deverão estar ausentes.
Demanda bioquím. de oxigênio- DBO	Em mg/l de O <sub>2</sub>	Relaciona-se com a oxidação bioquímica. Mede a concentração de oxigênio, num período de incubação, geralmente de 5 dias. A relação DQO/DBO alta (próxima a 2,4) mostra que a fração inerte (não biodegradável) é elevada. O limiar do CONAMA nº 20, para águas de classe I, é de 3 mg/l de O <sub>2</sub> .
Fosfato	Em mg/ l	Liberação excessiva de fosfato na água pode levar a eutrofização do rio. No meio ambiente origina-se de fertilizantes, dejetos animais, esgotos e detergentes. A presença de Fe, Al, Ca e do Mm ajuda a precipitar o fosfato. O limite do CONAMA nº 20, para águas de classe I, é de 0,025 mg/l.
Nitrogênio total	Em mg/ l	Semelhante ao fosfato é um nutriente dos microorganismos. Quando em excesso pode levar à eutrofização das águas. O Nitrogênio total é a soma do N orgânico +N amoniacal + N de nitritos + N de nitratos.
Oxigênio dissolvido - OD	Em mg/ l	Mede quanto de oxigênio está dissolvido na água. É importante para o controle da poluição e processos de tratamento de efluentes. O limite mínimo de OD, em águas da classe I, segundo o CONAMA nº 20 é de 6 mg/l.
pH	Log. do inv. da conc. H <sup>+</sup> a 25° C	Deve ser próximo da neutralidade. Quando baixo, provoca corrosão. Quando alto possibilita a formação de incrustações. Valores elevados de pH podem estar associados a proliferação de algas. De acordo com a resolução CONAMA 20, deve estar entre 6 a 9.
Sólidos totais em suspensão	Em Mg/ l	São os sólidos orgânicos e inorgânicos suspensos e dissolvidos; sedimentáveis, ou seja, que não são filtráveis.
Temperatura	Em °C	Normalmente resultam de despejos quentes. A água dos esgotos também é ligeiramente acima da temperatura da água natural. Pode causar morte de peixes pela diminuição do oxigênio da água, aumento das reações químicas e biológicas e aumento de gases nocivos.
Turbidez	Em UNT - unidade nefrolom. de turbidez.	Quando natural só afeta a estética. Quando antrópica, pode ligar-se a compostos tóxicos e compostos orgânicos. Pode, em excesso, prejudicar à fotossíntese. A turbidez pode estar associada a presença de esgotos. O limite do CONAMA nº 20, para águas de classe I, é de 40 UNT.

A Resolução n.º 20 estabelece limites e/ou condições de qualidade a serem respeitados, sendo mais restritivo quanto mais nobre for o uso a que se destina a água.

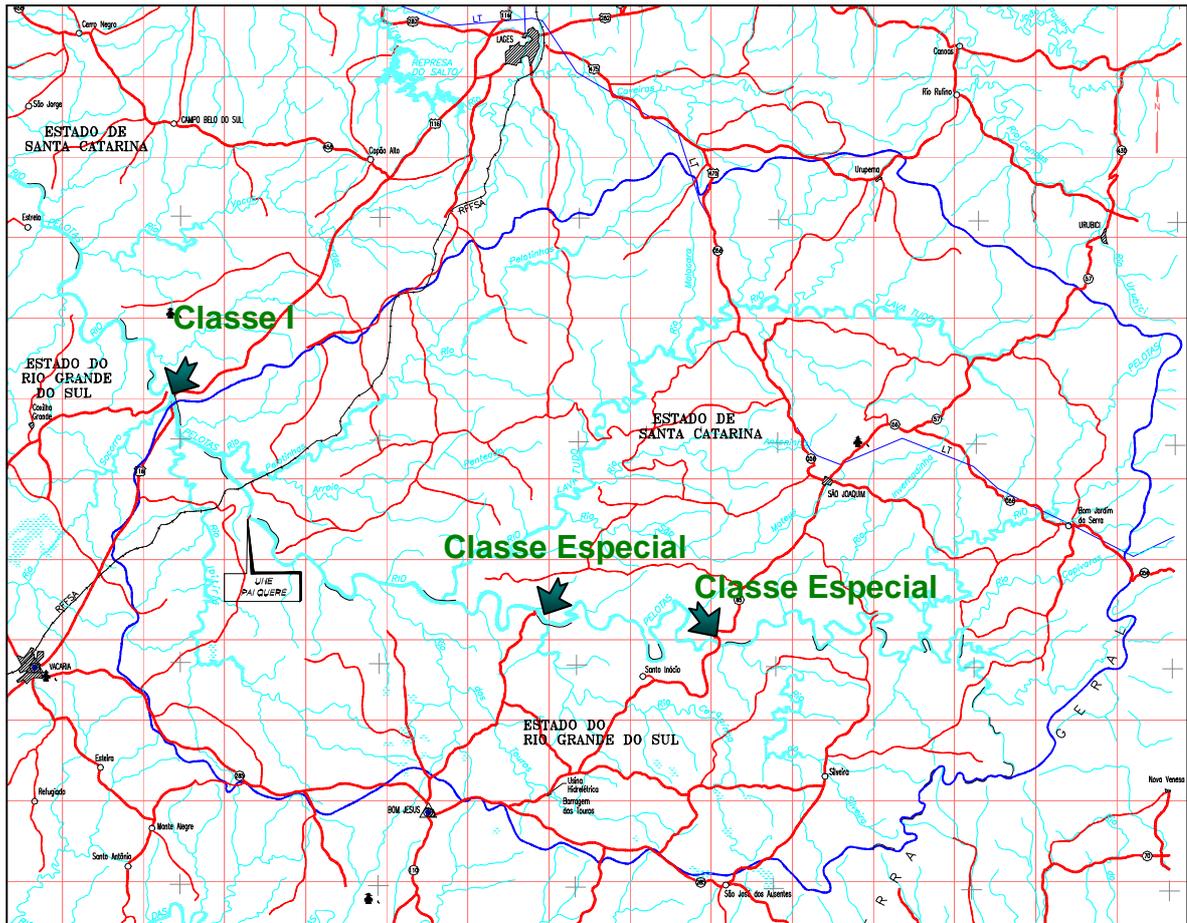
O Quadro 9.11 a seguir resume e ilustra a condição da qualidade da água nos trechos estudados e os parâmetros que violaram esta classificação.

**QUADRO 9.11**  
**CONDIÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NOS TRECHOS ESTUDADOS**

NOME DO POSTO	CLASSE	VIOLAÇÃO
Pe – 01	Classe I	Fosfato e OD
Pe – 02	Especial	-
Pe – 03	Especial	-

As águas do rio Pelotas nos postos de coleta mais a montante, ou seja, Pe - 03 e Pe - 02, podem ser enquadradas no CONAMA na classe especial, por apresentarem ausência de coliformes totais e fecais. Já o posto de coleta Pe - 01 pode ser enquadrado na Classe I, apenas com violação do parâmetro Fósforo e Oxigênio Dissolvido, e mesmo assim, apresentando baixa concentração dos parâmetros microbiológicos.

**FIGURA 9.1-6**  
**ENQUADRAMENTO DO CORPO D'ÁGUA SEGUNDO CONAMA**



- Índice de Qualidade das Águas - IQA

Em 1970, a “National Sanitation Foundation”, EUA, desenvolveu o Índice de Qualidade das Águas – IQA, considerando nove parâmetros para a avaliação da qualidade das águas, sendo eles:

- Temperatura da amostra;
- Oxigênio Dissolvido;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (5 dias, 20 °C);
- Coliformes Fecais;
- pH;

- Nitrogênio Total;
- Fósforo Total;
- Resíduo Total;
- Turbidez.

Foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou condição de cada parâmetro. Destas curvas médias de variação da qualidade, são extraídos os valores de qualidade de cada parâmetro ( $q_i$ ). O IQA é determinado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos 9 parâmetros já mencionados.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas ( $0 < IQA < 100$ );

$q_i$  = qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida ( $0 < q_i < 100$ );

$w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro ( $0 < w_i < 1$ ), atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

em que:

$n$  = número de parâmetros que entram no cálculo.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas e classificá-lo de acordo com a gradação abaixo:

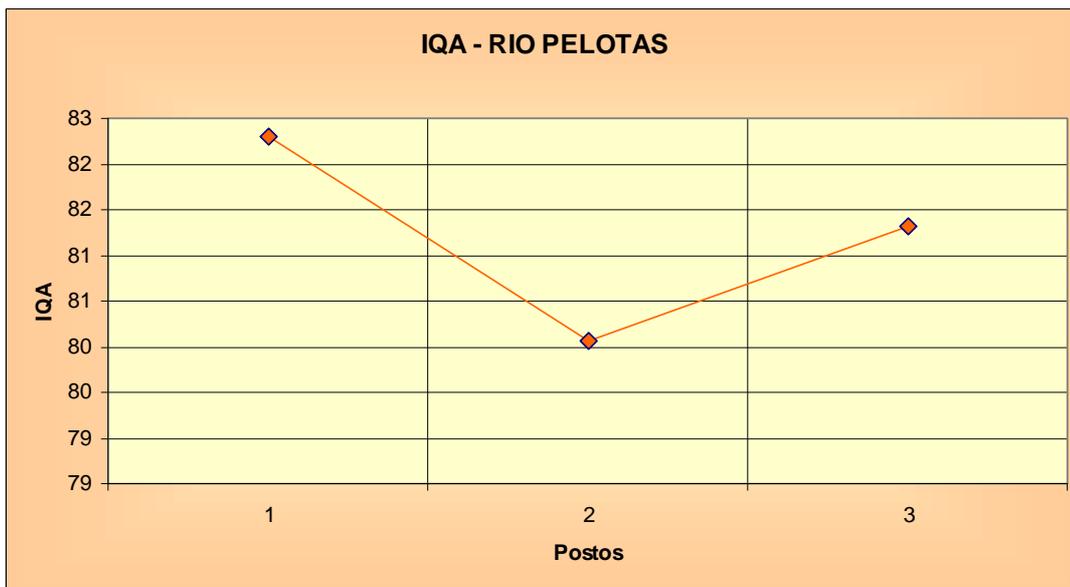
80 – 100	→	qualidade ótima
52 – 79	→	qualidade boa
37 – 51	→	qualidade aceitável
20 – 36	→	qualidade ruim
0 - 19	→	qualidade péssima

Com os dados desta última campanha de qualidade de água foi determinado o IQA para a situação atual nos trechos considerados.

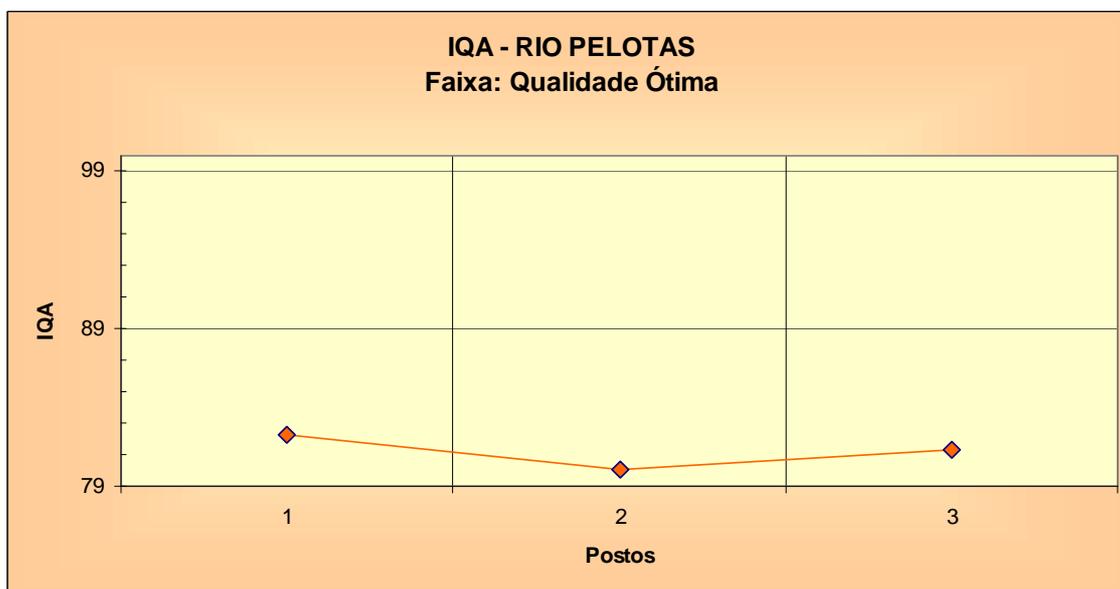
O gráfico a seguir ilustra o resultado obtido no cálculo do IQA. As águas do rio Pelotas, no trecho considerado, são, atualmente, classificadas como ótima.

O IQA é utilizado principalmente em estudos de abastecimento de águas. A utilização do método neste estudo busca maior rigor na análise da qualidade da água.

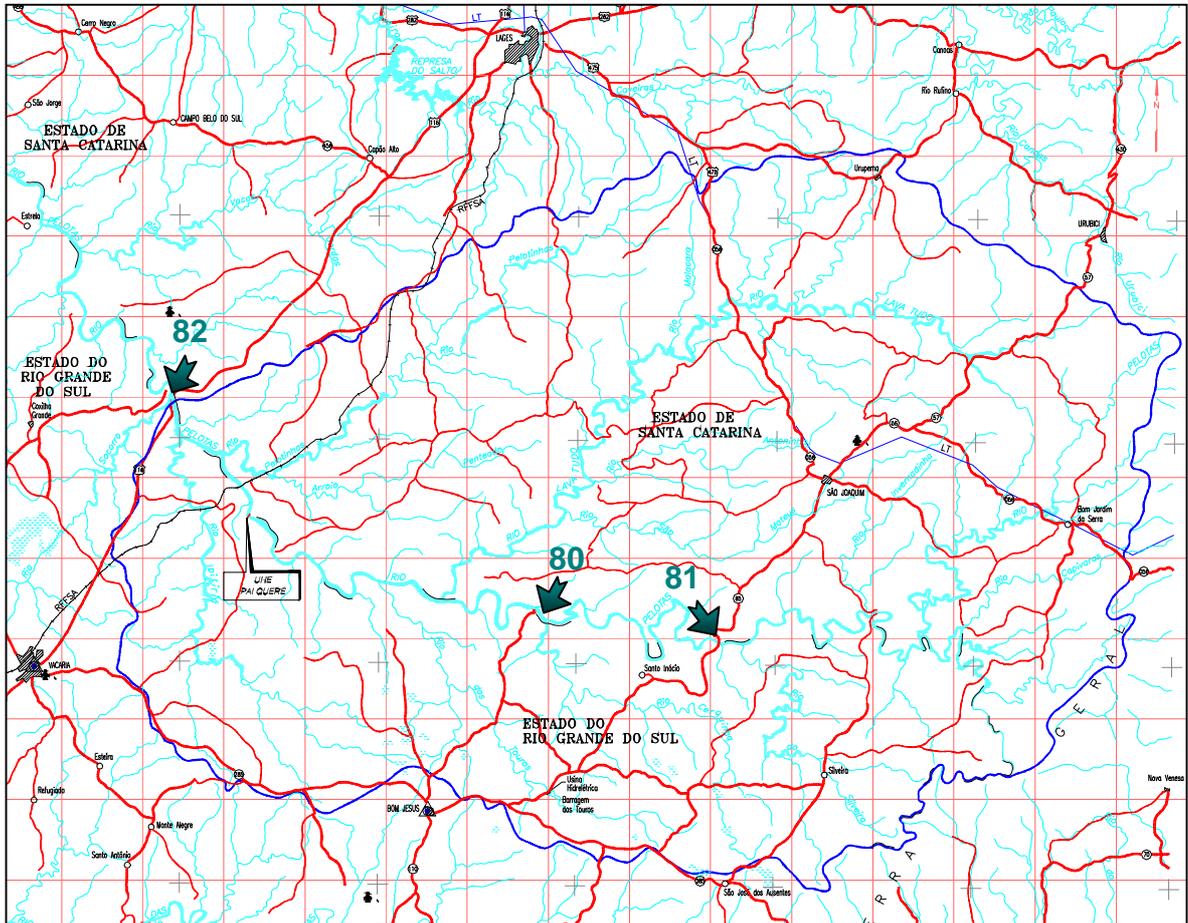
**FIGURA 9.1-7**  
**REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS VALORES DE IQA OBTIDOS**



**FIGURA 9.1-8**  
**REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS VALORES DE IQA OBTIDOS DENTRO DA FAIXA ÓTIMA**



**FIGURA 9.1-9**  
**IQA AO LONGO DA BACIA**



- Cargas Poluidoras

Na Área de Influência Direta do aproveitamento Pai Querê, não foram identificadas fontes poluidoras que comprometam a qualidade da água do reservatório a ser formado. No entanto, na Área de Influência Indireta, de todos os municípios atingidos (Lages e São Joaquim em Santa Catarina e Bom Jesus no Rio Grande do Sul), apenas a cidade de São Joaquim lança os seus efluentes domésticos na bacia de contribuição do aproveitamento.

Os efluentes de São Joaquim são lançados no rio São Mateus, drenando para o rio Lava - Tudo, afluente do rio Pelotas. Considerando o cenário mais extremo em que toda a população de São Joaquim tenha o seu esgoto coletado por rede (atualmente a cidade não possui rede coletora de esgotos) e lance seus efluentes domésticos "in natura" no rio São Mateus, e também considerando a população atual de 16.091 habitantes na área urbana (Censo IBGE Preliminar 2000), e a taxa de retorno do abastecimento de água (a taxa percapita média para abastecimento de água é de 250 l/hab.dia) em 80%, resultando em 200 l/hab.dia de efluentes, a vazão dos efluentes lançados na bacia de contribuição é igual a 0,037 m<sup>3</sup>/s, ou 37 l/s. Este valor é muito inferior a mínima média mensal do período

de 1931 a 1998, que é igual a 9,6 m<sup>3</sup>/s, ou 9600 l/s. Sendo assim, mesmo para este cenário extremo, as águas do reservatório não seriam afetadas por esta carga poluente.

### e.2.3 Estudos de Qualidade da Água - Prognóstico

Este estudo tem por objetivo apresentar o prognóstico da qualidade da água decorrente da implantação da UHE Pai Querê e formação do seu reservatório.

- Qualidade da Água - Situação Futura

Para a análise preliminar da estratificação térmica, foram utilizados dois métodos: Froude Densimétrico e Tempo de Detenção. O resultado destas análises determinam a necessidade ou não de se utilizar um modelo de simulação do reservatório cheio e a usina em operação.

- Número de Froude Densimétrico

A análise através do Número de Froude Densimétrico é feita através da seguinte equação, conforme o U.S. Army Corps of Engineers (1987):

$$Fd = [ (L \cdot Q) / (H \cdot V) ] \cdot (1/(g \cdot e))^{1/2}$$

Onde:

Fd = número de Froude densimétrico;

L = comprimento do reservatório (m);

Q = descarga média do reservatório (m<sup>3</sup>/s) – neste estudo foram utilizadas as vazões características Qmed, Qmax e Qmin em todos os meses do ano;

g = aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>);

e = gradiente relativo de dens. (m<sup>-1</sup>) = [-1/(p. (dp/dz))];

Dm = profundidade média do reservatório (m);

V = volume do reservatório (m<sup>3</sup>).

Esta equação se baseia na comparação entre a força de inércia do fluxo que atravessa o reservatório e a força gravitacional que tende a manter a estabilidade densimétrica.

Os critérios utilizados para a determinação do sistema misturado ou estratificado é o descrito a seguir:

$$Fd < 1 / \pi \quad \rightarrow \text{Estratificado}$$

$$Fd > 1,0000 \quad \rightarrow \text{Misturado}$$

Os dados de entrada deste modelo estão apresentados nos quadros a seguir:

**QUADRO 9.12**  
**DADOS DO RESERVATÓRIO – FROUDE DENSIMÉTRICO**

DADOS DE ENTRADA	VALORES
Comprimento	83,42 Km
Vazão de Entrada	Vazões Características da UHE
Profundidade Média	42,3 m
Volume	2.588 x 106 m <sup>3</sup>

**QUADRO 9.1-1**  
**VAZÕES CARACTERÍSTICAS DA UHE PAI QUERÊ**

MÊS	VAZÕES (m <sup>3</sup> /s)		
	MÉDIA	MÍNIMA	MÁXIMA
JAN	98,3	10,3	269,5
FEV	132,4	17,1	497,9
MAR	100,3	12,5	367,6
ABR	108,0	12,2	520,1
MAI	140,7	9,6	543,8
JUN	163,9	14,1	475,7
JUL	215,8	16,2	1097,6
AGO	237,1	14,3	706,2
SET	254,4	34,1	696,5
OUT	210,0	46,8	698,6
NOV	124,5	22,6	492,9
DEZ	109,7	18,1	441,0
MÉDIA ANUAL	158,0	42,3	326,6

Estudos indicam que se  $Fd \lll 1/\pi$ , o sistema estará fortemente estratificado. A análise aqui realizada indica Número de Froude Densimétrico  $< 1/\pi$  para todos os meses do ano e respectivas vazões características. Sendo assim, na fase seguinte de estudos, ou seja, no Projeto Básico ambiental (PBA), recomenda - se a utilização de um modelo matemático unidimensional na direção vertical, constituindo - se de 2 módulos: um para análise da estratificação e outro para a qualidade da água.

- Tempo de Detenção

A caracterização preliminar da estratificação térmica através do Tempo de Detenção é feita, conforme o Water Resources Engineers Inc. (1969), considerando a seguinte equação:

$$T_d = V / Q$$

Onde:

$T_d$  = tempo de detenção;

$Q$  = descarga média do reservatório ( $m^3/s$ ) – neste estudo foram utilizadas as vazões características  $Q_{med}$ ,  $Q_{max}$  e  $Q_{min}$  em todos os meses do ano (Quadro apresentado no item anterior);

$V$  = volume do reservatório ( $m^3$ ).

Os critérios utilizados para a determinação do sistema misturado, intermitente ou estratificado é o descrito a seguir:

$T_d < 4 \rightarrow$  Misturado

$4 < T_d < 12 \rightarrow$  Intermitente

$T_d > 12 \rightarrow$  Estratificado

Para a UHE Pai Querê, o sistema se apresentou de forma intermitente em todos os meses do ano para as vazões médias características exceto setembro, em que o sistema se apresentou misturado. No entanto, para as vazões mínimas, ele se manteve estratificado em todos os meses e para as vazões máximas ele se apresentou misturado.

Como já foi dito no item anterior, recomenda-se a utilização de modelo matemático unidimensional de simulação da estratificação térmica e de qualidade da água para o reservatório da UHE Pai Querê na fase seguinte dos estudos ambientais.

### e.3 Usos da água

A região do rio Pelotas e seus afluentes em estudo para a implantação da UHE Pai Querê não apresenta conflitos de usos da água, nem atuais e nem potenciais. Foram identificados na região diversos usos, tais como, lazer, pesca e diluição de efluentes de cidades. Não foram observados usos atuais em relação a irrigação.

#### e.3.1 Lazer

Nas corredeiras do rio Pelotas, a montante do eixo do Aproveitamento Hidrelétrico de Pai Querê, portanto, dentro da Área de Influência Direta, foi identificada uma região de prática do rafting. Esta atividade de lazer não é explorada por nenhuma empresa e é praticada por turistas e moradores das regiões vizinhas. A implantação da UHE Pai Querê irá inviabilizar a prática deste esporte tal como ele é hoje.

#### e.3.2 Pesca

Em conversa com moradores da região, a pesca no rio Pelotas e seus afluentes não é muito praticada, em função das baixas temperaturas, e no caso do rio Pelotas, pela sua dificuldade de acesso. A pesca é realizada por moradores locais durante o verão.

#### e.3.3 Saneamento

As empresas responsáveis pelo abastecimento de água e coleta e tratamento de esgotos são: CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (SC) e CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento (RS).

A Regional Lages da CASAN atende, dentre outros, os municípios de Lages e São Joaquim.

O manancial para abastecimento de água do município de Lages está localizado no rio Caveiras, à 10 km da cidade, já na bacia do rio Canoas, no cruzamento deste com a rodovia BR - 475. A vazão de captação é igual a 600 l/s (0,6 m<sup>3</sup>/s). Há duas Estações de Tratamento de Água (ETA), tratamento convencional, sendo uma localizada no bairro Popular com capacidade de 450 l/s e a segunda no bairro Morro Grande com 20 l/s. Existem 21 reservatórios para distribuição desta água tratada, com capacidade total de 13.465 m<sup>3</sup>. A ETA do bairro Popular está em obras para a ampliação de sua vazão de tratamento para 600 l/s. Cerca de 92% da população é atendido pelo abastecimento de água.

No que se refere a esgotos, somente o município de Lages possui rede de coleta. Segundo a CASAN, apenas 13,17% da população urbana de Lages tem seu esgoto coletado (dados da CASAN – dez/2000). Os esgotos coletados são tratados em uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do tipo tanque de INHOFF, sistema Saturnino de Brito, tratamento primário e em seguida lançados no rio Caveiras, na bacia do rio Canoas. Esgotos sem tratamento também são lançados no rio Caveiras.

Está em fase final de construção um novo sistema de tratamento de esgotos que irá atender a 70% da área urbana de Lages, aos bairros localizados nas bacias dos rios Cará e Ponte Grande. Serão 96 km de rede coletora de esgotos e uma ETE compacta com vazão de tratamento inicial de 104 l/s, e em etapa posterior, de 208 l/s. Esta nova ETE está sendo construída no mesmo local da ETE existente, nos bairros Caça e Tiro, próximo ao rio Caveiras e com ela 80% da população será atendida.

O manancial de São Joaquim está localizado no rio Antonina (bacia do rio Pelotas), no cruzamento deste com a SC 438, a aproximadamente 10 km da cidade. A vazão de captação é de 45 l/s (0,045 m<sup>3</sup>/s) e o tratamento dado a água bruta é a desinfecção por cloro. Há três reservatórios de água na cidade, com capacidades de 448 m<sup>3</sup>, 150 m<sup>3</sup> e 100 m<sup>3</sup>. Aproximadamente 90% da população da área urbana é abastecida com água do sistema.

Não há sistema de coleta e tratamento dos esgotos na cidade de São Joaquim. Os esgotos são lançados “in natura” nos vales e rios da região e em fossas individuais. Há um projeto para tratamento deste esgoto, com destinação dos efluentes da ETE no rio São Mateus.

Os efluentes de São Joaquim são lançados no rio São Mateus, drenando para o rio Lava - Tudo, afluente do rio Pelotas. Considerando o cenário mais extremo em que toda a população de São Joaquim tenha o seu esgoto coletado por rede (atualmente a cidade não possui rede coletora de esgotos) e lance seus efluentes domésticos “in natura” no rio São Mateus, e também considerando a população atual de 16.091 habitantes na área urbana (Censo IBGE Preliminar 2000), e a taxa de retorno do abastecimento de água (a taxa percapita média para abastecimento de água é de 250 l/hab.dia) em 80%, resultando em 200 l/hab.dia de efluentes, a vazão dos efluentes lançados na bacia de contribuição é igual a 0,037 m<sup>3</sup>/s, ou 37 l/s. Este valor é muito inferior a mínima média mensal do período

de 1931 a 1998, que é igual a 9,6 m<sup>3</sup>/s, ou 9600 l/s. Sendo assim, mesmo para este cenário extremo, as águas do reservatório não seriam afetadas por esta carga poluente.

No lado gaúcho, a SURNE – Superintendência Região Nordeste da CORSAN atende a cidade de Bom Jesus no que se refere a abastecimento de água. A captação de água é feita no arroio Capoeira, e a vazão de captação é de aproximadamente 40 l/s. A água captada recebe tratamento convencional e então é distribuída. A cidade de Bom Jesus possui quatro reservatórios com capacidade total de 800 m<sup>3</sup>.

Não há rede coletora de esgotos. A prefeitura é responsável pelo sistema de esgotos da cidade de Bom Jesus. A maioria das residências possui fossa ou sumidouro, e em alguns casos, este esgoto é lançado clandestinamente na rede pluvial de drenagem. Esta rede pluvial lança os efluentes em arroios que drenam para a bacia do rio das Antas. Há projeto para captação dos efluentes nos arroios para tratamento.

#### e.3.4 Irrigação

A cidade de Bom Jesus possui lavouras de maçã (2º maior produtor do estado) e batata semente (maior produtor do estado), não irrigados. Há ainda o projeto de introdução do cultivo da soja, iniciando neste ano de 2001 com 3.000 ha e com a meta de atingir 6.000 ha em três anos. Ainda está em estudo a viabilidade de irrigação desta cultura. O município de São Joaquim possui lavouras de fruticultura e está iniciando o cultivo de uva, não irrigada, para a produção de vinho. Planta também a batata semente irrigada em 1.000 ha. A Figura a seguir apresenta o rio Lava - Tudo, que limita o município de São Joaquim, na sua cabeceira.

**FIGURA 9.1-10**  
**RIO LAVA - TUDO**



#### e.3.5 Indústrias

No município de Bom Jesus há a Indústria de processamento de café – Café Bom Jesus, na sede do município (bacia do rio das Antas), serrarias, um curtume e duas fábricas de corantes para café. Em São Joaquim há indústrias madeireiras e de beneficiamento da maçã. Em Lages há a fábrica de cervejas da Brahma, mas está fora da bacia de contribuição do empreendimento.

### e.3.6 Navegação

Os rios do município de Bom Jesus não são considerados navegáveis e as balsas utilizadas para travessia foram desativadas.

### e.3.7 Outras Unidades Geradoras de Energia Hidrelétrica

Existe a Usina dos Touros, de geração de energia hidrelétrica, pertencente a CEEE, no município de Bom Jesus. Atualmente está desativada por ocasião de um acidente que danificou os equipamentos necessários a operação da usina.

Sendo assim, não há usos relevantes de água que comprometam ou conflitem com o uso de geração de energia hidrelétrica no rio Pelotas ou demais usos.

**FIGURA 9.1-11**  
**BARRAGEM RIO DOS TOUROS**



## 9.1.2 - Meio Biótico

### a - Ecossistemas Terrestres

No Rio Grande do Sul, o início da colonização das áreas de ocorrência da Floresta Ombrófila Mista Montana teve início em 1874 pelos imigrantes italianos, os quais se estabeleceram na parte conservada do Planalto Meridional (RADAMBRASIL, 1986). Dentro de pequenas propriedades rurais os colonizadores promoveram o desmatamento da floresta e implantação da policultura do trigo, milho, feijão, videira e áreas de pastagem, utilizando um manejo rudimentar do solo. Por se tratar de solos pouco profundos, distróficos, pedregosos e de alta erosão, passou a ocorrer uma gradual degradação destes terrenos, ocasionando a diminuição dos rendimentos agrícolas. Como consequência, novas áreas florestadas iam sendo desbravadas, as quais, após anos sucessivos de cultivo, eram abandonadas. Posteriormente, surgiu o interesse comercial madeireiro, centralizado na extração do pinheiro (*Araucaria angustifolia*), o que teve como consequência a redução drástica desta espécie, mesmo em áreas remanescentes.

Na região de estudo, o histórico de ocupação, associado às condições ambientais favoreceram atividades como a pecuária e a fruticultura. De uma forma geral, o tipo e a intensidade de perturbações ao longo dos anos sobre as formações florestais e campestres, como os desmatamentos, a extração madeireira, a implantação de pastagens, a agricultura, a urbanização, entre outros, resultaram na progressiva modificação das áreas naturais. Nos vales encaixados do rio Pelotas ocorreu o mesmo processo de ocupação agrícola e pecuária, porém com intensidade pouco menor, resultando em uma maior extensão de florestas remanescentes, principalmente no curso superior deste rio. Ainda assim, boa parte destas florestas são constituídas por uma vegetação secundária, desenvolvida após o abandono de áreas agrícolas, ou então por matas sensivelmente alteradas em sua composição e estrutura originais, pela extração de madeiras para comércio ou lenha.

Atualmente, os remanescentes da Floresta Ombrófila Mista encontram-se situados principalmente em relevos acidentados e de difícil acesso. Não obstante, este fato não impediu que muitos destas áreas florestais fossem objeto de exploração seletiva, sendo desfalcados de seus elementos de maior valor comercial, marcadamente o pinheiro (*Araucaria angustifolia*), as canelas (*Ocotea* spp., *Nectandra* spp., *Cryptocarya* spp.) e o xaxim (*Dicksonia sellowiana*)

As áreas campestres naturais foram por sua vez ocupadas predominantemente pela pecuária, atividade favorecida pela presença de um tapete de gramíneas denso, de boa palatabilidade e muito apreciado pelo gado, além de apresentar boa resistência ao pisoteio e regular adaptação ao inverno. Consideradas pouco apropriadas para a agricultura, devido aos solos litólicos, rasos ou ácidos, extensas áreas são ainda encontradas na região com aspecto da vegetação original, apesar de sensivelmente alteradas em seu aspecto fisionômico e em sua composição florística original.

De uma forma geral, a área de influência direta é coberta por um mosaico vegetacional que abarca trechos florestados, pastagens e áreas cultivadas. A maior parte da área com cobertura florestal a ser diretamente afetada pelo enchimento da represa é constituída por remanescentes florestais da Floresta Ombrófila Mista, e por uma vegetação secundária em estágios diversos de regeneração.

De um modo geral, as áreas florestais menos alteradas da região situam-se sobre as encostas mais íngremes na calha do rio Pelotas,

A maior parte da área de inundação da barragem corresponde à região da calha do rio Pelotas e afluentes, originalmente revestida pela Floresta Ombrófila Mista Montana, apresentando, nas cotas inferiores, um sub - bosque constituído por uma mistura de elementos desta formação, associados a espécies características da Floresta Estacional Decidual.

Nos remanescentes observados desta formação, o estrato superior é constituído pelo pinheiro – do - paraná (*Araucaria angustifolia*), que em geral encontra-se geralmente distribuído de forma esparsa, provavelmente devido à extração seletiva, chegando mesmo a faltar no estrato superior em diversos trechos. O segundo estrato forma uma cobertura em geral contínua, sendo composto por espécies arbóreas como *Nectandra megapotamica* (canela – preta), *Cupania vernalis* (camboatá – vermelho), *Nectandra*

*lanceolata* (canela - branca), *Matayba elaeagnoides* (camboatá - branco), *Ocotea diospyrifolia* (canela-amarela), *Dasyphyllum spinescens* (açucará), *Lamanonia ternata* (guaperê), *Syagrus romanzoffiana* (jerivá), *Ruprechtia laxiflora* (marmeleiro) e *Roupala* sp. (carvalho). Neste estrato são também comuns espécies características da Floresta Estacional Decidual, ilustradas por *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), *Chrysophyllum gonocarpum* (mata-olho), *Chrysophyllum marginatum* (aguaí), *Machaerium stipitatum* (marmeleiro-do-mato), *Parapiptadenia rigida* (angico-vermelho), *Myrocarpus frondosus* (cabreúva) e *Cedrela fissilis* (cedro), entre outras.

Nos estratos das arvoretas e arbustos ocorrem espécies como *Campomanesia xanthocarpa* (guabioba), *Actinostemon concolor* (laranjeira-do-mato), *Allophylus guaraniticus* (vacum), *Oreopanax fulvum* (figueira-do-mato), *Calyptranthes concinna* (guamirim-ferro), o ingá (*Inga semialata*), *Casearia decandra* (guaçatunga), *Erythrina crista-galli* (corticeira) e *Daphnopsis racemosa* (embira-branca), entre outras.

O estrato herbáceo, nas áreas menos alteradas, é freqüentemente formado por espécies terrestres e rupícolas de pteridófitas pertencentes, em sua maioria, às famílias Polypodiaceae, Aspidiaceae, Pteridaceae e Aspleniaceae.

Entre as plantas dependentes de suporte destacam-se lianas representadas principalmente por espécies de sapindáceas (*Serjania* spp., *Paullinia* spp.) e bignoniáceas como *Pithecoctenium crucigerum* (pente-de-macaco) e *Macfadyena unguis-cati* (cipó-unha-de-gato).

Epífitas estão representadas por espécies mais comumente observadas sobre indivíduos arbóreos desenvolvidos, destacando-se entre as mesmas diversas espécies de pteridófitas (e.g. *Polypodium* spp., *Micrograma squamulosa*), líquens, orquídeas, cactáceas (*Rhipsalis* spp.) e bromélias como *Aechmea recurvata*, *Tillandsia usneoides*, *Tillandsia tenuifolia* e *Tillandsia stricta*.

Em trechos sujeitos à inundações periódicas, situados nas áreas marginais ao rio Pelotas e afluentes, e também sobre ilhotas rochosas locais, predominam espécies reófitas, plantas características de áreas fluviais que apresentam adaptações às condições variáveis na umidade do substrato, e também resistentes às correntezas e enchentes. Tais elementos são largamente dispersos pela bacia do rio Uruguai e por outros rios do sul do Brasil. Destacam-se na região espécies como o sarandi (*Phyllanthus sellowianus*), o branquilha (*Sebastiania commersoniana*), o sarandi-negro (*Sebastiania schottiana*), o mata-olho (*Pouteria salicifolia*) e os quebra-foice (*Calliandra tweediei*, *C. selloi*).

O interior das matas intensamente sujeitas à extração madeireira evidencia um intenso processo de regeneração, apresentando-se freqüentemente marcado pela abundância de espécies heliófilas, além de arbustos e indivíduos jovens arbóreos característicos dos estratos superiores. O estrato arbóreo evidencia a escassez de madeiras comerciais como as canelas ou o pinheiro, sendo mais comum a ocorrência de espécies como *Phytolacca dioica*, *Myrsine ferruginea*, *Escallonia montevidensis*, *Schinus* sp., *Chrysophyllum gonocarpum* e *Podocarpus lambertii*, entre outras. Nestes ambientes são comuns trepadeiras e lianas, com destaque para bignoniáceas e sapindáceas, que podem ser também observadas nas capoeiras locais.

Nas bordas dos fragmentos florestais, ocorrem comumente espécies heliófilas ou pioneiras, cuja ocorrência é em geral rara no interior da mata, por exigirem condições de maior luminosidade para germinação e estabelecimento. Destacam-se, entre as espécies mais comuns, *Myrsine ferruginea*, *Schinus* sp., *Escallonia* sp., *Sebastiania commersoniana* (branquilha). São também freqüentes nestas áreas, bem como nas matas semidevastadas, os bambus escandentes *Chusquea ramosissima* e *Merostachys multiramea*.

Na amostragem realizada para caracterização quantitativa da vegetação foram obtidos 80 indivíduos, distribuídos em 20 pontos amostrais, sendo 22 espécies e/ou morfoespécies. No momento amostras das morfoespécies estão sendo analisadas para identificação.

A espécie que mais se destacou na amostragem, principalmente por freqüência, foi *Chrysophyllum gonocarpum*, com 36% do total, seguida por *Escallonia* sp. com 15%. *C. gonocarpum* foi também a espécie encontrada em um maior número de pontos amostrais. A primeira espécie é característica de matas primárias da floresta semidecídua da bacia do Paraná, sendo empregada em reflorestamentos heterogêneos. Com relação à segunda espécie citada, trata-se de uma espécie nativa da região sul brasileira, no entanto, comumente em campos.

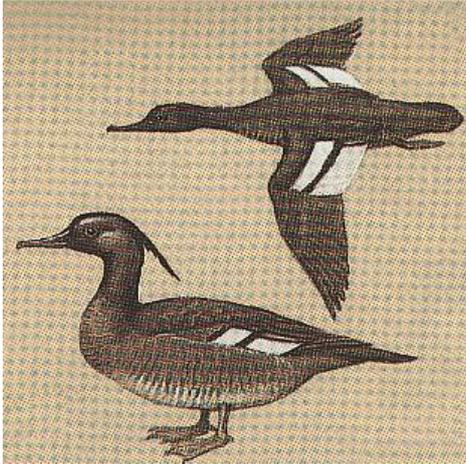
O dossel desta floresta está situado entre 5 e 10 metros de altura com um número reduzido de espécimes acima deste valor.

Com relação à distribuição diamétrica, há predominância de valores inferiores a 20 cm, um segundo grupo com valores entre 20 e 40 cm, e poucos indivíduos ultrapassam tais valores. As espécies com maior diâmetro são aquelas que não apresentam grande valor comercial, provavelmente sendo deixadas por este motivo.

A ocupação humana intensa e a exploração estrativista degradaram a região restando poucos remanescentes da floresta original. Mesmo as formações hoje existentes não possuem, em sua maioria, a composição original. Apenas áreas íngremes de difícil acesso conseguem manter a estrutura de espécies que poderia lembrar o habitat original. Testemunhos desta formação são as peles depositadas em coleções seriadas atestando uma fauna muito mais rica e diversificada que a atual.

Aves cinegéticas importantes como a jacutinga (*Pipile jacutinga*) e rapinantes topo de cadeia trófica como o uiraçu (*Harpia harpija*) a muito já desapareceram por completo. Outras espécies não chegaram a ser coletadas sendo a ocorrência de seu habitat o indicativo de sua presença no passado. Um exemplo disto é o pato-mergulhão (*Mergus octacetaceus*) que foi coletado por SELLOW (1827) próximo a Santa Catarina e que, apesar de possuir habitat igual a da região do rio Pelotas não foi mais encontrado e possivelmente não mais existe na região.

**FIGURA 9.1.12**



**Mergus octacetaceus conforme Sick,1997**



Trecho do rio Lava Tudo com o mesmo habitat descrito para o mergulhão

Grandes carnívoros como a onça-pintada (*Panthera onca*) estão presentes na lembrança da população rural, sobretudo no que se refere às pessoas de idade avançada, porém não existindo qualquer chance de ocorrência com o que restou de florestas na região.

Belton (1994) baseando-se em fatores ambientais e principalmente da avifauna como referência separou o Estado do Rio Grande do Sul em 5 regiões distintas. A área de estudo encontra-se na área chamada de planalto onde a floresta atlântica atinge o estado do Rio Grande do Sul. São listados para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina cerca de 140 espécies de mamíferos, 600 espécies de aves, 90 de répteis e 65 espécies de anfíbios distribuídas por diferentes regiões e ambientes.

Na área de influência, a composição estrutural da fauna local reflete o mosaico vegetacional através da mesclagem da avifauna comum às diferentes ambientes registrados. Há grande influência de um biótopo sobre o outro na medida em que há grande interpenetração dos mesmos. Dessa forma, áreas de vegetação ciliar apresentam, em seu interior, espécies de aves e de mamíferos tipicamente observadas em áreas campestres ou em plantações circunvizinhas, o mesmo acontecendo com estas em relação às primeiras.

A mastofauna inventariada consistiu de 33 espécies. Na região como um todo, há uma ampla dominância, em termos de ocupação espacial, de grupos com alta valência ecológica, sendo as espécies mais comuns *Euphractus sexcinctus* (tatu-peba), *Dasypus novemcinctus* (tatu), *D. septemcinctus*, *Dusycyon thous*, *D. gymnocercus* (cachorro do mato), *Cavia aperea* (cutia), *Cabassous tatouay* (tatu-de-rabo-mole), *Didelphis albiventris* (gambá), *Sylvilagus brasiliensis* (tapiti) e diversos roedores, notadamente aqueles pertencentes ao gênero *Oryzomys*, que ocorrem tanto nas formações florestais como em capoeiras, macegas e mesmo em áreas abertas.

Nas regiões marginais dos rios foi registrada a presença de *Procyon cancrivorus*, *Hydrochaeris hydrochareis*, *Chironectes minutus*, *Nectomys squamipes* e de *Lutra longicauda*, sendo a última espécie um taxa incluído na relação das espécies ameaçadas de extinção.

A avifauna presente nas pastagens da área e nas áreas desmatadas da AID diretamente afetada não corresponde àquela característica dos campos naturais sendo composta especialmente por espécies de hábitos generalistas.

Muitas espécies típicas de formações abertas adaptam-se, facilmente, a práticas agropecuárias, o que é o caso das inhambus-chororós (*Crypturellus parvirostris*), perdigões (*Rhynchotus rufescens*), codornas (*Nothura maculosa*), seriemas (*Cariama cristata*), corujas-buraqueiras (*Speotyto cunicularia*) e carcarás (*Polyborus plancus*). A garça-vaqueira (*Bubulcus ibis*) parece ter colonizado a região em anos recentes. Essa espécie provém do continente africano e vem invadindo os países da América do Sul onde aproveita-se do desgaste imposto pela pecuária extensiva (SICK, 1985).

A presença de araucárias esparsas ou em aglomerados, formando pequenos bosques que entremeiam esses pastos, faz com que haja grande aumento de diversidade de avifauna, uma vez que esses passam a ser visitados por aves pertencentes a outros habitats. Esse é o caso da gralha-azul (*Cyanocorax caeruleus*), cujos bandos são freqüentemente observados em seus vôos de pinheiro em pinheiro. Outra espécie que apresenta esse padrão é a maria-preta-de-bico-azul (*Knipolegus cyanirostris*), sempre observadas caçando insetos no alto das araucárias. O mesmo padrão foi observado para o furnarídeo *Cranioleuca obsoleta*.

**Figura 9.1 -13**  
**NOTHURA MACULOSA**



A análise de bioindicação mostrou que essas áreas, apesar de, muitas vezes lembrarem campos naturais, não apresenta mais os endemismos relevantes a nível de conservação que estão registrados para a área de influência indireta. Ao invés disso, as aves observadas nas pastagens locais são, com raras exceções, aquelas observadas em áreas igualmente impactadas de outras regiões do país. Esse quadro se modifica, um pouco, quando os pastos passam a ser entremeados por arbustos e araucárias esparsas, o que não modifica o quadro de predomínio absoluto de espécies de elevado caráter sinantrópico.

As capoeiras e remanescentes florestais da AID apesar de apresentarem fauna pouco exigente em termos de conservação, possui elementos mais característicos da região zoogeográfica que as pastagens e as áreas de silvicultura.

#### a.1 Unidades de Conservação

Em termos de iniciativas bioconservacionistas, destaca - se o fato da bacia do rio Pelotas encontra - se situada dentro de área tombada, referente a zona de amortecimento da Reserva da Biosfera.

O mapa apresentado em anexo ilustra a distribuição das unidades de conservação dentro da área em estudo.

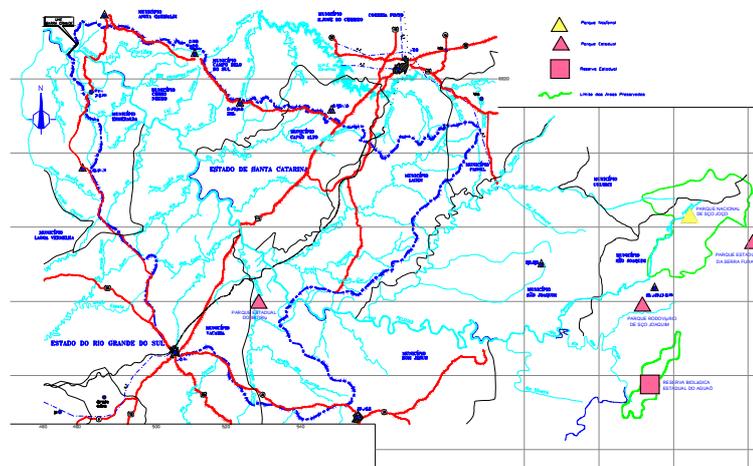
Em Santa Catarina, existem 2 principais unidades de conservação demarcadas no alto curso da bacia do rio Pelotas, a saber:

Parque Nacional de São Joaquim – Criado em 6 de julho de 1961, pelo Decreto Federal n<sup>o</sup> 50992, abrangendo os municípios de São Joaquim, Urubici, Bom Retiro e Orleans. Apresenta um relevo ondulado e vales profundamente entalhados. A flora é campestre com florestas ciliares e pinheiros nas encostas dos chapadões e floresta estacional no fundo dos vales

Reserva Biológica Estadual do Aguai – Foi criada no dia 1<sup>o</sup> de julho de 1983, através do decreto n<sup>o</sup> 19.635. Possui uma área de 7.762 hectares. Mostra - se densamente florestada pelas formações de matas nebulares. Sua inclusão no mapa em anexo se deveu ao fato de se situar em divisor de água da bacia do rio Pelotas (no caso o rio das Contas) com os rios que integram as bacias do leste brasileiro.

A esta soma - se o Parque Rodoviário Rio do Rastro, cuja localização é apresentada a seguir.

**Figura 9.1-14**  
**UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**



No Estado do Rio Grande do Sul, observa - se a existência do Parque Estadual do Ibitirá em área próxima ao canal do rio Pelotas. Esta unidade de conservação, criada pelo decreto n º 23.798 de 12 de março de 1975, apresenta flora riquíssima, representada principalmente pela *Araucaria angustifolia* e pelo *Tritinax brasiliensis* (SUDESUL, 1978). O parque, embora decretado a mais de 20 anos, ainda não foi efetivamente consolidado.

#### b - Ictiofauna

A bacia do rio Pelotas apresenta - se inserida dentro da unidade do alto rio Uruguai. Neste sistema, a ictiofauna mostra - se muito diversificada fato que provavelmente é resultante de ocorrências pretéritas de capturas de cabeceiras dos rios costeiros do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, da antiga ligação entre o rio Uruguai e o rio Paraná superior e a presente conexão da bacia do Uruguai com o rio Paraguai, além da grande diversidade de habitats que existe na região (cf. GHAZZI, 1997).

A alta diversificação dos grupos existentes na bacia, associado ao isolamento de suas populações, que gera uma taxa de endemismos provavelmente alta, bem como a ocorrência na bacia de espécies que, por serem compartilhadas com bacias vizinhas ilustram claramente processos de vicariância, conferem ao trecho em estudo neste documento, bem como a todo o alto rio Uruguai, especial valor biocoservacionista.

Como resultado dos trabalhos de campo, foram registradas 46 espécies de peixes. Dos taxa amostrados, alguns apresentaram - se restritos à rede de drenagem, tendo sido coletados apenas nas áreas de corredeiras de alguns dos tributários. Logicamente, por se tratar de uma amostragem pontual, este padrão não pode ser encarado como definitivo. Contudo, integrando os dados de campo com as características gerais de algumas das espécies, como *Trichomycterus* sp., *E. pantherinus*, *C. paleatus* e *J. eirmostigma*, é possível que estes ambientes constituam as áreas fonte de tais taxa. Para os demais, o canal principal provavelmente é a área de maior uso.

A distribuição das espécies ao longo do canal principal não se dá de forma homogênea. Assim, considerando as três áreas demarcadas ao longo do rio Pelotas, verifica - se uma tendência ao aumento na riqueza de espécies que acompanha o gradiente lótico.

**Figura 9.1-15**  
**Characidium sp**



**Figura 9.1-16**  
**Oligosarcus sp. e Astyanax bimaculatus**



Além dos taxa nativos, a bacia do rio Pelotas, na área em estudo, apresenta algumas espécies introduzidas, as quais encontram - se relacionadas no Quadro 9-14

**QUADRO 9.14**  
**ESPÉCIES DE PEIXES INTRODUZIDAS REGISTRADAS NA BACIA DO RIO PELOTAS**

Salmoniformes	Perciformes
Salmonidae	Cichlidae
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Tilapia rendalli</i>
Cypriniformes	
Cyprinidae	
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	
<i>Cyprinus carpio</i>	

Das espécies listadas, *C. idella* e *T. rendalli* foram registradas apenas em açudes particulares presentes no entorno do rio Pelotas. A truta (*Oncorhynchus mykiss*) e a carpa comum (*Cyprinus carpio*), igualmente criadas na região, são ocasionalmente liberadas no rio, conforme atestado nas entrevistas realizadas.

**FIGURA 9.1-17**  
**CTENOPHARYNGODON IDELLA PESCADA EM AÇUDE DA REGIÃO**



Das espécies listadas *Oncorhynchus mykiss* e *Cyprinus carpio* tem sido mencionadas por seu impacto negativo sobre populações derivado da predação ou competição (COURTENAY & ROBINS, 1973; COURTENAY & STAUFER, 1984; AGOSTINHO & JÚLIO, 1996; BIZERRIL, 1999). Na América do Sul, *Ctenopharigodon idella* é apontada

como responsável pela introdução de patógenos e parasitas causando a infestação de espécies nativas e peixes em cultivo por *Bothriocephalus acheilognathi*, cestódeo endêmico da China (AGOSTINHO & JÚLIO, 1996).

*C. carpio*, , por produzir uma série de mudanças na estrutura geral do substrato e do balanço de nutrientes no sistema aquático parece atuar como catalizadora do processo de modificação ambiental (AGOSTINHO & JÚLIO, 1996)

A pesca está presente em toda a área estudada, desenvolvendo-se como atividade recreativa. Dentre as espécies de médio porte, as traíras (*Hoplias malabaricus*), o bagre amarelo (*Rhamdia* sp.), alguns cascudos (*Hypostomus* sp) e piaus (Anostomidae) figuram entre os peixes mais freqüentemente capturados em pescarias efetuadas pela população local.

O dourado (*S. orbigmanus*) e o surubim (*S. inscripta*) são igualmente procurados, contudo sua baixa abundância atual torna sua captura rara.

Rotas migratórias das espécies de peixes e potenciais rotas migratórias alternativas

No conjunto de espécies registrado, apenas dois taxa (Dourado - *S. orbigmanus* e o surubim - *S. inscripta*) realizam grandes migrações relacionadas à atividade reprodutiva.

**FIGURA 9.1 - 18**  
**SALMINUS ORBIGMANUS**



O rio Pelotas parece atuar como uma rota migratória secundária para espécies provenientes do rio Uruguai. Neste processo, o rio Canoas exibe maior importância, atuando como principal sítio de migração das espécies durante o período de piracema.

Com o fechamento da barragem de Itá, moradores locais observaram aumento na população de *Salminus maxillosus*, o que denota uma reordenação nas áreas de uso da espécie na bacia.

O deslocamento de *S. orbigmanus* foi, preliminarmente, mapeado como se prolongando da desembocadura do rio Pelotas até o trecho próximo ao encontro com o rio Lava-Tudo.

Dentro da área de influência direta do empreendimento, muitos os sistemas de drenagem mostram-se pequenos para viabilizarem a migração de espécies de grande porte (i.e., *Steindachneridion scripta*, *Salminus orbignyanus*), contudo, o rio Lava Tudo e o Pelotinhas são apontados como uma área que permite a perpetuação de tais grupos, bem

como de peixes reofílicos menores, tais como o mandi (*Pimelodus* sp.) e os birus (*Steindachnerina brevipinna*, *Cyphocharax voga*).

### 9.1.3 - Meio Antrópico

#### a Dinâmica Populacional

A população da Área de Influência Indireta distribui - se em um território de 7.173 km<sup>2</sup>, equivalente a uma densidade demográfica de cerca de 27 habitantes por quilômetro quadrado. Este valor encontra - se abaixo da média de ambos os estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, mas reflete a grande extensão territorial dos municípios estudados. Lages e São Joaquim são, respectivamente, o maior e o segundo maior município catarinense em área, e cada um representa cerca de cinco vezes o território da capital, Florianópolis. Bom Jesus figura como o 21<sup>o</sup> maior município do Rio Grande do Sul em extensão, sendo Alegrete o maior município do estado, com 7.808 km<sup>2</sup>. No Quadro 9.15 abaixo são relacionados os valores de área e densidade para os municípios estudados.

**QUADRO 9.15**  
**DENSIDADE DEMOGRÁFICA - 2000**

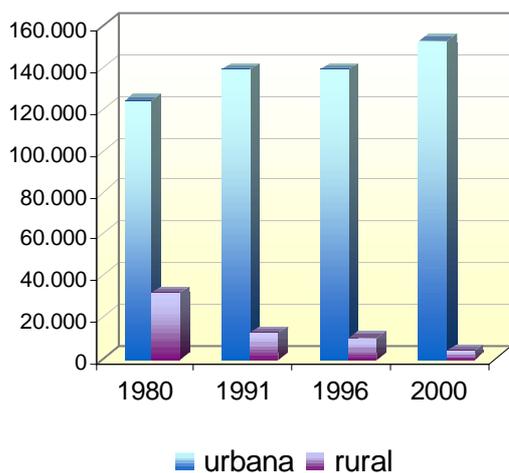
ESTADO/MUNICÍPIO	POPULAÇÃO TOTAL - 2000	ÁREA (km <sup>2</sup> )	DENSIDADE DEMOGRÁFICA
Santa Catarina	5.333.284	95.443	56
Lages	156.406	2.651	59
São Joaquim	22.780	1.888	12
Rio Grande do Sul	10.179.801	282.062	36
Bom Jesus	12.014	2.634	5
All	191.200	7.173	27

Fonte: IBGE - Censo Demográfico, 2000.

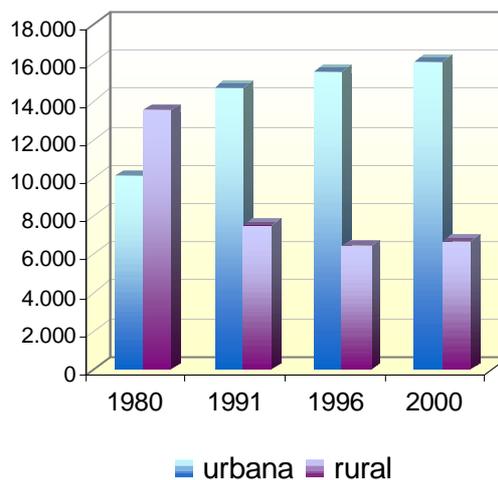
A população da Área de Influência Indireta distribui - se diferenciadamente entre os municípios que a compõem. Lages, cujas características econômicas estão voltadas aos setores secundário e terciário, registra um maior contingente em áreas urbanas, fato que já se consolidou ao final da primeira metade do século XX.

Nos municípios de São Joaquim e Bom Jesus, a parcela rural da população é ainda expressiva. As figuras e o Quadro a seguir apresentam os dados da população segundo sua distribuição urbana e rural.

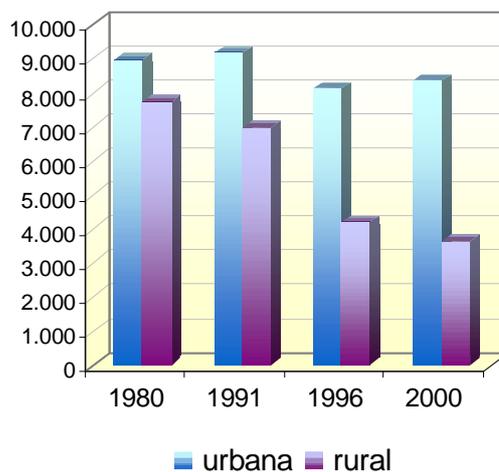
**FIGURA 9.1-19**  
**DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO – LAGES**



**FIGURA 9.1-20**  
**DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO – SÃO JOQUIM**



**FIGURA 9.1-21**  
**DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO – BOM JESUS**



Fonte: IBGE - Censo Demográfico, 1980, 1991 e 2000, e Contagem da População, 1996.

**QUADRO 9.16**  
**POPULAÇÃO URBANA E RURAL**

ESTADO/MUNICÍPIO	URBANA				RURAL			
	1980	1991	1996	2000	1980	1991	1996	2000
Santa Catarina	1.473.695	3.208.537	3.565.130	4.197.287	2.154.238	1.333.457	1.310.114	1.135.997
Lages	123.616	138.575	138.669	152.320	31.677	12.660	10.191	4.086
São Joaquim	10.098	14.722	15.554	16.084	13.526	7.573	6.456	6.696
Rio Grande do Sul	2.522.897	6.996.542	7.579.977	8.310.995	5.250.940	2.142.128	2.054.711	1.868.806
Bom Jesus	8.989	9.199	8.136	8.379	7.759	6.991	4.197	3.635
All	50.764	162.496	162.359	176.783	144.901	27.224	20.844	14.417

Fonte: IBGE - Censo Demográfico, 1980, 1991 e 2000, e Contagem da População, 1996.

A observação das taxas de crescimento demográfico da população urbana e rural, revela o intenso processo de redução das populações residentes no campo. As taxas são negativas e elevadas. Durante a década de oitenta, a perda da população rural pode ser compensada pelo aumento do número de habitantes nas cidades, mas no período seguinte, as reduções demográficas também se verificaram no meio urbano. No caso de Lages e Bom Jesus, tal redução pode estar associada aos desmembramentos territoriais, como exposto anteriormente, mas em São Joaquim, que não registrou emancipações de partes de seu território, a perda de população rural é expressiva, e já é capaz de influenciar sua dinâmica demográfica de modo global.

No quadro a seguir, são apresentados os dados relativos as taxas de crescimento demográfico para a população urbana e rural.

**QUADRO 9.17**  
**TAXAS DE CRESCIMENTO DEMOGRÁFICO URBANO E RURAL**

ESTADO/MUNICÍPIO	URBANA		RURAL	
	1980/1991	1991/2000	1980/1991	1991/2000
Santa Catarina	7,33	2,47	-4,27	-1,45
Lages	1,04	0,86	-8,00	-9,77
São Joaquim	3,49	0,81	-5,14	-1,11
Rio Grande do Sul	9,72	1,58	-7,83	-1,23
Bom Jesus	0,21	-0,85	-0,94	-5,77
Área de Influência Indireta	11,16	0,77	-14,10	-5,62

Fonte: IBGE - Censo Demográfico, 1980, 1991 e 2000, e Contagem da População, 1996.

## b Caracterização Sócio - Econômica das Comunidades Afetadas

### b.1 Introdução

Para a caracterização das comunidades afetadas, foi realizada uma pesquisa sócio - econômica na área diretamente atingida pelo empreendimento, definida, de acordo com o item "Áreas de Influência do Empreendimento", que corresponde a porção atingida pela

formação do reservatório, áreas de empréstimo, bota - fora e infra - estrutura de apoio as obras.

O levantamento na área rural foi feito com base em uma restituição aerofotogramétrica na escala 1:25.000 do reservatório, com amarração e levantamento das propriedades efetuada com equipamento de posicionamento por satélite (GPS).

As propriedades foram fotografadas e localizadas geograficamente, sendo posicionadas em mapa e relacionadas individualmente, configurando - se o inventário expedito da mesmas.

#### b.2 Dimensionamento da População e Identificação das Propriedades

Conforme discutido no item anterior, foram identificadas 235 propriedades rurais potencialmente atingidas pelo empreendimento, durante dos levantamentos associados a restituição aerofotogramétrica do reservatório.

Por ocasião da efetuação do cadastro expedito, foram entrevistadas proprietários ou seus prepostos em 198 propriedades. O cadastro expedito objetivou o contato com todas as propriedades potencialmente atingidas, mas não foi possível obter informações, no momento dos levantamentos de campo, para 37 propriedades.

De acordo com os dados deste cadastro, nas 198 propriedades visitadas residiam 173 famílias, em um total de 492 pessoas.

O vínculo com a propriedade, para a maior parte das famílias residentes, foi estabelecido através de relações de trabalho, ou seja, cerca de 110 são famílias de empregados permanentes. A maior parte das famílias proprietárias, mais de 80%, não residem no imóvel, mas principalmente nos núcleos urbanos municipais. São residentes 38 famílias proprietárias, 13 são herdeiras, 4 ocupantes, 6 arrendatários e 2 parceiros.

Há propriedades que se constituem em partilhas familiares, já devidamente regularizadas em suas documentações de posse. Boa parte destas encontra - se sem atividades produtivas ou residências fixas, caracterizando uma baixa ocupação populacional, como indicaram os dados do cadastro, onde, em 198 propriedades, foram registradas 173 famílias residentes, ou seja, menos de uma família por propriedade rural.

O Quadro 9.18 a seguir, dispõem o dimensionamento da população residente nas propriedades atingidas.

**QUADRO 9.18**  
**DIMENSIONAMENTO DA POPULAÇÃO RURAL DA ÁREA ATINGIDA**

Municípios	Número de Propriedades	Número de Propriedades Cadastradas	Número de Famílias Residentes			Número de Pessoas Residentes		
			Total	Proprietários	Não-Proprietários	Total	Proprietários	Não-Proprietários
Lages	26	22	47	6	41	154	17	137
São Joaquim	126	91	49	13	36	150	51	99
Bom Jesus	83	85	77	19	58	188	52	136
<b>Área de Influência Direta - AID</b>	<b>235</b>	<b>198</b>	<b>173</b>	<b>38</b>	<b>135</b>	<b>492</b>	<b>120</b>	<b>372</b>

FONTE: ENGEVIX – Pesquisa Sócio-Econômica, 2000

### c Infra - estrutura de Transportes Comunicação e Energia

O sistema de rodoviário da região se estrutura em dois eixos básicos de circulação: a BR - 282 interligando o litoral ao oeste do Estado de Santa Catarina, passando pela cidade de Lages e a BR - 116 no sentido norte/sul, interligando o Estado de Santa Catarina no Rio Grande do Sul. A partir da cidade de Lages o acesso a São Joaquim é feito pela SC - 438, pavimentada, em boas condições de tráfego. O acesso a Bom Jesus é feito por uma variante da BR -116, a partir da cidade de Vacaria, BJ-485 em fase final de pavimentação.

O transporte aéreo a região é feito pelo Aeroporto Federal Correia Pinto, localizado na cidade de Lages.

O transporte ferroviário de carga é de responsabilidade de empresa América Latina Logistical (ALL) com concessão de operação por um período de 30 anos, contados a partir de março de 1997.

Os municípios, dispõem de serviços da Empresa de Correios e telégrafos a (ECT) e de serviços telefônicos da Brasil -Telecom nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Os municípios recebem imagem das principais emissoras do país.

Em Lages os jornais que circulam são o Diário Catarinense, o Correio Lageano e o "Momento". Em São Joaquim "O Mural" e em Bom Jesus o Jornal "Gazeta Serrana".

A CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina é responsável pela distribuição de energia nos municípios de Lages e São Joaquim, enquanto em Bom Jesus o serviço é de responsabilidade da RGE - Rio Grande Energia S/A.

#### c.1 Núcleos Urbanos

O sistema urbano da área de influência do empreendimento é formado pelos municípios de Lages e São Joaquim no Estado de Santa Catarina e Bom Jesus no Rio Grande do Sul.

#### c.2 Lages

A cidade de Lages localiza - se na região serrana do Estado. Sua posição estratégica em relação aos eixos rodoviários importantes do estado é fator determinante para o dinamismo econômico da região.

Na área central da cidade localizam - se os prédios mais tradicionais como a Prefeitura, escolas, convento e Igreja matriz. Nesta área as construções residenciais se apresentam em melhor padrão, que nos demais bairros.

O código de obras criado em 8 de junho de 1965 divide a área urbana em nove unidades territoriais, determinando normas e critérios para o uso e a ocupação do solo urbano. Na área central da cidade é onde se concentram o maior número de estabelecimentos comerciais.

Em termos de equipamentos de educação existem no município 119 escolas municipais, 95 escolas estaduais e 19 escolas particulares.

Na área da saúde o município possui 3 hospitais, 28 unidades sanitárias e 2 clínicas particulares.

Existem em Lages 17 hotéis, 9 hotéis fazenda, 1 cinema, 1 teatro, 5 bibliotecas, 3 campings, 25 restaurantes, 12 clubes de serviço, 8 clubes sociais e 17 centros de tradição gaúchas (CTG).

O sistema de abastecimento de água é gerenciado pela CASAN - Companhia de Água e Saneamento, atendendo a um total de 37.470 ligações. A captação é feita no rio Caveiras. O tratamento é feito através de 2 ETA's do tipo convencional, com capacidade total de 470 l/s.

O sistema de esgotos também de responsabilidade da CASAN atende apenas a região central da cidade correspondendo 8% da população. Esta em fase de construção o novo sistema que atenderá a 70% da área urbana. Os esgotos serão tratados por uma, ETE compacta. Após o tratamento os esgotos serão lançados no rio Caveiras.

A coleta de lixo é realizada pela empresa ENGEPASA Ambiental Ltda. Uma vez por semana a empresa realiza a coleta seletiva. O volume de 1.700 t/mês é depositado em um lixão localizado ao lado da BR - 282.

### c.3 São Joaquim

O município de São Joaquim localiza - se no extremo sul do Planalto Catarinense. O principal acesso é a SC-438, variante da BR -116.

Na área central da cidade concentram - se as construções destinadas às funções de comércio e serviços. Em trono da praça João Ribeiro situa - se o prédio da Prefeitura e a Igreja Matriz.

O traçado na área central da cidade é ortogonal, formando - se irregular a medida em que se afasta da área central.

O Plano Diretor de São Joaquim de novembro de 1998 divide a cidade em 13 zonas de uso e ocupação do solo.

Na área da educação o município é composto de 45 escolas municipais, 8 estaduais e 4 escolas particulares.

Na área da saúde existe 1 hospital e 1 unidade sanitária.

O município conta com 6 hotéis, 6 restaurantes, 20 bares, 1 parque de exposições, 2 museus, 1 estádio municipal, 3 clubes e 1 centro de tradições gaúchas.

O sistema de abastecimento de água é atendido pela CASAN com um total de 4.153 ligações, correspondente a 90% de atendimento. A captação é feita no rio Antônia o tratamento é através de uma ETA do tipo convencional com capacidade de 45 l/s.

Não existe sistema de tratamento de esgotos, sendo estes lançados "in natura" nos vales e rios da região.

A coleta de lixo é feita pela prefeitura, o lixo é depositado a céu aberto no município de Bom Jardim.

#### c.4 Bom Jesus

O município de Bom Jesus localiza - se no extremo nordeste do estado do Rio Grande do Sul. O acesso principal é a BR - 285, a partir do município de Vacaria.

Na área central da cidade, entorno da praça principal localizam - se o maior parte dos estabelecimentos comerciais. O principal eixo de circulação urbana é a Av. Moraes Silveira de Azevedo, onde se localiza o prédio da Prefeitura.

O Sistema educacional é composto de 18 escolas municipais e 8 escolas estaduais e 1 escola particular, além da APAE - Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais.

Na área da saúde o município conta com 1 hospital, 1 centro de saúde e 7 postos de saúde.

Os equipamentos de turismo, cultura e lazer são: 4 hotéis, 4 hotéis fazenda, 2 campings, 8 restaurantes, 1 biblioteca, 1 museu, 5 clubes sociais, 3 ginásios de esportes e 3 campos de futebol.

O sistema de abastecimento de água de responsabilidade da CORSAN - Companhia Rio Grandense de Saneamento atendendo a um total de 2.585 ligações. A captação é feita no arroio do Estaqueador e recebe o tratamento através de uma ETA convencional.

O sistema de esgotos é de responsabilidade da prefeitura, apenas o bairro COHAB possui rede coletora, os esgotos são lançados "in natura" nos córregos da região.

A coleta de lixo é feita pela prefeitura. Esta em fase de construção uma usina de reciclagem e um aterro sanitário.

#### d Patrimônio Histórico, Cultural e Arqueológico

As referências bibliográficas indicam a presença de pelo menos três tradições diferentes para a área, sendo duas pré - cerâmicas e uma ceramista. As tradições pré - cerâmicas encontradas na áreas são a Umbú e a Humaitá. A bacia do rio Pelotas é um dos locais onde essas duas tradições, em seus diferentes momentos cronológicos e culturais escolheram assentarem. A mais antiga delas, a tradição Umbu, tem como preferência os ambientes mais acidentados, nas bordas do planalto, em platôs ou em terraços. A maior característica dessa tradição está nos seus artefatos líticos, principalmente as pontas de projétil.

Quanto a tradição Humaitá, seus sítios estão dispersos pela bacia do rio Uruguai, o que inclui a calha do rio Pelotas. Seus artefatos representam os atributos que confirmam a presença dessa tradição na área afetada, encontrado no acervo do Museu e Arquivo Municipal de Bom Jesus. Outras unidades arqueológicas pré - cerâmicas, de acordo com

a literatura, foram localizadas na área imediatamente afetadas pelas obras, com é o caso das fases Cotia e Ubirici, ligadas ao ambiente dos rios Canoas e Lava Tudo, principalmente em Santa Catarina.

As informações locais dão conta de destacar que a área já foi alvo de pesquisas arqueológicas por parte de professores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A primeira referência foi o “sítio arqueológico Toca de Índio”, de onde foram retirados artefatos indígenas e ossos. Pela descrição dos informantes e observação direta, tal sítio trata-se de uma casa subterrânea, característica da tradição Taquara. Trata - se de uma área aplainada, em grande elevação, onde se encontra uma depressão artificial, localizada nas coordenadas 22J 0526591 e UTM 6870987, estando atualmente dentro de uma cerca colocada pelo proprietário para proteção do gado. A ocorrência dessa tradição na área é confirmada tanto pelas referências bibliográficas levantada, conforme já apresentado, como pelo material observado no Museu e Arquivo Municipal com elementos materiais (líticos e cerâmicos) da tradição Taquara.

No que diz respeito ao patrimônio arqueológico histórico, pode - se observar, a tradição do tropeirismo, onde nota - se o engajamento da população local com esses restos materiais. No município de Bom Jesus é, dentre os município afetados pela UHE Pai Querê, aqueles que tem a maior área afetada, possuindo notada preocupação quanto a preservação de seu patrimônio cultural, haja visto sua Secretária de Educação e Cultura, que além das atividades rotineiras, possui em seu prédio um Museu e Arquivo Municipal. E é nesse município que se encontra as ruínas do Registro e Passo da Santa Vitória, marco importante para a história do tropeirismo e ocupação regional no norte do Rio Grande do Sul e sul de Santa Catarina.

O Passo e o Registro de Santa Vitória encontram - se localizado na confluência dos rios Pelotas e Touros, justamente na ponta dessa união. Trata - se das ruínas do antigo registro que encontram - se dispersas sob a vegetação rasteira, porém, sendo de fácil localização devido ao fluxo de visitante que recebe constantemente. Essa ruínas são compostas pela casa do Provedor e da casa da guarda e os locais de descanso e guarda dos animais. Esse monumento histórico está tombado municipalmente.

## **9.2 - IMPACTOS AMBIENTAIS**

Nas fases que compõem os conjuntos de atividades relacionadas ao presente empreendimento, foram identificadas ações potencialmente causadoras de impactos ambientais. Essas ações foram então cruzadas com as informações constantes do diagnóstico ambiental. Dessa forma, obteve - se uma relação de das alterações ambientais, classificadas de acordo com os critérios descritos a seguir:

**Natureza do Impacto** - Correspondendo à classificação da natureza dos impactos, isto é, positivo ou negativo em relação ao(s) componente(s) ambiental(is) atingido(s);

**Forma Como se Manifesta o Impacto** - Diferenciando impactos diretos, decorrentes de ações do empreendimento, dos impactos indiretos, decorrentes do somatório de interferências geradas por outro ou outros impactos, estabelecidos direta ou indiretamente pelo empreendimento;

**Duração do Impacto** - Nesta categoria de qualificação, o impacto será classificado de acordo com suas características de persistência, tendo como momento inicial o instante em que ele se manifesta. Assim sendo, ele pode ser: *permanente*, mantendo-se indeterminadamente; *temporário*, desaparecendo por si próprio, após algum tempo; ou cíclico, reaparecendo de tempos em tempos;

**Temporalidade da Ocorrência do Impacto** - Refere-se ao prazo de manifestação do impacto, ou seja, se ele se manifesta imediatamente após a sua causa (curto prazo), ou se é necessário que decorra um certo lapso de tempo para que ele venha a se manifestar (longo prazo);

**Reversibilidade**, ou seja, se ele é reversível, se o fator alterado pode restabelecer-se como antes, ou irreversível, podendo ser compensado, mas não mitigado ou evitado;

**Abrangência**, ou seja, se seus efeitos serão sentidos local ou regionalmente. Considera-se, como efeito local, aquele que atinge, no máximo, a área diretamente afetada pelo empreendimento e, como regional, aquele que afeta áreas mais amplas;

**Magnitude** - Expressa a variação de um fenômeno em relação à sua situação prévia, ou seja, se o impacto vai transformar intensamente uma situação preexistente (alta); se ele tem pouca significação em relação ao universo daquele fenômeno ambiental (baixa) e média, se ocupa situação - intermediária. A magnitude de um impacto é, portanto, tratada exclusivamente em relação ao componente ambiental em questão, independentemente de sua importância por afetar outros componentes ambientais;

**Importância** - Ao contrário da magnitude, expressa a interferência do impacto ambiental em um componente e sobre os demais componentes ambientais. Para efeito dessa classificação, tal categoria será subdividida em Pequena Importância, quando o impacto só atinge um componente ambiental sem afetar, em decorrência, outros componentes; Média Importância, quando o efeito de um impacto atinge outros, mas não chega a afetar o conjunto do fator ambiental em que ele se insere ou a qualidade de vida da população local; Grande Importância, quando o impacto sobre o componente põe em risco a sobrevivência do fator ambiental em que se insere ou atinge de forma marcante a qualidade de vida da população;

**Caráter do Impacto** - Os impactos serão classificados como estratégicos ou não - estratégicos, o que permitirá identificar quais deles geram alterações positivas ou negativas em indicadores sociais ou nos níveis gerais de qualidade de vida.

Após classificados os impactos ambientais, foram estudadas as medidas que pudessem mitigar seus efeitos negativos ou potencializar seus efeitos positivos.

### 9.2.1 - Levantamento dos Impactos

Foram identificados impactos ambientais, os quais estão relacionados a seguir:

1. Alteração do Sistema Fluvial
2. Elevação do Lençol Freático

3. Alterações na Qualidade das Águas
4. Interferências de Áreas de Autorizações e Concessões Minerais com o Reservatório
5. Ocorrência de Sismos Induzidos
6. Início ou Aceleração de Processos Erosivos
7. Redução na Oferta de Hábitats e Simplificação da Paisagem
8. Aumento de Mortandade da Fauna
9. Alteração na Estrutura da Fauna Aquática e na Qualidade da Água na Fase Pré-operacional.
10. Alteração na Estrutura da Fauna Aquática e na Qualidade da Água na Fase de Enchimento e na Operação da Barragem.
11. Fragmentação do Canal Fluvial
12. Alteração na Composição da Ictiofauna
13. Criação de Expectativas
14. Alterações Demográficas
15. Alterações ao Mercado de Trabalho
16. Alteração no Mercado de Bens e Serviços, da Renda Regional e das Arrecadações Municipais
17. Intensificação do Tráfego
18. Melhoria dos Acessos às Cidades Circunvizinhas ao Empreendimento
19. Aumento da Demanda por Equipamentos e Serviços Sociais
20. Interferência com Sítios Arqueológicos
21. Alteração no Quadro de Saúde
22. Alteração do Uso do Solo
23. Deslocamento Compulsório de Famílias

## 9.2.2 - Classificação dos Impactos

Apresenta - se, a seguir, a classificação dos impactos levantados, de acordo com os critérios apresentados deste estudo.

CATEGORIA DE CLASSIFICAÇÃO	Natureza do Impacto	Forma como se Manifesta o Impacto	Duração do Impacto	Temporalidade da Ocorrência do Impacto	Reversibilidade do Impacto	Abrangência do Impacto	Magnitude do Impacto	Importância do Impacto	Caráter do Impacto
<b>IMPACTOS LEVANTADOS</b>									
Ocorrência de Sismos Induzidos	Negativo	Direta	Permanente	Longo prazo	Irreversível	Local	Média	Alta	Não estratégico
Início ou aceleração de processos erosivos	Negativo	Direta	Permanente	Curto prazo	Reversível	Local	Média	Média	Não estratégico
Elevação do nível do lençol freático e alteração na estabilidade das encostas	Negativo	Direta	Permanente	Curto prazo	Irreversível	Local	Média	Média	Não estratégico
Alteração do regime hídrico e da qualidade da água	Negativo	Direta	Permanente	Longo Prazo	Irreversível	Regional	Pequena	Alta	Não estratégico
Remoção de cobertura vegetal atual e perda de habitats	Negativo	Direta	Permanente	Curto prazo	Reversível	Local	Média	Média	Não estratégico
Fragmentação e perda dos ecossistemas aquáticos	Negativo	Direta	Permanente	Curto prazo	Irreversível	Local	Pequena	Média	Não estratégico
Alteração na estrutura da fauna aquática vinculada à alteração da qualidade da água	Negativo	Direta	Permanente	Curto prazo	Irreversível	Local	Média	Média	Não estratégico
Interferências com a rotina das comunidades próximas à obra	Negativo	Direta	Temporário	Curto prazo	Reversível	Local	Pequena	Alta	Estratégico
Alterações demográficas	Negativo	Direta	Permanente	Curto prazo	Reversível	Local	Pequena	Pequena	Não estratégico
Alteração no mercado imobiliário	Negativo	Direta	Temporário	Curto prazo	Reversível	Local	Pequena	Pequena	Não estratégico
Alteração no mercado de trabalho	Positivo	Direta	Temporário	Curto prazo	Reversível	Local	Média	Média	Não estratégico
Alteração no mercado de bens e serviços, da renda regional e das arrecadações municipais	Negativo	Direta	Temporário	Curto prazo	Reversível	Local	Pequena	Média	Não estratégico
Intensificação do tráfego	Negativo	Direta	Temporário	Curto prazo	Reversível	Local	Pequena	Média	Não estratégico
Melhoria dos acessos às cidades circunvizinhas ao Empreendimento	Positivo	Direta	Permanente	Curto prazo	Irreversível	Local	Pequena	Pequena	Estratégico
Aumento na demanda por equipamentos	Positivo	Direta	Temporário	Curto prazo	Irreversível	Local	Média	Média	Não estratégico
Aumento na oferta de energia elétrica	Positivo	Direta	Permanente	Curto prazo	Irreversível	Local	Alta	Alta	Estratégico
Possível interferência com sítios arqueológicos	Negativo	Direta	Permanente	Curto prazo	Irreversível	Local	Pequena	Alta	Não estratégico
Alteração no quadro de saúde	Negativo	Direta	Temporário	Curto prazo	Reversível	Local	Pequena	Pequena	Não estratégico
Alteração do uso do solo	Negativo	Direta	Permanente	Curto prazo	Irreversível	Local	Pequena	Pequena	Não estratégico
Deslocamento compulsório de famílias	Negativo	Direta	Permanente	Curto prazo	Irreversível	Regional	Média	Alta	Não estratégico

## 9.3 - Programas Ambientais

### 9.3.1 - Programa de Monitoramento Limnológico, de Qualidade da Água e Sedimentológico

#### a Objetivos

Proceder a uma caracterização das condições atuais de qualidade da água e dos sedimentos no trecho do rio Pelotas na área do futuro reservatório.

Acompanhar a evolução da qualidade da água e dos sedimentos durante as seguintes fases:

- momento anterior ao início da construção;
- momento de implantação da UHE de Pai querê ;
- durante o enchimento e operação do reservatório.

Possibilitar a adoção de medidas de controle e/ou corretivas no caso de ocorrência de situações previstas ou não previstas.

Avaliar as condições tróficas do futuro reservatório.

Avaliar o processo de sedimentação do futuro reservatório.

Subsidiar os estudos de ictiofauna e de controle de macrófitas no reservatório.

Dar suporte necessário à elaboração de um plano de manejo para o futuro reservatório.

#### b Duração do Projeto

O programa em questão possui duração de 4 anos.

### 9.3.2 - Programa de Monitoramento Faunístico

#### a Objetivos

Acompanhar as alterações sofridas pela fauna com o início das obras e com a operação do empreendimento.

Levantar dados que dêem sustentação teórica à tomada de medidas mitigadoras nesse empreendimentos.

Gerar uma base de dados que permita traçar um acervo de informações que auxiliarão no processo de avaliação de impactos em empreendimentos similares.

### 9.3.3 - Programa de Monitoramento da Ictiofauna

#### a Objetivos

Identificar áreas prioritárias para a conservação da ictiofauna dentro da região a ser afetada pelo empreendimento.

Descrever as alterações sofridas pelas comunidades ícticas.

Mapear rotas migratórias e identificar, dentre os tributários que integram a rede de drenagem do rio Pelotas, na área do empreendimento e em trechos limítrofes, locais que possam atuar como rotas migratórias alternativas.

Fornecer subsídios para o Programa de Implantação de Reserva Natural.

b Duração do Projeto

O programa possui duração de 4 anos, sendo as atividades desenvolvidas ininterruptamente em intervalos sazonais.

9.3.4 - Programa de Monitoramento da Produtividade Pesqueira

a Objetivos

Descrever detalhadamente a atividade de pesca na bacia do rio Pelotas, dentro da área afetada pelo empreendimento.

Relacionar as espécies mais capturadas pela população.

Estimar o volume de pescado capturado na região.

Calcular o tamanho mínimo permissível para a captura de cada espécie de valor econômico pela população local, tendo como base o comprimento da primeira maturação gonadal.

b Duração do Projeto

O programa possui duração de 4 anos

9.3.5 - Programa de Monitoramento e Resgate da Fauna

a Objetivos

Resgatar espécies selecionadas e reintroduzi-las em áreas previamente escolhidas.

Resgatar espécies selecionadas para envio com destino a formação de planteis reprodutivos em programas integrados de conservação.

Desenvolver ações de aproveitamento científico da fauna destinando o material a coleções públicas de pesquisa.

Formar recursos humanos através da integração do programa às instituições de pesquisa locais.

Monitorar evolução das comunidades animais antes e após o enchimento do reservatório.

Levantar dados acerca da permanência de espécies translocadas em suas respectivas áreas de soltura.

Levantar dados sobre o impacto do enchimento sobre as espécies ameaçadas na área de influência direta do reservatório.

### 9.3.6 - Programa de Unidade de Conservação

#### a Objetivos

Preservar áreas remanescentes dos ecossistemas regionais de valor ecológico.

Proteger espécies da fauna e da flora ameaçadas ou em vias de extinção.

Contribuir para a manutenção da diversidade genética.

Minimizar os impactos relacionados à limpeza da bacia sobre a fauna.

Proporcionar novas áreas para o desenvolvimento de atividades de educação ambiental e pesquisas pela comunidade científica.

Atender a uma exigência legal (Resolução CONAMA nº. 10 de 03 de dezembro de 1987) que tem por objetivo a efetiva atenuação dos danos que serão causados pelo empreendimento à flora e fauna da região.

### 9.3.7 - Programa de Monitoramento do Lençol Freático, Proteção das Margens do Reservatório e Recuperação de Áreas Degradadas

#### a Objetivos

Os principais objetivos deste Programa são:

Restabelecer a relação solo-água-plantas nas áreas atingidas pelo empreendimento e recompor o equilíbrio em zonas desestabilizadas no entorno do reservatório.

Controlar os processos erosivos e de certa maneira minimizar o fornecimento de sedimentos e a degradação ambiental.

Contribuir para a reconstituição da vegetação, que outrora existia, nas zonas hoje degradadas principalmente no contorno do reservatório.

Recomposição da paisagem.

#### b Duração do Projeto

Este programa deverá ter duração de 3 anos.

### 9.3.8 - Programa de Acompanhamento de Atividades Minerárias

#### a Objetivo

O objetivo deste Programa é identificar e quantificar a extensão das jazidas e se propor alternativas quanto à indenização e/ou às relocações das unidades atingidas.

Pretende-se com estas análises:

- localizar os locais de ocorrência e das futuras pedreiras;
- análise do potencial mineral;
- resultados das pesquisas de exploração;
- seleção de áreas promissoras a serem afetadas;
- identificar alternativas de exploração das jazidas.

**b Duração do Projeto**

Este programa deverá ter a duração de 1 ano, e estar concluído antes do início do enchimento.

**9.3.9 - Programa de Educação Ambiental**

**a Objetivos**

Informar a população residente nas áreas de influência sobre o empreendimento, as principais transformações ambientais e sócio - econômicas decorrentes de sua construção e operação e sobre os Programas Ambientais a serem implantados.

Estabelecer condições de interlocução sistemática entre o empreendedor e os diversos segmentos das comunidades envolvidas, poder público local e representações da sociedade civil organizada.

Receber informações da comunidade, suas expectativas e possíveis insatisfações.

Permitir que a empresa se mantenha informada sobre as expectativas e aspirações da população geradas pelo processo de implantação da usina.

Auxiliar a população no processo de adaptação às novas condições criadas pela implantação do empreendimento.

Discutir temas relacionados ao meio ambiente e o empreendimento.

**b Duração do Projeto**

O programa deverá se desenvolver ao longo de quatro anos (antes e após a construção do empreendimento).

### 9.3.10 - Programa de Remanejamento e Monitoramento da População Diretamente Atingida

#### Objetivos

Cadastrar as propriedades e a população diretamente atingida.

Auxiliar a aquisição das terras e benfeitorias afetadas, realizando a compensação financeira aos proprietários.

Realizar o remanejamento da população diretamente atingida pelo UHE Pai Querê, cujas condições de vida sejam inviabilizadas pela implantação do empreendimento, especialmente aquelas famílias não proprietárias, que se enquadrem em critérios pré-estabelecidos.

Priorizar a contratação, para as obras do empreendimento, dos não-proprietários passíveis de perda de suas relações de trabalho, sustento ou moradia, e estudar mecanismos que garantam a esta população, a manutenção de suas condições de autosustentabilidade.

### 9.3.11 - Programa de Saúde

#### Objetivos

Educar os trabalhadores ligados as obras, capacitando - os a executar suas tarefas de modo ordenado e sem implicações sobre o meio ambiente físico, biótico e social local.

Orientar os trabalhadores ligados as obras a desenvolverem hábitos e procedimentos voltados a higiene e a saúde, inclusive em relação a prevenção de doenças sexualmente transmissíveis.

Preservar a saúde da população. Neste sentido, abrange tanto ações de saúde curativa e preventiva dos trabalhadores, como também ações que não contribuam para agravar as condições sanitárias da região.

Acompanhar as mudanças que possam ocorrer no quadro sanitário, em virtude das alterações ambientais decorrentes da implantação da usina.

Promover ações e gestões institucionais com o objetivo de prestar assistência de saúde à população afetada pelo empreendimento.

### 9.3.12 - Programa de Salvamento do Patrimônio Arqueológico Pré - Histórico e Histórico Cultural

#### Objetivos

Atender as exigências legais da Constituição Federal (artigos 13<sup>o</sup> e 16<sup>o</sup>), Lei Específica Federal n<sup>o</sup>. 3924 de 1961 e Resolução CONAMA n<sup>o</sup>. 001/86, sendo os sítios arqueológicos considerados bens da União, cabendo ao Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) a fiscalização, proteção e preservação segundo os dispositivos legais.

Proteger e preservar do Patrimônio Arqueológico Pré - Histórico e Histórico Cultural existente na Área de Influência Direta, ampliando os conhecimentos sobre as populações pré-históricas, seus modos de vida, as estratégias de adaptação cultural ao ambiente circundante e a identificação de possíveis rotas de migração, quando as investigações arqueológicas indicam a presença de sítios de relevante valor científico.

Objetiva - se ainda, a proteção dos bens históricos e culturais, tombados ou não, mas que representem a memória da comunidade local.

### 9.3.13 - Programa de Redimensionamento e Relocação da Infra - Estrutura

#### Objetivos

Verificar, em cooperação com as instituições oficiais, as demandas adicionais por equipamentos públicos nos municípios de Pinhal da Serra e Anita Garibaldi, impactados pela construção da Usina e definir alternativas de atendimento.

Atualizar os levantamentos dos equipamentos e redes de serviço públicos existentes nas áreas de influência e averiguar, junto aos órgãos competentes, meios para redimensioná-los.

Definir uma política habitacional para a população diretamente vinculada à obra e respectivas famílias, evitando impactar as estruturas urbanas existentes.

Planejar a reorganização das áreas urbanas atingidas pelo remanso, prevendo novos usos para as mesmas, de forma a evitar a ocupação da área por atividades indevidas.

Projetar, junto às áreas competentes, as relocações que se farão necessárias dos trechos de rodovias e benfeitorias aí localizadas, considerando prévias negociações com os proprietários das benfeitorias.

## **10 - ESTUDOS ENERGÉTICOS**

### **10.1 - Aspectos Gerais**

De uma maneira sucinta, os estudos energéticos visaram o dimensionamento dos seguintes parâmetros físicos - operativos para cada alternativa selecionada de eixo de barramento:

- Nível de Armazenamento Máximo Normal do reservatório – N. A. máx.;
- Nível de Armazenamento Mínimo Operativo do reservatório – N. A. mín.;
- Potência Instalada da Usina – PI;
- Queda de Referência da Turbina – Href.

Após definidos os parâmetros supracitados, escolheu - se a melhor alternativa de eixo de barramento sob as óticas econômico - energética, técnica e ambiental. Selecionada a melhor alternativa, partiu-se para o estudo de otimização dos parâmetros Potência Instalada, Queda de Referência, Queda de Projeto e Número de Máquinas, cujos resultados estão apresentados no item 10.8.2.

### **10.2 - Parâmetros Econômico - Energéticos Adotados no Estudo**

#### **10.2.1 - Parâmetros de Ordem Energética**

Adotou - se os seguintes parâmetros de ordem energética para realização dos estudos:

Sistema de Referência – considerou-se a usina inserida em um sistema interligado Sul/Sudeste/Centro - Oeste, previsto para o período 2004 - 008 de acordo com o Plano Decenal de Expansão 2000-2009, publicado pelo GCPS – Grupo Coordenador para o Planejamento de Sistemas Elétricos;

Período histórico simulado – considerou - se nas simulações o período histórico compreendido entre jan. /1931 e dez. /1994. Com relação a este parâmetro, cabe salientar que dispõe - se das vazões históricas associadas a Pai Querê para o período jan. /1931 – dez. /1998, mas o mesmo não se verifica para as demais usinas do sistema de referência. Dessa forma, limitou - se o período simulado ao ano de 1994;

Período crítico – considerou - se para quantificação da energia firme o período crítico interligado compreendido entre jun. /1949 e nov. /1956;

Benefícios energéticos – os benefícios energéticos foram medidos em termos de Energia Firme (energia média gerada ao longo do período crítico jun. /1949 a nov. /1956). Optou - se por não considerar os benefícios associados à energia secundária e potência disponível com permanência de 95%, dada a dificuldade de valorar monetariamente tais parâmetros ao longo da vida útil do projeto.

### 10.2.2 - Parâmetros de Ordem Econômica

Adotaram-se os seguintes parâmetros de ordem econômica:

Data - base: os orçamentos efetuados para implantação da usina referem - se à data - base de Ago. / 2000. Adotou - se para conversão dos valores orçados em Dólar uma taxa de câmbio de 1,81 R\$ / US\$, coerente com a data - base;

Vida útil: para realização das análises econômico - energéticas, adotou - se uma vida útil de 30 anos, compatível com o período de concessão (deduzindo - se deste o período de construção);

Taxa de desconto: adotou - se uma taxa de desconto de 12% ao ano;

Custo de Dimensionamento: para valoração da energia firme, adotou - se o Custo de Dimensionamento de US\$ 36.00 / MWh - valor publicado no Plano Decenal 2000 - 2009;

Custo de Operação e Manutenção: adotou - se um custo de operação e manutenção de R\$ 1,50 / MWh, compatível com os valores verificados para aproveitamentos já em funcionamento e do porte da usina em estudo;

Taxa de impostos: da ordem de 20% sobre a receita bruta.

### 10.3 - Escolha das Alternativas de Eixo de Barramento

Os estudos de escolha de eixo da barragem da UHE Pai Querê foram realizados após a definição do tipo de barragem a considerar neste estudo, cuja escolha foi a de enrocamento com face de concreto (EFC).

Assim neste estudo de eixos, foi considerado um único tipo de barragem para quaisquer alternativa e com o mesmo nível de água máximo normal do reservatório.

### 10.4 - Determinação do Nível Máximo Operativo – N.A. máx.

Com relação ao N.A. máx., adotou - se para as três alternativas a cota 797,00 m. Por ser este o nível de água aproximado do canal de fuga previsto para a usina de montante (UHE Passo da Cadeia) e no intuito de se aproveitar integralmente o rio Pelotas, considerou - se oportuno manter para o aproveitamento em estudo o N.A. máx. já definido à época dos Estudos de Inventário.

### 10.5 - Estudo de Motorização

Quanto à motorização, buscou - se definir para cada uma das alternativas a potência instalada que propiciasse um Fator de Capacidade - FC (relação entre energia firme no local e potência instalada) de aproximadamente 0,55, como forma de garantir a homogeneidade entre as mesmas do ponto de vista energético.

A partir deste critério e através de um processo iterativo, realizou – se as simulações energéticas para diversos níveis de motorização, buscando encontrar o valor que propiciasse o FC supracitado para um mesmo nível de deplecionamento máximo.

O Quadro 10.1 a seguir apresenta as motorizações definidas para cada uma das alternativas de eixo de barramento.

**QUADRO 10.1**  
**MOTORIZAÇÃO EM PAI QUERÊ PARA AS TRÊS ALTERNATIVAS EM ESTUDO**

ALTERNATIVA DE EIXO	POTÊNCIA INSTALADA (MW)	ENERGIA FIRME (MW MÉDIOS)	FATOR DE CAPACIDADE
EIXO 01	310	171	0,55
EIXO 02	310	172	0,55
EIXO 01 – ALTERNATIVA A1	310	172	0,55

## 10.6 - Determinação do Nível Mínimo Operativo Para Cada Alternativa de Eixo de Barramento

### 10.6.1 - Aspectos Gerais

A determinação do nível mínimo operativo para cada alternativa deu - se a partir de uma análise da relação  $\frac{\text{benefício}}{\text{custo}}$  incremental, obtida com acréscimos no deplecionamento máximo da usina. Tal análise foi efetuada dentro da faixa 5 – 50 m, com incrementos de 5 m.

Com relação ao limite superior da faixa de deplecionamento considerada, vale salientar que a usina de Pai Querê foi dimensionada com um deplecionamento máximo de 50,00 m à época dos Estudos de Inventário, o que gera a necessidade de tal alternativa ser avaliada também na presente fase dos estudos. Por outro lado, a queda bruta máxima associada à usina é de aproximadamente 150 m, o que torna inviável do ponto de vista técnico a adoção de valores de deplecionamento maiores que 50 m.

### 10.6.2 - Determinação dos Benefícios Energéticos

Para determinação dos benefícios energéticos, realizou - se simulações para níveis de deplecionamento máximo dentro do intervalo 5 – 50 m. Quantificou - se os benefícios verificados no local, bem como o ganho de energia firme nas usinas de jusante (UHE's Barra Grande, Machadinho, Itá e Foz do Chapecó).

Procurou - se garantir em todos os casos simulados uma defluência mínima que obrigasse o deplecionamento total do reservatório de Pai Querê em pelo menos um mês do período simulado. Adotou - se esta metodologia com o intuito de manter o mesmo

critério operativo em todas as situações analisadas, tornando - as homogêneas e passíveis de serem comparadas.

Os quadros a seguir apresentam os valores obtidos a partir das simulações, para cada uma das alternativas avaliadas.

**QUADRO 10.2.**  
**SIMULAÇÕES ENERGÉTICAS PARA A ALTERNATIVA ASSOCIADA AO EIXO 1**

<b>DEPLEC. MÁXIMO (m)</b>	<b>MOTORIZAÇÃO (MW)</b>	<b>EN. FIRME LOCAL (MW MÉDIOS)</b>	<b>EN. FIRME INCREMENTAL JUSANTE (MW MÉDIOS)</b>
5,00	310	171	11
10,00	310	172	20
15,00	310	173	26
20,00	310	173	32
25,00	310	172	37
30,00	310	171	41
35,00	310	170	43
40,00	310	169	45
45,00	310	168	47
50,00	310	166	50

**QUADRO 10.3**  
**SIMULAÇÕES ENERGÉTICAS PARA A ALTERNATIVA ASSOCIADA AO EIXO 2**

<b>DEPLEC. MÁXIMO (m)</b>	<b>MOTORIZAÇÃO (MW)</b>	<b>EN. FIRME LOCAL (MW MÉDIOS)</b>	<b>EN. FIRME INCREMENTAL JUSANTE (MW MÉDIOS)</b>
5,00	310	172	11
10,00	310	173	20
15,00	310	173	26
20,00	310	174	31
25,00	310	174	36
30,00	310	173	40
35,00	310	172	43
40,00	310	171	45
45,00	310	170	48
50,00	310	168	50

**QUADRO 10.4**  
**SIMULAÇÕES ENERGÉTICAS ASSOCIADA AO EIXO 1 – ALTERNATIVA A1**

<b>DEPLEC. MÁXIMO (m)</b>	<b>MOTORIZAÇÃO (MW)</b>	<b>EN. FIRME LOCAL (MW MÉDIOS)</b>	<b>EN. FIRME INCREMENTAL JUSANTE (MW MÉDIOS)</b>
5,00	310	172	11
10,00	310	173	20
15,00	310	173	26
20,00	310	173	32
25,00	310	173	36
30,00	310	172	40
35,00	310	171	43
40,00	310	170	45
45,00	310	169	47
50,00	310	168	49

### 10.6.3 - Custos Associados às Configurações Analisadas

Os custos adotados para a realização das análises econômico - energéticas são os constantes no quadro 10.5., apresentado a seguir.

**QUADRO 10.5**  
**CUSTOS ORÇADOS PARA AS ALTERNATIVAS ANALISADAS**

<b>DEPLEC. MÁXIMO (m)</b>	<b>EIXO 1 (CUSTO EM 10<sup>6</sup> R\$)</b>	<b>EIXO 2 (CUSTO EM 10<sup>6</sup> R\$)</b>	<b>EIXO 1 – ALTERNATIVA A1 (CUSTO EM 10<sup>6</sup> R\$)</b>
5,00	414,600	441,626	416,328
10,00	415,315	442,341	417,042
15,00	416,681	443,707	418,409
20,00	418,461	445,487	420,188
25,00	420,487	447,513	422,215
30,00	422,666	449,692	424,394
35,00	424,976	452,002	426,703
40,00	427,467	454,493	429,195
45,00	430,262	457,288	431,990
50,00	433,557	460,583	435,285

Considerou-se na análise econômico - energética o seguinte cronograma de desembolsos:

- Ano 1: 15% do investimento total;
- Ano 2: 30% do investimento total;
- Ano 3: 30% do investimento total;
- Ano 4: 20% do investimento total;
- Ano 5: 05% do investimento total.

#### 10.6.4 - Resultados da Análise Econômico - Energética

Os quadros a seguir apresentam os resultados obtidos a partir da análise da relação  $\frac{\text{benefício}}{\text{custo}}$  incremental, efetuada com o intuito de definir o deplecionamento máximo para cada uma das alternativas de eixo.

**QUADRO 10.6**  
**EIXO 1: ANÁLISE ECONÔMICO - ENERGÉTICA PARA DEFINIÇÃO**  
**DO DEPLECIONAMENTO MÁXIMO**

Deplecionamento (m)	Benefício (10 <sup>6</sup> R\$/ano)	Custo (10 <sup>6</sup> R\$/ano)	$\frac{\text{Benefício}}{\text{Custo}}$	Ben. – Custo (10 <sup>6</sup> R\$/ano)	Resultado
5 m	83,11	77,70	1,07	5,41	Alternativa viável.
5 m para 10 m	4,57	0,26	17,48	4,31	10 m é mais vantajoso.
10 m para 15 m	3,20	0,34	9,40	2,86	15 m é mais vantajoso.
15 m para 20 m	2,74	0,40	6,81	2,34	20 m é mais vantajoso.
20 m para 25 m	1,83	0,42	4,34	1,41	25 m é mais vantajoso.
25 m para 30 m	1,37	0,44	3,15	0,93	30 m é mais vantajoso.
30 m para 35 m	0,46	0,43	1,06	0,03	35 m é mais vantajoso.
35 m para 40 m	0,46	0,47	0,98	-0,01	35 m é mais vantajoso.

**Conclusão:** a alternativa associada ao deplecionamento máximo de 35 m é a mais vantajosa do ponto de vista econômico - energético.

**QUADRO 10.7.**  
**EIXO 2: ANÁLISE ECONÔMICO - ENERGÉTICA PARA DEFINIÇÃO DO DEPLECIONAMENTO MÁXIMO**

Deplecionamento (m)	Benefício (10 <sup>6</sup> R\$/ano)	Custo (10 <sup>6</sup> R\$/ano)	$\frac{\text{Benefício}}{\text{Custo}}$	Ben. – Custo (10 <sup>6</sup> R\$/ano)	Resultado
5 m	83,57	82,62	1,01	0,95	Alternativa viável.
5 m para 10 m	4,57	0,26	17,48	4,31	10 m é mais vantajoso.
10 m para 15 m	2,74	0,33	8,38	2,41	15 m é mais vantajoso.
15 m para 20 m	2,74	0,40	6,81	2,34	20 m é mais vantajoso.
20 m para 25 m	2,28	0,43	5,26	1,85	25 m é mais vantajoso.
25 m para 30 m	1,34	0,44	3,07	0,90	30 m é mais vantajoso.
30 m para 35 m	0,91	0,45	2,05	0,46	35 m é mais vantajoso.
35 m para 40 m	0,46	0,47	0,98	-0,01	35 m é mais vantajoso.

**Conclusão:** a alternativa associada ao deplecionamento máximo de 35 m é a mais vantajosa do ponto de vista econômico - energético.

**QUADRO 10.8.**  
**EIXO 1 – ALTERNATIVA A1: ANÁLISE ECONÔMICO - ENERGÉTICA PARA DEFINIÇÃO DO DEPLECIONAMENTO MÁXIMO**

Deplecionamento (m)	Benefício (10 <sup>6</sup> R\$/ano)	Custo (10 <sup>6</sup> R\$/ano)	$\frac{\text{Benefício}}{\text{Custo}}$	Ben. – Custo (10 <sup>6</sup> R\$/ano)	Resultado
5 m	83,57	78,02	1,07	5,55	Alternativa viável.
5 m para 10 m	4,57	0,26	17,49	4,31	10 m é mais vantajoso.
10 m para 15 m	2,74	0,33	8,38	2,41	15 m é mais vantajoso.
15 m para 20 m	2,74	0,40	6,82	2,34	20 m é mais vantajoso.
20 m para 25 m	1,83	0,42	4,34	1,41	25 m é mais vantajoso.
25 m para 30 m	1,37	0,44	3,15	0,93	30 m é mais vantajoso.
30 m para 35 m	0,91	0,45	2,05	0,46	35 m é mais vantajoso.
35 m para 40 m	0,46	0,47	0,98	-0,01	35 m é mais vantajoso.

**Conclusão:** a alternativa associada ao deplecionamento máximo de 35 m é a mais vantajosa do ponto de vista econômico - energético.

Como pode ser visto através dos quadros apresentados anteriormente, o deplecionamento máximo de 35 m é o mais vantajoso para as três alternativas de eixo ora avaliadas.

## 10.7 - Dimensionamento das Quedas de Referência

Com relação às quedas de referência associadas às diversas configurações da usina, procurou - se nesta fase dos estudos adotar um valor de queda líquida com permanência mínima de 95% ao longo do período histórico simulado. Este parâmetro, assim como a Queda de Projeto e número de máquinas, serão melhor estudados posteriormente, após escolhida a melhor alternativa de eixo.

### 10.7.1 - Análise Econômico - Energética Para Definição do Eixo

Após definidos os parâmetros (motorização, NA. máx., NA. mín.) associados às alternativas de eixo, efetuou - se uma análise incremental para escolha da mais vantajosa sob o enfoque econômico - energético.

Tomando como base a alternativa associada ao eixo 1, quantificou - se os benefícios incorridos com a passagem para as demais alternativas (eixo 1 – variante e eixo 2, respectivamente), comparando - os posteriormente aos custos advindos de tais substituições.

Sempre que os benefícios advindos da substituição de uma alternativa por outra superarem os custos, a mudança de eixo se justifica. Caso contrário, torna - se mais vantajoso do ponto de vista econômico - energético manter a alternativa original. O quadro a seguir apresenta os resultados obtidos.

**QUADRO 10.9**

RELAÇÃO  $\frac{\text{benefício}}{\text{custo}}$  INCREMENTAL OBTIDA ENTRE AS ALTERNATIVAS DE EIXO

ALTERNATIVA DE EIXO	BENEFÍCIO (10 <sup>6</sup> R\$/ano)	CUSTO (10 <sup>6</sup> R\$/ano)	$\frac{\text{Benefício}}{\text{Custo}}$	Ben. – Custo	RESULTADO
EIXO 1 → EIXO 1 – ALTERNATIVA A1	0,46	0,33	1,40	0,13	A substituição é vantajosa.
EIXO 1 - ALTERNATIVA A1 → EIXO 2	0,46	4,61	0,10	-4,15	A substituição não é vantajosa.

Através dos resultados apresentados anteriormente, conclui - se que a alternativa associada ao eixo 1 – alternativa A1 é a mais vantajosa sob o enfoque econômico - energético.

## 10.8 - Otimização dos Parâmetros Físico - Operativos Associados à Alternativa Seleccionada

### 10.8.1 - Definição da Motorização da Usina

Para definição deste parâmetro, adotou - se também como metodologia de avaliação a análise incremental.

À época dos estudos de inventário, definiu - se para a usina uma motorização de 288 MW. Tomando como base este valor, avaliou-se no presente estudo uma faixa de motorização que varia entre 260 e 350 MW (com incrementos de 10 MW). Os quadros a seguir apresentam, respectivamente, os valores de benefícios e custos para as alternativas de motorização simuladas, bem como os resultados obtidos na análise da relação  $\frac{\text{benefício}}{\text{custo}}$  incremental.

**QUADRO 10.10**  
**BENEFÍCIOS E CUSTOS ASSOCIADOS ÀS ALTERNATIVAS DE MOTORIZAÇÃO**

<b>MOTORIZAÇÃO (MW)</b>	<b>ENERGIA FIRME NO LOCAL (MW médios)</b>	<b>E. F. INCREMENTAL A JUSANTE (MW médios)</b>	<b>CUSTO (10<sup>6</sup> R\$)</b>
260	168	42	414,230
270	169	43	416,620
280	170	43	418,750
290	171	43	421,100
300	171	43	423,720
310	171	43	426,703
320	172	43	428,739
330	173	43	431,246
340	173	43	433,704
350	174	43	436,161

**QUADRO 10.11**  
**RESULTADO DA ANÁLISE ECONÔMICO - ENERGÉTICA PARA**  
**DEFINIÇÃO DA MOTORIZAÇÃO**

<b>MOTORIZAÇÃO (MW)</b>	<b>BENEFÍCIO (10<sup>6</sup> R\$/ano)</b>	<b>CUSTO (10<sup>6</sup> R\$/ano)</b>	<b>BEN./CUSTO</b>	<b>BEN. – CUSTO (10<sup>6</sup> R\$/ano)</b>	<b>RESULTADO</b>
<b>260</b>	95,89	78,08	1,23	17,81	Alternativa viável.
<b>260 → 270</b>	0,91	0,46	1,98	0,45	270 MW
<b>270 → 280</b>	0,46	0,40	1,14	0,06	280 MW
<b>280 → 290</b>	0,46	0,44	1,04	0,02	290 MW

Com base nos resultados apresentados no Quadro 10.11, definiu - se para a usina uma motorização de 290 MW.

#### 10.8.2 - Definição das Quedas de Referência e de Projeto

Para definição da Queda de Referência (menor queda líquida em que a turbina fornece a sua potência nominal com uma abertura de 100% do distribuidor) utilizou - se um processo iterativo, que consiste basicamente na simulação da operação do sistema considerando diferentes valores para o referido parâmetro e avaliando sua influência na disponibilidade de ponta da usina em estudo.

Definiu - se com base em tal processo uma Queda de Referência de 138,0 m, que propiciou uma disponibilidade de ponta de 271 MW (93,5% da potência instalada em Pai Querê) com permanência de 95% do tempo.

Uma vez definida a Queda de Referência, passou - se à determinação da Queda de Projeto (queda líquida associada ao maior rendimento da turbina).

A partir da curva de permanência de quedas líquidas obtida na simulação, delimitou - se uma faixa de quedas associada a uma permanência de 73,19% no histórico. Para esta faixa, calculou - se uma queda média ponderada pelo número de ocorrências ao longo do período simulado. Chegou - se dessa forma a uma Queda de Projeto igual a 143,7 m.

#### 10.8.3 - Definição do Número de Unidades a Instalar

Na definição do número de unidades geradoras a serem instaladas na usina, buscou - se garantir uma flexibilidade operativa compatível com o porte da mesma, aliada à minimização dos custos para sua implantação.

Com base em tais premissas, estudou - se a possibilidade de instalar 2 e 3 unidades, respectivamente, considerando na análise efetuada os seguintes parâmetros:

- instalação de turbinas tipo Francis (faixa operativa variando entre 50 e 100% da potência nominal);

- rendimento do conjunto turbina x gerador igual a 89% (ao nível de geração mínima este rendimento cai a 84%);
- vazões de 60,40 m<sup>3</sup>/s e de 40,30 m<sup>3</sup>/s, associadas ao limite inferior da faixa operativa para o caso de 2 e 3 máquinas, respectivamente. Tais valores foram obtidos a partir da fórmula  $P = K.Q.H$ , onde

P = potência gerada (MW);

K = 0,00824 para o presente estudo;

Q = vazão (m<sup>3</sup>/s);

H = queda de referência (m);

- vazões médias mensais referentes ao período histórico jan. /1931 - dez. /1998.

A partir dos parâmetros apresentados anteriormente, buscou-se avaliar o número de meses (ao longo do período histórico considerado) cujas vazões médias associadas podem garantir a operação contínua da usina.

O Quadro 10.2 a seguir apresenta os resultados obtidos na análise efetuada.

**QUADRO 10.12**  
**PERCENTUAL DO TEMPO EM QUE A USINA TEM CONDIÇÕES**  
**DE GERAR DURANTE AS 24 HORAS DO DIA**

Situação avaliada	Vazão mínima Operativa (m <sup>3</sup> /s)	% do tempo em que a usina pode gerar continuamente
2 máquinas (2 x 145 MW)	60,40	75,32
3 máquinas (3 x 96,7MW)	40,30	85,13

Com base nos resultados apresentados e salientando que uma indisponibilidade de operação contínua durante 14,87% do tempo é aceitável (lembrando que em tais períodos a usina pode dispor da vazão regularizada por seu reservatório, ou mesmo armazenar água para gerar na ponta), sugere – se que sejam instaladas 3 unidades aqui em UHE Pai Querê.

### 10.9 - Conclusões

Pelas análises energético - econômicas mostradas neste capítulo, definiu – se para a UHE Pai Querê o EIXO 1 - ALTERNATIVA A1 , com um deplecionamento máximo de seu reservatório igual a 35 metros.

A potência instalada resultou em 290 MW, em 3 unidades geradoras.

A usina traz, como benefício, 171 MW médios de energia firme no local do aproveitamento, mais 43 MW médios de ganho incremental nas usinas a jusante na

cascata, quais sejam, Barra Grande, Machadinho, Itá e Foz do Chapecó, totalizando 214 MW médios de energia firme.

A Queda de Referência definida é de 138,0 m e a Queda de Projeto é igual a 143,7 m.

O custo de implementação avaliado, sem JDC, é R\$ 421,100 milhões, referidos a Ago/2000.

## **11 - ESTUDO DE ALTERNATIVAS DO APROVEITAMENTO**

### **11.1 - Estudo do Tipo de Barragem**

#### **11.1.1 - Considerações Gerais**

O estudo da escolha do tipo de barragem a ser proposta para o Aproveitamento Hidrelétrico de Pai Querê foi realizado apenas para um único eixo da barragem. Esta consideração foi devido ao fato das semelhanças topográficas das ombreiras, das características topobatimétricas do leito do rio e das características geológicas esperadas em quaisquer dos possíveis eixos analisadas para a barragem deste Aproveitamento.

Dessa maneira, o eixo inicialmente escolhido para este estudo foi aquele proposto nos Estudos de Revisão de Inventário Hidrenergético e que aqui foi denominado de Eixo 1, ou Eixo de Montante.

Considerando a experiência adquirida nos estudos de barragem já realizadas para a bacia do rio Uruguai, para o presente estudo foram comparadas apenas a barragem de enrocamento com face de concreto (EFC) e a barragem de concreto compactado com rolo (CCR). Outros tipos de barragem como enrocamento com núcleo de argila foi descartada devido as condições climáticas de alta pluviosidade da bacia do rio Uruguai que tornaria desvantajosa esta solução no que diz respeito ao cronograma de execução. A opção de barragem de concreto em arco, mesmo que a primeira vista, levando em conta apenas as características topomorfológicas, apresentasse favoráveis ao seu estudo, foi descartada devido a pouca experiência brasileira na execução de obras deste tipo.

#### **11.1.2 - Características Gerais das Alternativas Estudadas**

Para a definição da seção transversal da barragem tanto da solução com enrocamento com face de concreto quanto de concreto rolado, foram adotadas dimensões de obras de porte semelhante atualmente em execução ou em projeto.

Para o desvio do rio durante a construção da barragem, levando em conta as características topomorfológicas do local, associadas as condições hidrológicas que apresentam variações acentuadas tanto nos valores de vazões, assim como nos níveis de água foram analisadas alternativas em túneis na ombreira direita.

Em ambas as alternativas, para a estrutura do vertedouro de superfície foi adotada a mesma solução, com comportas segmento e localizada na ombreira direita.

Para as estruturas do circuito hidráulico de geração, também foi adotada a mesma solução para ambas as alternativas. A tomada de água foi considerada com adução independente para cada uma das unidades geradoras, através de dois túneis forçados. Os túneis forçados foram considerados com revestimento de concreto nos trechos junto a tomada de água e nos trechos verticais. Já nos trechos próximos a casa de força, estes túneis foram considerados com revestimento metálico. A casa de força do tipo abrigada foi considerada com duas unidades geradoras.

### 11.1.3 - Barragem de Enrocamento com Face de Concreto

Esta alternativa está apresentada no Des. N.º 8609/US - 30 - A1 - 0002. Os túneis de desvio, localizados na ombreira direita, foram dimensionados para a cheia com 25 anos de recorrência que apresenta pico de 5 612 m<sup>3</sup>/s. Considerando dois túneis de seção arco - retângulo de (14 x 16) m, sendo um deles com 700 m de comprimento e o outro com 720 m, o nível de água a montante resultou na elevação 681,17 m e a vazão efluente em 5 360 m<sup>3</sup>/s. Dessa maneira, a ensecadeira de montante foi considerada com a crista na elevação 683,00 m. A ensecadeira de jusante, incorporada na barragem, foi estabelecida com a crista na elevação 660,00 m.

A seção da barragem foi estabelecida com a crista na elevação 802,00 m, com 7,00 m de largura e os paramentos tanto a de montante quanto a de jusante com inclinação de 1: 1,30 (V : H). O comprimento na crista da barragem resultou da ordem de 520 m.

O vertedouro de superfície, previsto na ombreira direita, foi considerado com 3 comportas segmento de (17 x 20) m, com crista na elevação 777,00 m. O amortecimento da cheia máxima provável afluente de 12 592 m<sup>3</sup>/s, resultou na vazão efluente de 11 061 m<sup>3</sup>/s, com o nível de água máximo maximum no reservatório na elevação 779,01 m. O seu canal de aproximação, no trecho de 350,00 m, em que parte da sua seção apresenta – se coincidente com o canal de adução, foi considerado na elevação 770,00 m numa largura de 40,00 m. Neste mesmo trecho, onde faz parte o canal de adução, o fundo foi considerado na elevação 740,00 m com 25,00 m de largura. No trecho de 50 m, próximo a estrutura de vertimento, o fundo foi considerado na elevação 767,00 m. Portanto, a sua largura total resultou em 65,00 m e o comprimento total em 400,00 m.

O circuito hidráulico de geração, além do canal de adução de 400 m de comprimento total mencionado acima, foi considerado com a tomada de água, túneis forçados, casa de força e canal de fuga.

A tomada de água foi considerado do tipo gravidade aliviada, com crista na elevação 802,00 m, com 70 m de altura total e com 28,50 m de largura total. Para alimentação das unidades geradoras, foram consideradas com duas aberturas de adução de água, dotada de grade na entrada, seguida de uma comporta – ensecadeira e uma comporta – vagão de emergência.

Os túneis forçados em número de dois, com 200 m de comprimento total, foram considerados com seção de diâmetro de 5,00 m, com revestimento de concreto numa

extensão de 150,00 m e seção com diâmetro de 4,80 m, com revestimento metálico numa extensão de 50,00 m.

A casa de força foi considerada do tipo abrigada, com duas unidades geradoras de 155 MW. Cada bloco da unidade geradora foi considerada com 16,90 m de largura e a área de montagem com 32,00 m de largura.

#### 11.1.4 - Barragem de Concreto Rolado

Esta alternativa está apresentada no Des. N.º 8609/US - 3O - A1 - 0004

Para o estudo desta barragem de concreto rolado, o eixo do barramento foi considerada na mesma posição da alternativa da barragem de enrocamento. Além disso, o vertedouro, assim como o circuito hidráulico de geração foram mantidos na mesma posição e com as mesmas características daquela considerada na barragem de enrocamento.

Dessa maneira, esta alternativa apresenta diferença em relação a anterior, quanto ao tipo de barragem e as suas implicações quanto ao desvio do rio e o cronograma de execução da obra.

Os túneis de desvio, em n.º de dois, ficariam localizadas na ombreira direita, com seção arco - retângulo de (14 x 15) m e com 475 m e 500 m de comprimento.

O dimensionamento hidráulico foi efetuado para a cheia de 10 anos de recorrência que apresenta a vazão afluente de 4 483 m<sup>3</sup>/s. O amortecimento desta cheia resultou na vazão efluente de 4 390 m<sup>3</sup>/s, com o nível de água a montante na elevação 674,16 m.

A barragem foi considerada com seção gravidade, apresentando a crista com 5,00 m de largura, talude de montante na vertical e o talude de jusante com 1: 0,80 (V : H)

A ensecadeira de montante foi proposta com a crista na elevação 675,00 m e a de jusante na elevação 660,00 m.

As demais estruturas do vertedouro e do circuito hidráulico de geração apresentam as mesmas características e dimensões daquela que foram propostas para a alternativa de barragem de enrocamento.

Os Quadro 11.1 e 11.2 a seguir apresentam as quantidades encontradas para cada alternativa de tipo de barragem e os custos dessas alternativas.

**QUADRO 11.1**  
**QUANTITATIVOS DE OBRAS CIVIS E CUSTOS DAS ALTERNATIVAS**  
**DO TIPO DE BARRAGEM**

ITEM	Unidade	Custos Unitários R\$	Barragem de CCR		Barragem de EFC	
			Quant.	R\$ (10 <sup>6</sup> )	Quant.	R\$ (10 <sup>6</sup> )
<b>Barragem de CCR</b>						
Concreto Compactado a Rolo, Incluindo Cimento	m <sup>3</sup>	58,50	2 405 450	140,719	-	-
Concreto Convencional	m <sup>3</sup>	209,00	88 180	18,430	-	-
Escavação em Solo	m <sup>3</sup>	4,00	99 210	0,397	-	-
Escavação em Rocha	m <sup>3</sup>	12,00	148 820	1,786	-	-
<b>Barragem de EFC</b>						
Enrocamento	m <sup>3</sup>	1,50	-	-	7 785 600	11,678
Transição	m <sup>3</sup>	14,00	-	-	324 400	4,542
Face de Concreto	m <sup>3</sup>	332,51	-	-	38 510	12,805
Concreto do Muro	m <sup>3</sup>	332,51	-	-	1 672	0,556
Concreto do Plinto	m <sup>3</sup>	332,51	-	-	3 508	1,166
Escavação em Solo	m <sup>3</sup>	4,00	-	-	299 650	1,199
Escavação em Pedreira	m <sup>3</sup>	12,00	-	-	2 700 000	32,400
<b>Ensecadeira de Montante</b>						
Enrocamento e						
Transições	m <sup>3</sup>	3,50	150 550	527	333 190	1,166
Solo	m <sup>3</sup>	3,50	31 511	110	110 180	0,386
<b>Ensecadeira de Jusante</b>						
Enrocamento e						
Transições	m <sup>3</sup>	3,50	20 215	0,071	Incorp.	-
Solo	m <sup>3</sup>	3,50	4 900	0,017	26 220	0,092
<b>Túneis de Desvio</b>						
Escavação em Solo nos Canais de Entrada e Saída	m <sup>3</sup>	4,00	38 927	0,156	38 927	0,156
Escavação em Rocha nos Canais de Entrada e Saída	m <sup>3</sup>	12,00	284 632	3,416	284 632	3,416
Escavação Subterrânea	m <sup>3</sup>	35,00	207295	7,255	281 764	9,862
Concreto do Emboque	m <sup>3</sup>	285,00	27 680	7,889	32 284	9,201
Concreto dos Tampões	m <sup>3</sup>	150,00	9 653	1,448	11 700	1,755

ITEM	Unidade	Custos Unitários R\$	Barragem de CCR		Barragem de EFC	
			Quant.	R\$ (10 <sup>6</sup> )	Quant.	R\$ (10 <sup>6</sup> )
<b>Casa de Força</b>						
Escavação em Solo	m <sup>3</sup>	4,00	25 200	0,101	25 200	0,101
Escavação em Rocha	m <sup>3</sup>	12,00	335225	4,023	335225	4,023
Escavação Subterrânea	m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-
Concreto Convencional	m <sup>3</sup>	342,96	15 490	5,313	15 490	5,313
Instalações e Acabamentos				1,799		1,799
<b>Vertedouro</b>						
Escavação em Solo	m <sup>3</sup>	4,00	159 103	0,636	159 103	0,636
Escavação em Rocha	m <sup>3</sup>	12,00	3 092 082	37,105	3 092 082	37,105
Concreto	m <sup>3</sup>	262,00	41 000	10,742	41000	10,742
<b>Tomada de Água</b>						
Escavação em Solo	m <sup>3</sup>	4,00	3 850	0,015	3 850	0,015
Escavação em Rocha	m <sup>3</sup>	12,00	309750	3,717	309750	3,717
Concreto Convencional	m <sup>3</sup>	285,00	49 263	14,040	49 263	14,040
<b>Túnel Forçado</b>						
Escavação Subterrânea	m <sup>3</sup>	35,00	12 305	0,431	12 305	0,431
Concreto para Revestimento	m <sup>3</sup>	285,00	3 265	0,930	3 265	0,930
Revestimento Metálico	t	2100,00	577	1,212	577	1,212

**QUADRO 11.2**  
**UHE PAI QUERÊ – EIXO 1 – CUSTO DE ALTERNATIVAS DE TIPO DE BARRAGEM**

ITEM	DESCRIÇÃO DAS CONTAS	BARRAGEM DE CCR	BARRAGEM DE EFC
.10	Terrenos e Servidões	53 325 000,00	53 325 000,00
.11	Estruturas e Outras Benfeitorias	13 120 000,00	13 120 000,00
.12	Reservatório, Barragem E Adutora	314 955 000,00	211 439 000,00
.13	Turbinas e Geradores	45 991 000,00	45 991 000,00
.14	Equipamento Elétrico Acessório	9 396 000,00	9 396 000,00
.15	Diversos Equipamentos da Usina	6 747 000,00	6 747 000,00
.10 a .16	Custo Direto Total	443 535 000,00	340 019 000,00
.17	Custos Indiretos	116 113 000,00	93 537 000,00
.10 a .17	CUSTO TOTAL SEM JUROS	559 648 000,00	433 557 000,00

### 11.1.5 - Cronogramas de Execução

O cronograma de execução da alternativa da Barragem de Enrocamento com Face de Concreto encontra – se no Des. N.º 8609/US – 3O – A1 – 0010 e o da Barragem de Concreto Rolado encontra – se no Des. N.º 8609/US – 3O – A1 – 0011.

Estes cronogramas foram estabelecidas partindo – se das seguintes premissas e parâmetros :

- Fechamento do rio para o início do desvio do rio pelos túneis em novembro do ano 2
- Volume de escavação subterrânea dos túneis de desvio com cerca de 25 000 m<sup>3</sup>/mês
- Volume médio de lançamento de enrocamento no corpo da barragem após o desvio de 400 000 m<sup>3</sup>/mês.
- Execução do concreto do paramento de montante, plinto e muro cerca de 5 000 m<sup>3</sup>/mês.
- Volume de execução da barragem de concreto rolado cerca de 150 000 m<sup>3</sup>/mês.
- Execução das obras do circuito de geração, incluindo montagem 44 meses.
- Tempo de enchimento do reservatório atingir a elevação 797,00 m, estimado com 50% de probabilidade. Para barragem de EFC , com início de enchimento em abril do ano 5, foi estimado em 6 meses e para a barragem de CCR , com início de enchimento no mês de julho do ano 4 , foi estimado em 5 meses.

A seguir apresenta – se o Quadro 11.3 com datas marcos entre as alternativas.

**QUADRO 11.3**  
**DATAS MARCOS ENTRE AS ALTERNATIVAS EFC / CCR**

Atividades	Alternativa	
	EFC	CCR
- Mobilização do Empreiteiro de Obras Civis	JULHO / ANO 1	MAIO / ANO 1
- Início da Escavação Subterrânea dos Túneis de Desvio	NOVEMBRO / ANO 1	FEVEREIRO / ANO 2
- Final da Escavação Subterrânea dos Túneis de Desvio	OUTUBRO / ANO 2	OUTUBRO / ANO 2
Desvio do Pelos Túneis	NOVEMBRO / ANO 2	NOVEMBRO / ANO 2
Conclusão da Barragem de EFC , Incluindo Todo Concreto	ABRIL / ANO 5	-
Conclusão da Barragem de CCR	-	JULHO / ANO 4
Enchimento Final do Reservatório	OUTUBRO / ANO 5	DEZEMBRO / ANO 4
Início da Obra do Circuito de Geração	AGOSTO / ANO 1	JUNHO / ANO 1
Final da Obra do Circuito de Geração	ABRIL / ANO 5	FEVEREIRO / ANO 5
Início de Geração	OUTUBRO / ANO 5	FEVEREIRO / ANO5

O período total de obras, contados a partir da mobilização do empreiteiro de obras civis é de 51 meses para a alternativa com barragem de EFC e de 45 meses para a barragem de CCR. e a data de início de geração é de OUTUBRO / ANO 5 para a barragem de EFC e FEVEREIRO / ANO 5 para a barragem de CCR, portanto com antecipação de geração em 8 meses para a barragem de CCR.

Como a diferença custo total entre a barragem de EFC e CCR é da ordem de R\$ 126 x 10<sup>6</sup>, mesmo com esta antecipação de geração de 8 meses a favor da barragem de CCR, a alternativa com a barragem de EFC permanece vantajosa.

Portanto, adotou – se a barragem de enrocamento com face de concreto com tipo da barragem da UHE Pai Querê.

## **11.2 - Estudos de Alternativas de Eixo da Barragem**

Com a definição do tipo de barragem em enrocamento com face de concreto partiu – se para o estudo de localização do eixo da barragem.

Neste estudo foram considerados apenas dois eixos alternativos, sendo um deles o eixo1, ou seja o mesmo eixo em que anteriormente foi realizado a análise do tipo de barragem.

O outro eixo, denominado de eixo 2, foi considerado cerca de 1 600 m a jusante do eixo 1. Este eixo foi estabelecido com base nos levantamentos dos perfis de níveis de água simultâneos e nos estudos de remanso, em que as diferenças nos níveis de água entre o eixo 1 e o eixo 2, em condições naturais e com o reservatório da UHE Barra Grande apresentam da ordem de 1,60 m e 0,80 m respectivamente.

A localização destes dois eixos alternativos analisados constam no Des. N.º 8609/US - 30 - A1 - 0001

### **11.2.1 - Alternativa do Eixo 1**

Para este eixo, o arranjo com a barragem de enrocamento com face de concreto considerado neste estudo foi o mesmo daquele do estudo anterior de escolha do tipo de barragem, conforme consta no Des. N.º 8609 / US – 3 O – A1 – 0002. Portanto, para análise comparativa foram considerados os mesmos valores de custos encontrados naquele estudo.

### **11.2.2 - Alternativa do Eixo 2**

O arranjo considerado para este eixo 2 encontra – se no Des. N.º 8609/US – 30 - A1 - 0006.

A barragem de enrocamento com face de concreto foi considerado também com as mesmas características daquela do eixo 1, ou seja com a crista na elevação 802,00 m, com 7,00 m de largura e os paramentos tanto a de montante quanto a de jusante com inclinação de 1: 1,30 (V : H). O comprimento da barragem na sua crista é da ordem de 650 m.

Os túneis de desvio foram propostos na ombreira esquerda, em n.º de dois, com seção arco – retângulo de (14 x 16) m e com 650,00 m e 668,00 m de comprimento.

Para o estabelecimento da elevação da crista da ensecadeira de montante foi considerada também a cheia de 25 anos de recorrência que apresenta o pico da vazão afluente de 5 612 m<sup>3</sup>/s. O amortecimento desta cheia resultou numa vazão efluente de 5 380 m<sup>3</sup>/s, com o nível de água a montante na elevação 681,05 m. Dessa maneira, a ensecadeira de montante foi considerada com a crista na elevação 682,00 m. A ensecadeira de jusante, incorporada na barragem, foi estabelecida com a crista na elevação 660,00 m.

O vertedouro de superfície, localizado na ombreira direita, foi considerado com 3 comportas segmento de (17 x 20) m, com crista na elevação 777,00 m. O amortecimento da cheia máxima provável afluente de 12 592 m<sup>3</sup>/s, resultou na vazão efluente de 11 061 m<sup>3</sup>/s, com o nível de água máximo maximorum no reservatório na elevação 799,01 m. O seu canal de aproximação, numa extensão de 470,00 m, em que parte da sua seção foi considerado coincidente com o canal de adução e o fundo na elevação 770,00 m, com uma largura de 40,00 m. Neste mesmo trecho, na seção onde faz parte também o canal de adução, o fundo foi considerado na elevação 740,00 m e com 25,00 m de largura. No trecho de 140 m seguinte, este canal de aproximação, foi considerado com a largura total de 65,00 m e mantida com o fundo na elevação 770,00 m. Nos 40 m próximos a estrutura de vertimento o fundo deste canal foi abaixado para a elevação 767,00 m. Portanto, o comprimento total do canal de aproximação apresentava – se com cerca de 650, 00 m.

O circuito hidráulico de geração, além do canal de adução mencionado acima, em que foi considerado com cerca de 560 m de comprimento total e com fundo na elevação 740,00 m, foi considerado ainda com a tomada de água, túneis forçados, casa de força e canal de fuga.

A tomada de água foi considerado do tipo gravidade aliviada, com crista na elevação 802,00 m, 70 m de altura total e com 25 m de largura total. Apresenta – se com duas aberturas de adução de água, dotada de grade na entrada, seguida de uma comporta – ensecadeira e uma comporta – vagão de emergência.

Os túneis forçados em número de dois, com 245,00 m de comprimento total, foi considerado com 5,00 m de diâmetro, com revestimento de concreto numa extensão de 180,00 m e seção com diâmetro de 4,80 m, com revestimento metálico numa extensão de 65,00 m.

A casa de força foi considerada do tipo abrigada, com duas unidades geradoras de 155 MW. Cada bloco da unidade geradora foi considerada com 16,90 m de largura e a área de montagem com 32,00 m de largura.

Os Quadro 11.4 e 11.5 a seguir apresentam as quantidades encontradas para cada alternativa de eixo e os custos dessas alternativas.

**QUADRO 11.4**  
**QUANTITATIVOS DE OBRAS CIVIS E CUSTOS DAS ALTERNATIVAS DE EIXO.**

Item	Unidade	Custos Unitários R\$	Eixo 1		Eixo 2	
			Quant.	R\$ (10 <sup>6</sup> )	Quant.	R\$ (10 <sup>6</sup> )
<b>Barragem de EFC</b>						
Enrocamento	m <sup>3</sup>	1,50	7 785 600	11,678	9 105 600	13,658
Transição	m <sup>3</sup>	14,00	324400	4,542	379 400	5,312
Face de Concreto	m <sup>3</sup>	332,51	38 510	12,805	50 192	16,689
Concreto do Muro	m <sup>3</sup>	332,51	1 672	0,556	2 084	0,693
Concreto do Plinto	m <sup>3</sup>	332,51	3 508	1,166	4 119	1,370
Escavação em Solo	m <sup>3</sup>	4,00	299 650	1,199	322 863	1,291
Escavação em Pedreira	m <sup>3</sup>	12,00	2 700 000	32,400	2 910 000	34,920
<b>Ensecadeira de Mont.</b>						
Enrocamento e						
Transição	m <sup>3</sup>	3,50	333 190	1,166	368 404	1,289
Solo	m <sup>3</sup>	3,50	110 180	0,386	115 440	0,404
<b>Ensecadeira de Jus.</b>						
Enrocamento e						
Transição	m <sup>3</sup>	3,50	Incorp.	-	Incorp.	-
Solo	m <sup>3</sup>	3,50	26 220	0,092	41 632	0,146
<b>Túneis de Desvio</b>						
Escavação em Solo nos Canais de Entrada e Saída	m <sup>3</sup>	4,00	38 927	0,156	38 927	0,156
Escavação em Rocha nos Canais de Entrada e Saída	m <sup>3</sup>	12,00	284 632	3,416	275 404	3,305
Escavação Subterrânea	m <sup>3</sup>	35,00	281 764	9,862	258 216	9,038
Concreto do Emboque	m <sup>3</sup>	285,00	32 284	9,201	32 284	9,201
Concreto dos Tampões	m <sup>3</sup>	150,00	11 700	1,755	11 700	1,755
<b>Casa de Força</b>						
Escavação em Solo	m <sup>3</sup>	4,00	25 200	0,101	15 670	0,063
Escavação em Rocha	m <sup>3</sup>	12,00	335 225	4 ,023	158 551	1,903
Concreto Convencional	m <sup>3</sup>	343,00	15 490	5,313	15 490	5,313
Instalações e Acabamentos				1,799		1,799
<b>Vertedouro</b>						
Escavação em Solo	m <sup>3</sup>	4,00	159 103	0,636	260 330	1,041
Escavação em Rocha	m <sup>3</sup>	12,00	2 815 332	33,784	3 741 978	44,904
Concreto	m <sup>3</sup>	262,00	41 000	10,742	41 000	10,742

<b>Tomada de Água</b>						
Escavação em Solo	m <sup>3</sup>	4,00	3 850	0,015	3 850	0,015
Escavação em Rocha	m <sup>3</sup>	12,00	309 750	3,717	436 754	5,241
Concreto Convencional	m <sup>3</sup>	285,00	49 263	14,040	49 263	14,040
<b>Túnel Forçado</b>						
Escavação Subterrânea	m <sup>3</sup>	35,00	12 305	0,431	16 275	0,570
Concreto para Revestimento	m <sup>3</sup>	285,00	3 265	0,931	4 318	1,231
Revestimento Metálico	t	2100,00	577	1,212	577	1,212

**QUADRO11.5**  
**UHE PAI QUERÊ – CUSTO DE ALTERNATIVAS DE EIXO**

ITEM	DESCRIÇÃO DAS CONTAS	EIXO 1	EIXO 2
.10	TERRENOS E SERVIDÕES	53 325 000,00	53.325.000,00
.11	ESTRUTURAS E OUTRAS BENFEITORIAS	13 120 000,00	10 960 000,00
.12	RESEVATÓRIO, BARRAGEM E ADUTORA	211 439 000,00	236 077 000,00
.13	TURBINAS E GERADORES	45 991 000,00	45 991 000,00
.14	EQUIPAMENTO ELÉTRICO ACESSÓRIO	9 396 000,00	9 396 000,00
.15	DIVERSOS EQUIPAMENTOS DA USINA	6 474 000,00	6 474 000,00
.10 a .16	CUSTO DIRETO TOTAL	340 019 000,00	362.171.000,00
.17	CUSTOS INDIRETOS	93 537 000,00	98.412.000,00
.10 a .17	CUSTO TOTAL SEM JUROS	433 557 000,00	460 583 000,00

Com base na comparação destes valores, conclui – se que o eixo mais favorável é o eixo 1

### 11.3 - Estudos de Alternativas de Arranjo

Com a escolha da barragem no eixo 1, prosseguiu – se com os estudos de alternativas de arranjo.

Devido a conformação topomorfológica do trecho do rio e das ombreiras abrangida pelo eixo 1, em que apresenta uma curva para o lado direito, a localização das estruturas de desvio do rio, do vertedouro e as obras do circuito hidráulico de geração naturalmente se impõem na margem direita. A localização de alguma destas estruturas na margem esquerda, resultariam em obras de maiores dimensões e portanto foi descartada qualquer neste sentido.

Por outro lado, analisando – se os perfis dos níveis de água levantados ao longo do trecho do rio abrangido por estes eixos alternativos de barragem, observou – se que entre as seções 11 e 12, o rio Pelotas apresenta um desnível de água razoável. O nível de água para a vazão observada de 220 m<sup>3</sup>/s foi 648,37 m e 647,16 m nas seções 12 e 11 respectivamente. Portanto, para esta vazão, o desnível de água entre estas seções se apresenta em 1,21 m.

Nos estudos de remanso, para a vazão de 237 m<sup>3</sup>/s, os níveis de água em condições naturais, nas seções 11 e 12 resultaram em 647,19 m e 648,34 m, respectivamente. Portanto, o desnível de água natural se apresenta em 1,15 m.

Para esta mesma vazão de 237 m<sup>3</sup>/s considerando a influência do reservatório da UHE Barra Grande no nível de água máximo normal, os níveis de água nas seções 11 e 12 resultaram em 647,55 m e 648,34 m, respectivamente. Portanto, para esta condição, o desnível de água se apresenta em 0,79 m

Levando em consideração este aspecto, decidiu – se analisar um arranjo em que se mantivesse o eixo da barragem no eixo 1, o canal de fuga da casa de força localiza – se na seção 11, de maneira a tirar proveito deste desnível de água.

Este arranjo, denominado de alternativa A1, está apresentado no Des. N.º 8609/US - 30 - A1 - 0008.

Portanto, em relação ao arranjo do eixo 1, apresentado no Des. N.º 8609/US – 30 - A1 - 0002, as diferenças apresentam – se no circuito hidráulico de geração e no vertedouro, enquanto que a barragem e o desvio do rio permaneceram com as mesmas características.

Neste arranjo, a casa de força e o canal de descarga do vertedouro apresentam – se cerca de 350 m e 450 m a jusante das suas respectivas posições anteriores.

#### 11.3.1 - Arranjo da Alternativa A1

Os túneis de desvio, localizados na ombreira direita, foram dimensionados para a cheia com 25 anos de recorrência que apresenta pico de 5 612 m<sup>3</sup>/s. Adotando – se dois túneis de seção arco – retângulo de (14 x 16) m, sendo um deles com 700 m de comprimento e o outro com 720 m, o nível de água a montante resultou na elevação 681,17 m e a vazão efluente resultou em 5.360 m<sup>3</sup>/s. Dessa maneira, a ensecadeira de montante foi considerada com a crista na elevação 683,00 m. A ensecadeira de jusante, incorporada na barragem, foi estabelecida com a crista na elevação 660,00 m.

A seção da barragem foi estabelecida com a crista na elevação 802,00 m, com 7,00 m de largura e os paramentos tanto a de montante quanto a de jusante com inclinação de 1: 1,30 (V : H). O comprimento apresenta – se da ordem de 520 m.

O vertedouro de superfície, na ombreira direita, foi considerado com 3 comportas segmento de (17 x 20) m, com crista na elevação 777,00 m. O amortecimento da cheia máxima provável afluente de 12.592 m<sup>3</sup>/s, resultou na vazão efluente de 11.061 m<sup>3</sup>/s, com o nível de água máximo maximorum no reservatório na elevação

779,01 m. O canal de aproximação, no trecho de 490,00 m, em que parte da sua seção foi considerada coincidente com o canal de adução da tomada de água, o fundo foi considerada na elevação 770,00 m e com 40,00 m de largura. Neste mesmo trecho, onde faz parte também o canal de adução da tomada de água, o fundo foi considerado na elevação 740,00 m com 25,00 m de largura. No trecho seguinte de 80,00 m de comprimento, a largura total é de 65,00 m e com o fundo na elevação 770,00 m. Finalmente, no trecho de 45,00 m, próximo a estrutura de controle de vertimento, o fundo foi considerado na elevação 767,00 m. Portanto, o comprimento total do canal de aproximação é de 615,00 m.

A calha de descarga, localizada a jusante da estrutura de controle do vertimento, foi considerada revestida em concreto nos 125,00 m iniciais e apenas com escavação em rocha para o restante 200,00 m até atingir o leito do rio a jusante

O circuito hidráulico de geração, além do canal de adução mencionado acima com cerca de 550,00 m de comprimento total, apresenta – se com a tomada de água, túneis forçados, casa de força e canal de fuga.

A tomada de água é do tipo gravidade aliviada, com crista na elevação 802,00 m, com 70 m de altura total e com 28,50 m de largura total. Foi considerada com duas aberturas de adução de água, dotada de grade na entrada, seguida de uma comporta – ensecadeira e uma comporta – vagão de emergência.

Os túneis forçados em número de dois, com 255 m de comprimento total, foi considerado com seção de 5,00 m de diâmetro, com revestimento de concreto numa extensão de 200,00 m e seção com diâmetro de 4,80 m, com revestimento metálico numa extensão de 55,00 m.

A casa de força foi considerada do tipo abrigada, com duas unidades geradoras de 155 MW. Cada bloco da unidade geradora foi considerada com 16,90 m de largura e a área de montagem com 32,00 m de largura.

**QUADRO 11.6**  
**QUANTITATIVOS DE OBRAS CIVIS E CUSTOS DAS ALTERNATIVAS DE ARRANJO**

ITEM	UNID.	CUSTOS UNITÁRIOS R\$	EIXO 1		ALTERNATIVA A1	
			Quant.	R\$ (10 <sup>6</sup> )	Quant.	R\$ (10 <sup>6</sup> )
<b>Barragem de EFC</b>						
Enrocamento	m <sup>3</sup>	1,50	7 785 600	11,678	7 785 600	11,678
Transição	m <sup>3</sup>	14,00	324400	4,542	324400	4,542
Face de Concreto	m <sup>3</sup>	332,51	38 510	12,805	38 510	12,805
Concreto do Muro	m <sup>3</sup>	332,51	1 672	0,556	1 672	0,556
Concreto do Plinto	m <sup>3</sup>	332,51	3 508	1,166	3 508	1,166
Escavação em Solo	m <sup>3</sup>	4,00	299 650	1,199	299 650	1,199
Escavação em Pedreira	m <sup>3</sup>	12,00	2 700 000	32,400	1 200 000	14,400
<b>Ensecadeira de Mont.</b>						
Enrocamento e Transição	m <sup>3</sup>	3,50	333 190	1,166	333 190	1,166
Solo	m <sup>3</sup>	3,50	110 180	0,386	110 180	0,386
<b>Ensecadeira de Jus.</b>						
Enrocamento e Transição	m <sup>3</sup>	3,50	Incorp.	-	Incorp.	-
Solo	m <sup>3</sup>	3,50	26 220	0,092	26 220	0,092
<b>Túneis de Desvio</b>						
Escavação em Solo nos Canais de Entrada e Saída	m <sup>3</sup>	4,00	38 927	0,156	38 927	0,156
Escavação em Rocha nos Canais de Entrada e Saída	m <sup>3</sup>	12,00	284 632	3,416	284 632	3,416
Escavação Subterrânea	m <sup>3</sup>	35,00	281 764	9,862	281 764	9,862
Concreto do Emboque	m <sup>3</sup>	285,00	32 284	9,201	32 284	9,201
Concreto dos Tampões	m <sup>3</sup>	150,00	11 700	1,755	11 700	1,755
<b>Casa de Força</b>						
Escavação em Solo	m <sup>3</sup>	4,00	25 200	0,101	19 000	76
Escavação em Rocha	m <sup>3</sup>	12,00	335 225	4,023	173 355	2 080
Concreto Convencional	m <sup>3</sup>	343,00	15 490	5,313	15 490	5,313
Instalações e Acabamentos				1,799		1,799
<b>Vertedouro</b>						
Escavação em Solo	m <sup>3</sup>	4,00	159 103	0,636	267 137	1,069
Escavação em Rocha	m <sup>3</sup>	12,00	2 815 332	33,784	4 375 105	52,501
Concreto	m <sup>3</sup>	262,00	41 000	10,742	41 000	10,742

<b>Tomada de Água</b>						
Escavação em Solo	m <sup>3</sup>	4,00	3 850	0,015	3 850	0,015
Escavação em Rocha	m <sup>3</sup>	12,00	309 750	3,717	441 310	5,296
Concreto Convencional	m <sup>3</sup>	285,00	49 263	14,040	49 263	14,040
<b>Túnel Forçado</b>						
Escavação Subterrânea	m <sup>3</sup>	35,00	12 305	0,431	16 558	580
Concreto para Revestimento	m <sup>3</sup>	285,00	3 265	0,931	4 393	1,252
Revestimento Metálico	t	2100,00	577	1,212	548	1,151

**QUADRO 11.7**  
**UHE PAI QUERÊ – CUSTO DE ALTERNATIVAS DE ARRANJO**

ITEM	DESCRIÇÃO DAS CONTAS	EIXO 1	ALTERNATIVA A1
.10	Terrenos e Servidões	53 325 000,00	53.325.000,00
.11	Estruturas e Outras Benefeitorias	13 120 000,00	11 153 000,00
.12	Reservatório, Barragem e Adutora	211 439 000,00	214 823 000,00
.13	Turbinas e Geradores	45 991 000,00	45 991 000,00
.14	Equipamento Elétrico Acessório	9 396 000,00	9 396 000,00
.15	Diversos Equipamentos da Usina	6 474 000,00	6 474 000,00
.10 a .16	CUSTO DIRETO TOTAL	340 019 000,00	341 436 000,00
.17	CUSTOS INDIRETOS	93 537 000,00	93 849 000,00
.10 a .17	CUSTO TOTAL SEM JUROS	433 557 000,00	435 285 000,00

Neste Quadro 11.7, verifica – se que a diferença entre os custos dos arranjos do eixo 1 e da alternativa A1 é de R\$ 1,728 x 10<sup>6</sup>.

No ítem 10.7.1 – Análise econômico – energética para definição do eixo apresenta – se o Quadro 10.9 – “Relação benefício / custo incremental entre as alternativas” em que é demonstrada a vantagem do arranjo no eixo 1 – Alternativa A1 em relação ao arranjo do Eixo 1.

Dessa maneira, foi escolhida o arranjo do Eixo 1 – Alternativa A1, para o desenvolvimento dos estudos finais da UHE Pai Querê.

## 12 - ESTUDOS FINAIS

### 12.1 - Integração da Usina ao Sistema

A integração da UHE Pai Querê ao sistema interligado brasileiro será feito através da subestação de 230 kV da usina, a partir de uma Linha de Transmissão em 230 kV, circuito duplo, até a SE Caxias 5, da CEEE, a cerca de 102,30 km de distância.

Os condutores dos circuitos de 230 kV – 636,0 MCM Grosbeak Seção 322,3, foram dimensionados para escoamento da potência máxima da usina. Isto significa que a perda de um dos circuitos acarretará a redução de geração de até 50% da potência máxima gerada na usina.

O Quadro 12.1, a seguir, mostra os custos estimados para a integração da UHE Pai Querê ao sistema interligado, conforme o documento Referência de Custos – LTs e SEs de AT e EAT, da ELETROBRÁS, de Junho/ 1999.

**QUADRO 12.1**  
**CUSTOS DE INTEGRAÇÃO DA UHE PAI QUERÊ**

Item		Preço Unitário (10 <sup>3</sup> )	Quantidade	Valor Total (10 <sup>3</sup> )	
Transf. 100 MVA 13,80 / 230 kV		US\$ 972,00	4 (*)	US\$ 3888,00	
SE da Usina	Módulo Geral	US\$ 4028,00	1	US\$ 4028,00	
	Módulo Manobra	Entrada Linha	US\$ 1015,00	2	US\$ 2030,00
		Conexão Transf.	US\$ 825,00	3	US\$ 2475,00
		Interligação Barras	US\$ 592,00	1	US\$ 592,00
LT 230 kV – Circuito Duplo		US\$ 181,00 /km	102,30 km	US\$ 18516,30	
Módulo Entr. LT na SE Caxias 5		US\$ 1015,00	2	US\$ 2030,00	

(\*) 1 de Reserva

Assim, o custo total da integração desta UHE Pai Querê ao sistema resulta em US\$ 33 559 300,00 , ou seja R\$ 60 742 333,00 considerando a taxa de câmbio de US\$ 1,00 = R\$1,81

### 12.2 - Encargos de Uso do Sistema de Transmissão

Embora a UHE Pai Querê esteja fora do horizonte de planejamento do Programa Decenal de Geração 2000 / 2009, é necessário estimar os encargos resultantes da conexão da usina ao sistema interligado, conforme estabelece a Resolução ANEEL 281/99, de 01 de

Outubro de 1999, pois estes podem implicar em valores significativos frente ao custo de geração da usina.

Os geradores que conectarem – se ao sistema de transmissão deverão pagar os encargos de uso da Rede Básica (Transmissão).

Os parâmetros considerados para a UHE Pai Querê são 290 MW de potência instalada e 171 MW médio de energia firme local (neste caso, embora o ganho de 43 MW médio de energia firme a jusante pertençam à UHE Pai Querê, tal ganho não foi considerado para a simulação da tarifa de uso da transmissão).

O Quadro 12.2, a seguir, apresenta os valores de tarifa, em R\$ / kW – mês e R\$ / MWh , e os encargos mensais para a conexão da UHE Pai Querê na Rede Básica, conforme as simulações feitas com o programa NODAL, supondo a configuração elétrica mais expandida disponibilizada pelo Operador Nacional do Sistema – ONS para este programa.

Também apresenta – se o valor presente dos encargos, considerando taxa de juros igual a 12% a.a. e período de 30 anos.

**QUADRO 12.2**  
**ENCARGOS de USO do SISTEMA de TRANSMISSÃO**

Ítem	R\$ / kW - mês	Encargos (R\$ / mês)	Tarifa* (R\$ / MWh)	Valor Presente (R\$ 10 <sup>3</sup> )
<b>TRANSMISSÃO</b>	1,780	516 210,00	4,20	49 898,00

(\*) Considera a energia firme local (171 MW médios) mais o ganho a jusante (43 MW médios)

### 12.3 - Descrição Geral do Arranjo Selecionado

A Usina Hidrelétrica Pai Querê a ser implantada no rio Pelotas, consiste em um conjunto de obras destinadas a geração de energia elétrica a ser inserido no sistema de transmissão de energia Sul - Sudeste.

Em decorrência dos estudos de divisão de quedas do trecho de montante do rio Pelotas, anteriormente realizado, este aproveitamento ficará localizado imediatamente a montante da Usina Hidrelétrica Barra Grande e a jusante do local previsto para a Usina Hidrelétrica Passo da Cadeia. Portanto, este aproveitamento fornecerá as contribuições regularizadas para as usinas localizadas a jusante na cascata do rio Pelotas / Uruguai .

O arranjo geral das obras considera o aproveitamento de uma queda bruta de cerca de 150 m, mediante a construção de uma barragem de cerca de 158 m de altura. O circuito hidráulico de geração constituído de canal de adução, tomada de água, túneis forçados, casa de força e canal de fuga situa-se na margem direita. A distância entre o eixo da barragem e a casa de força é de cerca de 950 m

## **12.4 - Reservatório**

O nível de água máximo normal do reservatório da UHE Pai Querê foi fixado na El. 797,00 m, com volume da ordem de  $2\,588 \times 10^6 \text{ m}^3$ . No período de operação está sendo previsto deplecionamento de no máximo 35,00 m, com o nível de água mínimo atingindo a elevação 762,00 m, onde apresenta um volume total de  $1\,044 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Dessa maneira, o volume útil deste Aproveitamento é da ordem de  $1544 \times 10^6 \text{ m}^3$ . A área total do reservatório para o nível de água máximo normal é da ordem de 6125 ha. Desta área, cerca de 1064 ha correspondem à calha natural do rio, resultando em área alagada de 5061 ha.

Os aspectos sócio - ambientais decorrentes da implantação do reservatório, abordados no capítulo 9 e principalmente no âmbito dos relatórios do EIA/RIMA.

O remanso do reservatório, em condições normais e também em condições de cheias, atingirá diversas pontes e pontilhões de menor importância.

## **12.5 - Descarga Sanitária**

### 12.5.1 - Finalidade

Este dispositivo denominado de Descarga Sanitária destina – se primordialmente a permitir o escoamento de uma vazão mínima de  $4,80 \text{ m}^3/\text{s}$ , a jusante da barragem, durante o período de enchimento do reservatório da UHE Pai Querê.

O enchimento deste reservatório, devido às características hidrológicas e o volume do mesmo pode resultar em tempo bastante longo, variando de 3 meses a 10 meses.

Portanto, a operação desta descarga sanitária está sendo prevista desde o momento de fechamento dos túneis de desvio para o início do enchimento do reservatório, até o instante em que o nível de água no reservatório atingir a elevação 762,00 m, correspondente ao nível de água mínimo operacional , ou a crista do vertedouro, estabelecida na elevação 777,00 m.

### 12.5.2 - Características

Esta descarga sanitária ficará localizada também na margem direita do rio Pelotas, constituída de estrutura de emboque, um único túnel, estrutura de controle de vazão na saída do túnel.

O valor da vazão a ser descarregada foi estabelecida em  $4,80 \text{ m}^3/\text{s}$  , correspondente a 50% da vazão mínima média mensal de  $9,60 \text{ m}^3/\text{s}$ , verificada no mês de maio de 1952.

O túnel apresenta – se com seção arco – retângulo , com 5,00 m de diâmetro e 840 m de comprimento.

A estrutura de emboque em concreto, estabelecida com a soleira na elevação 665,00 m, apresenta – se com grade fixa junto a sua entrada.

Junto à seção do desemboque do túnel, encontram – se as estruturas de controle da vazão, constituídas de tampões de concreto, no interior dos quais ficarão embutidos um conduto de aço de 1,00 m de diâmetro, uma comporta plana gaveta de (1,00 x 1,00) m e uma válvula dispersora de 1,00 m de diâmetro.

A comporta plana destina – se ao fechamento em situações de emergência, para manutenção da válvula dispersora. Nas condições de operações normais esta comporta permanecerá na posição totalmente aberta.

A válvula dispersora, disposta na extremidade final do conduto, destina – se ao controle da vazão descarregada, portanto nas condições de operação normal, esta válvula se apresentará na posição de abertura parcial. À medida que o nível de água no reservatório for subindo, para manter a vazão no entorno de 4,80 m<sup>3</sup>/s, esta válvula deverá operar com aberturas menores.

O fechamento final será realizado quando o reservatório atingir a elevação 762,00 m, correspondente ao nível de água mínimo de operação ou a elevação 777,00 m correspondente à crista do vertedouro.

## **12.6 - Desvio e Controle do Rio e Ensecadeiras**

### 12.6.1 - Generalidades

O desvio e controle do rio para a construção do barramento está sendo proposto para ser realizado através de dois túneis de desvio, localizados na sua margem direita.

Ambos os túneis apresentam - se com seção arco - retângulo de 14,00 m de largura por 14,00 m de altura e com comprimento de 668,00 m e 690,00 m.

No emboque, estes túneis terão estruturas de concreto destinados a instalação de comportas gaveta para seu fechamento final e para a colocação de comporta vagão corta – fluxo, no caso de emergência

Após o fechamento dos túneis com estas comportas gaveta, ambos os túneis serão fechados definitivamente, mediante a construção dos tampões de concreto em seu interior.

### 12.6.2 - Estrutura de Emboque

Esta estrutura localiza - se na entrada de ambos os túneis, sendo que cada uma delas apresenta - se com três vãos de 4,20 m de largura por 14,00 m de altura e com a soleira de entrada na elevação 645,50 m.

A sua altura é de 42,00 m, com a fundação na elevação 642,00 m e o topo na elevação 684,00 m.

Em cada vão de abertura, estão previstas duas ranhuras para colocação das comportas, sendo a de jusante destinado á operação da comporta gaveta para fechamento do túnel

propriamente dito, enquanto a de montante será utilizada para operação da comporta vagão corta – fluxo, no caso de uma emergência.

A operação de fechamento está sendo prevista para ser realizada com a vazão inferior a  $315 \text{ m}^3/\text{s}$ , equivalente a, aproximadamente, duas vezes a vazão média de longo período.

Esta operação será realizada a partir da plataforma de operação do guindaste estabelecida na elevação 684,00 m, levando em conta o acesso do guindaste móvel a este local, e também de maneira que decorrido 24 horas após o fechamento dos túneis, o nível de água no reservatório não atinja esta plataforma.

O topo das ranhuras de colocação das comportas foi estabelecida na elevação 672,00 m, levando em consideração, a elevação do nível de água durante o fechamento sucessivo dos vãos.

### 12.6.3 - Túneis

Os túneis de desvio apresentam - se com seção arco - retângulo, de 14,00 m de largura e 14,00 m de altura, 668 m e 690 m de comprimento, com a soleira de entrada na elevação 645,50 m e de saída na elevação 644,00 m, com declividades de 0,214% e 0,208% respectivamente.

As dimensões das seções dos túneis foram estabelecidas de maneira que para a cheia efluente de 25 anos, a velocidade de escoamento resultasse inferior a 15 m/s e que para a cheia de 500 anos, esta velocidade resultasse inferior a 20 m/s. Estes limites foram estabelecidos para que a ensecadeira de montante não resultasse com altura superior a 50 m e que na maior parte do trecho, as seções dos túneis não necessitassem de revestimento em concreto.

Os estudos de amortecimento da cheia com 25 anos de recorrência que apresenta pico afluente de  $5\,612 \text{ m}^3/\text{s}$ , mostram que o nível de água a montante atinge a elevação 668,31 m e a vazão efluente  $4\,883 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para cheia de 500 anos de recorrência com pico afluente de  $9\,200 \text{ m}^3/\text{s}$ , o nível de água a montante atinge a elevação 718,22 m e a vazão efluente  $6\,773 \text{ m}^3/\text{s}$ .

O trecho inicial dos túneis, com 21,00 m de extensão, será revestido em concreto e provido de um sistema de drenagem para alívio das pressões hidrostáticas externas. Os trechos próximos ao emboque e ao desemboque também receberão tratamento com ancoragem, tirantes e concreto projetado.

Para fechamento definitivo, estes túneis serão tamponados com blocos de concreto massa, com 28 m de comprimento, dimensionado para resistir á pressão hidrostática de 155 m.c.a. Estão sendo previstas injeções de cimento, com a finalidade de reduzir a permeabilidade do maciço rochoso ao redor dos tampões e preencher os vazios entre estes e o teto dos túneis. O tratamento nos tampões será complementado através de um sistema de drenagem, para melhoria das condições de estabilidade dos mesmos.

#### 12.6.4 - Ensecadeiras Principais

Para possibilitar o desvio do rio e a construção da barragem, está sendo prevista a construção de duas ensecadeiras, sendo uma delas a montante do eixo da barragem e segunda a jusante. Ambas as ensecadeiras serão de enrocamento e impermeabilizada com material argiloso, sendo que a jusante será parcialmente incorporada no corpo da barragem.

A ensecadeira de montante foi estabelecida com a crista na elevação 690,00 m, de maneira a oferecer proteção à área de construção da barragem no caso da ocorrência de cheias de até 25 anos. O maciço de enrocamento será lançado no leito do rio, em ponta de aterro, até a elevação 650,00 m, para possibilitar o início do desvio do rio pelos túneis. A impermeabilização será lançada, em seguida a montante deste maciço. Acima da elevação 650,00 m, tanto o maciço de enrocamento quanto o de impermeabilização serão compactados, sendo que o talude externo do maciço de enrocamento terá inclinação de 1V:1,30H e do aterro compactado 1V:2H.

A ensecadeira de jusante foi estabelecida com a crista na elevação 660,00 m. Será constituída também por maciço de enrocamento e com impermeabilização por jusante. A sua construção também será feita através do lançamento em ponta de aterro. O aterro assim como o maciço de enrocamento acima da elevação 648,00 m será compactado. O talude de jusante do aterro compactado terá inclinação de 1V: 2H

#### 12.6.5 - Etapas de Desvio do Rio

As obras de desvio do rio serão iniciadas com a construção dos túneis na margem direita. Durante esta etapa, o rio continuará escoando por seu leito natural. Para possibilitar a execução dos serviços de escavação dos túneis e concretagem da estrutura do emboque deverão ser mantidas septos em rocha junto às margens, tanto junto ao canal de entrada quanto ao canal de saída.

O desvio do rio através dos túneis, será efetivado após a conclusão dos túneis, da concretagem do emboque. Além disso, antes do desvio do rio, deverá ser realizada a remoção dos septos em rocha, até a elevação 648,00 m no canal de entrada e até a elevação 647,00 m, no canal de saída.

#### 12.6.6 - Equipamentos

O fechamento final dos túneis será efetuado sob condições de fluxo de água, através de um conjunto de comportas, não estando previsto qualquer controle de vazões com as comportas durante esta operação. A vazão afluyente do rio Pelotas no local da obra, considerada como limite para fechamento das comportas foi de 315 m<sup>3</sup>/s. Esta vazão é aproximadamente o dobro da vazão média de longo termo.

Os equipamentos hidromecânicos para o fechamento destes túneis compreendem 6 comportas gaveta com vão livre de 4,20 m e 14,00 m de altura, a serem colocadas na ranhura de jusante. O nível de água máximo para início desta operação foi fixado na El. 652,00 m.

Estarão disponíveis, ainda, uma comporta auxiliar corta - fluxo, do tipo vagão, dimensionada para operar com a carga hidráulica correspondente ao nível de água na El. 672,00 m. Esta comporta, destinada a ser colocada nas ranhuras de montante, será utilizada para facilitar a inspeção na ranhura de jusante antes das operações de fechamento, ou para permitir a reabertura das comportas caso ocorra avaria ou acidente durante a colocação das comportas de jusante.

A movimentação das comportas, durante estas operações, será feita por meio de guindastes móveis, a partir da plataforma na El. 684,00 m, com auxílio de hastes de içamento.

Com a finalidade de evitar refluxo pelas ranhuras, quando da ocorrência de altas vazões durante o período de desvio, com elevação dos níveis de água acima da El. 672,00 m, está previsto um conjunto de tampas para fixação sobre todas as ranhuras do emboque.

No dimensionamento das comportas foram consideradas os seguintes limites operacionais:

- Elevação da soleira : 645,50 m
- N A máximo para fechamento : 652,00 m
- N A máximo para reabertura : 672,00 m
- N A máximo após o fechamento (comporta ensecadeira): 797,00 m

Portanto, as cargas hidrostáticas máximas a serem consideradas sobre as comportas gaveta serão de 151,50 m. c .a. e na comporta vagão corta - fluxo de 26,50 m. c. a.

## **12.7 - Barragem de Enrocamento com Face de Concreto**

A barragem constitui - se de estrutura de enrocamento com face de concreto no talude de montante. Apresenta traçado retilíneo com coroamento na El.801,00 m, com 520 m de comprimento na crista.

O paramento de montante foi considerado com a inclinação de 1,00V :1,30H, enquanto que o de jusante apresenta - se com inclinação 1,00V:1,20 H, com intercalação de bermas de 10,00 m que constituem o acesso em rampa ao longo deste paramento de jusante. No lado de montante, o talude de montante inicia – se na elevação 800,41 m, enquanto que o talude de jusante inicia – se na elevação 801,00 m. A crista da barragem na elevação 801,00 m, foi estabelecida com 7,00 m de largura, de forma a permitir o tráfego livre entre as duas margens nos dois sentidos.

Os materiais rochosos que constituirão o enrocamento serão provenientes das escavações obrigatórias das estruturas componentes deste Aproveitamento e complementados com materiais provenientes de pedreiras.

Na seção transversal, imediatamente abaixo da face de concreto, encontra – se uma zona de transição, denominada de 2B, menos deformável e menos permeável que os enrocamentos do corpo de barragem. Esta transição foi considerada com 3,00 m de

largura, sendo alargada na região da fundação junto ao plinto. A zona em contato com a face de concreto deverá ser constituída por brita graduada de basalto denso, com diâmetro máximo de 0,10 m e compactada em camadas de 0,40 m.

A região imediatamente a jusante desta transição, denominada de 3 A, deverá ser constituída pelo enrocamento de no mínimo 70% de basalto denso, com diâmetro máximo de 0,40 m e compactado em camadas de 0,40 m.

A seguir, o terço de montante do corpo da barragem, denominada de 3B, deverá ser constituída de no mínimo 70% de blocos de basalto denso, são, com no máximo de 30% de blocos de brecha ou basalto vesicular, com diâmetro máximo de 0,80 m e compactado em camadas.

A região do corpo da barragem a jusante do eixo e aquela situada acima do leito do rio até a elevação 660,00 m, denominada de 3C poderá ser composta por blocos de basalto com no mínimo 70% de basalto denso. Estes materiais deverão apresentar diâmetro máximo de 1,60 m e compactados em camadas de no máximo 1,60 m.

Na região a jusante, mais afastada do eixo, poderão ser utilizados enrocamento composto por brechas, basaltos densos e vesiculares em qualquer proporção. Estes materiais deverão apresentar diâmetro máximo de 1,60 m e compactados em camadas de no máximo 1,60 m.

Na etapa anterior ao desvio do rio, serão lançados enrocamentos na margem direita. Neste lançamento a granulometria dos materiais deverá ser de acordo com a região do corpo de barragem.

Posteriormente, ao desvio do rio pelos túneis, o maciço de enrocamento deverá ser alteado o mais rápido possível de maneira no início do mês de maio do ano seguinte e este desvio, de maneira a atingir a elevação 720,00 m. Nesta elevação o maciço ficará protegida contra o galgamento para uma vazão de até 500 anos de recorrência.

A face de montante terá um paramento de concreto convencional, destinado a garantir a impermeabilidade do maciço. Este paramento acima da elevação 800,41 m, torna – se um muro vertical, destinado a conter o maciço de enrocamento entre a elevação 800,00 m e a elevação 801,00 m. Este muro apresenta - se com crista na elevação 802,00 m, portanto constitui –se em um muro parapeito destinado a oferecer proteção ao tráfego de veículos. No lado de jusante desta crista também encontra – se um pequeno muro com a crista na elevação 801,25 m, destinado também a oferecer proteção ao tráfego de veículos.

O paramento de concreto, foi considerada constituída de lajes verticais de concreto armado com 16,00 m de largura..

A espessura deste paramento de concreto foi estabelecida variável, conforme a relação  $e = 0,30 + 0,003 \times H$ , sendo H = altura da coluna de água em metros e a espessura e em cm. Portanto, esta espessura foi considerada variável entre 0,30 m no topo e 0,75 m junto ao plinto.

Além deste paramento de concreto, para garantir a impermeabilidade do maciço, ao longo do pé do talude de montante, encontra - se uma laje de concreto armado, denominada de

plinto. Este será ancorado na rocha de fundação, com largura e espessura variáveis em função da carga hidrostática.

A ligação entre o plinto e as lajes verticais será feita através de uma junta perimetral, constituída de sistema de duplo vedação, sendo uma delas vedajunta de chapa de cobre junto á face inferior das lajes e a outra um reservatório de mastique e protegida com manta de PVC ou BUTIL na face externa.

Entre as lajes, a estanqueidade deverá ser garantida através de dois tipos de juntas verticais, conforme a localização das lajes. O primeiro tipo, na região das ombreiras, onde se prevê a ocorrência de tração, a estanqueidade das juntas será constituída de vedajunta de chapa de cobre junto á face inferior das lajes e de reservatório de mastique protegida com manta de PVC ou BUTIL na face superior. O segundo tipo, a ser utilizado na região central da barragem , onde se espera a ocorrência de compressão, a estanqueidade será obtida com uma única veda – junta de PVC na face superior.

As injeções para garantia de impermeabilização no maciço de fundação serão realizadas a partir deste plinto.

## **12.8 - Vertedouro**

### 12.8.1 - Obras Civis

O vertedouro da Usina Hidrelétrica Pai Querê, a ser localizado na ombreira direita, constitui – se de canal de aproximação, estrutura de controle e calha de descarga a jusante.

O canal de aproximação apresenta – se com comprimento total de 615,00 m, sendo no trecho inicial de 490,00 m, em que parte da sua seção coincide com o de canal de adução da tomada de água, o fundo apresenta – se na elevação 770,00 m numa largura de 40,00 m. Neste mesmo trecho, onde faz parte também o referido canal de adução, o fundo apresenta – se na elevação 758,00 m numa largura de 25,00 m. No trecho seguinte de 80,00 m de comprimento, o fundo foi estabelecido na elevação 770,00 em toda a largura de 65,00 m. Finalmente, no trecho de 45,00 m próximo a estrutura de controle o fundo apresenta – se na elevação 767,00 m.

Este vertedouro será do tipo de superfície, dotado de 3 comportas segmento de 17,00 m de largura e 20,00 m de altura. O seu dimensionamento foi efetuado para descarga da cheia máxima provável efluente de 10.368 m<sup>3</sup>/s , com 2,01 m de sobrelevação do reservatório em relação ao nível de água máximo normal (EL. 797,00 m), ou ainda uma borda livre de 2,99 m em relação a crista do muro parapeito de montante da barragem (El. 802,00 m).

Sua crista de vertimento foi estabelecida na EL. 777,00 m. O perfil vertente foi definido com base em metodologia proposta pelo U.S. Bureau of Reclamation. Para esta definição, foi adotada a carga de projeto de 18,00 m e como carga máxima de escoamento 22,00 m.

A estrutura de vertimento, a montante da crista, na elevação 767,00 m, inicia – se com um paramento inclinado de 1,50V: 1,00H e em seguida compõe-se de dois segmentos de circunferência até encontrar a linha da crista. A jusante da crista, o perfil é constituído por uma curva exponencial, seguido de contra - curva com raio de 42,85 m até a concordância com o início da laje da calha.

Estruturalmente, será composta por quatro blocos contíguos, separados entre si por juntas de dilatação, formando um conjunto de três vãos livres, onde serão instaladas as comportas segmento. Estes vãos serão separados entre si por dois pilares centrais de 4,00 m de largura, os pilares laterais terão 3,00 m de largura, resultando numa estrutura com largura total de 65,00 m.

O coroamento desta estrutura apresenta - se na elevação 802,00 m, onde encontra - se uma ponte que permitirá a travessia em direção á barragem e um pórtico para movimentação da comporta ensecadeira.

A calha destinada a descarga de água inicia - se a 26,00 m a jusante da linha da crista e na elevação 765,00 m e no trecho de 125 m imediatamente a jusante foi considerada totalmente revestida em concreto. O ponto final deste trecho em concreto apresenta –se na elevação 715,00 m, portanto a inclinação deste trecho é de 40%. Em todo este trecho, apresentam – se os muros laterais em concreto, com alturas variáveis de 12 m a 10 m e a largura da calha é de 59,00 m.

Estes muros laterais assim como as lajes serão ancorados á rocha de fundação, por meio de barras de aço dispostas em malha. Este sistema de ancoragem, associado a linha de drenos tipo meia cana, no contato concreto - rocha destinam - se a garantir a estabilidade dessas estruturas

A jusante deste trecho, numa extensão de cerca de 140 m até atingir a elevação 645,00 m, a calha foi considerada simplesmente escavada em rocha e portanto, com a inclinação de 50%.

O lançamento final do jato de água será feito diretamente na calha também em rocha que se apresenta na elevação 645,00 m, e atinge o leito do rio imediatamente a jusante.

#### 12.8.2 - Equipamentos Mecânicos

O vertedouro da UHE Pai Querê apresenta 3 comportas segmento e 1 (um) jogo de comporta ensecadeira, para manutenção destas comportas segmento.

Cada comporta segmento será manobrada por dois cilindros hidráulicos de simples efeito, podendo operar em qualquer posição de abertura.

As características principais das comportas segmento são apresentadas abaixo:

- quantidade 3 unidades
- vão livre 17,00 m
- raio 20,00 m

A sala prevista na extremidade de jusante dos pilares, alojará uma central óleo - hidráulica, o quadro de controle e os indicadores de posição das comportas destinados a operar as comportas segmento.

Na falta de suprimento de energia elétrica e em situação de emergência, a operação dessas comportas poderá ser feita através de bombas acionadas por motor diesel, de acionamento manual.

Cada comporta ensecadeira será composta de oito painéis iguais e intercambiáveis, manobrados pelo pórtico rolante do vertedouro, com auxílio de uma viga pescadora. O equilíbrio das pressões, entre os lados de montante e de jusante desta comporta, será estabelecido pela retirada parcial do painel superior. Os painéis ficarão estocados nas ranhuras de cada um dos vãos, apoiados em dispositivos de estocagem.

As características principais das comportas ensecadeiras são as seguintes:

- vão livre 17,00 m
- altura dos painéis 2,60 m
- quantidade 1 conjunto
- número de painéis do conjunto 8 painéis

O pórtico rolante do vertedouro, com capacidade de 350 kN, terá a finalidade principal de efetuar a movimentação e colocação dos painéis da comporta ensecadeira nas ranhuras.

O pórtico será equipado com mecanismo de guincho fixo, e com suspensão através de dois moitões, que serão fixados na viga pescadora dos painéis da comporta ensecadeira.

As características principais do pórtico rolante do vertedouro são as seguintes:

- capacidade 350 kN
- vão 3,50 m.
- comprimento do caminho de rolamento 65 m

## **12.9 - Circuito de Adução**

### 12.9.1 - Considerações Gerais

O circuito hidráulico de geração compõe - se de canal de adução a montante da tomada de água, tomada de água, túneis forçados, casa de força e canal de fuga.

O mesmo está sendo proposto na ombreira direita do rio, entre a estrutura da barragem e a estrutura do vertedouro.

O desnível de água natural entre o local do barramento e a região do canal de fuga é de cerca de 1,20 m, para a vazão observada de 238 m<sup>3</sup>/s.

### 12.9.2 - Canal de Adução

Este canal localizado a montante da tomada de água, apresenta - se com cerca de 525 m de comprimento total, 25,00 m de largura de fundo. No trecho de montante de cerca de 457 m, onde a sua seção de escoamento coincide com parte da seção de escoamento do canal de aproximação do vertedouro, apresenta-se com fundo na El. 758,00 m. No trecho restante de 68 m, próximo a tomada de água, o fundo encontra - se na El. 752,00 m.

Dessa maneira, em condições normais de vazão, em que o vertedouro não apresenta em operação, o escoamento por este canal atenderá exclusivamente o circuito hidráulico de geração. Porém, em situações de cheia , o mesmo fará parte também do canal de aproximação do vertedouro.

## 12.10 - Tomada de Água

### 12.10.1 - Obras civis

A tomada de água constitui-se de uma estrutura em concreto, tipo gravidade aliviada, apoiada no maciço rochoso, com 51,00 m de altura máxima e 28,00 m de comprimento. Apresenta-se com 3 aberturas, que de maneira independente, realizam a adução de água às respectivas unidades geradoras instaladas na casa de força, através dos túneis forçados.

Cada uma dessas aberturas junto à entrada de cada tomada é protegida pelas grades, destinadas à retenção de materiais grosseiros provenientes do canal de adução. Imediatamente a jusante, em cada par dessas aberturas encontram - se duas ranhuras, sendo a de montante para operação da comporta ensecadeira e a de jusante para operação da comporta vagão. Essas aberturas foram estabelecidas de maneira que, na condição de engolimento máximo da turbina igual a  $79,33 \text{ m}^3/\text{s}$ , as velocidades na seção da grade e na da comporta vagão não fossem maiores que 1,65 m/s e 5,00 m/s, respectivamente.

A soleira das comportas foi estabelecida na El. 753,90 m, resultante da submergência necessária e da altura na comporta vagão, enquanto que as grades ficarão apoiadas na El. 753,00 m. As suas formas, tanto no piso, no teto ou nas laterais , resultaram da combinação de trechos retilíneos com arcos de círculo. Cada abertura na região das grades foi subdividida em dois vãos de 3,00 m de largura, por meio de um pilar de 1,00 m de espessura para reduzir a largura da grade. A largura na região da comporta vagão é de 3,85 m, enquanto a altura foi estabelecida em 4,20 m. A cerca de 3 m a jusante da comporta vagão , encontra - se o ponto inicial dos túneis forçados.

O coroamento da estrutura foi estabelecido na El. 802,00 m, com 28,00 m de largura, onde será instalado o pórtico rolante destinado à operação e manutenção dos equipamentos eletromecânicos (grades e comportas).

Em ambos os lados da tomada, encontram - se as salas para instalação das centrais óleo - dinâmicas destinadas ao acionamento de cilindros hidráulicos para movimentação das comportas.

Para permitir o acesso a ambos lados desta tomada de água, também a circulação em direção à barragem e ao vertedouro, está sendo previsto um acesso pelo lado de jusante desta tomada, na El. 802,00 m e com 7,50 m de largura.

#### 12.10.2 - Equipamentos

Cada uma das três aduções da tomada de água alimentará uma unidade geradora, através de um dos túneis forçados. As aduções serão equipadas com grades metálicas de proteção e ranhuras para operação da comporta ensecadeira e da comporta de emergência.

As grades serão do tipo removíveis, constituídas de seis painéis iguais e intercambiáveis, dispostos em duas colunas de três painéis sobrepostos.

As características principais das grades são as seguintes:

- tipo removíveis
- vão livre 3,00 m
- altura livre 8,00 m
- painéis intercambiáveis 3 unidades por coluna
- quantidade 18 painéis (3,00 x 2,70)m
- cota da soleira 753,00 m

A comporta ensecadeira é composta de dois painéis, movimentados com auxílio de uma viga pescadora, para colocação ou retirada na sua ranhura sob equilíbrio de pressão hidráulica entre os lados de montante e de jusante. Para isso, disporá de válvulas “by pass” instaladas no painel superior e acionadas pelo peso próprio da viga pescadora. A armazenagem dos painéis e da viga pescadora será feita no topo das ranhuras, por meio dos dispositivos de estocagem.

As características principais da comporta ensecadeira são as seguintes:

- tipo deslizante
- quantidade 2 painéis (2,10 x 3,85)m
- vão livre 3,85 m
- altura livre 4,20 m
- cota da soleira 753,90 m

A comporta de emergência será do tipo vagão, com vedação a montante e fechamento sob a ação do seu peso próprio. Esta comporta deverá ter seu fechamento garantido, na situação de emergência, sob quaisquer condições operacionais da turbina.

As características principais da comporta de emergência são as seguintes:

- tipo vagão
- quantidade 3 unidades
- vão livre 3,85 m
- altura 4,20 m
- cota da soleira 753,90 m

No caso da abertura da comporta será utilizado um cilindro hidráulico de simples efeito, instalado parcialmente submerso e apoiado na plataforma na El.797,50 m. Os cilindros serão acionados por centrais óleo – dinâmicas em salas localizadas em ambos os lados da estrutura da tomada de água.

No caso da retirada do cilindro hidráulico da plataforma será utilizado o pórtico rolante da tomada de água, com capacidade de 250 kN.

As características principais do pórtico rolante são as seguintes:

- gancho principal 250 kN
- gancho auxiliar 50 kN
- vão 10,00 m
- comprimento do caminho de rolamento 28,00 m

## **12.11 - Túneis Forçados**

### 12.11.1 - Obras civis

Os túneis forçados, em número de três, serão implantados no maciço rochoso entre a tomada de água e a casa de força, com comprimento médio da ordem de 282 m.

Estes túneis, com a finalidade de reduzir as perdas de carga, no trecho de 207,00 m a partir da tomada de água foram considerados revestidos de concreto e com 4,20 m de diâmetro. No trecho restante de 75,00 m, próximo a casa de força, onde a cobertura do maciço rochoso torna –se mais reduzido, estes túneis além do revestimento de concreto, foram considerados com blindagem de aço, para garantir a estabilidade estrutural. O diâmetro deste trecho com blindagem foi considerado 4,00 m. Em ambos os trechos, a espessura do revestimento do concreto foi considerado de 0,40 m.

Quanto ao traçado, no trecho de 60,00 m junto á tomada de água, os túneis apresentam – se na horizontal com o eixo na elevação 756,00 m. A seguir através de uma curva de 90<sup>0</sup> e com raio de 20,00 m, passa para trecho na vertical até encontrar a elevação 637,20 m. Nesse ponto, novamente por meio da outra curva de 90<sup>0</sup> e com raio de 20,00 m retorna para trecho horizontal até encontrar a casa de força.

Em planta, estes túneis serão implantados simetricamente, com a distância entre eixos dos mesmos variando de 9,00 m junto a tomada de água a 12,30 m junto à casa de força. Todos os túneis apresentam uma curva de cerca de 30° nas proximidades da casa de força.

#### 12.11.2 - Blindagem

A blindagem metálica foi considerada em todos os túneis, no trecho final de 75,00 m próximo à casa de força, onde o diâmetro de escoamento é de 4,00 m. Considerando a vazão máxima turbinada em cada unidade de 79,33 m<sup>3</sup>/s, a velocidade de escoamento apresenta - se em 6,31 m/s.

A espessura das chapas de aço foi adotada com a determinação da espessura mínima necessária e a necessária para resistir a pressão estática acrescida da sobrepressão de 30% junto a casa de força e adotando-se a de maior valor. No caso do trecho em túnel a espessura da chapa variou de 16,67 mm a 17,46 mm.

Dentro da casa de força considerou - se uma chapa de 28,58 mm de espessura. O peso total da chapa de aço resultou da ordem de 556 t.

### 12.12 - Casa de Força – Obras Civis

#### 12.12.1 - Características Gerais da estrutura

As instalações da casa de força compreendem:

- Três blocos de concreto destinados a instalação das três unidades geradoras com todos os equipamentos associados às mesmas, bem como os equipamentos dos sistemas elétricos e mecânicos auxiliares da usina;
- Área para descarga de equipamentos das usinas e montagem dos mesmos , situada no lado esquerdo dos blocos das unidades geradoras;
- Bloco lateral, situado na direita hidráulica, que abrigará os poços de drenagem e esgotamento;
- As salas de controle e escritório de administração estão distribuídas nas galerias internas da casa de força.
- canal de fuga, escavado em rocha, localizado a jusante dos blocos das unidades geradoras, com cerca de 40,50 m de largura e 34 m de comprimento, destinado a restituição das vazões turbinadas para o leito do rio com velocidade máxima de 1,60 m/s para a vazão máxima turbinada de 238 m<sup>3</sup>/s.

A casa de força será uma edificação do tipo abrigada, com 79,00 m de comprimento, composta por sete blocos contíguos e independentes, em concreto armado, com as juntas transversais entre blocos providas de dispositivos de vedação. A partir do lado esquerdo,

o primeiro bloco, denominado AM - A, será destinado à área de montagem. O bloco seguinte denominado AM - B será destinado também à área de montagem, à área de descarga e às estruturas de serviço e de apoio. Em seguida, encontram-se os blocos da Casa de Força CF-1, CF-2, CF-3 e onde serão instaladas as unidades geradoras 1 a 3.

Na elevação 633,85 m, a jusante das unidades geradora, estendendo - se pelos três blocos das unidades geradoras da casa de força, encontra - se a galeria de drenagem e de acesso ao tubo de sucção, com 2,00 m de largura e 2,50 m de altura.

As escavações da fundação, em rocha sã, atingirão o seu ponto mais baixo sob o tubo de sucção, na elevação 626,70 m.

A superestrutura da casa de força é constituída de pórticos paralelos na direção longitudinal do edifício, sustentando o caminhos de rolamento da ponte rolante. As paredes de jusante da casa de força serão apoiadas em contrafortes que coincidem com as paredes do tubo de sucção

A largura do bloco de uma unidade foi definida em 13,50 m, baseada na largura do tubo de sucção, da caixa espiral e no diâmetro do poço do gerador

#### 12.12.2 - Cotas de Proteção

Para a cota de proteção da casa de força, foi adotada a elevação 667,00. Esta cota foi estabelecida para assegurar a estanqueidade da casa de força na ocorrência da cheia máxima provável.

Para determinação do nível de água no canal de fuga, considerou - se a QMP afluente ao reservatório da UHE Pai Querê. Esta vazão afluente foi amortecida através da acumulação de parcela do volume da cheia neste reservatório. A parcela escoada pelo vertedouro, resultou na cheia efluente com pico de 11.061 m<sup>3</sup>/s, com nível de água máximo maximorum no canal de fuga na El. 664,50 m. Portanto, estabelecendo - se o pátio da casa de força na elevação 667,00 m, a borda livre é de 2,50 m

Para a proteção dos trabalhos de construção da casa de força, está sendo prevista uma ensecadeira para garantir a proteção na ocorrência de uma cheia com tempo de recorrência de 100 anos. Esta cheia apresenta pico afluente de 7 280 m<sup>3</sup>/s, que amortecida através da acumulação de parcela desta cheia no reservatório a montante na passagem pelos túneis de desvio, apresenta vazão efluente de 5828 m<sup>3</sup>/s e com nível de água junto ao canal de fuga na elevação 660,08 m. Assim, esta ensecadeira deverá apresentar coroamento na El. 661,00 m.

#### 12.12.3 - Acesso e Pátios

O acesso principal a casa de força está sendo proposto para ser efetuado pelo lado esquerdo, onde o pátio acha - se estabelecido na El. 667,00 m.

Através deste acesso serão conduzidos todos os equipamentos, inclusive os pesados até a área de descarga que apresenta-se com piso na El. 646,10 m. Durante a obra, este

acesso também será utilizado para transporte de pessoal, materiais de construção, insumos, enfim tudo o que for necessário para a execução da obra.

Durante o período de escavação da casa de força, do canal de fuga e dos túneis forçados existirá um acesso pelo lado esquerdo, na elevação 661,00 m destinado ao transporte dos materiais escavados.

#### 12.12.4 - Área de montagem

A área de montagem da casa de força está sendo proposto do lado esquerdo da casa de força. Constituí – se de dois blocos de 13,50 m cada, sendo que o segundo deles, será utilizado também como área de descarga.

O seu piso foi estabelecido na El.646,10 m, com o comprimento total de 27,00 m e com largura de 15,00 m

Para o deslocamento dos equipamentos a partir da área de descarga, existirá duas pontes rolantes de 1.500 kN cada, que poderão operar acopladas. Estas pontes rolantes servirão todas as unidades, tanto durante a montagem quanto a operação.

#### 12.12.5 - Blocos das unidades

A casa de força apresenta três blocos de concreto destinados a instalação das três unidades geradoras, com todos os equipamentos associados às mesmas, bem como os equipamentos dos sistemas elétricos e mecânicos auxiliares da usina.

Na elevação 646,10 m, que é a mesma do piso da área de montagem, encontra - se a tampa dos geradores.

#### 12.12.6 - Galerias Elétrica e Mecânicas

A montante da casa de força encontram - se quatro galerias, sendo duas delas galerias mecânicas e as outras duas galerias elétricas, dispostas uma sobre a outra.

A mais inferior com piso na elevação 640,85 m refere-se a galeria mecânica inferior. Em seguida, na elevação 646,10 m, encontra – se a galeria elétrica inferior, com os equipamentos associados, tais como: sistema de excitação dos equipamentos, reatores limitadores de corrente, cubículo contra surtos, barramento de fase isolada, equipamentos e quadros dos serviços elétricos auxiliares, assim como as salas de controle local das unidades.

Acima desta, encontra –se a galeria mecânica superior com piso na El. 653,10 m. A última galeria superior será a segunda galeria mecânica com o piso estabelecido na EL. 660,10 m.

## 12.13 - Casa de Força - Equipamentos Mecânicos

### 12.13.1 - Turbinas

As unidades geradoras serão projetadas para operar satisfatoriamente sob quedas líquidas correspondentes às condições previstas para a operação do reservatório.

As turbinas escolhidas serão do tipo Francis, de eixo vertical, com caixa espiral em chapas de aço soldadas, embutida na infra-estrutura de concreto da casa de força, com uma capacidade que garanta uma potência não menor que 99,70 MW no eixo da turbina, sob queda líquida de 138,00 m.c.a. (queda de referência). Elas deverão ser adequadas para operar entre as quedas líquidas de 110,00 e 151,00 m.c.a., com velocidade síncrona de 276,96 rpm no sentido horário quando vistas de cima, e com a linha de centro do distribuidor na El. 637,20 m.

O tubo de sucção concebido é do tipo cotovelo, com pilar divisório, construído em concreto, como parte da infra-estrutura da casa de força.

Foi previsto, para cada turbina, um regulador de velocidade do tipo eletro – hidráulico - digital, com ação Proporcional, Integral e Derivativo (PID), dotado de canal de regulação de potência independente do canal de regulação de rotação.

Os sistemas óleo - dinâmicos e de ar comprimido para controle e regulação da turbina, compreendem, basicamente, duas eletrobombas, programadas para operação escalonada, um acumulador ar- óleo e demais dispositivos convencionais. Para a reposição de ar comprimido, foi prevista uma central dotada de dois compressores e um acumulador independente, que responderá pelo atendimento dos sistemas das três turbinas.

A turbina terá as seguintes características principais :

- Potência nominal disponível no eixo 99,70 MW
- Velocidade nominal 276,96 rpm
- Sentido de rotação, visto de cima anti - horário
- Elevação da linha de centro do distribuidor: El. 637,20 m
- Nível de jusante para a condição de referência: El. 645,40 m

Quedas líquidas:

- máxima 151,00 m. c. a.
- projeto 143,70 m. c. a.
- referência 138,00 m. c. a.
- mínima 110,00 m. c. a.

### 12.13.2 - Pontes Rolantes Principais

A ponte rolante da casa de força terá a finalidade de executar a montagem e a manutenção das unidades geradoras e demais equipamentos.

A capacidade da ponte rolante, no gancho principal tipo duplo, será suficiente para levantar o rotor do gerador, completo, e executar seu posicionamento no poço. O gancho auxiliar, do tipo simples, servirá para movimentação de partes menores das unidades geradoras.

As características básicas da ponte são:

- capacidade : 1.500 kN
- vão : 14,00 m;
- comprimento do caminho de rolamento: 74,65 m;
- piso do trilho: El. 658,00 m;
- piso da área de montagem: El. 646,10 m;

### 12.13.3 - Pórtico Rolante

Este pórtico rolante tem por finalidade efetuar a descarga dos equipamentos pesados da carreta e conduzi – los para a área de montagem. A sua operação será realizada no topo da casa de força, com o caminho de rolamento na elevação 667,00 m que é a mesma do pátio da casa de força. Este pórtico rolante também tem a finalidade de realizar a movimentação das comportas ensecadeiras do tubo de sucção.

As características básicas do pórtico são:

- capacidade : 800 kN
- vão : 17,50 m;
- comprimento do caminho de rolamento: 74,65 m;
- piso do trilho: El. 667,00 m;

### 12.13.4 - Comportas Ensecadeira

Está previsto o fornecimento de quatro comportas, para ensecamento de duas unidades. A unidade 3 deverá ser vedada por meio de parede em arco em concreto a ser demolida previamente ao início de operação da mesma.

Cada comporta será constituída por um único painel, a ser movimentado próprio pórtico rolante instalado no topo da casa de força. As comportas serão armazenadas no topo das próprias ranhuras, por intermédio de dispositivos de calagem.

As comportas serão dotadas de válvulas *by-pass*, que serão acionadas pelas vigas pescadoras, permitindo o enchimento das unidades antes da retirada das comportas.

As características básicas das comportas ensecadeira são:

- Quantidade: 4
- Largura livre: 3,53 m
- Altura total: 3,20 m
- Cota da soleira: El. 630,40 m

#### 12.13.5 - Sistemas Auxiliares Mecânicos

Estão previstos no projeto da usina os seguintes sistemas mecânicos auxiliares:

- Drenagem;
- Esgotamento e Enchimento das Unidades;
- Água de Resfriamento;
- Água de Serviço;
- Ar Comprimido de Serviço;
- Água Tratada;
- Esgoto Sanitário;
- Ventilação;
- Ar Condicionado;
- Proteção Contra Incêndio;
- Óleo Lubrificante;
- Drenagem e Separação Água - Óleo dos Transformadores;
- Medições Hidráulicas

A seguir são apresentadas as principais características dos Sistemas Mecânicos Auxiliares da Usina.

##### a) Sistema de Drenagem:

O Sistema de Drenagem tem a finalidade de coletar e conduzir para o poço de drenagem, e daí, por bombeamento, para o Canal de Fuga, todas as águas despejadas no interior da Casa de Força provenientes de percolação, descarga de equipamentos, vazamentos de tubulações e limpeza de pisos.

São adotados os seguintes critérios de projeto:

- Três (3) bombas verticais, do tipo turbina, lubrificadas a óleo, com motor de eixo oco e catraca de não reversão, podendo operar simultaneamente;
- Cada bomba com capacidade igual à 75% da vazão máxima afluyente ao poço de drenagem;
- Em caso de emergência o sistema de esgotamento será usado para auxiliar a drenagem.

b) Sistema de Esgotamento e Enchimento das Unidades:

O Sistema de Esgotamento e Enchimento das Unidades tem a função de esgotar (esvaziar) e encher o Conduto Forçado, Caixa Espiral e Tubo de Sucção das unidades geradoras. Este sistema permite que o esgotamento seja total ou parcial, neste caso, o nível de água no Tubo de Sucção fica abaixo da plataforma de manutenção da turbina.

São adotados os seguintes critérios de projeto:

- Três (3) bombas verticais, do tipo turbina, lubrificadas a óleo, com motor de eixo oco e catraca de não reversão, podendo operar simultaneamente;
- O esgotamento só poderá ser realizado em uma unidade geradora de cada vez;
- O poço de esgotamento será do tipo estanque, isto é, não permite que a central de drenagem e esgotamento seja inundada no caso do nível de água no poço atingir a laje de apoio das bombas;
- O enchimento do Tubo de Sucção será através de válvula “by-pass”, instalada na comporta ensecadeira. O enchimento do conduto forçado será através de pequena abertura na comporta da Tomada D’Água;
- O tempo de bombeamento será de 8 h, aproximadamente.

c) Sistema de Água de Resfriamento:

O Sistema de Água de Resfriamento tem a função de fornecer água filtrada para os resfriadores de ar e trocadores de calor dos geradores, das turbinas, dos tanques de óleo dos reguladores das turbinas, dos compressores de ar de serviço, bem como para os Sistemas de Água de Serviço, Água de Proteção contra Incêndio e Ar Condicionado.

São adotados os seguintes critérios de projeto:

- Três (3) captações de água, uma em cada Conduto Forçado, interligadas através da tubulação principal de água de resfriamento;
- Um (1) filtro por unidade, sendo que três (3) filtros suprem a demanda de água de toda a Casa de Força;
- Os filtros são do tipo autolimpante sem interrupção do fluxo;

d) Sistema de Água de Serviço

O Sistema de Água de Serviço tem a finalidade de suprir a demanda de água dos serviços gerais e alimentar a Estação de Tratamento de Água (ETA) da Casa de Força.

O suprimento de água para esse Sistema será a partir da Tubulação Principal de Água de Resfriamento, no bloco da Unidade 1.

e) Sistema de Ar Comprimido de Serviço

Este Sistema tem a finalidade de produzir, armazenar e suprir as necessidades de ar de ar comprimido de serviço, tais como: limpeza e secagem de linhas, equipamentos e superfícies, operação de ferramentas pneumáticas, atuação do sistema de frenagem dos geradores, alimentação dos atuadores pneumáticos das válvulas do sistema de retrolavagem dos filtros de água de resfriamento, suprimento de ar para o sistema de água nebulizada de proteção contra incêndio dos transformadores e vedação de emergência do eixo da turbina.

O sistema é composto basicamente por uma central de compressores de ar, uma rede de distribuição para de ar para a Casa de Força.

A central é constituída de dois (2) compressores do tipo parafuso englobados em cabine acústica com painel de controle microprocessado, um (1) reservatório de ar completo com todos os instrumentos e acessórios e quadro elétrico de comando.

A rede de distribuição consiste em um tronco principal, troncos secundários, ramais e subramais. Está projetada para operar em circuitos fechados (“anéis”) de modo a melhorar o rendimento.

São adotados os seguintes critérios de projeto:

- Dois (2) compressores, um principal e outro reserva, com previsão de rodízio entre eles;
- Um (1) reservatório de ar;
- Pressão nominal do sistema de 770 kPa e queda de pressão máxima na rede de 70 kPa;
- Rede de distribuição em circuitos fechados para otimizar o rendimento do sistema.

f) Sistema de Água Tratada

O Sistema de Água Tratada tem a finalidade de produzir, armazenar e distribuir água potável para os diversos pontos de consumo da Casa de Força e Edifício de Controle, tais como: sanitários, copa, bebedouros, enfermaria, salas de baterias e umidificadores dos equipamentos de ar condicionado das Salas de Controle.

São adotados os seguintes critérios de projeto:

- Uma Estação de Tratamento de Água (ETA) dimensionada para operar durante no máximo 10 horas/dia, ininterruptamente;
- São usados dois (2) reservatórios, geminados, de modo a não ocorrer interrupção do fornecimento de água quando da limpeza de um dos reservatórios;

g) Sistema de Esgoto Sanitário:

O Sistema Esgoto Sanitário tem a finalidade de coletar, bombear, tratar e lançar para o Canal de Fuga, o esgoto proveniente dos sanitários, sala de solda, oficina mecânica e demais ambientes da Casa de Força.

São adotados os seguintes critérios de projeto:

- As etapas do sistema são: coleta por gravidade, recalque para a fossa séptica, transferência por transbordamento da fossa para o tanque de cloração do efluente e deste por gravidade para o Canal de Fuga;
- Duas (2) bombas de recalque, uma principal e outra reserva pronta para o uso;

h) Sistema de Ventilação

O Sistema de Ventilação tem a finalidade de assegurar aos ambientes e locais atendidos da Casa de Força, através de renovação de ar, níveis de temperatura e qualidade de ar adequados às condições requeridas por pessoas e equipamentos.

A ventilação da Casa de Força é do tipo diluidora, com insuflamento de ar externo. O ar exterior é captado e filtrado através de duas tomadas de ar independentes e conduzido para as respectivas centrais de ventilação. Cada central é constituída de ventiladores centrífugos para insuflamento de ar na Casa de Força. O ar insuflado será distribuído através de dutos e aberturas dotadas de grelhas e registros onde necessário, para os diversos ambientes da Casa de Força. A retirada do ar se processa naturalmente através de aberturas entre os recintos atendidos e aberturas existentes na parte superior da estrutura de jusante da Casa de Força, dotadas de damper de sobre-pressão.

A renovação do ar dos sanitários, sala de coleta e bombeamento de esgoto, sala de armazenagem de óleo lubrificante será feita através de exaustores que descarregam o ar diretamente na atmosfera. A sala de armazenamento de óleo lubrificante e os poços dos geradores também possuem exaustão independente com a finalidade de exaurir o CO<sub>2</sub> injetado após a detecção e extinção de incêndio nesses locais.

São adotados os seguintes critérios de projeto:

- A Casa de Força é levemente pressurizada para evitar a penetração de pó;
- O diferencial máximo de temperatura entre o ar exterior e ar ambiente é de 5 °C;

i) Sistema de Ar Condicionado

O Sistema de Ar Condicionado tem a finalidade de manter as condições de temperatura e umidade relativa adequadas para o conforto e higiene, bem como para o bom funcionamento dos equipamentos. O sistema atende as Salas de Controle Locais a Sala de Controle Central.

São adotados os seguintes critérios de projeto:

- O sistema é do tipo expansão direta, com condicionadores do tipo “self-contained” compactos com condensadores resfriados a ar ou opcionalmente a água;
- Nas Salas de Controle serão mantidas as condições de umidade e temperatura requeridas pelos equipamentos e pessoas. Nos demais ambientes será feito apenas o controle de temperatura.
- Critérios gerais de acordo com as recomendações da ABNT NBR 6401.

j) Sistemas de Proteção contra Incêndio

Os sistemas de combate a incêndio terão a finalidade de eliminar os princípios de incêndio através de rede de hidrantes, rede de água nebulizada, extintores portáteis e sistemas fixos de CO<sub>2</sub>.

A alimentação para o Sistema de Água de Proteção contra Incêndio (rede de hidrantes e rede de água nebulizada) será proveniente da Tubulação Principal de Água de Resfriamento.

A rede de hidrantes deverá proteger os diversos ambientes da Casa de Força, através de tubulações e válvulas, hidrantes, convenientemente dispostos de maneira a se obter uma proteção adequada contra incêndio.

O sistema previsto para proteger os transformadores é do tipo fixo, automático, de água nebulizada com um sistema de detecção de calor através de detetores a ar comprimido. Será previsto um ramal independente para cada transformador, dotado de válvula de bloqueio, válvula dilúvio e projetores adequadamente dispostos em volta dos transformador. O sistema de detecção de calor, composto de termo-sensores de temperatura fixa, é alimentado pelo sistema de ar comprimido de serviço.

Um sistema de extintores, convenientemente distribuídos nas diversas áreas da Casa de Força, e também na Tomada D'Água foi previsto em complementação ao sistema de hidrantes.

Os sistemas fixos de CO<sub>2</sub> serão utilizados para combater incêndio no interior das câmaras dos geradores. Serão constituídas por um conjunto de cilindros para armazenagem de gás CO<sub>2</sub>, válvulas de controle, detetores iônicos de gases, detetores de temperatura, tubulações e demais acessórios. Este sistema é de responsabilidade do fornecedor do Gerador.

Um sistema independente de CO<sub>2</sub> é utilizado para proteger a sala de armazenamento de óleo lubrificante.

#### k) Sistema de Óleo Lubrificante

Esse Sistema tem a finalidade de armazenar, purificar e transferir o óleo lubrificante necessários aos mancais da turbina, do gerador e ao sistema de regulação da turbina.

É composto de dois tanques fixos para armazenagem de óleo, um tanque móvel, tambores de óleo, tubulações de alimentação e retorno de óleo e equipamentos móveis para transferência e purificação.

São adotados os seguintes critérios de projeto:

- A capacidade de armazenagem de óleo será pelo menos 10% superior ao volume de óleo de uma unidade geradora mais o volume contido nas tubulações.

#### l) Sistema de Drenagem e Separação Água-Óleo

O Sistema de Drenagem e Separação Água-Óleo é responsável pela coleta, drenagem e separação do óleo isolante da água, em caso de incêndio e ruptura dos transformadores elevadores ou transformadores principais de serviços auxiliares.

Este Sistema é constituído de bacias, sob os transformadores de drenagem, contenção e supressão de chamas, tubulação coletora, tanque coletor-separador de água e óleo, bomba submersível de drenagem do óleo e um tanque móvel para coleta do óleo.

São adotados os seguintes critérios de projeto:

- Não será considerada a possibilidade de ocorrência simultânea de incêndio em dois transformadores;
- O tempo de derramamento de óleo é estimado em 15 min e o tempo de combate ao incêndio é de no mínimo 1/2 hora;

#### m) Sistemas de Medições Hidráulicas:

A medição dos níveis de montante e de jusante do reservatório e do canal de fuga será feita por sensores de pressão (sondas piezométricas), que convertem a pressão hidrostática correspondente ao nível d'água do local em um sinal elétrico proporcional e independente da carga.

Em cada Tomada D'água das unidades geradoras serão instalados 3 (três) sensores de pressão (sondas piezométricas) com a função de medir a perda de carga nas grades e o

equilíbrio de pressões entre montante e jusante da comporta de emergência. Os sensores serão instalados nos seguintes locais:

- Um detetor de pressão a montante das grades;
- Um detetor de pressão entre a grade e a comporta de emergência;
- Um detetor de pressão a jusante da comporta de emergência.

Todas as demais medições hidráulicas, ou seja: Medição de Pressão da Caixa Espiral, Medição de Vazão Turbinada (Winter - Kennedy), Medição de Flutuação de Pressão na Caixa Espiral, Medição de Flutuação de Pressão no Cone do Tubo de Sucção, Medição da Pressão Efetiva na Saída do Tubo de Sucção, serão de responsabilidade do Fornecedor da Turbina.

## **12.14 - Casa de Força – Equipamentos Elétricos**

### **12.14.1 - Geradores**

O gerador será síncrono, de eixo vertical, potência disponível no borne de saída de 102,3 MVA, de pólos salientes, instalado em câmara de concreto com circulação fechada de ar de resfriamento através de trocadores de calor ar - água, com sistema de excitação totalmente estático, alimentado por transformadores do tipo seco, monofásicos, conectados aos terminais do gerador e com reguladores de tensão do tipo digital.

As fundações do estator e da cruzeta superior serão diretamente vinculadas às estruturas civis, transmitindo os esforços ao maciço da casa de força.

O gerador síncrono terá as seguintes características principais :

- Potência nominal: 102,3 MVA
- Tensão nominal: 13,8 kV
- Faixa de variação de tensão:  $\pm 5 \%$
- Fator de potência nominal: 0,95
- Frequência nominal: 60 Hz
- Velocidade nominal: 276,96 rpm
- Velocidade máxima de disparo: 415 rpm
- Efeito de inércia,  $GD^2$ : 2.675 t.m<sup>2</sup>
- Sentido de rotação, gerador visto de cima: anti - horário
- Classe de isolamento: F
- Operação como compensador síncrono: a ser confirmado pelos estudos elétricos

#### 12.14.2 - Barramentos de Fases Isoladas

O barramento de fases isoladas terá a função de conectar os terminais do gerador aos terminais dos transformadores elevadores, e deverá ter derivações para os cubículos de proteção contra surtos, para os cubículos dos transformadores de serviços auxiliares e para os cubículos dos transformadores de excitação do gerador.

Os barramentos de fases isoladas serão metálicos (alumínio) e previstos para instalação externa e interna à casa de força.

#### 12.14.3 - Transformadores Elevadores

Os transformadores elevadores serão do tipo imerso em óleo isolante, trifásicos, com as seguintes características principais:

- Tipo: trifásico
- Potência nominal: 102,3 MVA
- Tensão nominal do primário: 13,8 kV
- Tensão nominal do secundário: 230 kV
- Freqüência nominal: 60 Hz
- Resfriamento: ONAF

A movimentação dos transformadores será realizada por meio de rodas biorientáveis sobre trilhos, na plataforma dos transformadores.

Será fornecido um transformador completo de reserva.

#### 12.14.4 - Serviços Auxiliares Elétricos em Corrente Alternada

O sistema de distribuição será estruturado com base em um quadro de distribuição principal e em centros de carga, como mostrado no desenho 8609/US-5I-A1-0001. O sistema de distribuição para iluminação será alimentado a partir dos quadros de carga.

Os sistemas de distribuição de CA serão projetados para ter redundância nas alimentações desde o quadro de distribuição principal até os quadros de distribuição e às cargas elétricas da casa de força, subestação, vertedouro e tomada d'água. Existirão três fontes internas, obtidas duas de derivação dos geradores (sendo uma oriunda do gerador 1 e outra oriunda dos geradores 2 ou 3), e a terceira através de um grupo motor diesel gerador de emergência, que suprirá cargas de segurança e partirá uma unidade geradora, na falta das primeiras.

As fontes obtidas da derivação das unidades geradoras terão capacidade para alimentar toda a carga da usina, do vertedouro, da tomada d'água e da subestação. As derivações de unidade serão conectadas ao Geral de Serviços Auxiliares de CA (QSA), sendo que a tensão 13,8 kV será rebaixada para 480 V através de transformadores a seco instalados

internamente ao quadro. O QSA, por sua vez, alimentará os quadros de distribuição em 480 V e os transformadores das redes externas de 13,8 kV.

O equipamento do sistema de controle e supervisão digital da usina, previsto para a sala de controle, terá um sistema próprio de energia ininterruptível e totalmente automático visto que, necessita de energia elétrica de alta qualidade, livre de transientes, espúrios e outras perturbações.

As seguintes tensões serão utilizadas na Usina e na Subestação:

- Potência: sistema trifásico em estrela, neutro aterrado, três fios, 480 V, faixa de variação da tensão de  $\pm 10 \%$ , 60 Hz.
- Iluminação, Aquecimento e Tomadas de Quadros e Painéis: sistema trifásico, em estrela com neutro aterrado, 380/220 V, 60 Hz, com variação de tensão de  $\pm 10 \%$ , utilizado sempre em circuitos monofásicos a 3 (três) fios de 220 V,  $\emptyset$ -N-T.
- Equipamentos do Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC): sistema de alimentação monofásico, três fios 220 V,  $\emptyset$ -N-T, faixa de variação da tensão de + 2% a – 2%, 60 Hz.

#### 12.14.5 - Serviços Auxiliares Elétricos em Corrente Contínua

O sistema de serviços auxiliares em corrente contínua foi concebido considerando que todo o sistema de comando, proteção, iluminação de emergência, alarme e sinalização será alimentado em 125 V a 2 (dois) fios, não aterrado, faixa de variação de + 10% a – 15%. Existirá um sistema para a Casa de Força e outro para a Subestação.

Cada sistema será composto de duas baterias de acumuladores chumbo-ácidos e dois carregadores de baterias. Em caso de defeito, inspeção ou reparo de um conjunto, o outro assumirá a carga total do sistema.

##### a) Casa de força

Cada conjunto bateria-carregador alimentará um quadro principal de 125 V, este por sua vez, alimentará os quadros de distribuição.

Os quadros de distribuição terão duas barras (Barra 1 e Barra 2) sendo cada uma delas alimentada por um quadro principal distinto. Cada carga deverá receber dupla alimentação, uma proveniente da Barra 1 e outra da Barra 2. As cargas deverão ser providas com diodos de bloqueio, de modo a permitir comutação eletrônica no caso da falta de uma das alimentações.

##### b) Subestação

Cada conjunto bateria-carregador alimentará um quadro principal de 125 V. As cargas, receberão dupla alimentação, cada uma proveniente de um quadro principal. As cargas deverão ser providas com diodos de bloqueio, de modo a permitir comutação eletrônica no caso da falta de uma das alimentações.

#### 12.14.6 - Comando, Controle, Proteção e Supervisão da Usina

O sistema de controle e supervisão da usina será composto por equipamentos convencionais e digitais de controle.

O sistema digital de controle utilizará a técnica de microprocessadores, em uma estrutura hierárquica distribuída.

Em condições normais de operação, o controle e a supervisão da usina serão efetuados a partir da sala de controle central, situada no edifício de controle

Alternativamente, em condições de emergência por indisponibilidade do controle centralizado, ou quando em situações de testes, as unidades geradoras poderão ser controladas e supervisionadas pela sala de controle local, situada na galeria elétrica.

Pelo controle à distância, a partir do centro de operação de sistema, será possível, ainda, efetuar os controles individual e conjunto de carga das unidades geradoras.

Na usina estão previstos dois níveis hierárquicos de controle principais:

- nível central;
- nível local.

O nível central constitui-se no primeiro nível hierárquico da usina e a partir dele, serão possíveis os controles individual e conjunto das unidades geradoras, bem como a comunicação com o centro de operação do sistema, além dos controles de partida automática, sincronização manual/automática, paradas normal de emergência controles de carga e de tensão manual/automático e operação como compensador síncrono (se confirmado pelos estudos elétricos).

O nível local, por indisponibilidade da sala de controle central ou em situações de testes, poderá ser utilizado para controle das unidades, através de equipamentos de tecnologia digital. Os mesmos controles previstos para o nível central serão aplicáveis para o nível local, com exceção dos controles dos conjuntos de carga e de tensão, além de que, a nível local, está prevista a partida manual da unidade,

Ainda pela sala de controle local, poderá ser utilizado o controle portátil do sistema digital, para os controles de partida e parada automática das unidades. De modo manual e diretamente nos equipamentos dos sistemas auxiliares, para fins de teste, é possível também a operação degradada destes sistemas.

A partir da sala de controle central será possível transferir o controle da usina ao centro de operação do sistema para que a mesma possa ser controlada à distância.

Os comandos provenientes do sistema digital de controle usina, para as unidades geradoras, serão interfaceados pelo subsistema de comando/sequenciador, que é o responsável pela execução das lógicas de controle de partida, parada e operação das unidades.

A seleção dos modos de controle e de operação poderá ser realizada no quadro de controle da unidade, através de uma chave seletora local-remoto, e de outra transferência gerador-compensador síncrono (se confirmado pelos estudos elétricos).

Os sistemas auxiliares mecânicos e os serviços auxiliares elétricos terão comando, controle e supervisão convencionais em seus painéis específicos, com exceção dos disjuntores principais em 13,8 kV, para os quais será previsto telecomando, e das informações de estados e de defeitos que serão enviadas ao sistema digital de controle da usina através do subsistema de aquisição de dados.

As proteções previstas para as unidades geradoras serão equipadas, em função de suas prioridades e tipos de atuação, através de relés de bloqueio que redundarão nas seguintes cadeias de parada:

- 86H - Relé de parada total da unidade com fechamento da comporta da tomada d'água
- 86E - Relé de parada total com rejeição de carga
- 86M - Relé de parada total sem rejeição de carga
- 86PR - Relé de parada parcial com rejeição de carga
- 86PS - Relé de parada parcial sem rejeição de carga

Além destas atuações provenientes de dispositivos de proteção, o operador poderá, a níveis central e local, atuar na parada das unidades, em emergência, através de duas botoeiras, que resultarão na parada de emergência (atuação no relé 86E), ou na parada de emergência com fechamento de comporta (atuação no relé 86H).

#### 12.14.7 - Iluminação

O sistema de distribuição de iluminação, tanto normal quanto de emergência, será descentralizado, isto é, formado por um conjunto de centros de distribuição, de onde partirão os ramais dos circuitos de iluminação. Cada centro de distribuição será formado essencialmente por um transformador de iluminação, um quadro de iluminação normal e um quadro iluminação de emergência.

Serão usados tantos centros de distribuição quantos forem necessários para assegurar ao sistema a flexibilidade, uniformidade e localização conveniente dos centros em relação as áreas a serem iluminadas.

A tensão nominal dos circuitos de iluminação normal será de 220 Vca fase-neutro e de iluminação de emergência de 125 Vcc. A tensão de 220 Vca será obtida dos transformadores de iluminação alimentados em 480 Vca.

#### 12.14.8 - Sistema de Aterramento e Proteção Contra Descargas Atmosféricas

##### a) Aterramento

Todas as instalações do aproveitamento serão dotadas de malha de aterramento para permitir a conexão à terra dos equipamentos com a finalidade de dar segurança aos operadores e às equipes de manutenção. Tem o objetivo também de permitir o aterramento dos sistemas elétricos visando a segurança dos equipamentos e a obtenção de características elétricas adequadas para a sua operação.

O sistema de aterramento será constituído basicamente dos subsistemas da casa de força/subestação e vertedouro/tomada d'água, executados isoladamente e interligados entre si através de cabos de cobre nu.

Cada subsistema das estruturas de concreto será composto de duas partes, denominadas como segue:

Malha de aterramento: constituída de condutores de cobre nu interligados entre si, instalados diretamente sobre a rocha acompanhando o perfil de escavação e sobre a qual serão assentadas as estruturas de concreto. A malha de aterramento deverá abranger todas as estruturas onde serão instalados equipamentos eletromecânicos.

Rede de aterramento: constituída de condutores de cobre nu interligados entre si, dispostos em todos os níveis onde serão instalados equipamentos e estruturas metálicas, condutores da rede de aterramento poderão ser instalados em canaletas, eletrodutos, bandejas de cabos fixados às paredes e aos tetos de galerias ou embutidos no concreto.

Posteriormente, em função da resistência final do sistema de aterramento, será verificada a necessidade de inclusão de uma malha de dispersão, submersa, a montante da barragem.

Considerando que na usina existirá grande quantidade de equipamentos digitais para supervisão, controle, proteção e comunicações, o sistema de aterramento será objeto de cuidados especiais, visando a compatibilidade eletromagnética das instalações.

As conexões entre condutores ou entre condutor e equipamento serão feitas por fusão térmica ou por meio de parafusos. A fusão térmica será adotada sempre que não se pretenda ou não se possa proceder à desconexão dos elementos, como é o caso das conexões embutidas no concreto. A conexão por meio de parafusos (conectores de pressão) será aplicável nos locais onde exista a possibilidade de se proceder à separação do elemento ligado à rede de aterramento.

##### b) Proteção contra descargas atmosféricas

Nas edificações e equipamentos ao tempo, sempre que necessário, serão instalados sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, cujas descidas serão conectadas à malha de aterramento geral.

#### 12.14.9 - Sistema de Comunicações

A usina será dotada de um sistema de comunicações adequado às suas necessidades operacionais e de manutenção, o qual será basicamente constituído por: serviço de telefonia; serviço de telefonia de emergência; serviço de "busca - pessoa" e avisos internos; serviço de telefonia de discagem operacional; serviço de telefonia privativo do despacho; teleproteção de equipamentos e linhas; serviço de fac-símile; serviço de radiotelefonia fixo - móvel em VHF, comunicações de dados com sistemas gerenciais e especialistas.

#### 12.14.10 - Sistema de Vias de Cabos

O critério geral para a instalação de cabos nas instalações da usina é tê-los, tanto quanto possível, aparentes e facilmente acessíveis.

Toda a cablagem do aproveitamento será projetada de modo que os cabos de força, controle, instrumentação e comunicação, sejam lançados usando-se, para sua instalação, os seguintes meios, nesta ordem de preferência: eletrocalhas; bandejas, canaletas; eletrodutos; bancos de dutos.

Requisitos especiais serão aplicados no projeto de instalações elétricas, visando minimizar os efeitos de interferência eletromagnética nos equipamentos eletrônicos sensíveis.

### **12.15 - Subestação**

#### 12.15.1 - Características gerais

A subestação de manobra que interligará a Usina Hidrelétrica Pai Querê ao sistema de transmissão será do tipo convencional a céu aberto e terá tensão de 230 kV.

#### 12.15.2 - Localização

A subestação da Usina Hidrelétrica Pai Querê estará localizada na margem esquerda, distante cerca de 530 m a frente da casa de força.

A localização da subestação, pode ser vista no desenho 8609/CF - 30 - A1 - 0011 – ARRANJO SELECIONADO – PLANTA GERAL DAS ESTRUTURAS. O arranjo geral simplificado da subestação é apresentado no desenho 8609/SE-50-A1-0002.

A rede de integração ao sistema é de estrutura radial. A UHE Pai Querê será ligada em 230 kV ao barramento da subestação de Caxias 5, por 1 linha de 230 kV, com 102 km de extensão, circuito duplo, sendo 1 (um) condutor 636 MCM por fase.

### 12.15.3 - Arranjo e Esquema de Manobra

A subestação da UHE Pai Querê será do tipo convencional, esquema de barra principal e barra de transferência, com 3 (três) circuitos de entrada dos geradores e 2 (dois) circuitos de saída para a subestação de Caxias 5.

## 12.16 - Linha de Transmissão

### 12.16.1 - Descrição

A interligação da Usina de Pai Querê ao sistema de 230 kV será feita através de linha de transmissão com 102 km de extensão, em circuito duplo, formada por dois circuitos com um condutor de bitola 636 MCM(ACSR) por fase e torres auto-portantes, até a subestação de Caxias 5 da CEEE.

### 12.16.2 - Esquema de Proteção dos Circuitos Pai Querê – Caxias 5

Cada circuito de linha será protegido por dois conjuntos de proteção, proteção principal e proteção alternada, idênticos e independentes, cada um deles provendo completa proteção primária e de retaguarda.

As proteções primárias, integrantes dos sistemas de proteção principal e alternada deverão realizar, individualmente e independentemente, a detecção e eliminação de faltas entre fases e entre fase e terra para 100% da extensão da linha, sem retardo de tempo intencional.

As proteções de retaguarda, integrantes dos sistemas de proteção principal e alternada deverão ser gradativas, compostas por relés de distância ou funções incluídas na proteção principal/alternada para defeitos entre fases e fase terra (21/21N) com pelo menos 3 (três) zona de proteção e por relés de sobrecorrente direcional de neutro (67N) com unidades instantânea e temporizada.

Em cada conjunto de proteção será implementada a lógica necessária de teleproteção, esquemas PUTT, POTT, UNBLOCKING, BLOCKING, conforme necessário e as correspondentes interfaces para operar com os equipamentos de teleproteção.

Os equipamentos de teleproteção para cada circuito deverão possuir 02 (dois) canais independentes, um para o esquema associado à proteção principal do circuito e outro para o esquema associado à proteção alternada do outro circuito. O meio de comunicação para os canais de teleproteção será onda portadora OPLT.

Cada conjunto de proteção deverá incorporar, no mínimo, as seguintes funções:

- proteção de distância;
- proteção de sobrecorrente direcional de terra;
- esquemas universais de teleproteção (PUTT, POTT, BLOCKING, UNBLOCKING, etc.);

- lógica de eco;
- detecção de oscilações de potência e perda de sincronismo;
- proteção para energização sob falta;
- lógica de fraca alimentação;
- proteção de sobretensão;
- proteção de subtensão;
- localização de faltas;
- funções de religamento e verificação de sincronismo.

### **12.17 - Construções Especiais**

Não foram previstas construções especiais junto as estas estruturas do Aproveitamento da UHE Pai Querê.

Devido ao grande desnível de água de 150 m, entre o nível de água no reservatório (797 m) e o nível de água a jusante (647 m), estruturas como escadas de peixe podem resultar com custos elevados, que não justifiquem a sua inclusão.

Tampouco, foi proposto um sistema de transposição com fins de navegação ao longo do rio, por não existir plano de navegação previsto para o rio Pelotas.

### **12.18 - Obras de Infra - Estrutura**

#### **12.18.1 - Energia Elétrica e Iluminação**

A energia elétrica necessária à execução da obra será fornecida pela CELESC/SC ou CEEE/RS. A partir da subestação do canteiro de obras, serão construídas redes de energia na tensão de 13,8 kV, para atendimento das instalações do canteiro e dos escritórios e acampamento.

A geração de energia elétrica de emergência será feita através de grupos geradores diesel, instalados próximos aos pontos de consumo em baixa tensão. Esses geradores terão potência compatível com as cargas consideradas essenciais.

#### **12.18.2 - Água Industrial, Tratada e Potável**

O fornecimento de água poderá ser feito a partir da captação no rio Pelotas através de estação de captação e bombeamento de água bruta que será conduzida por uma adutora para um reservatório junto a estação de tratamento de água. A água destinada ao

consumo humano deverá ser purificada dentro dos padrões de potabilidade exigido pelos órgãos de saúde.

#### 12.18.3 - Proteção Contra Incêndio

O canteiro de obras será dotada de um sistema de proteção contra incêndio, composto pelos seguintes elementos:

- redes de hidrantes de coluna, dispostas nas proximidades das instalações do canteiro e edificações do acampamento, com pressão suficiente para garantir as vazões mínimas requeridas nos bocais dos hidrantes;
- Um conjunto de extintores portáteis padronizados segundo as normas da ABNT. Todos os hidrantes e extintores serão localizados e demarcados segundo os padrões das respectivas normas técnicas.

#### 12.18.4 - Esgotos Sanitários

Os efluentes das instalações sanitárias serão conduzidos por redes coletoras de esgoto a estação de tratamento, para em seguida serem lançados no rio Pelotas.

#### 12.18.5 - Drenagem de Águas Pluviais

O sistema de drenagem de águas pluviais do canteiro de obras e do acampamento será composto por redes de drenagem superficial e subterrânea, a serem dimensionadas para condução das vazões de contribuição compatíveis com período de operação dos canteiros e acampamento.

#### 12.18.6 - Acesso à Obra e Plano Viário

O acesso de equipamentos e pessoal ao local das obras está descrito no item 2.3 deste relatório.

O plano viário deverá ser elaborado para atendimento do fluxo de veículos e equipamentos na área do canteiro de obras e frentes de serviços . Deverá ser previsto um sistema de sinalização e de orientação tendo em conta o volume de tráfego esperado.

#### 12.18.7 - Canteiro de Obras

A localização do canteiro de obras, bem como as áreas a serem ocupadas serão definidas a partir do conhecimento do empreiteiro de obras civis, o que deverá ocorrer na etapa de projeto básico.

No presente estudo, apresenta - se como uma indicação dos locais possíveis das áreas destinadas a esta finalidade.

Devido às condições topográficas do local da obra, em que ambas as margens apresentam ombreiras muito íngremes, o canteiro de obras deverá ser implantado na área mais alta da margem direita, na elevação superior a 870,00 m, de modo a atender a totalidade das obras.

Nesta área, serão instaladas as unidades de produção e armazenamento como as centrais de britagem, de concreto convencional, central de ar comprimido, sistema de estocagem e transferência de aglomerantes, depósitos de aditivos e de cimento em sacos. Além disso, ficarão localizadas as instalações industriais e de apoio como, pátio de carpintaria, pátio de armação, pátio de protensão, pátio de estruturas tubulares e pátio de pré – moldados.

Na margem esquerda, na área menos íngremes, onde apresentam-se com as elevações superiores a 870,00 m, encontram-se as instalações de apoio como oficina de manutenção e almoxarifado, lavagem e lubrificação de veículos, oficina de montagem eletromecânica e posto de abastecimento.

Nesta mesma margem esquerda, numa área separada desta, apresentam-se os escritórios das empreiteiras civis e de montagem, escritório do Consórcio e de Projetista, ambulatório e restaurante.

O desenho 8609/US–30-A1-0002 apresenta as áreas previstas para acomodar as instalações do canteiro de apoio acima mencionado.

A central de concreto convencional deverá ser mobilizada e montada de tal forma que esteja disponível para produção ao início do mês de abril do ano 2. Esta central deverá atender todas as frentes de concretagem desde o início das obras.

Prevê-se que a central de concreto convencional deverá ter capacidade de produção máxima mensal da ordem de 35.000 m<sup>3</sup>. Esta central deverá ter capacidade de produção horária nominal da ordem de 300 m<sup>3</sup>/h.

#### 12.18.8 - Bota - Foras

O material escavado para a construção do empreendimento que não possa ser aproveitado para utilização em enrocamentos e com agregados para concreto, será disposto nas regiões próximas à obra, dentro do futuro reservatório e em aterros adequadamente projetados de modo a garantir a segurança contra eventuais deslizamentos e prover a continuidade da paisagem. Estas áreas e demais áreas degradadas do canteiro de obras serão recuperadas ao final da obra, com limpeza e recomposição da vegetação.

#### 12.18.9 - Estimativa de Mão de Obra

Quanto à mão-de-obra a ser mobilizada para a implantação do empreendimento, está prevista a contratação, preferencialmente, de pessoal disponível nos municípios circunvizinhos. Este contingente de pessoal deverá ser transportado para a obra,

utilizando-se para tanto de um sistema de transporte a ser implementado pelo empreiteiro principal.

Deverá ser trazido de fora um contingente mínimo de pessoal mais qualificado, com experiência em obras similares, os quais poderão ser alojados no município Vacaria, no estado do Rio Grande do Sul. Para tanto poderão ser alugados imóveis nestes locais. Prevê - se, ainda, a construção de alojamentos específicos para trabalhadores solteiros não residentes no local e para acomodar trabalhadores não permanentes.

Para os serviços de implantação do empreendimento, está prevista a mobilização de uma equipe de aproximadamente 2.600 pessoas, durante o pico da obra.

Esta estimativa pode sofrer variações tendo em vista características próprias da empresa de construção a ser mobilizada para as obras.

#### **12.19 - Orçamento Padrão Eletrobrás**

Apresenta-se, a seguir, o orçamento conforme o padrão ELETROBRÁS da Usina Hidrelétrica Pai Querê.

ENTRA PLANILHA FEITA NO EXCEL

ARQ.: 8609us-10RL-0010-0.xls

(4 páginas)







## **12.20 - Cronograma de Construção**

### 12.20.1 - Introdução

O cronograma de construção do empreendimento está apresentado no Des. N.º 8609/US – 30–A1-0016. Na elaboração deste cronograma partiu – se do princípio que o contrato de concessão fosse assinada no início do mês de janeiro do ano1, e que o desvio do rio fosse realizado no início do mês de novembro do ano 2.

No presente estudo da UHE Pai Querê, com a seleção da barragem de enrocamento com face de concreto, o caminho crítico do empreendimento situa - se na execução desta barragem. O circuito de geração teria condições de estar concluído cerca de 6 meses antes da conclusão da barragem. Este fato associado ao tempo de enchimento do reservatório da ordem de 5 meses, para o início da geração desde a assinatura da concessão será necessário 56 meses. Apresenta-se, a seguir, uma descrição sucinta da seqüência de construção.

### 12.20.2 - Serviços Preliminares

Considerou - se um período de 6 meses para a aquisição e liberação das áreas do canteiro e preparação dos projetos básicos de engenharia e ambiental. Assim, o início efetivo das obras deverá ocorrer a partir do mês de julho do ano1.

Foi considerado que a mobilização do empreiteiro de obras civis ocorresse durante este mês de julho.

### 12.20.3 - Desvio do Rio e Obras do Barramento

O desvio do rio foi concebido em uma única fase. As obras de desvio terá início no mês de agosto do ano 1, mediante a escavação comum e em rocha a céu aberto dos canais de entrada e saída dos túneis de desvio. Em seguida, no mês de novembro, serão iniciadas as escavações subterrâneas dos túneis, a partir da seção do emboque. Quando os avanços da escavação subterrânea estiverem entre 100 a 200 m da seção do emboque, as escavações neste sentido podem ser interrompidas e iniciadas as escavações a partir da seção do desemboque dos túneis.

Dessa maneira, na seção do emboque dos túneis podem ser realizadas o tratamento das fundações e a concretagem da estrutura do emboque.

Com a concretagem da estrutura do emboque serão realizadas a montagem das guias destinadas a colocação das comportas de fechamento.

Considerou – se que a conclusão da escavação dos túneis, assim como o tratamento necessário ocorresse ao final do mês de setembro do ano 2.

A concretagem da estrutura do emboque será realizada entre o mês de abril e o mês agosto do ano 2.

A montagem dos equipamentos na estrutura do emboque será concluída ao final do mês agosto do ano 2.

Pequena parte dos materiais provenientes destas escavações poderão ser lançadas diretamente na ombreira direita da barragem ou em áreas de bota - fora e os mais adequados para a produção de concreto serão transportados para a área de britagem.

O fechamento do rio, para desvio através dos túneis, serão realizados no mês de novembro do ano 2, mediante lançamento de enrocamento no leito do rio em ponta de aterro.

Imediatamente a seguir, estarão sendo lançados os materiais de transição e de impermeabilização no lado de montante deste cordão de enrocamento. O alteamento da ensecadeira de montante será realizada em seguida, de maneira que ao final do mês de janeiro do ano 3, a sua crista tenha atingida a elevação 690,00 m.

Os materiais de enrocamento e de transição para a construção desta ensecadeira serão provenientes das áreas de bota - fora, e os de impermeabilização serão provenientes da escavação comum obrigatória ou de área de empréstimo.

No mesmo tempo em que estiverem sendo realizadas as obras de desvio do rio, estarão sendo desenvolvidas as obras na área da barragem .

Considerou – se que a escavação comum da área da fundação da barragem fosse realizada entre o mês de agosto do ano 1 e o mês de janeiro do ano 2.

No mês dezembro do ano 1 será iniciada a escavação em rocha ao longo da fundação do plinto até o mês de maio do ano 2. Esta escavação, sendo realizado no período anterior ao desvio do rio pelos túneis, isto é antes do mês de novembro do ano 2, referem – se apenas aos trechos das ombreiras. Após o desvio do rio, será realizada a escavação da área da fundação do plinto no leito do rio. A conclusão desta escavação foi considerada no mês janeiro do ano 3.

Após o desvio do rio, também estarão sendo realizadas as escavações em rocha na pedreira, no ritmo necessário a complementação do enrocamento da barragem. Esta escavação em pedreira será realizada entre o mês de novembro do ano 2 até o mês de junho do ano 4, período em que o corpo da barragem será alteada até a elevação 797,00 m.

A limpeza e tratamento da fundação do plinto será iniciada no mês de dezembro do ano 1 e concluída no final do mês de março do ano 3.

O lançamento e compactação do enrocamento no corpo da barragem na margem direita, será iniciada no mês novembro do ano1, portanto antes do desvio do rio pelos túneis, com parte do material proveniente da escavação das escavações dos túneis de desvio e da casa de força. Foi considerado que o lançamento e compactação deste enrocamento no corpo da barragem atingisse a elevação 797,00 m, ao final do mês de junho do ano 4.

Os materiais de enrocamento da barragem, serão de preferência provenientes das escavações das estruturas do vertedouro, do circuito hidráulico de geração e complementados com os materiais provenientes da pedreira.

Após o desvio do rio, junto ao talude de montante do corpo de enrocamento será lançada e compactada a transição, seguindo o alteamento do enrocamento.

Os materiais de transição serão provenientes da britagem do basalto.

A concretagem do paramento de montante da barragem será realizada em uma única etapa, e iniciada após o corpo de enrocamento e da transição estiver atingido a elevação 797,00 m. A conclusão deste paramento de concreto, incluindo também os muros parapeitos e o enrocamento entre a elevação 797,00 m e 801,00 m foi considerado ao final do mês de março do ano 5.

#### 12.20.4 - Vertedouro

As obras do vertedouro terão início com a escavação comum e concluindo - se com a montagem dos seus equipamentos.

A escavação comum terá início no mês de junho do ano 2 e com término ao final de outubro do ano 2.

A escavação em rocha terá início no mês de novembro do ano 2 e com a conclusão no mês de março do ano 4.

Após a escavação em rocha da área das estruturas de concreto, serão realizadas a limpeza e tratamento desta fundação entre os meses de março do ano 3 e de julho do ano 3.

A concretagem da estrutura terá início no mês de agosto do ano 3, com conclusão no mês de março do ano 4.

A montagem eletromecânica terá início no abril do ano 4 , com a conclusão em setembro do ano 4.

Os materiais rochosos provenientes desta escavação serão utilizados como enrocamento no corpo da barragem ou através de britagem como agregado para produção de concreto.

#### 12.20.5 - - Circuito de Geração

As estruturas do circuito hidráulico de geração apresentam duas frentes principais, sendo uma delas o canal de adução, tomada de água e os túneis forçados. A outra compreende a casa de força e o canal de fuga.

A execução das obras do canal de adução e da tomada de água será simultâneo com a do vertedouro

As obras do canal de adução e tomada de água serão iniciadas com a escavação comum, entre os meses de setembro e outubro do ano 2.

Em seguida, será realizada a escavação em rocha, iniciando – se no mês de novembro do ano 2 até o mês de abril do ano 3.

Nas áreas da fundação da estrutura da tomada de água serão realizados a limpeza e o tratamento, durante os meses de março e abril do ano 3.

Em seguida serão realizadas a concretagem da tomada de água, iniciando – se em maio do ano 3 e concluindo – se em setembro do ano 3.

A montagem eletromecânica será realizada, iniciando – se em outubro do ano 3 e concluindo – se em março do ano 4.

Considerou – se que a escavação subterrânea dos túneis forçados iniciasse no mês de agosto do ano 2, com a conclusão no mês de janeiro do ano 3.

O revestimento em concreto dos túneis forçados terá início no mês de fevereiro do ano 3, com a conclusão no mês de julho do ano 3.

A execução da blindagem metálica foi considerada entre os meses de agosto do ano 3 e o mês de fevereiro do ano 4.

As obras na casa de força serão iniciadas no mês de agosto do ano 1, com a escavação comum. Em seguida, no mês de novembro, inicia – se a escavação em rocha, cuja conclusão foi considerada no mês de agosto do ano 2.

O tratamento da fundação destas estruturas serão realizadas durante os meses de agosto e setembro do ano 2.

A concretagem da estrutura poderá iniciar no mês de setembro do ano 2, na região do tubo de sucção da unidade 1, com a conclusão em abril do ano 3

A montagem eletromecânica das unidades geradoras foi considerada no mês de outubro do ano 2 e a conclusão da unidade 1 no mês de abril do ano 5. Subsequentemente, a conclusão da unidade 2 foi considerada no mês de julho do ano 5 e da unidade 3 no mês de outubro do ano 5.

Com o enchimento do reservatório, estimado em 5 meses, serão iniciados os testes e comissionamento da 1ª unidade, cujo início da geração comercial está previsto para o mês de setembro do ano 5.

### **12.21 - Índices de Mérito**

Os parâmetros que melhor definem a competitividade econômica de um projeto de geração são o Índice Custo Benefício (ICB) e o Custo Médio de Geração (CMG). O ICB corresponde à relação entre os custos associados ao empreendimento e o benefício decorrente da valorização da sua energia firme anual. Os custos de investimento incluem construção, aquisição e montagem de equipamentos eletromecânicos, programas sócio –

ambientais. Também são considerados os valores dos Juros Durante a Construção, além do custo de operação e manutenção. Este parâmetro, que desconsidera a existência de taxas e impostos, para um período de concessão de 30 anos e uma taxa de juros sobre os investimentos de 12%, está apresentado, a seguir :

$$\text{ICB} = (421\,100\,000,00 + 161\,733\,000,00) \times 0,124143657 + 2\,320\,000,00 / 1\,874\,640$$

$$\text{ICB} = \text{R\$ } 39,84 / \text{MWh}$$

Para o cálculo do Custo Médio de Geração, que mede o custo final de 1 MWh, utilizou - se o modelo MAIG (Modelo de Análise de Investimentos em Geração), considerando uma taxa de juros sobre os empréstimos de 12%, uma taxa interna de retorno (TIR) de 15% e uma *equity* de 30% (70% financiamento + 30% capital próprio).

Para efeito de capitalização dos benefícios, considerou-se uma vida útil econômica de 30 anos para o empreendimento. O custo de operação e manutenção (COM) foi estimado em R\$ 8,00/kW-ano.

Foi considerada a incidência dos seguintes impostos e taxas: COFINS/PIS/ANEEL (4,15% da receita), *royalties* de 6% sobre a energia gerada com tarifa de R\$ 19,53/MWh, Contribuição Social de 8,26 % sobre o lucro antes do IR, Imposto de Renda de 15% sobre o lucro real, além de adicional de I.R de 10 % sobre lucro excedente. Estas taxas e impostos somados importam em mais de 25 % do valor global da receita.

Para efeito de cálculo do imposto de renda, considerou-se a depreciação do capital em um período de 30 anos.

O Custo Médio de Geração (CMG), calculado para esta situação apresentou o seguinte valor:

$$\text{CMG} = \text{R\$ } 62,24 / \text{MWh}$$

**ANEXOS**

**ANEXO I - FICHA RESUMO DO EMPREENDIMENTO**

## ANEXO I – FICHA RESUMO DO EMPREENDIMENTO

Usina Hidrelétrica:	<b>PAI QUERÊ</b>											
Empresa:	<b>ENGEVIX ENGENHARIA S/C LTDA.</b>											
Etapa: Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica	Data: MAIO / 2001											
<b>1. LOCALIZAÇÃO</b>												
Rio: Pelotas	Bacia: Rio Pelotas											
Lat: 28° 19' 40" Sul	Município M. Dir.: Lages	UF.: SC										
Long.: 50° 39' 30" Oeste	Município M. Esq.: Bom Jesus	UF.: RS										
<b>2. DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS</b>												
<b>POSTOS FLUVIOMÉTRICOS DE REFERÊNCIA</b>												
Cod.: 70200000	Nome: Invernada Velha	Rio: Pelotas	AD: 2.850 km <sup>2</sup>									
Cod.: 70700000	Nome: Passo Socorro	Rio: Pelotas	AD: 8.440 km <sup>2</sup>									
Área de Drenagem no Barramento:	6.250 km <sup>2</sup>	Vazão Máx. Registrada: (Julho/83)	7.621 m <sup>3</sup> /s									
Prec. Média Anual (Bacia):	1.627 mm	Vazão Mín. Registrada: (Jan/45)	9,60 m <sup>3</sup> /s									
Evap. Média Anual (Reserv.):	1.439 mm	Vazão Mín. Média Anual:	42,30 m <sup>3</sup> /s									
Vazão MLT (Per.: 1931 a 1994):	158 m <sup>3</sup> /s	Vazão de Proj. Desvio (TR 25 anos)	5.612 m <sup>3</sup> /s									
Cheia Máxima Provável:	12.850 m <sup>3</sup> /s	Vazão de Proj. Vertedouro (QMP)	12.850 m <sup>3</sup> /s									
Cheia Decamilar:	11.683 m <sup>3</sup> /s											
Vazões Médias Mensais (m <sup>3</sup> /s) - Período: 1931 – 1994												
JAN.	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
98,3	132,4	100,3	108,0	140,7	163,9	202,5	237,1	254,4	210,0	124,5	109,7	
Evaporação Potencial no Reservatório (Média Mensal - mm)												
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
176,0	151,0	137,5	106,4	82,5	62,5	69,4	82,7	108,0	135,0	156,3	171,5	
Precipitação (Média Mensal - mm) - Período: 1931 - 1994												
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
135,2	140,9	126,4	115,0	126,0	142,8	156,3	151,0	150,9	155,6	142,5	140,5	
<b>3. RESERVATÓRIO</b>												
N.A. DE MONTANTE						ÁREAS INUNDADAS						
Min. Normal						762,00 m	No N.A. Máx. Maximorum:			63,11 km <sup>2</sup>		
Máx. Normal:						797,00 m	No N.A. Máx. Normal:			61,25 km <sup>2</sup>		
Máx. Maximorum:						799,01 m	No N.A. Mín. Normal:			28,24 km <sup>2</sup>		
N.A. DE JUSANTE						VOLUMES						
Mínimo:						645,40 m	No N.A. Máximo Normal:			2588 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		
Máx. Normal:						647,55 m	Útil:			1544 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		
Máx. Maximorum:						664,50 m	VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO:			1968 anos		
<b>4. DESVIO</b>												
ENSECADEIRA DE MONTANTE						TÚNEIS DE DESVIO						
Vazão de Desvio (TR: 25 anos)						5612 m <sup>3</sup> /s	Número de Túneis:			2		
N. A. Máximo						688,31 m	Seção Arco - Retângulo:			(14 x 14 m		
Elevação da Crista						690,00 m	Comprimento			668 e 690 m		
Volume da Ensecadeira						1 100 000 m <sup>3</sup>	Escavação Comum			36 360 m <sup>3</sup>		
ENSECADEIRA DE JUSANTE						Esc. em Rocha a Céu Aberto:						278 110 m <sup>3</sup>
Elevação da Crista						660,00 m	Esc. Subterrânea			237 650 m <sup>3</sup>		
Volume da Ensecadeira						257 200 m <sup>3</sup>	Concreto do Emboque			34 200 m <sup>3</sup>		
						Concreto dos Tampões			8 325 m <sup>3</sup>			
<b>5. BARRAGEM</b>												
Tipo de Estrutura/Material:						EFC	Escavação Comum:			461 200 m <sup>3</sup>		
Comp. Total da Crista:						520 m	Esc. em Rocha a Céu Aberto:			2 386 560 m <sup>3</sup>		
Altura Máxima:						158 m	Enrocamento			7 213 200 m <sup>3</sup>		
Cota da Crista:						801 m	Concreto Convencional			40 620 m <sup>3</sup>		

## ANEXO I – FICHA RESUMO DO EMPREENDIMENTO

<b>6 - VERTEDOURO</b>			
Tipo:	Superfície	COMPORTAS	
Capacidade (Cheia Máx. Provável):	12.850 m³/s	Tipo:	Segmento
Cota da Soleira:	777,00 m	Acionamento:	Hidráulico
Largura Total:	65 m	Largura:	17,0 m
Número de Vãos:	3	Altura:	20,0 m
Comprimento do Canal de Aproximação	615 m	Dissipação de Energia:	Lançamento Direto
Escavação em Rocha a Céu Aberto:	3 056 000 m³	Comprimento da Calha em Concreto :	125 m
Concreto Convencional	51 365 m³	Comprimento da Calha em Rocha :	140 m
<b>7 - SISTEMA ADUTOR</b>			
CANAL DE ADUÇÃO:		COMPORTAS DE EMERGÊNCIA:	
Comprimento	525 m	Número de Comportas :	3
Elevação de Fundo	758 m	Tipo/ Acionamento:	Vagão/ Hidráulico
Escavação Comum:	203 250 m³	Largura x Altura	(4,20 x 3,85) m
Esc. em Rocha a Céu Aberto:	1 217 680 m³	Elevação da Soleira	753,90 m
TOMADA DE ÁGUA		COMPORTAS ENSECADEIRA:	
Tipo:	Gravidade aliviada	Número de Comportas :	1
Comprimento Total:	28 m	Tipo/ Acionamento:	
Número de Vãos:	3	Largura x Altura	(4,20 x 3,85) m
Elevação da Crista	802,00 m	Elevação da Soleira	753,90 m
Elevação da Soleira	753,90 m	TÚNEL FORÇADO	
Altura	51,00 m	DIÂMETRO	4,20 / 4,00 m
Escavação Comum:	2 690 m³	Comprimento Total	282 m
Esc. em Rocha a Céu Aberto:	50 000 m³	Esc. Subterrânea :	16 430 m³
Concreto Convencional	15 100 m³	Concreto Convencional	5 020 m³
<b>8 - CASA DE FORÇA</b>			
Tipo:	Abrigada	Escavação Comum:	62 820 m³
N.º de Unidades Geradoras:	3	Esc. em Rocha a Céu Aberto:	282 500 m³
Larg. dos Blocos das Unidades:	13,50 m	Concreto Convencional:	35 440 m³
Larg. da Área de Montagem:	27 00 m		
Comprimento Total:	79,50 m		
<b>9 – TURBINAS</b>			
Tipo:	Francis	Vazão Turbinada Máxima:	79,33 m³/s
Potência Unitária Nominal (no eixo):	98,70 MW	Rendimento Máximo:	92,0 %
Rotação Síncrona:	276,96 rpm	Queda de Projeto:	143,70 m
<b>10 – GERADORES</b>			
Potência Unitária Nominal (no borne de saída):	102,30MVA	Rendimento Máximo:	98%
Rotação Síncrona:	276,96 rpm	Fator de Potência:	0,95
Tensão Nominal:	13,8 kV		
<b>11 - CRONOGRAMA - PRINCIPAIS FASES</b>			
Início das Obras	Mês 7	Enchimento do Reservatório	Mês 51
Desvio 1ª Fase (Fechamento do rio):	Mês 22	Geração Comercial (1ª unid.):	Mês 56
Desvio 2ª Fase (Barragem Tr = 500 anos) :	Mês 28	Geração Comercial (3ª unid.):	Mês 58
<b>12 - CUSTOS (R\$ x 10³)</b>			
Meio Ambiente:	60 391	Custo Total s/ JDC:	421 100
Obras Cíveis:	194 845	Juros Durante a Construção:	117,908
Equip. Eletromecânicos:	91 160	Custo Total c/ JDC:	539,008
Outros Custos:		Custo de Operação e Manutenção: R\$ / MWh	1,50
Custo Direto Total:	346 396	Data de Referência (Mês/Ano):	AGOSTO / 2 000
Custos Indiretos:	74 704	Taxa de Câmbio:	R\$ 1,81 / US\$ 1,00

## ANEXO I – FICHA RESUMO DO EMPREENDIMENTO

<b>13 - ESTUDOS ENERGÉTICOS</b>			
Queda Líquida de Projeto:	143,7 m	Energia Firme: 171 MW Médios Local e 43 MW Médios jusante	
Queda Líquida de Referência:	138,0 m	ICB:	R\$ 39,84 /MWh
Potência da Usina:	290 MW	Custo Médio de Geração:	R\$ 62,24 /MWh
<b>14 - IMPACTOS SÓCIO-AMBIENTAIS</b>			
POPULAÇÃO ATINGIDA (N.º DE HABITANTES)		FAMÍLIAS ATINGIDAS	
Urbana: -	-	Urbana: -	
Rural: 492		Rural: 173	
Total: 492		Total: 173	
Quantidades de Núcleos Urbanos Atingidos: -			
Interferências com Áreas Legalmente Protegidas: Sítio arqueológico histórico tombada por decreto municipal, localizado na confluência do rio dos Touros com o rio Pelotas, na localidade de Passo de Santa Vitória, também no Município de Bom Jesus - RS			
Interferências com Áreas Indígenas: Não			
Relocação de Estradas Denominação			
Federal: Não		Extensão Total	
Estadual: Não		Extensão Total:	
Municipal: Sim		Extensão Total:	5 km
Secundária: Sim		Extensão Total:	20 km
Relocação De Pontes: Quantidade: 120 m			
<b>PRINCIPAIS IMPACTOS SÓCIO - AMBIENTAIS:</b>			
1-Alteração do Sistema Fluvial			
2-Elevação do Lençol Freático			
3-Alterações na Qualidade da Água			
4-Interferências de Áreas de Autorizações e Concessões Minerais com o Reservatório			
6-Início ou Aceleração de Processos Erosivos			
5-Ocorrência de Sismos Induzidos			
7-Redução da Diversidade Biológica dos Ecossistemas Aquáticos			
8-Alteração na Estrutura da Fauna Aquática e na Qualidade da Água na Fase Pré Operacional			
9-Alteração na Estrutura da Fauna Aquática e na Qualidade da Água na Fase de Enchimento e na Op. da Barragem			
10-Comprometimento de Rotas Migratórias			
11-Remoção de Cobertura Vegetal Atual e Perda de Hábitats			
12-Aumento da Caça			
13-Geração de Expectativa da População Diante do Empreendimento			
14-Mudança no Comportamento Sócio cultural da População Atingida			
15-Desestruturação da Unidade de Produção Familiar			
16- Interferências com Sítios Arqueológicos			
17-Alteração no Quadro de Saúde			
18-Alteração do Mercado de Trabalho			
19-Alteração do Mercado Imobiliário			
20-Alteração do Mercado de Bens e Serviços da Renda Regional e da Arrecadação Municipal			
21-Melhoria dos Sistemas de Transmissão e Comunicação			
22-Intensificação do Tráfego Rodoviário e Interferências na Infra-Estrutura Viária			
23-Perda de Áreas de Produção Agropecuária			
24-Deslocamento Compulsório da População			
25-Interferências com Travessias Fluviais			
26-Interferências com a Infra-Estrutura Social			
27-Interferências com as Comunidades Índigenas			
<b>15 - VOLUMES TOTAIS</b>			
Escavação Comum:	1 181000 m <sup>3</sup>	Concreto Convencional:	191 340 m <sup>3</sup>
Escav. em Rocha a Céu Aberto:	7 749 660 m <sup>3</sup>	Concreto Projetado:	m <sup>3</sup>
Escav. em Rocha Subterrânea:	272 940 m <sup>3</sup>	Enrocamento da Barragem e Ensecadeiras:	8 275 200 m <sup>3</sup>

## **ANEXO II - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## ANEXO II – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENI P. SANGAL, "Practical Method of Estimating Peak Flow", Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 109, n.º 4, April/1983.
- BITAR O. Y. coord. O Meio Físico em estudos de impacto ambiental. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1990. (Publicação IPT; 1823).
- CANAMBRA ENGINEERING CONSULTANTS LIMITED. Power Study of South Brasil. S. L. Appendix VI. 1968.
- CBGB - Comitê Brasileiro de Grandes Barragens. Main Brazilian Dams
- CHOW, V.T. Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill, 1959.
- COOKE, R.U., DOORNKAMP, J.C. Geomorphology in environmental management. A new introduction. Oxford. 1990.
- Departamento Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Normas Climatológicas (1961-1990) Brasília, 1992.
- ELETROBRÁS - DNAEE. Instruções para Estudos de Viabilidade de Aproveitamentos Hidrelétricos.
- ELETROBRÁS. Guia para cálculo de cheia de projeto de vertedouros. Rio de Janeiro. 1987
- ELETROBRÁS. Manual de estudos de efeitos ambientais dos sistemas elétricos. Rio de Janeiro. 1986.
- EMMONS, L.H., 1990 - Neotropical rainforest mammals. University of Chicago Press, Chicago. 281 pp.
- FILHO N.F., coord. et al. Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia - São Paulo : Instituto de pesquisas Tecnológicas, 1992. (Publicação IPT; 1972).
- FONZAR, Benedicta. A circulação atmosférica na América do Sul: os grandes sistemas planetários e subsistemas regionais que atingem o continente - localização e trajetória. Cadernos de Geociências - IBGE. Jul./Set. - 1994, n.º 11.
- FRERE, M. A method for the practical application of the estimated of potential evaporation from a free water surface. [S.1]:FAO, 26pp. 1979.
- GAPLAN, 1986, Atlas de Santa Catarina. Aerofoto Cruzeiro, Rio de Janeiro. 173 pp.
- GERRARD, A.J. Soils and landforms - An integration of geomorphology and pedology. London., George Allen & Unwin. 1981.
- GUERRA A. J. T. e Cunha S. B. da. (organizadores) - Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1994.
- GUERRA A. J. T. e Cunha S. B. da. (organizadores) - Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 1996.

## ANEXO II – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GUIDICINI, G., Niebie, C.M. Estabilidade de taludes naturais e de escavação. São Paulo, Edgard Blücher, 1976.
- HENDERSON, F. M. Open channel flow. New York: The Macmillan Company. 1966. 522p. (1996).
- HOWARD, A.D. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. The American Associat. of Petroleum Geologists Bulletin. Nov. 1967. v. 51, n.º 11.
- LEINZ, V., BARTORELLI, A., ISOTTA, C.A.L. Contribuição ao estudo do magmatismo basáltico mesozóico da Bacia do Paraná. Anais da Academia Brasileira de Ciências. v. 40, supl., P. 167-181, 1968.
- LEINZ, V., BARTORELLI, A., SADOWSKI, G.R, ISOTTA, C.A.L. Sobre o comportamento espacial do trapp basáltico da Bacia do Paraná. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia. v. 15, n.º 4, p. 79-91, 1966.
- LEINZ, V., Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil. Universidade de São Paulo, Fac. Fil. Ciências. e Letras, Vol 103 (Geol. 5), São Paulo, 1949.
- LEITE, P.F. & R.M. KLEIN, 1989 - Vegetação In: IBGE, Geografia do Brasil- Região Sul. IBGE, Rio de Janeiro. 113-150.
- LIMA, Mário Ivan Cardoso de,. Introdução à interpretação radargeológica. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Recursos Ambientais, 1995
- LINSLEY JR., RAY K. - FRANZINI, JOSEPH P. Water Resources Engineering.
- LINSLEY JR., RAY K. - KOHLER, MAX A. - PAULHUS, JOSEPH L. H. - Hydrology for Engineers.
- LUDWIG J.A. & J.F. REYNOLDS, 1988 - Statistical ecology. Jonh Wiiey & Sons, New York. 337 pp.
- Manual técnico de geomorfologia / Bernardo Almeida Nunes ... [et al.] (Coordenadores). Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1994.
- NIMER, Edmon. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.
- NOGUEIRA, V. de Q. P. (Qualidade da água em lagos e reservatórios. In: Porto, R. L. L. et al. Hidrologia ambiental. São Paulo: ABRH. Parte II, capítulo 2. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos). 1991.
- Santa Catarina. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Bacias hidrográficas de Santa Catarina; diagnóstico geral. Florianópolis, 1997.
- SCHREIBER, GERHARD P.. Usinas Hidrelétricas.
- TUNDISI, J. G., 1992 - Ambiente, represas e barragens. Ciência Hoje, ECO-BRASIL, 41-46

## **ANEXO II – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

US Army Corps of Engineers. Hydrologic, Hydraulic Engineering Center.

US Department of the Interior. Design of Small Dams.

VISSMAN JR, WARREN. Introduction to Hydrology

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill. 245 p. 1975.

## **ANEXO III - PARTICIPANTES DO GRUPO DE TRABALHO**

### ANEXO III – PARTICIPANTES DO GRUPO DE TRABALHO

<b>Nome</b>	<b>Função no projeto</b>
<b>Equipe dos Estudos de Engenharia</b>	
José Antunes Sobrinho	Vice-Presidente - Eng. Civil
Alexandre Marcon Fernandes	Coordenador - Eng.º Civil
Carlos Corrêa	Eng.º Civil
Daniela Brandão Nascimento	Eng.ª Civil
Daniela Gutstein	Eng.ª Civil
Danusa Beatriz de Vasconcelos	Eng.ª Civil
Jorge Magno Vieira Borges	Eng.º Civil
Paulo Afonso Foes	Eng.º Civil
Paulo Jacobowski	Eng.º Civil
Silvano Custódio Albertoni	Eng.º Civil
Miguel Kawasaki	Eng.º Civil
Ricardo Kern	Eng.º Civil
Antônio Yochio Banki	Eng.º Civil
Maurício Cesar Costa	Eng.º Eletricista
Heloísa Helena Leal Cândido	Arquiteta
Paulo R. Nascimento	Eng.º Mecânico
Osmar Tessmer	Eng.º Eletricista
André Boutigue	Eng.º Mecânico
Antonio Crescente	Eng.º Mecânico
Carlos Alberto Ferreira	Eng.º Eletricista
Victor Hugo Paiva Hermosila	Eng.º Eletricista
Zélio Casagrande	Eng.º Eletricista
Roberto Tajima	Geólogo
José Edward de Oliveira	Geólogo
Eduardo D'Agostini	Geólogo
Paulo Funagoshi	Projetista Civil
Paulino Pires Fernandes	Projetista Civil
Gilberto Moratelli	Projetista Civil
Joel Teodosio da Silva	Projetista Civil
João Batista	Projetista Elétrico
Aline Pereira	Desenhista Projetista
Cristiane Ruiz Bráz	Desenhista Projetista
Franklin E. Dutra	Desenhista Projetista
Marcelo Fernandes	Desenhista Projetista
Mary Batista Consuelo Carlos	Desenhista Projetista
Patrícia Salete Lopes	Desenhista Projetista
Daniela da Costa	Desenhista Projetista
Mara Rúbia de Souza	Secretária

