

TOMO B – VOLUME 2/8

SUMÁRIO DOS ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA

CAPÍTULO IV – ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DOS APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS JIRAU E SANTO ANTÔNIOIV-1

1.	MEIO FÍSICO.....IV-1
1.1	Procedimentos Metodológicos.....IV-1
1.1.1	Geologia e Recursos Minerais.....IV-1
1.1.2	GeomorfologiaIV-2
1.1.3	HidrogeologiaIV-5
1.1.4	Solos e Aptidão Agrícola das Terras.....IV-6
1.1.5	Hidrometeorologia e SismicidadeIV-9
1.2	Aproveitamento Hidrelétrico JirauIV-9
1.2.1	Geologia e Recursos Minerais.....IV-9
1.2.2	GeomorfologiaIV-36
1.2.3	Hidrologia.....IV-44
1.2.4	HidrogeologiaIV-51
1.2.5	SolosIV-56
1.2.6	Sismicidade Natural e InduzidaIV-87
1.3	Aproveitamento Hidrelétrico Santo AntônioIV-102
1.3.1	Geologia e Recursos Minerais.....IV-102
1.3.2	GeomorfologiaIV-130
1.3.3	Hidrologia.....IV-135
1.3.4	HidrogeologiaIV-142
1.3.5	SolosIV-145
1.3.6	Sismicidade Natural e InduzidaIV-163

RELAÇÃO DE TABELAS, QUADROS, FIGURAS E FOTOS

TABELA B.IV. 1 – Dados relativos à quantidade de equipamento e população garimpeira envolvida na extração de ouro no rio Madeira.	IV-23
TABELA B.IV. 2 – Produção anual de ouro do rio Madeira (valores em kg)	IV-23
TABELA B.IV. 3 – Autorização de pesquisa, requerimento de lavra e concessão de lavra, com dados atualizados até outubro de 2004.....	IV-26
TABELA B.IV. 4 –Rio Madeira em AHE Jirau - Série de Descargas Médias Mensais (m³/s)-AD =972.710 km²	IV-45
TABELA B.IV. 5 – Rio Madeira em AHE Jirau.....	IV-46
TABELA B.IV. 6 – Rio Madeira em AHE Jirau - Curva de Permanência de Descargas Médias Mensais.....	IV-46
TABELA B.IV. 7 – Rio Madeira em AHE Jirau - Cheias Máximas Médias Diárias Associadas a Diversas Recorrências (m³/s) com 5% de Intervalo de Confiança.....	IV-48
TABELA B.IV. 8 – Rio Madeira em AHE Jirau - Cheias Máximas Instantâneas Associadas a Diversas Recorrências (m³/s) com 5% de Intervalo de Confiança.....	IV-48
TABELA B.IV. 9 –Rio Madeira em AHE Jirau Vazões Mínimas de t dias de duração e Tempo de Recorrência TR	IV-49
TABELA B.IV. 10 – Resumo dos Principais Resultados dos Estudos de Assoreamento	IV-50
TABELA B.IV. 11 – Sinopse dos casos de SIR no Brasil – 1998	IV-90
TABELA B.IV. 12 – Sismos Regionais	IV-96
TABELA B.IV. 13 – Sismos Naturais de um círculo de 400 km de raio	IV-97
TABELA B.IV. 14 – Sismos Naturais próximos a estruturas geológicas	IV-98
TABELA B.IV. 15 – Dados relativos à quantidade de equipamento e população garimpeira envolvida na extração de ouro no rio Madeira. (*) meses de setembro e outubro de 2004.....	IV-126
TABELA B.IV. 16 – Produção anual de ouro do rio Madeira (valores em kg)	IV-127
TABELA B.IV. 17 – Autorização de pesquisa, requerimento de lavra e concessão de lavra, da área do entorno do empreendimento do Santo Antônio. Dados atualizados até outubro de 2004	IV-129
TABELA B.IV. 18 – Rio Madeira em AHE Santo Antônio . Série de Descargas Médias Mensais Observadas e Estimadas (m³/s).....	IV-136
TABELA B.IV. 19 – Rio Madeira em AHE Santo Antônio Estatísticas da Série de Descargas Médias Mensais	IV-138
TABELA B.IV. 20 – Rio Madeira em AHE Santo Antônio .Curva de Permanência de Descargas Médias Mensais	IV-138
TABELA B.IV. 21 – Rio Madeira em Santo Antônio. Cheias Máximas Médias Diárias Associadas a Diversas Recorrências (m³/s), com 5% de Intervalo de Confiança.....	IV-139
TABELA B.IV. 22 – Rio Madeira em AHE Santo Antônio. Cheias Máximas Instantâneas Associadas a Diversas Recorrências (m³/s), com 5% de Intervalo de Confiança.....	IV-140
TABELA B.IV. 23 – Rio Madeira em Santo Antônio. Vazões Mínimas de t dias de duração e Tempo de Recorrência TR	IV-140
TABELA B.IV. 24 – Resumo dos Principais Resultados dos Estudos de Assoreamento	IV-141
QUADRO B.IV. 1 – Graus de Limitação das Condições Agrícolas	IV-71
QUADRO B.IV. 2 – Aptidão Agrícola e grupos de solos correspondentes	IV-77
QUADRO B.IV. 3 – Quantitativos de Unidades Pedogenéticas Mapeadas na Área do Reservatório e as Incluídas no Polígono do Canteiro de Obras de Jirau	IV-87
QUADRO B.IV. 4 – Aptidão Agrícola e grupos de solos correspondentes	IV-158
QUADRO B.IV. 5 – Quantitativos de Unidades Pedogenéticas Mapeadas na Área de Estudo.....	IV-162
FIGURA B.IV. 1 – Parâmetros utilizados na avaliação da vulnerabilidade natural de um aquífero através do método GOD (Modificado de Foster & Hirata, 1993).	IV-6
FIGURA B.IV. 2 - Seção esquemática dos sedimentos que constituem a Formação Jaci-Paraná.	IV-16
FIGURA B.IV. 3 – Perfil esquemático de uma seção completa dos sedimentos que constituem a Formação Rio Madeira.	IV-19
FIGURA B.IV. 4 – Perfil esquemático de outra seção da Formação Rio Madeira	IV-19
FIGURA B.IV. 5 – Perfil esquemático de outra seção da Formação Rio Madeira	IV-20
FIGURA B.IV. 6 – Seção e perfil esquemático da Formação Rio Madeira.	IV-20
FIGURA B.IV. 7 – Empilhamento estratigráfico dos sedimentos da Formação Rio Madeira	IV-20
FIGURA B.IV. 8 – Perfil da Formação Rio Madeira mostrando os sedimentos assentados diretamente sobre	IV-20

FIGURA B.IV. 9 – Ilha Santana, a jusante do Jirau.....	IV-34
FIGURA B.IV. 10 – Imagem de radar (1972) mostrando a confluência do rio Jaci-Paraná com o rio Madeira. A linha tracejada representa a área que foi erodida pelo rio Madeira.....	IV-35
FIGURA B.IV. 11 – Imagem de satélite (08/2000) mostrando, na linha vermelha, o limite da margem antiga do rio Madeira e, também, o seccionamento do canal do rio Jaci pelo rio Madeira.....	IV-35
FIGURA B.IV. 12 – Lineamento Estrutural E-W seccionando a cachoeira do Jirau. Imagem TM Landsat 5, Banda 4, ano 1984, Escala 1:100.000.....	IV-39
FIGURA B.IV. 13 – Rio Madeira em AHE Jirau - Curva de Permanência de Descargas Médias Mensais.....	IV-47
FIGURA B.IV. 14 – Gráfico dos valores de condutividade elétrica, obtidos nas águas subterrâneas na Área de Influência Direta.....	IV-55
FIGURA B.IV. 15 – Alternativas de Utilização da Terra, Segundo o Grau de Aptidão Agrícola.....	IV-74
FIGURA B.IV. 16 – Percentual das unidades por classe de erosão.....	IV-85
FIGURA B.IV. 17 – Quadro Neotectônico de Rondônia.....	IV-92
FIGURA B.IV. 18 – Sismos Regionais.....	IV-94
FIGURA B.IV. 19 – Correspondência da Escalas de Intensidade Mercalli Modificada e de Magnitude Richter, com Acelerações Aproximadas do Terreno.....	IV-99
FIGURA B.IV. 20 – Sismos Induzidos – Relação entre profundidade e volume dos reservatórios.....	IV-101
FIGURA B.IV. 21 – Seção e perfil esquemático do barranco do rio Madeira nas proximidades da ilha Santana.....	IV-122
FIGURA B.IV. 22 – Afloramento no barranco do rio Jaci-Paraná exibido sedimentos argilosos na base e sedimentos silto-argilosos no topo.....	IV-123
FIGURA B.IV. 23 – Rio Madeira em AHE Santo Antônio. Curva de Permanência de Descargas Médias Mensais.....	IV-138
FIGURA B.IV. 24 – Percentual das Unidades por Classe de Erosão.....	IV-160
FIGURA B.IV. 25 – Sismos Induzidos – Relação entre profundidade e volume dos reservatórios.....	IV-164
FOTO B.IV. 1 – Lente de anfíbolito no leito do rio Mutum-Paraná Afloramento JM-39.....	IV-10
FOTO B.IV. 2 – Gnaiss calcissilicático bandado exibindo dobras ptigmáticas.....	IV-10
FOTO B.IV. 3 – Diques simplutônicos encaixados em metamonzogranitos ilonitizados.....	IV-10
FOTO B.IV. 4 – Saprólito de metamonzogranito pertencente ao Complexo Jamari.....	IV-11
FOTO B.IV. 5 – Quartzito da Formação Mutum-Paraná exibindo alto ângulo de mergulho do plano de foliação metamórfica.....	IV-11
FOTO B.IV. 6 – Afloramento mostrando contato de granito pórfiro intrusivo (1) em metaturfo da Formação Mutum-Paraná. (2) Interface granito-metaturfo e marcada por falha.....	IV-12
FOTO B.IV. 7 – Textura rapakivi característica dos monzogranitos da Suíte Serra da Providência.....	IV-13
FOTO B.IV. 8 – Feição mesoscópica característica dos granitos pórfiros da Suíte São Lourenço-Caripunas.....	IV-13
FOTO B.IV. 9 – Características mesoscópicas dos afloramentos de conglomerados da Formação Palmeiral.....	IV-14
FOTO B.IV. 10 – Arenito arcossiano com estratificação cruzada planar.....	IV-15
FOTO B.IV. 11 – Camada de argila plástica cinza escuro contendo restos de vegetais fósseis.....	IV-17
FOTO B.IV. 12 – Camadas (sets) de espessura de 30 cm de areia cimentada por óxi-hidróxido de ferro.....	IV-17
FOTO B.IV. 13 – Barranco da margem direita do rio Madeira (ponto JG-95).....	IV-27
FOTO B.IV. 14 – Barranco da margem direita do rio Madeira (JG-102) constituído por sedimento siltico- argiloso em processo de desmantelamento e erosão.....	IV-28
FOTO B.IV. 15 – Depósito de sedimentos atuais fixados pela vegetação (ponto JM-109).....	IV-28
FOTO B.IV. 16 – Barranco situado a 12 km de montante do Jirau (ponto JG-6).....	IV-29
FOTO B.IV. 17 – Afloramento JM-139, localizado a 8 km a jusante da cachoeira de Morrinhos.....	IV-30
FOTO B.IV. 18 – Afloramento mostrando os sedimentos finos com restos de troncos e fraturas transversais ao acamadamento, as quais favorecem o escorregamento das camadas.....	IV-30
FOTO B.IV. 19 – Sedimentos finos atuais recobrimdo sedimentos mais antigos da Formação Rio Madeira, e em via de desmoronamento por solifluxão.....	IV-30
FOTO B.IV. 20 – Sedimentos finos (argila + silte + matéria orgânica) atuais (1) em depósito tipo barra em pontal e em contato com sedimentos antigos mais estabilizados (2).....	IV-31
FOTO B.IV. 21 – Depósitos de areia fina e silte onde se observa, na base do pacote sedimentar, ao nível d'água, partes desmoronadas sem estruturação.....	IV-31
FOTO B.IV. 22 – Afloramento do ponto JG-129. Desmoronamento de barranco do rio Madeira, constituído por cobertura sedimentar (argila, silte e areia) após a atividade de dragagem, para extração de ouro, nas proximidades.....	IV-31

FOTO B.IV. 23 – Voçorocamento do barranco do rio Madeira, com fluxo de detritos (solifluxão) em direção ao corpo de água do rio.	IV-32
FOTO B.IV. 24 – Paisagem do mesmo afloramento da foto anterior, mostrando a erosão supracitada.	IV-32
FOTO B.IV. 25 – Erosão provocada pelas águas do igarapé, afluente do rio Madeira, as quais provocam a desestabilização das camadas sedimentares de base do pacote.	IV-33
FOTO B.IV. 26 – Erosão provocada pela supressão da mata ciliar.	IV-33
FOTO B.IV. 27 – Superfície de aplanamento moderadamente dissecada com um relevo plano a muito suavemente ondulado e uma baixa densidade de drenagem. Vicinal Jirau.	IV-37
FOTO B.IV. 28 – Superfície de aplainamento francamente dissecada, por vezes, desfeita em uma superfície colinosa com desnivelamentos modestos, inferiores a 10 metros.	IV-37
FOTO B.IV. 29 – Platô sustentado por crosta detrítico-laterítica (ferricrete) capeando arenitos arcoseanos da Formação Palmeiral.	IV-38
FOTO B.IV. 30 – Contato morfológico entre a superfície pediplanada e a Bacia Sedimentar de Abunã, embutida numa superfície aproximadamente 20 metros abaixo do piso das superfícies aplainadas. Antiga estrada Guajará Mirim–Abunã.	IV-40
FOTO B.IV. 31 – Detalhe dos platôs sustentados por cornijas de couraças lateríticas dezenas de metros acima do piso regional representado pelas superfícies de aplanamento. Vicinal Jirau.	IV-41
FOTO B.IV. 32 – Hillocks. Relevos residuais em forma de morrotes que apresentam um espesso manto de alteração e uma grande quantidade de blocos.	IV-43
FOTO B.IV. 33 – Argissolo Acinzentado Alumínico.	IV-57
FOTO B.IV. 34 – Argissolo Alumínico Amarelo.	IV-58
FOTO B.IV. 35 – Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico e Eutrófico.	IV-59
FOTO B.IV. 36 – Argissolo Vermelho Distrófico.	IV-60
FOTO B.IV. 37 – Cambissolo Háplico Alumínico.	IV-61
FOTO B.IV. 38 – Espodossolo Ferrocárbico.	IV-62
FOTO B.IV. 39 – Gleissolo Háplico Alumínico.	IV-63
FOTO B.IV. 40 – Latossolo Amarelo Alumínico.	IV-64
FOTO B.IV. 41 – Latossolo Vermelho-Amarelo Alumínico.	IV-65
FOTO B.IV. 42 – Neossolo Litólico Distrófico.	IV-65
FOTO B.IV. 43 – Neossolo Flúvico Distrófico e Eutrófico.	IV-66
FOTO B.IV. 44 – Neossolo Quartzarênico Hidromórfico Alumínico.	IV-67
FOTO B.IV. 45 – Litossolo Háplico Eutrófico.	IV-68
FOTO B.IV. 46 – Plintossolo Háplico Alumínico.	IV-69
FOTO B.IV. 47 – Saprolito argiloso, vermelho-alaranjado, possivelmente derivado do intemperismo de metatufos da Formação Mutum-Paraná.	IV-104
FOTO B.IV. 48 – Feição mesoscópica do metatufos da Formação Mutum-Paraná, saprolitizado, mostrando foliação metamórfica penetrativa.	IV-104
FOTO B.IV. 49 – Feição mesoscópica do metatufos Mutum-Paraná apresentando injeções esbranquiçadas quartzo-feldspáticas.	IV-105
FOTO B.IV. 50 – Feição mesoscópica do metatufos do ponto JM - 142, localizado a 12 km - jusante de Morrinhos, onde se observa um intenso sistema de fraturas.	IV-105
FOTO B.IV. 51 – Textura do biotita sienogranito, de granulação grossa, aflorante na margem direita da cachoeira do Santo Antônio.	IV-106
FOTO B.IV. 52 – Parede da cava da Pedreira da Rondomar (JG-224), mostrando rochas híbridas derivadas de mistura de magma granítico com magma máfico.	IV-106
FOTO B.IV. 53 – Exposição no interior da cava da pedreira da Rondomar, onde se observa plano de falha (1) com atitude segundo N 45 E / subvertical. Em (2), fraturas subhorizontais correspondentes ao alívio de pressão litostática.	IV-107
FOTO B.IV. 54 – Feição mesoscópica mostrando detalhe da rocha híbrida da FOTO B.IV. 52.	IV-107
FOTO B.IV. 55 – Pegmatito (1) com turmalina preta/schorlita (2), associado ao biotita sienogranito Santo Antônio. Afloramento (JG-128).	IV-108
FOTO B.IV. 56 – Contato entre sienogranito porfirítico de granulação grossa (1) com sienogranito de granulação fina a média (2), também porfirítico, mas com fenocristais distribuídos de forma mais esparsa. (Afloramento JG-128).	IV-108
FOTO B.IV. 57 – Detalhe da foto anterior. Feição mesoscópica do sienogranito porfirítico de granulação fina a média.	IV-108
FOTO B.IV. 58 – Feição mesoscópica do sienogranito porfirítico de granulação fina a média, destacando o sistema de fraturamento NNE e WNW.	IV-108

FOTO B.IV. 59 – Textura rapakivi observada no granito de natureza subvulcânica, aflorante no ponto JG-128.	IV-109
FOTO B.IV. 60 – Feição mesoscópica do litotipo do afloramento JG-127, apresentando aglomerados de máficos (1) e pontuações de pirita.	IV-109
FOTO B.IV. 61 – Feição mesoscópica do dique de sienito intrudido (1) no sienogranito (2).	IV-110
FOTO B.IV. 62 – Feição mesoscópica mostrando granito isotrópico (1) pertencente à Suíte Intrusiva Teotônio intrudido em metatufo (foliado) da Formação Mutum-Paraná (2), ambos saprolitizados.	IV-111
FOTO B.IV. 63 – Detalhe do contato entre sienogranito de granulação grossa (1) pertencente à Suíte Intrusiva Teotônio e o megaxenólito de rocha calciossilicática do Complexo Jamari (2). A bússola indica o norte verdadeiro.	IV-113
FOTO B.IV. 64 – Bolsões pegmatóides tardios (1) intrudidos em sienogranito (2).	IV-113
FOTO B.IV. 65 – Diques aplíticos seccionando rocha calciossilicática (1) mostrando duas gerações de intrusões (2 e 3).	IV-113
FOTO B.IV. 66 – Paisagem mostrando afloramentos de sienogranito na cachoeira de Morrinhos. No fundo, relevo colinoso característico de terreno granítico.	IV-113
FOTO B.IV. 67 – Paisagem mostrando afloramentos de sienogranito no leito do rio Madeira. Ponto de afloramento JM-141 (trecho Morrinhos-Teotônio).	IV-114
FOTO B.IV. 68 – Feição mesoscópica do sistema de fraturamento do ponto JM-141. Bússola indicando norte geográfico.	IV-114
FOTO B.IV. 69 – Paisagem mostrando afloramento rochoso referente ao ponto JG-104 (biotita sienogranito, granulação grossa, róseo, porfirítico, com fraturas principais segundo atitude N80E / subvertical), localizado na confluência do rio Madeira com o rio Jaci-Paraná.	IV-115
FOTO B.IV. 70 – Feição mesoscópica do afloramento JG-104 (biotita sienogranito) mostrando sistema de fraturas anastomosadas, com atitude predominante segundo E-W / subvertical.	IV-115
FOTO B.IV. 71 – Textura de outra fácies (biotita sienogranito porfirítico) observada no afloramento JG-99, contíguo ao ponto JG-104.	IV-116
FOTO B.IV. 72 – Textura do sienogranito porfirítico observada no afloramento JG-99.	IV-116
FOTO B.IV. 73 – Afloramento de biotita sienogranito (fácies dominante), róseo, granulação grossa, porfirítico apresentando fenocristais de feldspato com tamanho entre 2-3 cm, e fácies esbranquiçada com porções esverdeadas (epidotização) e aglomerados de biotita (fácies secundária). Fraturamento rúptil subvertical. Ponto JG-119.	IV-116
FOTO B.IV. 74 – Paisagem da cachoeira do rio Caracol com exposição do biotita sienogranito, intensamente fraturado.	IV-117
FOTO B.IV. 75 – Feição mesoscópica no afloramento JG-186, mostrando diques sinplutônicos de riolito intrudidos no corpo granítico, segundo a atitude N35W/subv.	IV-117
FOTO B.IV. 76 – Feição mesoscópica do afloramento JG-186, mostrando veios de quartzo preenchendo fraturas fechadas com direção norte-sul.	IV-118
FOTO B.IV. 77 – Feição textural do granito Caracol (afloramento JG-186).	IV-118
FOTO B.IV. 78 – Detalhe de afloramento de sienogranito afetado por microfalha disposta na direção N-S, deslocando vênula de quartzo associada a fratura NW-SE.	IV-119
FOTO B.IV. 79 – Feição textural do sienogranito referente ao afloramento JG-118.	IV-119
FOTO B.IV. 80 – Estratificação cruzada de médio porte das areias semiconsolidadas da Formação Rio Madeira (ponto JG-94).	IV-121
FOTO B.IV. 81 – Topo da camada de areia parcialmente litificada mostrando fraturas que se destacam na superfície (ponto JG-94).	IV-122
FOTO B.IV. 82 – Seção e perfil esquemático dos sedimentos que constituem a Formação Jaci-Paraná.	IV-124
FOTO B.IV. 83 – Superfície de aplainamento medianamente dissecada desdobrada numa superfície de topo e em vales amplos e abertos. Local: BR-364 entre Porto Velho e a vicinal Teotônio.	IV-131
FOTO B.IV. 84 – Erosão laminar acentuada em vertentes íngemes dos rebordos erosivos dos platôs lateríticos.	IV-131
FOTO B.IV. 85 – Idem foto anterior.	IV-131
FOTO B.IV. 86 – Superfície aplainada bem elaborada e não dissecada. Local: BR-364, entre as localidades de Jaci-Paraná e Jirau.	IV-132
FOTO B.IV. 87 – Alinhamento de morrotes dissecados, com desnivelamentos que variam entre 30 e 50 metros, demarcando o lineamento Jirau. Local: vicinal Caldeirão.	IV-133
FOTO B.IV. 88 – Espodossolos formando Areais Brancos com escoamento impedido recobertos, por uma vegetação herbáceo-arbustiva. Local: próximo ao Acampamento de Jirau.	IV-133

FOTO B.IV.89 – Superfícies aplainadas e agrupamento de platôs capeados por perfis lateríticos. Local: vicinal União Bandeirante.....	IV-134
FOTO B.IV. 90 – Sedimentos areno-argilosos da Formação Jaci-Paraná, que compõem o sistema aquífero intergranular descontínuo livre.	IV-143
FOTO B.IV. 91 – Detalhe da fratura em litotipo de composição granítica que compõe os aquíferos fraturados descontínuos livres.....	IV-144
FOTO B.IV. 92 – Gretas de dissecação em sedimentos argilosos classificados como Aquícludes, localizados em uma praia no leito do rio Madeira.	IV-144
FOTO B.IV. 93 – Argissolo Acinzentado Alumínico	IV-146
FOTO B.IV. 94 – Argissolo Amarelo Alumínico	IV-146
FOTO B.IV. 95–Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico e Eutrófico	IV-147
FOTO B.IV. 96 – Argissolo Vermelho Distrófico	IV-148
FOTO B.IV. 97 – Cambissolo Háptico Alumínico	IV-149
FOTO B.IV. 98 – Espodossolo Ferrocárbico	IV-150
FOTO B.IV. 99 – Gleissolo Háptico Alumínico	IV-151
FOTO B.IV. 100 – Latossolo Amarelo Alumínico	IV-152
FOTO B.IV. 101 – Latossolo Vermelho-Amarelo Alumínico	IV-152
FOTO B.IV. 102 – Neossolo Litólico Distrófico	IV-153
FOTO B.IV. 103 – Neossolo Flúvico Distrófico e Eutrófico	IV-154
FOTO B.IV. 104 – Neossolo Quartzarênico Hidromórfico Alumínico.....	IV-155
FOTO B.IV. 105 – Planossolo Hidromórfico Distrófico.....	IV-155
FOTO B.IV. 106 – Plintossolo Háptico Alumínico.....	IV-156
FOTO B.IV. 107 – Plintossolo Pétrico Concrecionário Alumínico	IV-157

TOMO B - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

CAPÍTULO IV – ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DOS APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS JIRAU E SANTO ANTÔNIO

1. MEIO FÍSICO

1.1 Procedimentos Metodológicos

1.1.1 Geologia e Recursos Minerais

Os procedimentos metodológicos utilizados na execução do projeto para os estudos da Área de Influência Direta (AID) foram agrupados nas seguintes atividades:

- ***Aquisição de Documentação Técnica***

Esta etapa constou da aquisição de imagens de satélite (LANDSAT – TM 7, resolução de 15 m), imagens de radar interferométrico (SRTM) com geração de Modelo Digital de Elevação com resolução de 90 metros e fotografias aéreas (escala 1:110.000). As bases planialtimétricas utilizadas foram as da SEDAM, na escala 1:100.000, onde os dados altimétricos e de drenagem foram restituídos para a AID por FURNAS. A rede de drenagem constitui-se de uma montagem digital da drenagem obtida na restituição, na escala de 1:10.000, complementada pela drenagem digital das bases cartográficas produzidas pela DSG, na escala de 1:100.000, e disponibilizadas pela SEDAM. O grau de precisão da base cartográfica disponível foi aferido através de medidas realizadas com GPS, obtidas durante as atividades de campo, onde se constataram pequenas imprecisões com erro de, no máximo, de 15 a 20 metros.

Utilizaram-se, também, as imagens georreferenciadas dos aerolevantamentos geofísicos na escala 1:100.000, cintilometria na Área rio Madeira, (1977), assim como a cintilometria e magnetometria das Áreas dos Pacaás-Novos e Serra dos Parecis – 1983), ambos executados pela CPRM.

- ***Levantamentos de Campo***

As informações obtidas na revisão bibliográfica, aliadas aos dados adquiridos nas etapas de campo, permitiram realizar a caracterização da geologia e o diagnóstico da atividade de garimpagem ao longo dos anos, comparando-as com o momento atual da atividade.

A obtenção de dados em campo restringiu-se, praticamente, à Área de Influência Direta (AID) e, quando necessário, realizaram-se alguns perfis na AII para melhor caracterizar a geologia regional e avaliar a continuidade das unidades geológicas e estruturais. A obtenção de dados secundários na AID valeu-se dos trabalhos executados pelo Projeto Porto Velho-Abunã (1990), na escala de 1:100.000, e do Projeto Ouro-Gemas, executado pelo convênio CPRM/DNPM, no período de 1981 a 1991.

Na Área de Influência Direta, foram descritos 233 afloramentos onde foram coletadas 104 amostras de rochas e sedimentos. O levantamento de campo, assim como a amostragem das

rochas, foi executado na escala 1:100.000 na AID e na escala 1:250.000 na AII. As amostras de rocha foram, posteriormente, encaminhadas ao laboratório para a confecção de lâminas petrográficas. Além disso, algumas amostras de sedimentos contendo restos vegetais (folhas carbonizadas e restos de troncos e galhos de árvores e pólenes) foram encaminhadas ao setor de Paleontologia da CPRM, para análise e possível identificação.

O levantamento da atividade garimpeira fundamentou-se em entrevista com os garimpeiros que atuam na área, com os quais foram obtidos os dados de produção de ouro, quantidades de dragas e balsas em atividade, equipamento utilizado, número de pessoas envolvidas com a atividade, entre outros dados especificados no trabalho.

1.1.2 Geomorfologia

Em estudos do meio físico, a metodologia de trabalho obedece a um roteiro praticamente padronizado, onde são contempladas atividades distintas, desde a coleta prévia de informações, a análise e consistência desses dados, até a elaboração de documentos conclusivos, passando ainda por etapas de campo para a obtenção de informações de natureza primária.

Reuniões técnicas realizadas entre as empreiteiras e as instituições parceiras, entre as quais a CPRM, foram necessárias para o equacionamento de questões técnicas relacionadas ao dimensionamento da área de atuação e de problemas específicos a cada tema. Concluídas essas reuniões, foram definidas as Áreas de Influência Direta e Indireta, optando-se pela sua ampliação, o que representará garantias adicionais de segurança e sucesso do empreendimento. Na mesma oportunidade, foram acordadas também as escalas dos respectivos mapas, onde a escala 1:250.000 representaria a Área de Influência Indireta, e a escala 1:100.000 estaria associada à Área de Influência Direta.

As principais etapas desenvolvidas foram:

- ***Aquisição de Material Cartográfico e Produtos de Sensoriamento Remoto***

Estabelecida a área de atuação, promoveu-se o levantamento e aquisição de material cartográfico e produtos de sensoriamento remoto, utilizando-se fundamentalmente os mesmos sensores empregados em geologia — imagens de satélite, imagens de radar e fotografias aéreas —, além das bases cartográficas, todas em escalas compatíveis com o trabalho a ser executado.

Foram utilizadas as imagens de satélite 233/066, 233/067 e 232/066 registradas pelo sensor ETM+ / Landsat 7, datadas de 13/09/2002 e 05/08/2002, através de uma composição colorida 3(B), 4(G), 5(R) + pancromático, a partir das quais se elaborou uma carta-imagem do trecho Santo Antônio a Jirau, escala 1:100.000, favorecendo uma visualização integral da área de estudo. Na situação específica de Jirau, a imagem utilizada foi 233/067, de 13/09/2002, que possibilitou a criação de uma carta-imagem do aproveitamento hidrelétrico Jirau na cota 90 m, em escala 1:100.000. Essas imagens foram georreferenciadas pela rede de drenagem oriunda da restituição.

De aplicação mais restrita, foram os dados obtidos de imagens de radar fornecidos pelo satélite da Missão *Shuttle Radar Topographic Mission* – SRTM (2004), constituindo um Modelo Digital de Elevação, elaborado por professores da Universidade de Campinas – UNICAMP.

As fotografias aéreas, fundamentais para uma visão tridimensional da área e para um maior detalhamento do trecho em estudo, foram amplamente empregadas, notadamente aquelas obtidas pela empresa Cruzeiro do Sul, em escala 1:100.000, datadas da década de 1970. O conjunto de fotos obtidas pela LASA (64 a 66) não apresenta uma resolução compatível com as necessidades do estudo, tendo sido descartadas, apesar da maior escala. Fotografias aéreas em escala de detalhe (1:8.000) deveriam ter sido disponibilizadas pelo consórcio, o que não aconteceu.

Os documentos cartográficos consultados foram as bases planialtimétricas das Folhas SC.20-V-B Porto Velho, SC.20-V-C Abunã e SC.20-V-D Ariquemes em escala 1:250.000 e Folhas SC.20-V-B-IV Rio Mucum, SC.20-V-B-V Porto Velho, SC.20-V-C-III Jirau, SC.20-V-C-V Abunã, SC.20-V-C-VI Mutum-Paraná e SC.20-V-D-I Jaci-Paraná, em escala 1:100.000. Esses documentos foram considerados para a elaboração da base cartográfica única definida para os Estudos de Impacto Ambiental dos Aproveitamentos Hidrelétricos Jirau e Santo Antônio, disponibilizada por FURNAS e pela ODEBRECHT/Leme Engenharia em formato digital. A fonte dos dados para essa atividade foram os trabalhos desenvolvidos pela Secretaria de Desenvolvimento Ambiental – SEDAM, do Governo do Estado de Rondônia, em escala 1:100.000 aos quais foram acrescidos dados específicos do empreendimento pelas empresas consorciadas ou terceirizadas.

- ***Fotointerpretação***

Esta atividade consistiu na análise de todos os sensores disponíveis, como fotografias aéreas, imagens de radar, imagens de satélite, que, interpretadas conjuntamente com os dados dos mapas geomorfológicos de trabalhos anteriores e em várias escalas, permitiram a introdução de modificações nos mapas geomorfológicos previamente elaborados e que nortearam a programação de campo em busca de checar esses novos dados.

Durante a fotointerpretação, foram enfatizados os seguintes aspectos:

- interpretação das unidades morfoestruturais e morfoesculturais com emprego de imagens de satélite, e apoio de mapas geológicos existentes;
- análise de propriedades morfológicas (formações superficiais; geometria de vertentes e topos; padrão de drenagem) e morfométricas (desnívelamento, declividade, densidade de drenagem) do relevo com emprego de fotografias aéreas e cartas topográficas;
- interpretação de lineamentos estruturais, anomalias de drenagem e indicadores morfotectônicos para análise neotectônica;
- análise comparativa das feições fotointerpretadas com o mapa geomorfológico preliminar.

- ***Levantamento de Campo***

Durante a etapa de campo, realizada entre o acampamento de Jirau e a vila de Abunã, foram enfatizadas observações sobre as formas de modelado quanto à origem (formas fluviais, de aplainamento, etc.), declividades, tipos de rocha, fontes potenciais de sedimentos (solo exposto), áreas suscetíveis a voçorocamentos, assoreamentos e inundações.

A etapa de campo consistiu de duas atividades distintas: uma, ao longo do leito do rio Madeira, onde foram efetuadas observações sobre a dinâmica fluvial, a sedimentação atual e o comportamento das zonas marginais, e outra, que percorrem as principais vias de acesso viário pela margem direita, desde a rodovia BR-364 e suas vicinais, bem como a Estrada da Mina São Lourenço, situada pela margem esquerda do rio Madeira.

É importante destacar que o trabalho ao longo do rio Madeira deve sempre levar em conta a sazonalidade das exposições, devido à variação expressiva do nível fluviométrico do rio, sujeito às inundações próprias da estação das chuvas. Dessa forma, considera-se a necessidade de um monitoramento periódico do rio Madeira para acompanhar os efeitos provocados pela alternância das estações seca e chuvosa, associado principalmente aos processos erosivos instalados.

Com a identificação das unidades litológicas e seu comportamento estrutural, as feições de modelado intrinsecamente associados e dos processos que ocorrem ao longo do tempo geológico, tornou-se possível coletar as informações basicamente necessárias para delimitar e definir as unidades de relevo, estabelecendo também a influência de cada unidade na dinâmica dos processos geomorfológicos da área de estudo — seu potencial erosivo e potencial como fonte de sedimentos e movimentos de massa. O reconhecimento da dinâmica superficial (erosão-transporte-deposição de sedimentos) favoreceu considerações sobre o grau de fornecimento de detritos para a rede de drenagem.

Como atividade complementar, desenvolveu-se uma curta etapa de campo no entorno da Vila Nova, município de Nova Mamoré, onde foram efetuados perfis de reconhecimentos ao longo de trechos dos rios Beni e Mamoré, visando avaliar a contribuição sedimentar desses rios para o rio Madeira.

- ***Elaboração dos Mapas Geomorfológicos Finais***

Com a conclusão da etapa de campo da área de Jirau, efetuou-se uma reinterpretação dos produtos previamente elaborados, compatibilizando-os com os resultados obtidos durante a etapa de campo, constatando-se a introdução de novos conhecimentos, traduzidos em contatos revisados, unidades reagrupadas, subdivisão de unidades maiores e, até mesmo, a supressão de informações pretéritas. Foram ajustadas as legendas preliminares, principalmente no mapa da AID, a qual foi submetida a um detalhamento maior.

Fundamentado nos mapas geomorfológicos finais, produziu-se um texto explicativo que contemplará a descrição mais pormenorizada das unidades geomorfológicas contidas nos produtos cartográficos.

1.1.3 Hidrogeologia

Os mapeamentos hidrogeológicos foram realizados em duas escalas de trabalho, cujos produtos são um Mapa Hidrogeológico Geral (1:250.000), na Área de Influência Indireta do empreendimento Jirau, baseando-se em dados bibliográficos e investigações de campo, e o Mapa Hidrogeológico Específico, em escala 1:100.000 na Área de Influência Direta do empreendimento Jirau, baseando-se principalmente no levantamento de campo realizado. Esses mapas foram úteis para o planejamento e a condução dos impactos humanos gerados no regime hídrico local, utilizando dados quantitativos e qualitativos (Mente *et al.*, 1989).

De acordo com a metodologia adotada, os aquíferos investigados foram divididos em dois grupos: aquíferos intergranulares e aquíferos fissurais. Nos aquíferos intergranulares, a capacidade de armazenamento e circulação de água é função da porosidade das rochas sedimentares e dos sedimentos quaternários. No caso dos aquíferos fraturados, a propriedade de armazenamento e circulação da água depende exclusivamente da existência de juntas e fraturas abertas assim como da interconexão entre elas.

Além do mapeamento hidrogeológico, foi produzido o mapa de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas à contaminação nas Áreas de Influência Direta (Desenho 6315-RT-G91-018) e Indireta (Desenho 6315-RT-G91-007) do empreendimento Jirau. Esse produto será de extrema utilidade durante o processo de remobilização dos moradores das localidades afetadas pela inundação, uma vez que esse mapa temático permite indicar os locais mais propícios para a criação de novos assentamentos urbanos, onde o impacto sobre a qualidade das águas subterrâneas será menor.

A metodologia adotada foi o modelo GOD, desenvolvido por Foster & Hirata (1993), onde cada letra representa um parâmetro a ser avaliado; sendo "G" (*Groundwater occurrence*) o tipo de ocorrência da água subterrânea; "O" (*Overall litology of aquiperm*), o litotipo da zona não saturada, e "D" (*depth of water*), a profundidade do nível estático. Esses três parâmetros são multiplicados entre si, gerando o índice final de vulnerabilidade para o aquífero. A FIGURA B.IV. 1 ilustra os parâmetros citados e os índices de vulnerabilidade correspondentes. As modificações introduzidas estão relacionadas à profundidade do nível estático, cujos níveis foram mais bem adaptados para a realidade local, assim como os valores dos sedimentos que constituem a zona não saturada.

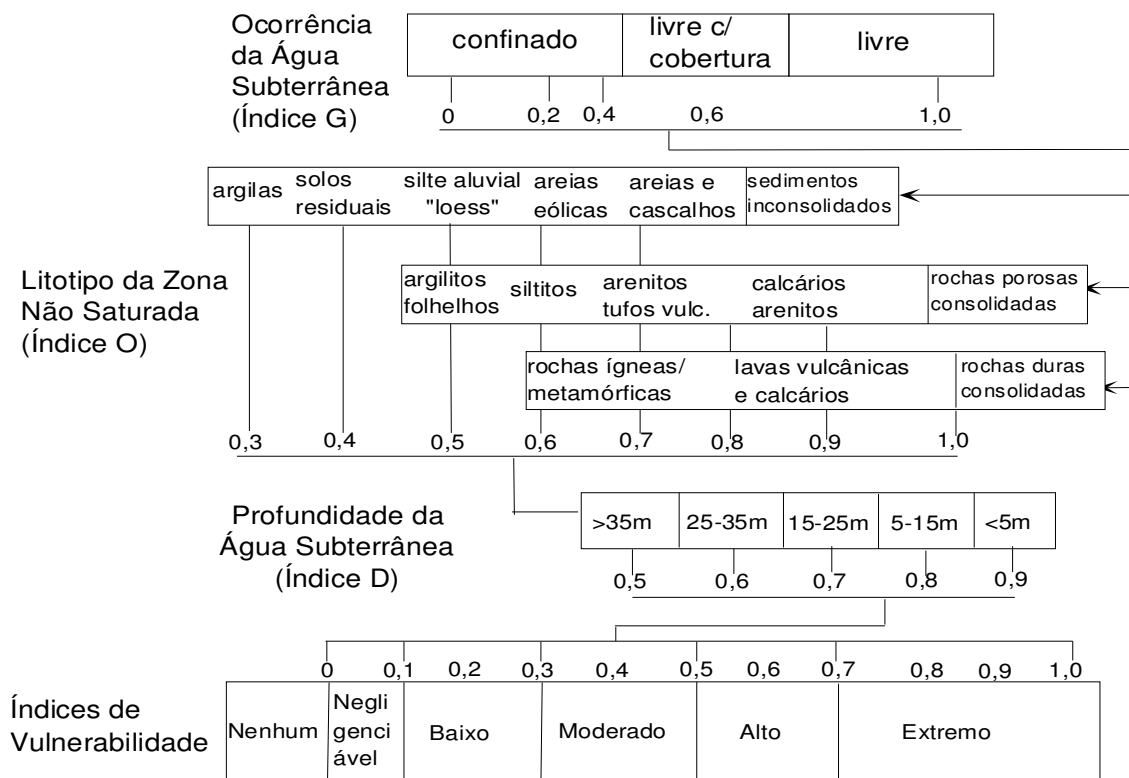


FIGURA B.IV. 1 – Parâmetros utilizados na avaliação da vulnerabilidade natural de um aquífero através do método GOD (Modificado de Foster & Hirata, 1993).

1.1.4 Solos e Aptidão Agrícola das Terras

O procedimento adotado para identificação das unidades pedogenéticas seguir a nomenclatura do novo **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Brasília- DF, 1999)**. Para correlação com a Classificação Americana de Solos, adotou-se a *Soil Taxonomy Soil Survey Staff, of Soil Conservation Service, United States Department of Agriculture - Pocahontas Press, Inc. Blacksburg, Virginia - U.S.A. 1998*. Na caracterização morfológica dos horizontes pedogenéticos, utilizaram-se os critérios do Manual de Método de Trabalho de Campo, da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. A determinação das cores do solo seguiu a nomenclatura do *Munsell Soil Color Charts, Kollmorgen Instruments - Macbeth Division, U.S.A. 1994*.

Na avaliação da Potencialidade das Terras correspondentes, foi adotado o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras, Edição atualizada, Ramalho Filho; A. *et al* Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 1998. A correlação dos solos com as unidades fitoecológicas foi baseada na interação com o levantamento da cobertura vegetal constante do mapa elaborado para este projeto.

As unidades pedogenéticas foram identificadas e caracterizadas morfológicamente no campo, com procedimento de coleta de amostras para avaliação da fertilidade dos solos visando às necessidades de insumos para lavoura, assim como estudo de perfis representativos para caracterização das unidades.

Os aspectos pedogenéticos regionais, que envolvem uma maior do que a área propriamente estudada, foram avaliados levando-se em consideração a seqüência litológica, trabalhos anteriores de âmbito regional pertencentes a diversas instituições, bem como trabalhos de campo através da BR- 364, rodovias estaduais, vicinais e ao longo do rio Madeira, tendo como resultado positivo dessa abrangência, o mapeamento mais preciso de unidades pedogenéticas que estão nos limites da área estudada. Dentro dessa avaliação, foi possível associar as características de gênese de alguns solos com as condições em que se desenvolveram, observando os parâmetros morfológicos, físicos e químicos, dos perfis disponíveis. Como suporte para espacialização das unidades de mapeamento, efetuaram-se interpretação de imagens Landsat e associação de padrões com as ocorrências de solos.

A avaliação da aptidão agrícola teve, como síntese final, a identificação da potencialidade agrícola das unidades de solos, determinação dos níveis de exigência de insumos, conservação, e das possibilidades de mecanização. A maioria dos solos apresentou potencial regular no subgrupo 2(a)bc, sendo as melhores terras enquadradas no subgrupo 1(a)bc, como boas nos respectivos sistemas, e as menos favorecidas, no 6 como inaptas.

Como resultado deste estudo, procedeu-se à medida dos quantitativos de solos e suas potencialidades existentes nas áreas dos reservatórios dos aproveitamentos de Santo Antônio e Jirau, correspondentes às cotas 70 e 90, respectivamente.

Analisando-se a caracterização climática da área de estudo, levando-se em consideração os dados climáticos de Porto Velho, verificou-se que está sob influência dos tipos climáticos Awi' da classificação de Köppen (INMET, 1984), que toma por base os valores médios das temperaturas do ar e das precipitações pluviométricas. O tipo climático Awi corresponde a clima tropical chuvoso, de transição entre Af e Aw, quente e úmido.

Assim sendo, os elementos climáticos para a área apresentam-se dispostos da seguinte maneira: temperatura média anual de 31,3° C, totais pluviométricos anuais de 2.402,0 mm, com as maiores precipitações ocorrendo no período de novembro a março e as menores, no período que vai de junho a setembro, sendo julho o mês mais seco e janeiro, o de maior precipitação. A umidade relativa do ar apresenta valores de *isohigros* em torno de 89%.

Considerando as possibilidades e limitações climáticas para o uso dos solos, torna-se necessário levar em conta a disponibilidade de água no solo para as plantas. Pelo balanço hídrico de Thornthwaite & Mather (1955), pode-se estimar a disponibilidade hídrica, considerando a precipitação pluviométrica e a evapotranspiração. Analisando-se os dados do balanço hídrico de Porto Velho, verifica-se que, com a precipitação pluviométrica anual de 2.402,0 mm, a evapotranspiração real foi de 1.259,40 mm, resultando em um excedente hídrico anual de 949,6 mm e uma deficiência hídrica de 211,7 mm.

Finalmente, a erodibilidade dos solos foi avaliada com base nas características físicas e valores de estabilidade ecodinâmica das unidades, referentes a litologia, formas de relevo, unidades pedogenéticas, cobertura vegetal e totais pluviométricos regionais. Esse modelo foi idealizado a partir dos conceitos da Ecodinâmica de Tricart-1977, e estabelece a integração dos dados disponíveis, segundo as situações de predomínio dos processos de pedogênese, morfogênese e intermediários.

Os trabalhos foram desenvolvidos conforme as etapas descritas a seguir.

- ***Definição da Área de Estudo***

A área de estudo para o AHE Jirau compreendeu uma extensão entre o entorno de Jirau e a região da localidade de Abunã, com trabalhos de campo e cartografia em aproximadamente 10 km para cada margem do rio Madeira, na escala 1:100 000. Para a área correspondente ao Canteiro de obras e demais infra-estruturas de apoio às obras, foi realizado um levantamento detalhado na escala 1: 10 000. Essas áreas de estudo encontram-se espacializadas nos mapas de solos e aptidão agrícola. Para o AHE Santo Antônio, essa área de estudo compreendeu uma extensão entre Porto Velho/Santo Antônio e a área do AHE Jirau, tendo-se adotado os mesmos procedimentos descritos para o primeiro aproveitamento.

- ***Trabalhos de Escritório***

O procedimento dos trabalhos de escritório baseou-se, inicialmente, na pesquisa bibliográfica, bem como em estudos correlatos que pudessem servir de subsídios na execução do levantamento. Com os dados obtidos em campo, foi executada a interpretação de imagens Landsat, e a correlação com a litologia e formas de relevo, sendo definidas as unidades de mapeamento de solos. Como parte final dos trabalhos, com base nos dados pedológicos e na avaliação da aptidão agrícola das terras, elaborou-se a redação do presente relatório.

- ***Obtenção de Dados de Campo***

Para identificação das unidades pedogenéticas, foram selecionados, com base nas formas de relevo e litologia, os locais a serem percorridos e, paralelamente, foi feita uma correlação entre padrões de imagem e unidades pedogenéticas encontradas, resultando na composição da legenda do mapa de solos.

Na área diretamente afetada, correspondente ao canteiro de obras do empreendimento, foi executado o detalhamento das unidades pedogenéticas, com trabalhos em estradas vicinais, caminhamento em picadas e entornos dos lagos e pântanos para procedimentos de topossequências, bem como deslocamento fluvial para caracterização dos diques marginais, afloramentos e os solos provenientes de depósitos recentes.

Os períodos estabelecidos para os trabalhos de campo foram desempenhados conforme as fases seguintes:

MISSÃO	PERÍODOS	FASES DO MAPEAMENTO
1ª	17/05 a 01/06	Identificação
2ª	16/06 a 30/06	Espacialização
3ª	19/08 a 01/09	Detalhamento

- ***Trabalhos de Laboratório***

Os trabalhos de laboratório ficaram a cargo da EMBRAPA/CPAFRO, conforme metodologia contida no Manual de Métodos de Análise de Solos (2ª edição, 1997), tendo sido efetuados os

procedimentos analíticos das amostragens de campo. Os resultados encontram-se no corpo deste relatório.

- **Trabalhos Finais**

Os trabalhos para apresentação dos estudos tiveram como seqüência a composição final das legendas de solos nos dois níveis, as suas potencialidades agrícolas, a determinação da erodibilidade dos solos, a compatibilização das nomenclaturas utilizadas e a descrição das classes de solos identificadas na área.

1.1.5 Hidrometeorologia e Sismicidade

A caracterização deste tema resultou da compilação e síntese dos estudos sobre o assunto, apresentados no Relatório de Viabilidade para o AHE Jirau (dezembro, 2004 e Abril, 2005, respectivamente).

Em relação ao tema Sismicidade, a caracterização foi baseada em fontes bibliográficas sobre o histórico da sismicidade em reservatórios e dados resultantes do monitoramento de eventos sísmicos realizado pelo Observatório Nacional de Sismologia da Universidade de Brasília - UnB.

1.2 Aproveitamento Hidrelétrico Jirau

1.2.1 Geologia e Recursos Minerais

1.2.1.1 Descrição das Unidades Geológicas

A geologia da Área de Influência Direta (AID) do AHE Jirau está representada no mapa de escala 1:100.000 (Desenho 6315-RT-G91-011), e o mapeamento dos afloramentos rochosos, no Desenho 6315-RT-G91-011a. A qual foi executada a partir da reinterpretação de dados já existentes e, principalmente, de dados adquiridos durante as campanhas de levantamento geológico em campo. Apresenta-se, a seguir, uma descrição das principais unidades.

a) Complexo Jamari

Na Área de Influência Direta (AID), as rochas metaígneas (anfíbolitos, gnaisses monzograníticos e granodioríticos) e paraderivadas (gnaisse calcissilicáticos) do Complexo Jamari afloram predominantemente na margem direita do rio Madeira e no leito dos principais afluentes (rios Cotia, Mutum, e cabeceiras do igarapé do Contra). Os anfíbolitos geralmente ocorrem na forma de lameados, formando corpos alongados segundo a foliação regional. Afloram no leito do rio Cotia, rio Mutum-Paraná e no leito de outros igarapés afluentes dos rios citados. Apresentam granulação fina, coloração cinza escura a preta, textura nematoblástica, com forte anisotropia estrutural evidenciada por uma foliação metamórfica penetrativa associada a dobramentos ptigmáticos centimétricos. É comum a presença de sulfetos do tipo arsenopirita e pirita disseminados na rocha (FOTO B.IV. 1).

Incluídos no Complexo Jamari, estão os gnaisses calcissilicáticos bandados, que ocorrem como lentes e corpos alongados constituindo formas topográficas positivas, os quais ocorrem geralmente associados aos anfibolitos.

Afloramentos expressivos desta unidade ocorrem ao longo da BR-364, próximo do rio Mutum e do distrito de Mutum-Paraná, além de outro afloramento no leito do médio curso do rio Cotia.



FOTO B.IV. 1 – Lente de anfibolito no leito do rio Mutum-Paraná Afloramento JM-39.

São rochas de granulação fina, com bandamento milimétrico a centimétrico, por vezes dobrado, constituído por bandas claras de quartzo e plagioclásio, e por bandas escuras de anfibólio, piroxênio e granada. Níveis milimétricos de magnetita também são freqüentes, assim como dobras ptigmáticas constituídas essencialmente de níveis de quartzo granoblástico (FOTO B.IV. 2).

Os gnaisses monzograníticos ocorrem em ambas as margens do rio Madeira, entre a cachoeira do Tamborete e a balsa de Abunã, além do alto topográfico que constitui as nascentes dos afluentes da margem direita do rio Mutum. São monzogranitos miloníticos que possuem como principal característica a presença constante de diques aplíticos sinplutônicos decamétricos concordantes com a estruturação da rocha encaixante monzogranítica, que, em zonas de mais alta deformação, formam um bandamento gnáissico característico (FOTO B.IV. 3).



FOTO B.IV. 2 – Gnaiss calcissilicático bandado exibindo dobras ptigmáticas.



FOTO B.IV. 3 – Diques simplutônicos encaixados em metamonzogranitos ilonitizados

Na margem esquerda do rio Madeira, alguns afloramentos de gnaisses monzograníticos mostram-se fortemente intemperizados, com formação de saprólitos e argilas lateritizadas de cores variegadas, predominando a coloração vermelho-amarelada, formando uma textura “pele de onça” (FOTO B.IV. 4). A granulação dos monzogranitos miloníticos é média a grossa, mostrando anisotropia estrutural materializada por uma conspícua foliação metamórfica, a qual promoveu o estiramento dos constituintes quartzofeldspáticos e alinhamento dos minerais ferromagnesianos, em condições metamórficas da fácies anfibolito. Nas zonas de deformação concentrada, os granitos miloníticos gradam para rocha com aspecto xistoso em função da intensa deformação e cominuição dos minerais.



FOTO B.IV. 4 – Saprólito de metamonzogranito pertencente ao Complexo Jamari

b) Formação Mutum-Paraná

Os litotipos desta unidade ocorrem, preferencialmente, ao longo do leito do rio Madeira, na sua margem esquerda, entre a vila de Palmeiral até as imediações da cachoeira do Tamborete ou Pederneiras. A seção-tipo ocorre no distrito de Mutum, no perfil que vai, por estrada, do porto de Bom Futuro (margem esquerda do rio Madeira) até a mina de São Lourenço.

Esta unidade metavulcano-sedimentar foi dividida, no presente trabalho, por uma fácies indivisa inferior que se constitui de uma intercalação repetitiva, em escala centimétrica a decamétrica de filitos, quartzitos, metassiltitos e metatufos e uma fácies superior de quartzo-metarenitos. Apesar de o pacote vulcano-sedimentar apresentar-se em camadas inclinadas tendendo à verticalidade, estima-se para ele uma espessura mínima de 160 metros.

A parte basal é composta por quartzitos puros, coloração cinzaclaro a esbranquiçado (FOTO B.IV. 5), rosa a arroxeado, com raras lentes centimétricas intercaladas de composição pelítica, granulometria bastante fina, textura granoblástica e compostos predominantemente por quartzo microcristalino e raras palhetas de muscovita, além de pintas de pirita disseminadas pela rocha. A principal característica desses quartzitos é o intenso grau de fraturamento ao qual foi submetido, apresentando fraturas, predominantemente fechadas, em direções aleatórias; porém, as fraturas principais ocorrem segundo o plano da foliação metamórfica, aproximadamente EW.



FOTO B.IV. 5 – Quartzito da Formação Mutum-Paraná exibindo alto ângulo de mergulho do plano de foliação metamórfica.

Sobrepostos aos quartzitos, ocorrem metassiltitos creme-esverdeados, finamente laminados, com crenulação das camadas primárias. A granulometria é muito fina, sendo a mineralogia representada por quartzo microcristalino e sericita, a qual fornece um aspecto sedoso à rocha. Sobrepostos estratigraficamente aos metassiltitos, ocorre uma intercalação de metapelitos e metarenitos finos. Os metarenitos exibem estratificação cruzada tangencial de pequeno porte, granulometria fina e coloração cinza a rósea. Os metassiltitos são cinza escuros e apresentam estruturas assemelhadas a *wavy e linsen* arenosas em camadas pelíticas, além de aparente bidirecionalidade dos estratos.

As rochas vulcânicas ou vulcanoclásticas da unidade são representadas por metatufos de coloração cinza-chumbo e variações para cores creme-rosada, talvez refletindo uma variação composicional (FOTO B.IV. 6). Presença de amígdalas milimétricas preenchidas por sílica microcristalina. Apresentam uma xistosidade superimposta ao acamamento primário e recristalização metamórfica em condições da fácies xisto verde. Superpostos por todo o pacote metavulcano-sedimentar indiviso, ocorrem quartzo-metarenitos sacaroidais, em camadas maciças espessas, de coloração esbranquiçada, granulometria fina, textura granoblástica e incipiente foliação metamórfica. Constituem relevo em forma de mesetas alongadas no topo das principais elevações da área.



FOTO B.IV. 6 – Afloramento mostrando contato de granito pórfiro intrusivo (1) em metaturfo da Formação Mutum-Paraná. (2) Interface granito-metatufos e marcada por falha

c) Granito Serra da Muralha

As rochas constituintes desta unidade afloram no extremo oeste da AID em forma de blocos e matacões levemente alongados. Constituem-se predominantemente de monzogranitos de variável grau de intensidade de deformação, ocorrendo desde corpos isotrópicos até corpos miloníticos a bandados.

A rocha é de granulação média a grossa, composta por feldspato alcalino, quartzo, plagioclásio e quantidade aproximadamente igual de biotita e hornblenda. Assemelham-se aos granitóides do Complexo Jamari, sendo que a individualização em relação às rochas do referido complexo é duvidosa e é feita segundo as formas de ocorrência, onde os granitos Serra da Muralha constituem relevo bastante positivo.

Os monzogranitos foliados a miloníticos apresentam, no seu interior, diques aplíticos métricos, de mesma composição, também foliados concordantemente com a estruturação regional, além de diques anfíbolíticos em menor escala.

d) Suíte Intrusiva Serra da Providência

Os monzogranitos e sienogranitos que fazem parte desta suíte constituem o divisor de águas que limita as microbacias dos igarapés do Contra e do Cirilo, dentro da Área de Influência Direta. Os granitos apresentam expressões topográficas fortemente positivas, formando relevo tipo “meia laranja”. Ocorrem, normalmente, em grandes blocos e matacões subarredondados, fortemente afetados pelo processo intempérico, resultando em perfis de solo relativamente espessos. Os monzogranitos possuem granulação grossa, isotrópicos e homogêneos, coloração rosada e exibem, com frequência, a textura rapakivi, representada por fenocristais de até 5 cm de feldspato alcalino rosado envoltos por fina auréola de plagioclásio esbranquiçado (FOTO B.IV. 7).

Contatos com outras unidades litoestratigráficas não foram evidenciados devido ao espesso manto de intemperismo que recobre as rochas dessa região. Entretanto, em determinados locais de relevo acentuado, observam-se restos de arenitos da Formação Palmeiral sobrepostos aos granitos. Apresenta baixo grau de fraturamento e as fraturas presentes estão seladas com preenchimento por veios de quartzo leitoso.



FOTO B.IV. 7 – Textura rapakivi característica dos monzogranitos da Suíte Serra da Providência.

e) Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas

As rochas graníticas desta referida unidade são as que apresentam maior expressão em área, considerando os limites da AID. Os principais afloramentos distribuem-se ao longo da cachoeira do Jirau e imediações e na cachoeira do Paredão e adjacências. Na cachoeira do



FOTO B.IV. 8 – Feição mesoscópica característica dos granitos pórfiros da Suíte São Lourenço-Caripunas.

Jirau, afloram granitos pórfiros subvulcânicos de cor vermelho escuro, isotrópicos, intensamente fraturados e falhados por uma tectônica rúptil (FOTO B.IV. 8). Apresentam textura granular porfirítica, representada por pórfiros de feldspato alcalino e quartzo hexagonal dispersos em matriz fanerítica fina constituída por agregado microcristalino de quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio, e biotita. Os pórfiros de feldspato alcalino, por vezes, apresentam-se manteados por fina auréola de plagioclásio evidenciando a textura rapakivi. Os granitos pórfiros exibem contato retilíneo e intrusivo em metatufos da Formação Mutum-Paraná, como o observado no afloramento JG-19, Vila Palmeiral, e estão sotopostos aos conglomerados da Formação

Palmeiral (picada nº 01 de FURNAS). Nas regiões peneplanizadas, os granitos pórfiros encontram-se fortemente intemperizados, aflorando somente o saprólito deles, em alguns locais, porém, ocorrem feições estruturais e texturais preservadas. Afloramentos com estas características ocorrem ao longo da estrada que liga a vila do Jirau a União Bandeirantes.

Na cachoeira do Paredão e adjacências e ao longo do igarapé Baunilha, afloram sienogranitos de granulação grossa, isotrópicos, coloração rosada, feições rapakivíticas freqüentes, os quais representam uma fácies da Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas. Possivelmente, esses granitos são transicionais com os granitos pórfiros, conforme pode ser observado em afloramentos próximos de São Lourenço, na AII. Os sienogranitos apresentam fenocristais ovalados de feldspato alcalino envoltos por finas auréolas de plagioclásio, caracterizando a textura rapakivi. Os minerais máficos estão representados por biotita e, mais raramente, anfibólio. Diques aplíticos, provavelmente sin-plutônicos, são comuns, os quais apresentam dimensões métricas a decamétricas. No leito do rio Madeira, na borda norte do maciço, este apresenta uma faixa milonítica, de espessura métrica, em contato por falha com os quartzitos da Formação Mutum-Paraná.

f) Suíte Intrusiva Rondônia

Esta unidade está representada, na AID, por apenas dois pequenos corpos com pouca expressão topográfica, os quais afloram no médio curso do rio São Lourenço e próximo das cabeceiras do igarapé do Contra. São sienogranitos de características subvulcânicas, isotrópicos, equigranulares de granulação média, coloração rosada, apresentando, com freqüência, processo de esfoliação esferoidal. Granitos composicionalmente classificados como quartzo-feldspato pórfiros ocorrem na borda leste do maciço São Lourenço, os quais podem ser considerados como uma fácies de borda dos sienogranitos. Esses granitos, quando intemperizados, geram um material bastante argiloso, de coloração amarelo-avermelhada, que constitui depósitos coluvionares.

g) Formação Palmeiral

As rochas sedimentares que constituem esta unidade encontram-se expostas no centro-norte da AID. Expressivos pacotes de conglomerados suportados por clastos (FOTO B.IV. 9), que fazem parte da porção basal da unidade, ocorrem na serra dos Caripuninhas (margem esquerda do rio Madeira), no início da estrada secundária que liga a BR-364 ao assentamento São Francisco, além de vários outros afloramentos próximos à cachoeira do Jirau, os quais ocorrem na forma de mesetas, representando apenas restos desta unidade sobrepostos aos granitos pórfiros da Suíte São Lourenço-Caripunas. Os conglomerados são do tipo oligomíticos, maciços, constituídos essencialmente de seixos e calhaus arredondados, ovalados e achatados, predominantemente de quartzo-arenito, quartzito, quartzo leitoso e raramente de sílex e granito



FOTO B.IV. 9 – Características mesoscópicas dos afloramentos de conglomerados da Formação Palmeiral.

pórfiro. A matriz é bastante endurecida e composta por areia mal selecionada e imatura, além de grânulos de quartzo. Os seixos ocorrem geralmente estratificados e imbricados. Através do dismantelamento do pacote conglomerático são gerados depósitos de encostas constituídos pelos seixos e calhaus que servem de material para revestimento de estradas.

Na parte superior do pacote sedimentar, e, por vezes, interdigitados, ocorrem arenitos arcossianos de granulometria fina a média, subordinadamente frações grossas, com grau de seleção moderado a bem selecionado. O arcabouço dos arenitos é geralmente fechado, com porções de arcabouço aberto devido à presença abundante de matriz. São compostos por grãos de quartzo, sílex e, eventualmente, feldspatos, além de caulinita e illita. Raros níveis de manganês ocorrem preenchendo fraturas. No trecho da BR-364, entre o Jirau e a vila do Palmeiral, os arenitos ocorrem como “ilhas” por sobre as rochas cristalinas da região, formando um relevo em forma de mesetas de topo plano. No leito do rio Madeira, da cachoeira do Jirau até a montante da ilha Praia do Avião e também na vila do Palmeiral, ocorrem diversos afloramentos do arenito arcossiano apresentando estruturas do tipo estratificação cruzada acanalada, estratificação cruzada tabular, estratificação cruzada sigmoidal e arenito maciço. (FOTO B.IV. 10)

Ocasionalmente, ocorrem estreitas lentes constituídas de seixos de quartzo interdigitadas com as camadas de arenito. Nessa situação, o arenito apresenta a granulometria que varia de média a grossa, enquanto, nos pacotes superiores da unidade, a granulometria do arenito é fina com contribuição expressiva de silte.



FOTO B.IV. 10 – Arenito arcossiano com estratificação cruzada planar.

O processo intempérico e erosivo instalado sobre os arenitos da Formação Palmeiral promoveu o dismantelamento quase que total dessas rochas. Esse fato pode ser observado na região de relevo peneplanizado, entre Campo Lima e Jirau, pela BR-364, onde restam apenas pequenas colinas sustentadas por arenitos e lentes interdigitadas de conglomerados. Como resultado desse processo, observa-se o desenvolvimento de uma cobertura arenosa, friável, com pouca ou nenhuma cobertura vegetal (afloramento JG-142).

h) Formação Jaci-Paraná

Os sedimentos inconsolidados que fazem parte desta unidade distribuem-se nas áreas topograficamente arrasadas na margem esquerda do rio Madeira, entre a foz do rio São Lourenço e a serra Três Irmãos, além de uma área reduzida a jusante da cachoeira do Jirau. Trata-se, na sua grande maioria, de depósitos colúvio-aluviais associados geneticamente a processos erosivos e deposicionais relacionados a ciclicidade climática pretérita, com alternância de clima seco e úmido.

Os depósitos de areia são pouco espessos, com níveis conglomeráticos na parte basal do pacote e que representam depósitos aluvionares que ocorrem em paleomeandros. As areias

são imaturas, granulometria fina, friáveis, de grãos subangulosos a subarredondados. As estruturas sedimentares mais frequentes são a maciça e plano-paralela horizontal. Camadas de silte e argila desenvolvem-se nas camadas superiores dos depósitos. (FIGURA B.IV. 2)

Correspondem a depósitos de transbordamento, de bacias laterais de inundação ou depósitos associados a preenchimento dos baixios.

De maneira geral, os sedimentos são siltico-argilosos a argilosos, de coloração acinzentada a amarelada, mostrando granodecrescência ascendente. Estruturalmente, esses depósitos são maciços, com raras laminações plano-paralelas.

Por vezes, esses depósitos mostram-se capeados por uma crosta laterítica não muito espessa (0,15 a 0,80 m) em níveis irregulares e descontínuos e não raramente desmantelados. Capeando esta unidade, é comum encontrarrem-se Latossolos amarelados com frequentes “linhas de pedra” originadas da erosão da camada laterítica.

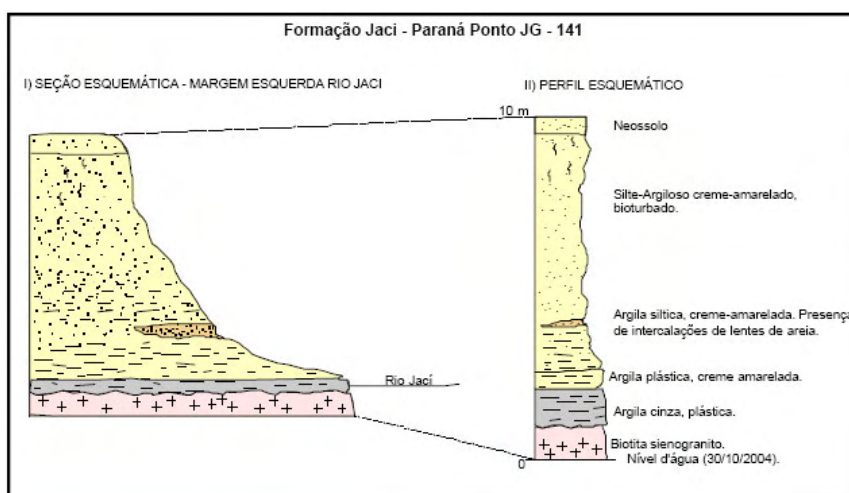


FIGURA B.IV. 2 - Seção esquemática dos sedimentos que constituem a Formação Jaci-Paraná.

i) Formação Rio Madeira

Sob essa denominação, são englobados os depósitos essencialmente fluviais originados pelo rio homônimo, os quais distribuem-se, preferencialmente, por ambas as margens do rio Madeira e no interior da Bacia de Abunã. Depósitos semelhantes também ocorrem ao longo dos rios Mutum e Cotia. A Formação Rio Madeira é representada por sedimentos inconsolidados a semiconsolidados, parcialmente ferruginizados, depositados no leito ativo e planície de inundação dos rios, originando depósitos do tipo barra de canal longitudinal e transversal, barra em pontal, depósitos de diques marginais e mais raramente, bacias laterais de inundação.

Nos estudos relativos à AID, procurou-se estabelecer uma montagem na estratigrafia da unidade, com a execução de perfis em ambas as margens do rio Madeira e de alguns de seus afluentes de maior porte, na tentativa de se fazer um empilhamento cronoestratigráfico da seqüência sedimentar da Formação Rio Madeira. Entretanto, encontraram-se dificuldades em função da descontinuidade dos afloramentos e da própria dinâmica do rio, o que está em constante processo de erosão e deposição por sobre as camadas da referida unidade.

A seqüência estratigráfica que melhor representa a Formação Rio Madeira é composta pelas seguintes camadas: camada inferior de argila plástica cinza grafite a cinza-claro, fossilífera, com contribuição variável de silte e areia fina, além de raros grânulos de quartzo (FOTO B.IV. 11). Essa camada, em alguns locais, assenta-se direta e discordantemente sobre o saprólito granítico do Complexo Jamari ou sobre os granitos da Suíte São Lourenço-Caripunas. Raramente apresenta estruturas sedimentares do tipo laminação plano-paralela ocorrendo geralmente de forma maciça. O conteúdo fossilífero observável a olho nu é representado por folhas carbonizadas, restos de vegetais (galhos) e partes de troncos de árvores. A camada de argila plástica, por ser impermeável, serviu de anteparo geoquímico ao processo de laterização. Portanto, nela, não se observam níveis endurecidos por óxi-hidróxidos de ferro como nas camadas arenosas sobrepostas.



FOTO B.IV. 11– Camada de argila plástica cinza escuro contendo restos de vegetais fósseis.

Logo acima da camada de argila, separada geralmente por uma camada de areia fina lateritizada (“chapa laterítica”), ocorre uma camada de cascalho endurecido e soldado por siderita, óxidos e hidróxidos de ferro, de espessura variável, composto por seixos angulosos de quartzo-arenito, quartzito e quartzo leitoso. Essa camada cascalhífera ou conglomerática é conhecida pelos garimpeiros como “mucururu”, e é onde se concentra o teor mais elevado de ouro, além de ser a camada-guia dos fósseis pleistocênicos. A matriz é de cor cinza, de granulometria areia fina a média, também endurecida por lateritização. Essa camada cascalhífera não apresenta estruturas sedimentares definidas, formando um pacote maciço; por vezes, assenta-se diretamente sobre os saprólitos das rochas cristalinas da região.



FOTO B.IV. 12 – Camadas (sets) de espessura de 30 cm de areia cimentada por óxi-hidróxido de ferro.

Sobreposta ao cascalho, ocorre uma camada de areia ferruginizada, endurecida e cimentada por óxi-hidróxidos de ferro que emprestam uma coloração ocre-amarronzada ao sedimento. O endurecimento (lateritização) das areias se dá predominantemente ao longo dos planos de estratificação; dessa forma, preserva-os e mantém as estruturas primárias. Os *sets* são separados por uma “chapa laterítica” horizontalizada. A areia é de granulometria grossa, com níveis de grânulos e até seixos dispersos, mal selecionada, possuindo grãos subarredondados, exibindo, por vezes, granodecrescência ascendente para areia fina. As estruturas mais comuns nesse tipo de camada são a estratificação cruzada de médio porte, plano-paralela e cruzada acanalada. (FOTO B.IV. 12)

Em alguns locais, existem intercalações de camada centimétrica de argila plástica laminada nas camadas de areia. A laminação é milimétrica a centimétrica, plano-paralela, onde a argila apresenta cor vermelho-amarelada, não lateritizada, pois essa camada serve como isolante à percolação de óxi-hidróxidos de ferro.

Na parte superior ou topo da seqüência sedimentar da Formação Rio Madeira, encontra-se depositado um expressivo pacote de argila-siltosa amarelada, por vezes mosqueada, maciça, capeada por chapa laterítica centimétrica. Fenômenos de bioturbação ocorrem em alguns locais dessas camadas. Constituem-se em cordões sinuosos, onde formam bancos íngremes e estreitados em direção às bacias de inundação marginais. Podem representar depósitos de diques marginais.

Desenvolvem-se sobre as barras e formam-se quando a corrente transborda sobre os bancos.

A variação nos tipos de seqüências sedimentares da Formação Rio Madeira pode ser evidenciada nas seções e perfis esquemáticos representados nas FIGURA B.IV. 3 a FIGURA B.IV. 8, sem entretanto, tecerem considerações sobre os tipos de ambientes em que se deu a sedimentação.

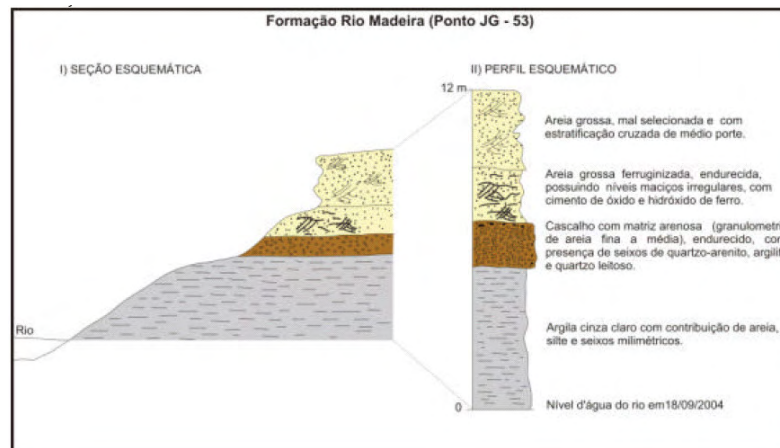


FIGURA B.IV. 3 – Perfil esquemático de uma seção completa dos sedimentos que constituem a Formação Rio Madeira.

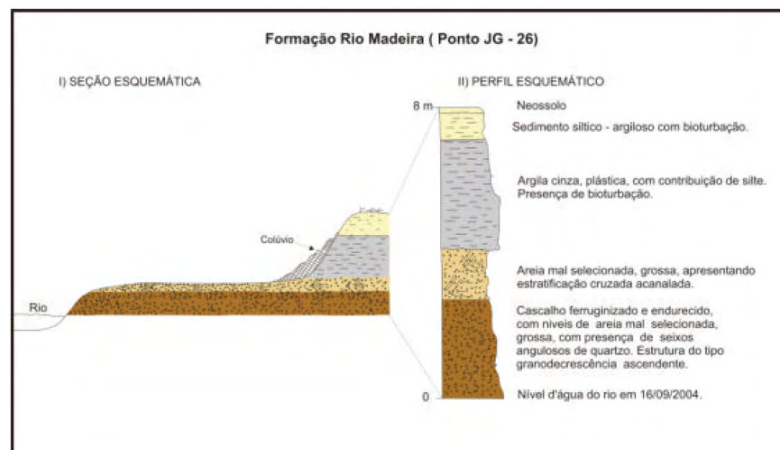


FIGURA B.IV. 4 – Perfil esquemático de outra seção da Formação Rio Madeira

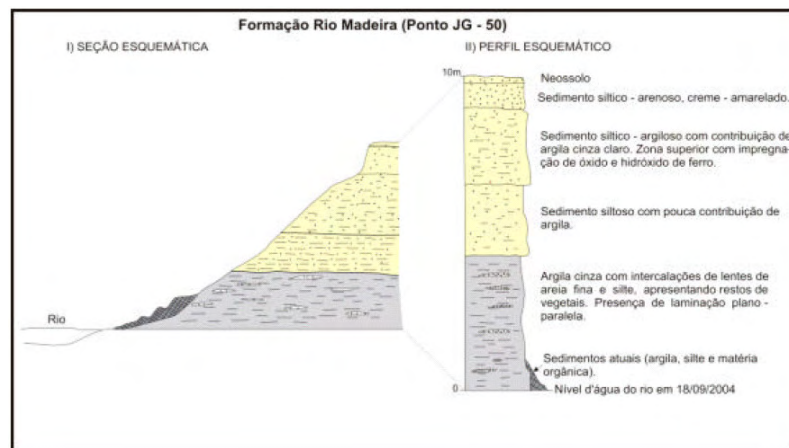


FIGURA B.IV. 5 – Perfil esquemático de outra seção da Formação Rio Madeira

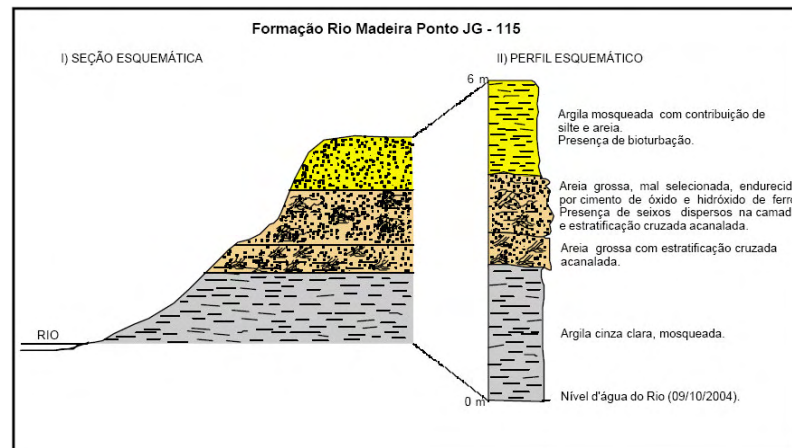


FIGURA B.IV. 6 – Seção e perfil esquemático da Formação Rio Madeira.

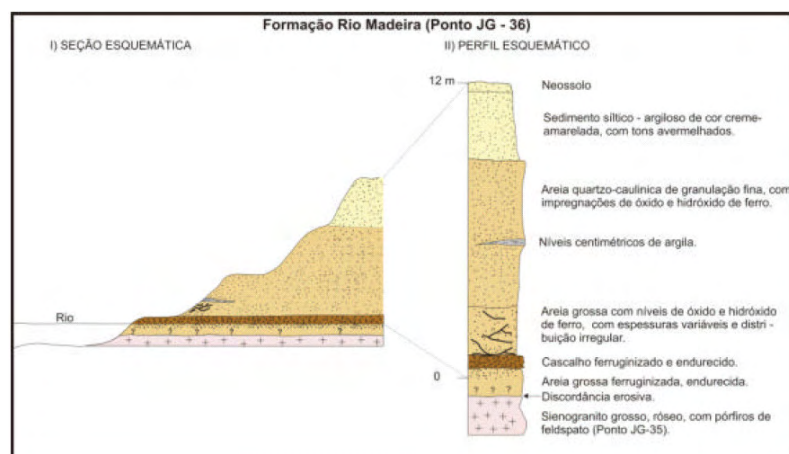


FIGURA B.IV. 7 – Empilhamento estratigráfico dos sedimentos da Formação Rio Madeira

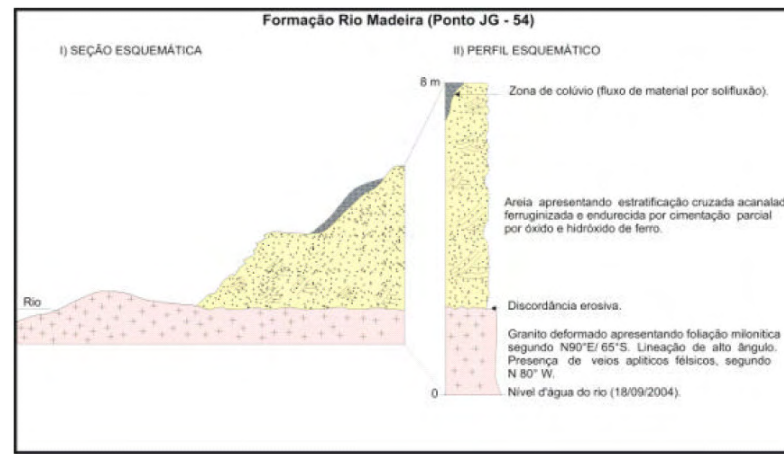


FIGURA B.IV. 8 – Perfil da Formação Rio Madeira mostrando os sedimentos assentados diretamente sobre

j) Cobertura Detrito-Laterítica

Essa cobertura ocupa uma extensa área aplainada, com interflúvios tabulares, o qual se estende no centro-sul e leste da AID e a oeste, por sobre as rochas arrasadas topograficamente do Complexo Jamari. Os sedimentos detrito-lateríticos constituem-se, em grande parte, de depósitos colúvio-aluvionares areno-argilosos com níveis nodulares lateríticos e recobertos por grânulos e seixos de laterito desmantelado. Esses depósitos, na sua base, são compostos por seixos provenientes dos próprios lateritos concrecionários, formando corpos do tipo *stone-layer* e, no topo, por material argiloso proveniente do horizonte mosqueado. As superfícies aplainadas são constituídas predominantemente por solos argilo-arenosos, de baixa maturidade textural e mineralógica, de tonalidade avermelhada, ricos em concreções ferruginosas, além de níveis de argilas coloridas. As areias inconsolidadas são provenientes, em grande parte, do desmantelamento dos arenitos da Formação Palmeiral.

Os lateritos imaturos, quando desmantelados, também passam a constituir parte das coberturas detrito-lateríticas, modelando grande parte do relevo atual. Em certas áreas, onde a parte superior está mais espessa e endurecida e houve maior entalhamento da drenagem, observa-se a formação de um relevo tendendo a platôs.

Está englobado, nesta unidade litoestratigráfica, o material argilo-arenoso com fragmentos subangulosos de laterito, que compõe o espesso manto de intemperismo, resultado do retrabalhamento do perfil laterítico, aliado ao processo pedogenético sobre as rochas subjacentes.

k) Sedimentos Aluvionares

Ocorrem associados às calhas dos cursos d'água de maior porte, como os rios Madeira, Mutum, Cotia e Castanho. Trata-se de depósitos subatuais e atuais de sedimentos finos, constituídos, predominantemente, de areia fina, silte e argila. Apresentam coloração nos tons de cinza, granulometria fina, com estruturas sedimentares do tipo estratificação plano-parelela dominante e cruzada acanalada subordinada. Esses sedimentos encontram-se depositados nas margens do rio Madeira, encobrindo parcialmente os depósitos sedimentares da Formação Rio Madeira e Jaci-Paraná e, com menos frequência, as rochas cristalinas do embasamento. Ocorrem, também, como bancos espessos constituindo algumas ilhas do rio Madeira. Associados a esses depósitos ocorrem restos de vegetais, de tamanho variável. Uma característica marcante desses depósitos, recentes é a sua baixa estabilidade, resultando sucessivos desmoronamentos dos sedimentos para o leito do rio. A vegetação que, por ventura, se fixa nas margens por sobre os 41 sedimentos recentes, também é retirada com a subida do nível d'água e a conseqüente erosão dos barrancos do rio.

1.2.1.2 Recursos Minerais

Os recursos minerais que estão inseridos na área do empreendimento do Jirau são apresentados no mapa de recursos minerais metálicos e não-metálicos e mapa de atividade garimpeira (Desenhos 6315-RT-G91-012 e 6315-RT-G91-013). A potencialidade mineral na área investigada é definida pela ocorrência de 22 depósitos minerais, representados essencialmente por depósitos de ouro, cassiterita, ametista e topázio.

Os depósitos auríferos concentram-se nos aluviões do rio Madeira, hospedados, referencialmente, nos níveis conglomeráticos (“mucururu”). Esses níveis são compostos por areia grossa conglomerática, constituída por grânulos e seixos de quartzo e fragmentos de rocha, cimentados por cimento siderítico, com matriz formada por quartzo, feldspatos, magnetita, ilmenita, turmalina e ouro. O processo de ferrificação, que deu coesão aos sedimentos de fundo e canal, possibilitou a formação de níveis lateríticos constituídos pelos minerais de limonita, goethita e hematita.

Os cristais de ouro são predominantemente lamelares, algumas vezes encurvados, apresentando dimensão média de 0,24x0,21x0,02 mm. A faixa granulométrica das partículas de ouro nos principais depósitos está situada entre 150 e 200 mesh, porém, parte considerável do ouro fica abaixo de 200 mesh. Os garimpeiros, com frequência, referem-se a “poeira de ouro” em função dessa sua baixa granulometria, a qual flutua na água e é até mesmo imperceptível à vista desarmada.

Os depósitos aluvionares (*placers*) do rio Madeira com ouro associado podem ser caracterizados como de fácies de canal (barras de canal, de pontal e leito ativo), além dos terraços marginais, paleocanais e paleomeandros. Outras zonas preferenciais para retenção do metal incluem as partes meandantes dos rios, quando ocorre o recobrimento de sedimentos aluvionares por depósitos de ambiente lacustino terminal, capacitados para retenção de ouro e granulometria fina, durante retrabalhamento das calhas antigas e atuais dos cursos d’água. (Adamy & Romanini, 1990).

A Reserva Garimpeira do Rio Madeira, criada pelas Portarias Ministeriais 1.345/79 e 034/80, estende-se ao longo do trecho do rio e é delimitada pela cachoeira do Teotônio a Jusante até a localidade de Bom Futuro a montante, abrangendo uma área aproximada de 450 km².

Entretanto, a atividade garimpeira atual prolonga-se além dos limites da reserva, a montante do Jirau até a confluência do rio Abunã com o Madeira. (Desenho 6315-RT-G91-013)

Essa atividade é realizada quase que exclusivamente por dragas (único equipamento que permanece atuando na época de cheia, quando a lâmina de água do rio chega a atingir até 18 m de espessura) e balsas denominadas de “scarifussas”, poucas com auxílio de mergulhadores, além de raros garimpos manuais de equipamento rudimentar.

As dragas constituem-se de uma estrutura metálica medindo, em média, 14m x 8 m, com “para-quedas”, caixas de concentração *sluice* de 7m x 10m, motores de 140 a 360 Hp, com bombas e lança de sucção e quebraimento com diâmetro de 8” a 14” acompanhadas de guincho mecânico. As balsas “scarifussas” são menores, com estrutura de sustentação apoiada em cilindros metálicos e sobrepostos com uma plataforma de madeira medindo 6 ou 7m x 5m, com motores de menor potência, geralmente, variando de 30 a 150 Hp, bombas e mangueiras de sucção com 6” a 8” de diâmetro.

O processo de extração do ouro envolve caixas de concentração (*sluice*) inclinadas, com tariscas (*riffles*) ou ressaltos espaçados de 40 a 50 cm e 15 cm de altura, sendo esse método denominado, popularmente, de “cobra fumando”. Constatou-se, durante as visitas realizadas nas dragas e balsas, que, durante sua recuperação, o ouro — por ser extremamente fino, aliado à forte pressão e velocidade da água —, ao passar pelos pára-quedas e caixas de concentração

(processo equitombante), grande dele não é retida, retornando ao leito ativo do rio, juntamente com o material estéril.

O processo de apuração do ouro, por sua vez, é feito a partir da lavagem em baldes do pré-concentrado acumulado nos sacos de estopa ou carpetes que revestem a caixa concentradora, onde ao produto é adicionado sabão em pó e mercúrio, o qual é posteriormente bateado, resultando numa amálgama de mercúrio e ouro, além de minerais pesados (esmeril). O processo se completa com a queima do mercúrio em maçarico onde o ouro, então, é separado. Dados de produção de ouro obtidos por meio de entrevista direta com os garimpeiros, no período de setembro a outubro de 2004, indicam uma produção média diária de 47 gramas por draga e de 15 gramas das balsas “scarifussas”.

Na TABELA B.IV. 1 e TABELA B.IV. 2, encontram-se registrados os dados da atividade garimpeira em anos anteriores e em 2004, que envolve o tipo de equipamento e a média anual do número de pessoas envolvidas com a atividade garimpeira, salientando que existem alguns períodos sem registro.

TABELA B.IV. 1 – Dados relativos à quantidade de equipamento e população garimpeira envolvida na extração de ouro no rio Madeira.

Ano	1979	1981	1982	1983	1984	1985	1986	2004(*)
Manual	-	-	-	-	-	-	-	2
Balsa	16	-	-	1000	1000	800	800	125
Draga	-	15	-	-	100	300	300	85
População	1.500	8.000	5.000	-	9.000	-	5.000	870

(*) Meses de setembro e outubro de 2004

TABELA B.IV. 2 – Produção anual de ouro do rio Madeira (valores em kg)

Ano	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	2004
Registrada	177	238	817	1351	3454	1931	1481	466	-
Estimada	1500	1200	2400	4500	8000	4000	5000	5000	1875

No levantamento realizado no trecho do rio Madeira que vai do garimpo das Araras até Santo Antônio, cadastraram-se 870 pessoas envolvidas na atividade garimpeira e um total de 224 equipamentos entre dragas, balsas e manual. Essa atividade produz atualmente e extraoficialmente 5.912 gramas de ouro/dia, sendo que, desse montante, as dragas são responsáveis por 4.310 gramas/dia, as balsas “scarifussas” por 1.526 gramas/dia, as balsas de mergulho por 24 gramas/dia, maquinário rudimentar por 41 gramas/dia, exploração manual rudimentar por 11 gramas/dia. A produção de ouro no trecho citado decresce durante o período chuvoso, devido ao aumento da lâmina d’água e das corredeiras, onde, nessas condições, somente as dragas conseguem extrair o ouro.

A atividade garimpeira é bastante itinerante, fato que prejudica o cadastramento, pois, de um dia para outro, as balsas e dragas podem se deslocar para outras áreas, como tem acontecido com algumas, que se movimentaram da cachoeira do Santo Antônio para Belmonte.

As mineralizações primárias de cassiterita, na região de São Lourenço, estão relacionadas a granitos rapakivíticos tardios, representados por biotita-granitos equigranulares. *Greisens* resultantes de eventos hidrotermais associam-se aos processos de microclinização e muscovitização das rochas encaixantes produzindo filões nos quais ocorre enriquecimento em cassiterita. Granitos pórfiros contendo cassiterita são adicionalmente reportados, com associação mineralógica incluindo sulfetos em abundância (calcopirita, covelita, calcocita, esfalerita, molibdenita, galena), além de magnetita e ilmenita. Quartzo-muscovita-cassiterita *greisens* comumente cortam os contatos entre granitos equigranulares e granitóides porfiríticos (viborgitos e piterlitos).

Atualmente, a exploração de cassiterita encontra-se concentrada nos aluviões do rio São Lourenço e seus afluentes e em colúvios dos granitos equigranulares greisenizados.

Adicionalmente, a extração executada por cooperativa de garimpeiros está concentrada nos rejeitos das lavras da Macisa e Ceriumbrás, onde estão extraíndo a cassiterita e, secundariamente, topázio.

Também na região de São Lourenço, existem quatro frentes de lavra garimpeira de ametista, denominadas de Isaac II (09°30'59"S /65°05'38"W), Cacharaí (09°31'09"S/65°05'33"W), Pedra Preta (09°30'53"S/65°06'12"W) e Grotá Rica (09°30'46"S/65°06'28"W), além de diversos indícios e ocorrências. Atualmente, somente as frentes do Isaac II e Cacharaí estão em atividade, onde são utilizados tratores de esteiras para o decapeamento e explosivos para o desmonte da rocha encaixante. A seleção das ametistas é feita manualmente, em função das suas características mineralógicas, e são caracterizadas como do tipo industrial e com aproveitamento pouco significativo para gemas. Desde que entraram em operação, Isaac II e Cacharaí acumularam, juntas, uma produção estimada 389 toneladas de ametista industrial.

As mineralizações de ametista ocorrem na forma de geodos e drusas, desenvolvidos em veios centimétricos a métricos e em bolsões, os quais se encontram alojados nos quartzometarenitos da Formação Mutum-Paraná e estão dispostos ao longo de uma zona de fraturamentos e falhamentos orientada nas direções NW-SE e subordinadamente NE-SW, muito embora ocorram bolsões isolados e com distribuição aparentemente aleatória. As ametistas apresentam-se geralmente zonadas, onde a coloração dos cristais varia de violeta clara a violeta escura, transicionando para quartzo incolor, onde o zoneamento caracteriza sobrecrecimento de fases silicáticas resultando em cristais de faces bem definidas, culminando com a cristalização de calcedônia. Posteriormente, os cristais de ametista foram recobertos por “filmes” de óxido de ferro.

Os cristais de ametista variam de tamanho e forma e exibem, por vezes, inclusões de minerais escuros. Os cristais bem desenvolvidos agrupam-se formando drusas, dispostas perpendiculares às paredes dos veios e dos bolsões, sendo que os cristais maiores atingem tamanhos em torno de 15 cm.

1.2.1.3 Direitos Minerários

Conforme a legislação que regulamenta o setor mineral, os recursos minerais constituem patrimônio da União Federal (Constituição Federal, art. 20, inciso IX), e sua exploração por terceiros depende de autorização ou concessão estatal (art. 176. § 1º).

Sendo assim, o subsolo e os bens minerais nele contidos são da União, e não do proprietário do solo (superficiário). Qualquer cidadão ou empresa brasileira pode requerer uma concessão do Poder Público para pesquisar e, posteriormente, extrair bens minerais, desde que atendidos os requisitos normativos. O controle do sistema é realizado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, do Ministério das Minas e Energia - MME.

O direito mineral de uma determinada área para pesquisa ou lavra de recursos minerais compreende:

- I. Os direitos sobre as massas individualizadas de substâncias minerais ou fósseis, encontradas na superfície ou no interior da terra, formando os recursos minerais do País.
- II. O regime de seu aproveitamento.
- III. A fiscalização, pelo Governo Federal, da pesquisa, da lavra e de outros aspectos da indústria mineral.

O direito de exploração de recursos minerais, dependendo do tipo de substância mineral, pode ser obtido pelos regimes de concessão de lavra, licenciamento ou autorização de lavra garimpeira. Determinados recursos minerais são regidos por leis especiais. Por conseguinte, os direitos minerários das áreas inseridas nos limites do empreendimento do Jirau estão divididos da seguinte forma: autorização de pesquisa, requerimento de lavra e concessão de lavra, com dados atualizados até outubro de 2004. Na TABELA B.IV. 3 e nos Mapas dos Direitos Minerários das Áreas de Influência Indireta e Direta (Desenho 6315-RT-G91-014 e 6315-RT-G91-015) encontram-se os dados atualizados até outubro de 2004, obtidos no Departamento Mineral de Produção Mineral.

TABELA B.IV. 3 – Autorização de pesquisa, requerimento de lavra e concessão de lavra, com dados atualizados até outubro de 2004

ANO	PROCESSO	FASE	NOME	SUBSTÂNCIA	SITUAÇÃO ATUAL
1961	1137	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Cia. de Mineração São Lourenço	Cassiterita	Conc. Lav./cumprimento exigência protocoli. Em 12/ 7/1994
1961	1140	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Cia. de Mineração São Lourenço	Cassiterita	Conc. Lav./cumprimento exigência protocoli. Em 12/ 7/1994
1961	1145	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Cia. de Mineração São Lourenço	Cassiterita	Conc. Lav./cumprimento exigência protocoli. Em 12/ 7/1994
1961	413	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Cia. de Mineração São Lourenço	Cassiterita	Conc. Lav./cumprimento exigência protocoli. Em 12/ 7/1994
1961	414	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Cia. de Mineração São Lourenço	Cassiterita	Conc. Lav./cumprimento exigência protocoli. Em 12/ 7/1994
1961	415	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Cia. de Mineração São Lourenço	Cassiterita	Conc. Lav./cumprimento exigência protocoli. Em 12/ 7/1994
1961	420	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Cia. de Mineração São Lourenço	Cassiterita	Conc. Lav./cumprimento exigência protocoli. Em 12/ 7/1994
1962	52	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Mineração Xacriaba Ltda.	Cassiterita	Conc. Lav./cumprimento exigência protocoli. Em 12/ 7/1994
1962	53	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Mineração Xacriaba Ltda.	Cassiterita	Conc. Lav./avverb. Arrend. Direit. Lavr. Efetiv. Em 5/ 3/1996
1962	54	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Mineração Xacriaba Ltda.	Cassiterita	Conc. Lav./avverb. Arrend. Direit. Lavr. Efetiv. Em 5/ 3/1996
1962	55	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Mineração Xacriaba Ltda.	Cassiterita	Conc. Lav./avverb. Arrend. Direit. Lavr. Efetiv. Em 5/ 3/1996
1962	61	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Mineração Xacriaba Ltda.	Cassiterita	Conc. Lav./avverb. Arrend. Direit. Lavr. Efetiv. Em 5/ 3/1996
1962	62	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Mineração Xacriaba Ltda.	Cassiterita	Conc. Lav./avverb. Arrend. Direit. Lavr. Efetiv. Em 5/ 3/1996
1962	64	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Mineração Xacriaba Ltda.	Cassiterita	Conc. Lav./avverb. Arrend. Direit. Lavr. Efetiv. Em 5/ 3/1996
1962	65	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Mineração Xacriaba Ltda.	Cassiterita	Conc. Lav./avverb. Arrend. Direit. Lavr. Efetiv. Em 5/ 3/1996
1964	5370	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Mineração Xacriaba Ltda.	Cassiterita	Conc. Lav./cumprimento exigência protocoli. Em 12/ 7/1994
1964	5371	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Mineração Xacriaba Ltda.	Cassiterita	Conc. Lav./cumprimento exigência protocoli. Em 12/ 7/1994
1972	812924	Autorização de pesquisa concessão de lavra	Mineração Xacriaba Ltda.	Cassiterita	Conc. Lav./ral ano base apresentado em 13/ 3/1997
1973	807758	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	Mineração Rio Novo Ltda.	Ouro	Aut. Pesq./relatório final pesq. Apresentada em 6/ 2/1980
1979	880165	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	Mineração Guaiapa Ltda.	Ouro	Aut. Pesq./relatório final pesq. Apresentada em 11/ 4/1986
1979	880307	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	Ormifel Org. de minérios não ferrosos Ltda.	Titânio	Aut. Pesq./relatório final pesq. Apresentada em 18/ 7/1983
1980	880005	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	Cia. de Mineração São Lourenço	Cassiterita	Aut. Pesq./relatório final pesq. Apresentada em 23/ 4/1985
1980	880010	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	Ormifel Org. de Minérios não-ferrosos Ltda.	Cassiterita	Aut. Pesq./relatório final pesq. Apresentada em 5/ 2/1986
1980	880311	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	Cia. Industrial Amazonense	Berilo	Aut. Pesq./relatório final pesq. Apresentada em 1/11/1985
1981	880022	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	Mineração Jamary Ltda.	Zircão	Aut. Pesq./relatório final pesq. Apresentada em 29/ 8/1985
1981	880023	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	Mineração Jamary Ltda.	Zircão	Aut. Pesq./relatório final pesq. Apresentada em 9/ 7/1985
1981	880065	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	Mineração Vitinga Ltda.	Ouro	Aut. Pesq./relatório final pesq. Apresentada em 12/ 1/1984
1981	880199	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	Mineração Céu azul Ltda.	Tantalita	Aut. Pesq./relatório final pesq. Apresentada em 18/ 2/1987
1981	880202	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	Mineração Céu azul Ltda.	Tantalita	Aut. Pesq./relatório final pesq. Apresentada em 9/ 7/1985
1983	880388	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	Mineração Porto da cruz Ltda	Titânio	Aut. Pesq./relatório final pesq. Apresentada em 29/ 7/1987
1983	880389	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	Mineração Porto da cruz Ltda	Titânio	Aut. Pesq./relatório final pesq. Apresentada em 30/ 7/1987
1983	881679	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	C. R. Almeida S.A. Engenharia de Obras	Platina	Solicita Parcelamento do Debito Multa Em 23/09/2004
1992	880102	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	Paulino Hiroshi Nakayama	Ouro	Aut. Pesq./pagto. Parcela déb tah. Efetuado em 19/ 3/2002
2000	886387	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	José Ferreira Santiago	Cassiterita	Aut. pesq./relatório final pesq. Apresentada em 07/08/2003
2001	886284	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	Ossimidio de Souza Martins	Granito	Aut. Pesq./pagamento da tah. Efetuado em 30/07/2004
2001	886285	Autorização de pesquisa autorização de pesquisa	Ossimidio de Souza Martins	Granito	Aut. Pesq./pagamento da tah. Efetuado em 30/07/2004

1.2.1.4 Dinâmica Fluvial e Processos Associados

O rio Madeira, no seu percurso ao longo do trecho investigado entre a balsa de Abunã e a cachoeira de Santo Antônio, atravessa terrenos que apresentam uma grande heterogeneidade litoestratigráfica e estrutural.

A unidade mais representativa em termos de extensão lateral e longitudinal ao longo do eixo do rio é a cobertura de sedimentos inconsolidados, aqui denominada de Formação Madeira, cuja característica principal é a presença de siltes, areias e cascalhos parcialmente endurecidos por cimentação de óxidos e hidróxidos de ferro, dando um aspecto de arenito e conglomerado aos sedimentos, mas com porções intercaladas friáveis. Seguem, numa ordem decrescente de extensão areal, os granitos isotrópicos associados À Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas; sedimentos da Formação Rio Madeira, os arenitos e conglomerados da Formação Palmeiral, além de granito e anfibolito deformados (Complexo Jamari); Quartzitos, Metatufos da Formação Mutum-Paraná. Estas diversas litofacies respondem diferentemente aos efeitos erosivos do rio madeira, principalmente no que se refere aos sedimentos inconsolidados da Formação Jaci-Paraná e Formação Rio Madeira. No entanto, outros fatores interagem para a atual configuração do rio e na sua morfologia futura, dentre os quais se destaca o processo neotectônico que afetou a região no Quaternário, que possibilitou a geração e reativação de falhas geológicas, movimentação de blocos crustais, geração de microbacias, assim como a alteração do gradiente do rio e a migração do seu canal ao longo do tempo geológico.

Por tudo isso, o Madeira é um rio dinâmico, em plena atividade de erosão dos seus antigos depósitos sedimentares e geração de depósitos atuais.

Tendo em vista a maior representatividade dos sedimentos, será dado um enfoque maior aos processos erosivos que atingem os depósitos sedimentares que margeiam o rio Madeira ao longo do trecho anteriormente citado. *A priori*, os processos erosivos que foram observados podem ser classificados, numa ordem decrescente de importância, nas seguintes categorias:

I. Erosão natural do rio Madeira, atingindo principalmente os seguintes sedimentos:

I. 1)– Sedimentos arenosos, argilosos e siltico-argilosos da Formação Jaci-Paraná e Formação Rio Madeira, os quais constituem os barrancos do rio (p. ex., ponto JG-93 e 95, vide FOTO B.IV. 13).

A base deste perfil é caracterizada pela presença de sedimentos arenosos de granulação grossa, mal selecionados, apresentando estratificação cruzada acanalada, com endurecimento da camada por cimento de óxidos e hidróxidos de ferro, além da presença de níveis de chapa laterítica, distribuídos de forma irregular, mas condicionados, principalmente, à base do pacote



FOTO B.IV. 13 – Barranco da margem direita do rio Madeira (ponto JG-95).

de areias (1), geralmente no contato com sedimentos argilosos de cor cinza, que estão sotopostos a ele e que servem de barreira física para precipitação geoquímica dessas substâncias.

Na porção intermediária do perfil, observa-se a presença de argila cinza-siltosa, bioturbada (2), que grada para sedimento siltico-argiloso (3) nas partes superiores. Esse barranco (ponto JG-95) mostra uma intensa denudação lateral (tal quais os pontos JG-109 e JM-111), diferentemente dos outros barrancos, que mostram topos, em geral, peneplanizados.

Neste afloramento é conspícua a resistência maior à erosão das areias ferruginizadas, pelo fato de elas se apresentarem mais preservadas com relação aos sedimentos argilo-siltosos, aflorando, também, no leito do rio. Com isso, estabelecerem um parâmetro relativo de quanto o rio já erodiu a sua própria margem. Exemplos semelhantes são observados nos pontos JG-15, JG-26, JG-28, JG-36, JG-38, JG-53, JG-59. Outro exemplo significativo de erosão é o do ponto JG-102 (FOTO B.IV. 14).



FOTO B.IV. 14 – Barranco da margem direita do rio Madeira (JG-102) constituído por sedimento siltico-argiloso em processo de dismantelamento e erosão.

Observa-se, do lado direito da paisagem, erosão por remoção de massa, facilitada pelo escorregamento ou ruptura do talude. É importante salientar dois fatores com relação ao processo erosivo dos barrancos do rio Madeira:

- Os sedimentos mais antigos estão parcialmente recobertos nas encostas dos barrancos pelos sedimentos atuais depositados pelo rio na sua fase de cheia. Via de regra, estes últimos são sedimentos constituídos por argila, silte e com contribuição de areia fina e matéria orgânica, resultando disso um odor caracteristicamente sulfuroso.

- Os sedimentos atuais exercem um papel importante na redução da taxa de erosão dos barrancos, visto que protegem os sedimentos mais antigos do processo de desmoronamento e da erosão mais acentuada, pois a vegetação se fixa mais facilmente nesses sedimentos. Não fora isso, o dismantelamento dos barrancos seria mais intenso e o assoreamento do rio, mais elevado. Um exemplo típico desse



FOTO B.IV. 15 – Depósito de sedimentos atuais fixados pela vegetação (ponto JM-109).

1 – Sedimentos pleistocênicos; 2 – Sedimentos atuais

processo é mostrado pelo afloramento JM-109, onde se observa a instalação de uma vegetação arbustiva que fixa os sedimentos e se constitui numa proteção natural à erosão fluvial. (FOTO B.IV. 15).

Por outro lado, nas áreas desprotegidas de vegetação e dos sedimentos mais recentes, os processos de dismantelamento e escorregamento dos barrancos são mais facilmente observáveis durante o período de seca do rio, tendo em vista a sua exposição natural e, obviamente, são muito mais susceptíveis à ação da erosão e desmoronamento.

O processo erosivo é mais atuante porque a hidratação dos sedimentos argilo-siltosos e/ou arenosos facilita o processo de escorregamento deles (solifluxão) por ação da gravidade para dentro do corpo de água do rio, pela falta de uma barreira e/ou anteparo natural que impeça o seu movimento encosta abaixo. Dessa forma, esses sedimentos são mais facilmente dismantelados, retrabalhados e depositados, juntamente com os sedimentos em suspensão transportados pelo rio, predominantemente no período das chuvas amazônicas (época de cheias), a partir de fontes localizadas a montante, principalmente aqueles derivados da bacia do rio Beni (Bolívia).

A ação erosiva e de transporte dos sedimentos dos barrancos do rio vai se acentuando à medida que o rio enche, principalmente nas áreas desprotegidas e/ou desmatadas. Mas, durante esse período, ocorre também, em alguns locais, a deposição de sedimentos mais grossos, arenosos (barras de canais) associados a sedimentos mais finos (argila e silte) e matéria orgânica nas margens dos barrancos.

Em alguns casos, os sedimentos areno-sílticos e argilosos, margeiam os barrancos, como é o caso do ponto JG-6 (FOTO B.IV. 16).



FOTO B.IV. 16 – Barranco situado a 12 km de montante do Jirau (ponto JG-6).

Formado por sedimentos pleistocênicos, bioturbados, constituídos por areia fina a silte e com intercalações de argila cinza plástica (1). No plano horizontal, destaque do depósito de barra de canal de constituição predominantemente areno-siltosa (2).

Os contatos são abruptos, irregulares e, em alguns locais, ocorrem estruturas de sobrecarga de argila em areia fina-síltica. No topo das camadas de argila, desenvolve-se uma zona ferruginizada, com presença de nível maciço de óxido e hidróxido de ferro.

Na margem seca do rio, observa-se a presença de um depósito de sedimentos arenosos a síltico-argilosos atuais (Barra de Canal), com marcas de ondulações e gretas de contração. Exemplo semelhante é o afloramento referente ao ponto JM –139, mostrado a seguir:



FOTO B.IV. 17 – Afloramento JM-139, localizado a 8 km a jusante da cachoeira de Morrinhos.

Mostrando encosta recoberta por detritos de sedimentos argilo-siltosos, cremeamarelados, pleistocênicos (1) e por sedimentos atuais (2). No leito do rio, observa-se a presença de depósitos arenosos de barra de canal (3).

No leito do rio, e margeando o barranco, observa-se a presença de um depósito arenoso de barra de canal. Em ambos os casos, é comum a vegetação de gramínea e arbustos, que contribui para fixação dos sedimentos e redução do impacto da erosão.

I. 2) - Sedimentos finos (argila e silte), associados com matéria orgânica e restos de troncos de árvores, de deposição atual nos barrancos do rio e nas barras de canais, que margeiam os barrancos. Os depósitos siltico-argilosos de laminação plano-paralela que se depositam nas margens do rio são predominantemente inconsolidados e bastante instáveis (FOTO B.IV. 17). São depósitos recentes, sedimentados durante o período de vazante do rio Madeira e que estão sujeitos ao escorregamento constante em função da desestabilização no seu nível de base provocado pelo próprio peso da carga sedimentar. (FOTO B.IV. 18) Quando do início da subida das águas, durante o período de chuvas, esses sedimentos são quase que totalmente erodidos ou escorregam de volta ao leito do rio; posteriormente, são carregados pelas águas do próprio rio. Além desses, existem aqueles depósitos atuais de barra em pontal (FOTO B.IV. 19), sujeitos constantemente ao retrabalhamento e desmantelamento pela atividade do rio.



FOTO B.IV. 18 – Afloramento mostrando os sedimentos finos com restos de troncos e fraturas transversais ao acamadamento, as quais favorecem o escorregamento das camadas.



FOTO B.IV. 19 – Sedimentos finos atuais recobrendo sedimentos mais antigos da Formação Rio Madeira, e em via de desmoronamento por solifluxão.

I. 3)- Sedimentos arenosos e siltico-argilosos depositados em barra de canal e em barra de pontal: Constituem-se de depósitos relativamente espessos situados no leito do rio, formando ilhas ou margeando o canal do rio. São representados por sedimentos do tipo silte e areia fina, predominantemente, com raras lentes de argila intercaladas. Exibem estratificação cruzada acanalada e plano-paralela (FOTO B.IV. 20) e são sujeitos ao processo de solifluxão (escorregamento) por serem depósitos bastante instáveis.



FOTO B.IV. 20 – Sedimentos finos (argila + silte + matéria orgânica) atuais (1) em depósito tipo barra em pontal e em contato com sedimentos antigos mais estabilizados (2).

II. *Erosão causada pela conjugação do sistema natural do rio Madeira e a atuação de dragagem garimpeira no leito do rio:*

Observou-se que o processo de dragagem por atividade garimpeira, que se constitui na retirada do cascalho do leito do rio, se realizado de forma irregular e intensiva nas proximidades dos barrancos, causa aprofundamento do canal do rio e deposição em outros locais, ocasionando mudanças na dinâmica do rio. Como consequência, pode influir na aceleração do desmoronamento dos barrancos (FOTO B.IV. 21 e FOTO B.IV. 22). Portanto, essa atividade atua como elemento catalisador dos processos erosivos, de transporte e de assoreamento do rio. Esse efeito erosivo é observado com maior intensidade, principalmente, no trecho Jirau-Santo Antônio, onde deve ter tido uma maior movimentação tectônica de blocos, que refletiu no aumento do gradiente do rio, velocidade de fluxo e redirecionamento do comportamento da drenagem que tende a migrar para leste em alguns locais.



FOTO B.IV. 21 – Depósitos de areia fina e silte onde se observa, na base do pacote sedimentar, ao nível d'água, partes desmoronadas sem estruturação.



FOTO B.IV. 22 – Afloramento do ponto JG-129.

Desmoronamento de barranco do rio Madeira, constituído por cobertura sedimentar (argila, silte e areia) após a atividade de dragagem, para extração de ouro, nas proximidades.

Adicionalmente, no ponto JM-145 (trecho Morrinhos-Teotônio), segundo o proprietário do sítio local, o rio já recuou cerca de 50 metros nos últimos 16 anos, o que dá uma taxa de erosão do barranco de cerca de 3 metros/ano.

III. Voçorocamento nas margens do rio Madeira causado pela presença de fontes naturais e igarapés (aqüíferos livres):

As nascentes d'água ou pequenas fontes (aqüífero livre) atuam como agente erosivo, que, pelo seu fluxo constante, se encarregam de desagregar, erodir e transportar o sedimento dismantelado até a margem do rio ou até o corpo d'água. (FOTO B.IV. 23 e FOTO B.IV. 24) Este, por sua vez, transporta e deposita os sedimentos a jusante. Da mesma forma, os igarapés afluentes do rio Madeira atuam como agentes erosivos na sua desembocadura, desmoronando as camadas de sedimentos recentes depositadas pelo rio Madeira no início do período de vazante. (FOTO B.IV. 25)



FOTO B.IV. 23 – Voçorocamento do barranco do rio Madeira, com fluxo de detritos (solifluxão) em direção ao corpo de água do rio.



FOTO B.IV. 24 – Paisagem do mesmo afloramento da foto anterior, mostrando a erosão supracitada. Os sedimentos mais escuros (1) são depósitos atuais que recobrem parcialmente os sedimentos mais antigos (2).



FOTO B.IV. 25 – Erosão provocada pelas águas do igarapé, afluente do rio Madeira, as quais provocam a desestabilização das camadas sedimentares de base do pacote.

IV. Erosão causada pelo rio, mas acelerada pela ação antrópica (desmatamento nas margens e destruição das matas ciliares):

Embora não seja considerado um processo que cause forte erosão e aporte de sedimento ao rio, o desmatamento das margens deve ser levado em consideração. As áreas antropizadas, às margens do rio Madeira, são mais susceptíveis ao processo erosivo, principalmente aquelas áreas que implantaram a atividade pecuária. Geralmente, o barranco está em processo de recuo provocado pela ação das águas e pelo próprio pisoteio do gado, em sedimento e/ou solo descoberto de vegetação. Os sedimentos são predominantemente argilo-arenosos, por vezes siltosos, sobre os quais se desenvolvem ravinamentos, que dão o início ao processo erosivo. (FOTO B.IV. 26)



FOTO B.IV. 26 – Erosão provocada pela supressão da mata ciliar.

V. Erosão e deposição nas ilhas fluviais (barras de canal):

O processo erosivo do rio Madeira é verificado também em algumas ilhas constituídas por sedimentos predominantemente arenosos e areno-siltosos, depositados pelo próprio rio em épocas remotas. Atualmente, o rio Madeira está entalhando esses terrenos sedimentares mais antigos e, como consequência, gerando ilhas em função da migração do seu canal. (FIGURA B.IV. 9). Com isso, ocorre a erosão dos sedimentos das margens côncavas, os quais são depositados pelo processo de acrescentamento lateral nas margens convexas dos meandros seguintes. O acrescentamento lateral é responsável pela migração do canal e das barras de pontal, chegando, também, a preencher completamente o canal do rio, forçando-o a buscar outro local, por abandono daquele, para desenvolver seu fluxo normal das águas. Esse abandono gradual do leito antigo chamado, tecnicamente, de “atalho em corredeira”, quando o canal passa a ocupar antigos locais de sedimentação.

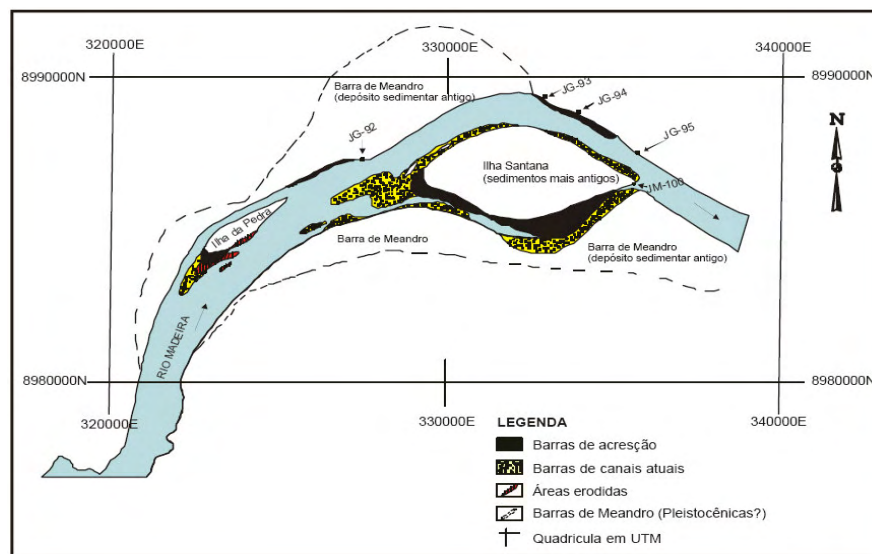


FIGURA B.IV. 9 – Ilha Santana, a jusante do Jirau.

Observam-se os processos de erosão e sedimentação bastante proeminentes e ativos, analisados a partir do estudo de imagem de radar (1972) e imagem de satélite (2002).

Ainda em relação à figura acima, levando-se em conta as áreas acrescidas (barras de acreção e barras de canais atuais), verificou-se que o ganho em área na ilha Santana, durante o período de 1972 a 2002 (30 anos), foi de 455 ha, enquanto, na ilha das Pedras, o ganho em área foi de 72 ha. Portanto, calculando-se a média anual na taxa de sedimentação da ilha Santana como exemplo, chega-se ao valor de 15 ha/ano ou 0,15 km²/ano.

A foz do rio Jaci-Paraná é uma área que vem sendo erodida ao longo do tempo, conforme pode ser observado na FIGURA B.IV. 10. O rio Madeira, na sua margem direita junto à foz do rio Jaci-Paraná, erodiu o barranco em torno de 200 metros (30 hectares) durante o período de 30 anos, ou seja, uma erosão de 6 a 7 metros lineares ao ano ou aproximadamente 0,01km²/ano. Por sua vez, na ilha Niterói (FIGURA B.IV. 11), o processo de sedimentação foi bastante ativo nesse mesmo período e, como consequência, resultou num aumento de área de aproximadamente 343 hectares, correspondendo a uma taxa de sedimentação de 11,5 ha/ano ou 0,11km²/ano.

Salienta-se, entretanto, que esses dados devem ser utilizados com certa reserva, uma vez que a estimativa da taxa de erosão e sedimentação foi realizada em imagens de radar e satélite num período de tempo de 30 anos, sem haver acompanhamento, ano a ano, dos referidos processos.

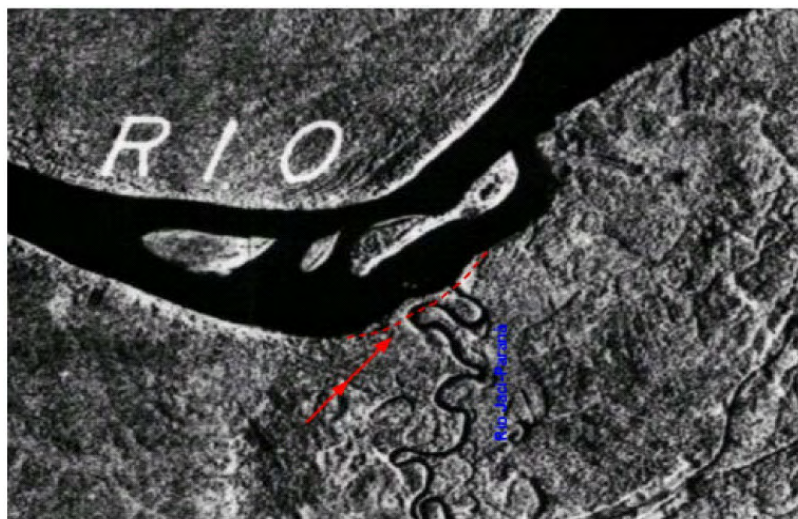


FIGURA B.IV. 10 – Imagem de radar (1972) mostrando a confluência do rio Jaci-Paraná com o rio Madeira. A linha tracejada representa a área que foi erodida pelo rio Madeira.



ESCALA: 1:55.000

FIGURA B.IV. 11 – Imagem de satélite (08/2000) mostrando, na linha vermelha, o limite da margem antiga do rio Madeira e, também, o seccionamento do canal do rio Jaci pelo rio Madeira.

Os polígonos em amarelo representam áreas acrescidas pelos sedimentos finos à ilha Niterói.

Portanto, pelas ilustrações acima, aliadas aos dados obtidos em campo, argumenta-se que o rio Madeira está, atualmente, na área estudada, com o processo de sedimentação preponderando sobre o processo erosivo. Destaca-se, ainda, que a sedimentação atual está condicionada, basicamente, nas margens e leito do rio e, muito raramente, na planície de inundação, uma vez que o rio Madeira apresenta, na sua morfologia, percurso predominantemente retilíneo e vale encaixado.

A sedimentação atual mostra uma dinâmica associada às fases de cheia e vazante do rio. Quando o rio está na fase de subida das águas no seu canal, carrega uma quantidade maior de sedimentos, os quais se depositam logo no início da vazante, ou seja, quando as águas começam a baixar. A partir daí, os depósitos sedimentares localizados nas margens e nas ilhas do rio adquirem uma certa estabilidade temporária, incluindo o desenvolvimento de vegetação do tipo gramíneas, predominantemente, que auxiliam na fixação dos sedimentos às margens do canal. Com a retomada do ciclo das chuvas e a conseqüente subida do nível das águas do rio, esses sedimentos depositados no ciclo anterior são parcialmente erodidos e carregados pelas águas do rio, depositando-se em outras áreas de quebra de energia. Portanto, é um processo cíclico que acontece com os depósitos sedimentares do rio Madeira, restando poucas áreas com sedimentos estáveis que perduram por longos períodos temporais.

1.2.2 Geomorfologia

No presente capítulo serão abordadas as informações coletadas nos trabalhos de campo abrangendo a Área de Influência Direta do AHE de Jirau.

O desenvolvimento desses estudos permitiu a elaboração do mapa geomorfológico (Desenho 6315-RT-G91-016) em escala de maior detalhe (1:100.000), favorecendo a delimitação de todos os relevos residuais de grande porte (principalmente *inselbergs*, morros-testemunho, *tors* e platôs lateríticos), os quais foram classificados como unidades individualizadas. As superfícies de aplanamento foram reclassificadas segundo o grau de dissecação submetido, diferindo da forma apresentada pelos trabalhos anteriores. Assim sendo, as superfícies de aplanamento conservadas apresentam baixo grau de dissecação; as superfícies de aplanamento retocadas (FOTO B.IV. 27) apresentam médio grau de dissecação e as superfícies de aplainamento degradadas apresentam alto grau de dissecação.

Essa dissecação pronunciada, muitas vezes, pode imprimir ao relevo um padrão ondulado de colinas baixas intercaladas com reduzidas áreas planas e desnivelamentos muito baixos que variam entre 10 e 20 metros e declividades inferiores a 5° (FOTO B.IV. 28)



FOTO B.IV. 27 – Superfície de aplanamento moderadamente dissecada com um relevo plano a muito suavemente ondulado e uma baixa densidade de drenagem. Vicinal Jirau.



FOTO B.IV. 28 – Superfície de aplanamento francamente dissecada, por vezes, desfeita em uma superfície colinosa com desnivelamentos modestos, inferiores a 10 metros. Apresenta um relevo suavemente ondulado e uma densidade de drenagem moderada. Vicinal Rio Cotia.

Na bacia do Baixo Mutum - Paraná e tributários menores que desembocam diretamente no rio Madeira, são identificadas, esporadicamente, áreas aplainadas com ocorrência moderada de *inselbergs*, *hillocks* e *tors* ou superfícies tabulares em forma de platôs entre as localidades de Mutum-Paraná e Jirau.

Os platôs consistem em superfícies estruturais e são controlados pelo acamamento dos arenitos arcoseanos da Formação Palmeiral, por vezes, capeados por uma crosta detrítico-laterítica (FOTO B.IV. 29). As superfícies tabulares identificadas em campo apresentam, em

geral, desnivelamentos entre 30 a 50 metros acima das superfícies de aplainamento, de topos planos e rebordos erosivos bem marcados.



FOTO B.IV. 29 – Platô sustentado por crosta detrítico-laterítica (ferricrete) capeando arenitos arcoseanos da Formação Palmeiral.

Estas feições apresentam desnivelamentos entre 30 e 50 metros e vertentes declivosas de 10 a 25°. Localiza-se na BR-364, entre as localidades de Jirau e Mutum-Paraná.

Na margem esquerda do rio Madeira, uma expressiva área está inserida na Área de Influência Direta do AHE Jirau. Nesse sentido, o detalhamento conferido pelo mapeamento geomorfológico em escala de 1:100.000 procurou individualizar melhor os limites entre as superfícies aplanadas e os terrenos elevados, ressaltando a interpenetração daquelas sobre os relevos serranos. Assim sendo, foi registrado um predomínio de morros e montes residuais rochosos ou providos de uma delgada cobertura de solos (*hillocks* e *inselbergs*) sobre as áreas delimitadas como agrupamentos densos de colinas e morros sem controle estrutural. Por outro lado, nas áreas previamente delimitadas como agrupamentos densos de colinas e morros com controle estrutural, foi registrado um diversificado conjunto de formas de relevo, tais como: pequenos platôs escarpados (semelhante à serra dos Três Irmãos), junto à margem do rio Madeira; serras baixas alinhadas em cristas; antigos platôs dissecados e desfeitos em agrupamentos de morros e morrotes e morros residuais isolados sob forma de morros-testemunho ou, simplesmente, *inselbergs*.

Destaca-se ainda um extenso alinhamento serrano degradado e parcialmente desfeito em morrotes alinhados, marcando um importante lineamento estrutural E-W e que atravessa o rio Madeira na cachoeira do Jirau, controlando, portanto, esse nível de base local (FIGURA B.IV. 12). Esse alinhamento, classificado como uma frente de *cuesta* (S.4.1.1), pelo ZSEE-RO (1999), está sendo redefinido como alinhamento estrutural de morros e colinas – S.3.23.

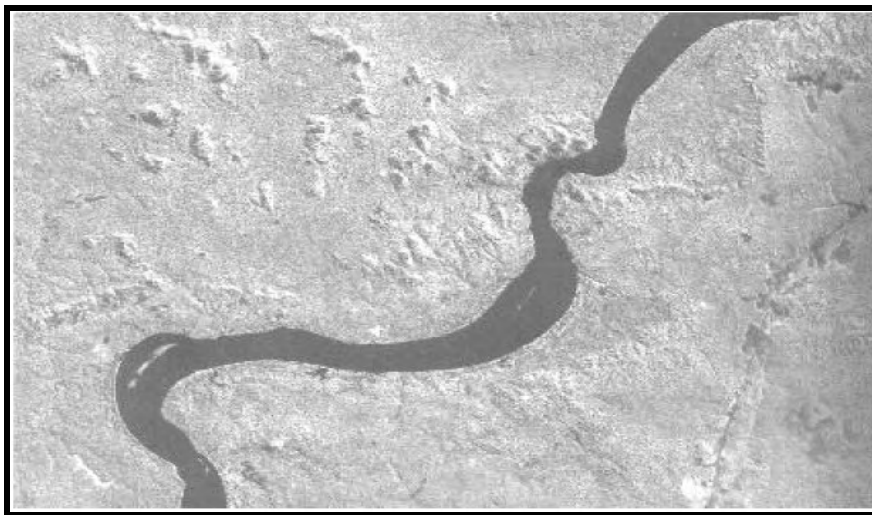


FIGURA B.IV. 12 – Lineamento Estrutural E-W seccionando a cachoeira do Jirau.
Imagem TM Landsat 5, Banda 4, ano 1984, Escala 1:100.000

Segundo esse mesmo mapeamento, o piso regional está também associado à ocorrência da superfície de aplanamento entre as cotas de 200 e 300 metros (denominada regionalmente como superfície de aplainamento - nível II), apresentando graus de dissecação variando entre baixo e média e ausência de relevos residuais, tais como *inselbergs*, *hillocks* e *tors*. Esses relevos residuais são mapeados em forma de agrupamentos densos de colinas e morros sem controle estrutural (quando esculpidos nos granitos São Lourenço-Caripunas) ou agrupamentos densos de colinas e morros com controle estrutural (quando esculpidos nos arenitos ortoquartzíticos).

Uma feição geomorfológica importante na área estudada está representada pela Bacia do Abunã, caracterizada, por sua vez, pelo domínio de vastas áreas planas e alagáveis. Nesse sentido, tornou-se possível individualizar duas formações fitoecológicas específicas e diretamente influenciadas pelas condições de relevo e drenagem dos solos: os campos hidrófilos e os umirizais. Os campos hidrófilos, constituídos por campinas com buritis, consistem em zonas embrejadas com nível freático subaflorante. Segundo relatos de moradores locais, essa vegetação graminosa ficaria alagada durante toda a estação chuvosa (em torno de 4-6 meses). Essa condição geoecológica específica determinada pelo excesso de água no ambiente impossibilita o desenvolvimento da floresta tropical, favorecendo o estabelecimento dessa vegetação pioneira.

O umirizal consiste numa formação vegetal singular na região, caracterizada por uma fisionomia de mata baixa e raquítica de porte arbustivo ou arbóreo-arbustivo e caules finos, não ultrapassando 10 metros de altura. Essa fisionomia dessa mata decorre do *stress* hídrico a que essa vegetação é submetida. Moradores locais relatam o alagamento do umirizal durante 2 a 3 meses no auge da estação chuvosa. É importante destacar ainda que esses moradores abandonam suas residências, localizadas nessa planície, durante o período de inundação.

Considerando que toda a área dos terraços fluviais da Bacia Sedimentar do Abunã consiste numa zona mais baixa ao longo do vale do rio Madeira (FOTO B.IV. 30), sugere-se que toda

esta área seja incluída na Área de Influência Direta do AHE Jirau, devido a sua proximidade com a futura barragem e à considerável vulnerabilidade à inundação em toda a bacia. Uma expressiva parcela da Bacia Sedimentar do Abunã é recoberta pela floresta aluvial que ocupa as porções elevadas e mais bem drenadas do Terraço Alto definido pelo ZSEE-RO (1999). Essa formação florestal distingue-se nitidamente do umirizal por apresentar um notável desenvolvimento de uma floresta pujante, com espécies de caules grossos e mais de 30 metros de altura. As áreas deprimidas ocupadas pelo umirizal e, principalmente, pelas campinas com buritis (campos hidrófilos), são bem menos expressivas.

Grande parte dessa bacia está inserida na Área de Influência Direta do AHE Jirau. Dessa forma, o detalhamento conferido pelo mapeamento geomorfológico em escala de 1:100.000 concentrou esforços em promover um zoneamento fitogeomorfológico, subdividindo o terraço fluvial em três zonas: depressões embrejadas recobertas por campinas com buritis; depressões embrejadas recobertas por umirizal e terraços fluviais recobertos por floresta aluvial. Esse mosaico produzido pela vegetação reflete ligeiras variações de cota do terraço fluvial e determina redelimitação da Área de Influência Direta inserida no mapa geomorfológico.



FOTO B.IV. 30 – Contato morfológico entre a superfície pediplanada e a Bacia Sedimentar de Abunã, embutida numa superfície aproximadamente 20 metros abaixo do piso das superfícies aplainadas. Antiga estrada Guajará Mirim–Abunã

1.2.2.1 Gênese e Evolução Morfodinâmica do Relevo

De uma forma genérica, pode-se estabelecer que a morfologia do relevo de toda a seção do vale do rio Madeira, compreendido entre as localidades de Porto Velho e Abunã, caracteriza-se por uma superfície marcada por uma longa fase de denudação, erosão e aplanamento. Esse fato é documentado pelo amplo domínio espacial das superfícies de aplanamento.

Assim sendo, pode-se considerar que a região em apreço experimentou, pelo menos ao longo do Terciário Superior e Quaternário, uma longa fase de baixa atividade tectônica e intensa atividade erosiva que permitiu a elaboração de uma superfície de aplanamento bem desenvolvida e espraiada.

Partindo de uma abordagem genética, a partir da qual, as superfícies de aplanamento seriam originadas pelo recuo lateral progressivo das vertentes e geração de pedimentos e pediplanos (King, 1953; Bigarella *et al.*, 1965), os baixos platôs podem ser associados à Superfície Velhas, ao se estabelecer uma possível analogia para a Amazônia das análises elaboradas por King (1956) e Braun (1971) no Sudeste e Centro-Oeste brasileiros. Considerando esta premissa, o vasto pediplano observado na região norte de Rondônia poderia ser correlacionado ao pediplano Pd1 (Bigarella *et al.*, 1965) ou à Superfície Interplanáltica (Ab'Saber, 1972).

O topo dos morros testemunhos sustentados pelos arenitos da Formação Palmeiral e dos baixos platôs não dissecados e protegidos por crostas detritico-lateríticas representam um marco fisiográfico de grande relevância para a compreensão da evolução geomorfológica dessas áreas aplanadas e florestadas em Rondônia. Observa-se, em campo, a ocorrência esporádica e fragmentada dessas superfícies.

Essas superfícies tabulares dos baixos platôs são, em geral, truncadas por rebordos erosivos com desníveis que variam entre 20 e 50 metros, abaixo das quais se desenvolve uma extensa superfície mais recente, o pediplano, com uma ampla distribuição espacial. Esses rebordos erosivos são, via de regra, demarcados por cornijas resistentes à erosão, oriundas do afloramento da couraça ferruginosa. (FOTO B.IV. 31); portanto, os baixos platôs destacam-se na paisagem por erosão diferencial. O pediplano, por sua vez, caracteriza-se por extensas superfícies planas a suavemente onduladas marcadas por incipiente entalhamento fluvial moderno, por vezes, mais ou menos expressivo. Mello *et al.* (1978) conferem uma idade neopleistocênica para o referido pediplano. Por sua vez, os dados contemplados pelo ZSEE-RO (1999) preferem não arriscar considerações genéticas, preferindo, simplesmente, denominá-las de “superfícies de aplanamento”.



FOTO B.IV. 31 – Detalhe dos platôs sustentados por cornijas de couraças lateríticas dezenas de metros acima do piso regional representado pelas superfícies de aplanamento. Vicinal Jirau.

Todavia, devido a sua extensão e grau de desenvolvimento, essa ampla superfície aplanada deve ter sido gerada durante todo o Cenozóico Superior (Neógeno), pois o Neopleistoceno é um período geológico muito breve para o aplanamento avançado de uma vasta superfície de erosão, conforme já sugerido pela literatura (Young, 1983; Twidale, 1998; dentre outros).

Assim sendo, considera-se que a superfície de aplanamento que abrange grande parte de área de estudo seja correlacionada às Superfícies Velhas postuladas por King (1956), de idade Plio-Pleistocênica.

Entretanto, o modelo clássico de evolução geomorfológica através de processos de pediplanação e pedimentação pressupõe um padrão erosivo comandado por processos de desagregação mecânica e recuo a remontante das encostas sob um regime climático dominante que oscilaria entre o semi-úmido e semi-árido. Apesar da comprovada ocorrência de paleoclimas mais secos na Amazônia durante o Quaternário, é inegável a marcante influência do intemperismo químico em ambiente quente e úmido que impera na região. Assim sendo, dificilmente se poderia explicar a evolução geomorfológica da área em apreço evocando, apenas, a geração de pediplanos em clima semi-úmido.

Thomas (1994) destaca a importância do intemperismo químico na evolução do modelado do relevo em regiões tropicais úmidas, onde podem ser registrados perfis de alteração com espessuras superiores a 50 metros. Assim pode-se sugerir um predomínio de processos de etchplanação (Büdel, 1982) durante a vigência de climas úmidos na Amazônia. Nesse sentido, os processos de etchplanação teriam, também, um importante papel na evolução do relevo regional, em detrimento de uma hipótese de evolução comandada exclusivamente por processos de pediplanação, conforme defendido pela literatura clássica, seguindo o modelo de King (1956), como propuseram Mello *et al.* (1978).

De acordo com o modelo de evolução por etchplanação proposto, originalmente, por Büdel, as superfícies seriam rebaixadas progressivamente por meio de uma lenta denudação das superfícies de aplanamento, condicionadas por um progressivo rebaixamento do nível de base. Esse rebaixamento estaria controlado pela velocidade do intemperismo químico (contato entre rocha sã e rocha alterada).

As evidências frequentes de processos de ferruginização e laterização, tanto ao longo dos canais (os mcururus) quanto nas superfícies aplanadas (as crostas lateríticas), reforçam o argumento de que a elaboração do modelado do relevo, ao longo do Cenozóico, decorre de uma intensa atuação do intemperismo químico durante fases climáticas alternadas, úmidas e semi-úmidas, conforme registrado pela literatura (Van der Hammen *et al.*, 1994; dentre muitos outros).

Na Amazônia, são identificados, regionalmente, dois eventos de laterização (Costa, 1991): o primeiro, mais antigo, caracteriza-se por crostas lateríticas maduras, com desenvolvimento de horizonte aluminoso (bauxítico), de um horizonte ferruginoso e concrecionário e no topo, um Latossolo Amarelo argiloso de cobertura, denominado de “Argila de Belterra”, sendo resultante do intemperismo moderno; o segundo, mais recente, caracteriza-se por crostas lateríticas imaturas, com desenvolvimento similar ao das lateritas maduras, porém, incompleto, sem a elaboração do horizonte aluminoso. Horbe *et al.* (2001) procedem a uma interessante associação entre eventos de laterização e superfícies de aplanamento na região de Balbina, Estado do Amazonas. Assim, os autores correlacionam as crostas lateríticas maduras à Superfície Sul-Americana, datada do Terciário Inferior (Paleógeno). As crostas lateríticas imaturas, por sua vez, seriam correlacionadas à Superfície Velha, datada do Terciário Superior (Neógeno).

Na área de estudo, é observado apenas o desenvolvimento de crostas ferruginosas incipientes, sem a elaboração do horizonte aluminoso. Portanto, segundo as considerações avaliadas anteriormente, as crostas lateríticas do entorno do rio Madeira são imaturas; portanto, correlacionadas ao Terciário Superior.

Em síntese, os esparsos topos dos baixos platôs de aproximadamente 20 m de desnivelamento, sustentados pelas couraças lateríticas, representam o nível original das Superfícies Velhas. O extenso pediplano, alojado em um nível inferior, demonstra uma retomada da erosão e do rebaixamento do relevo durante o Pleistoceno.

Os *inselbergs*, *hillocks* e *tors* identificados pelo ZSEE-RO (1999) sobre as vastas superfícies aplanadas do norte de Rondônia consistem em relevos residuais que resistiram ao longo processo de denudação, erosão e aplanamento que modelou tal superfície. Esses relevos residuais, em grande maioria, se destacam no relevo por erosão diferencial. Litologias mais resistentes ao intemperismo químico e à erosão podem gerar tais feições. Contudo, alguns remanescentes também podem originar-se localmente, por soerguimento tectônico.

Entretanto, mesmo os relevos residuais, ao longo do tempo geológico, tendem a ser desmantelados e ajustados ao nível de base das superfícies aplanadas, caso não ocorra um novo movimento tectônico. Esse processo de desmonte e arrasamento dos relevos residuais é claramente visível em campo, podendo-se distinguir fases distintas de evolução, conforme as

dimensões e características dos relevos remanescentes: os *inselbergs* consistem em imponentes montes isolados que se destacam topograficamente dos pediplanos por meio de vertentes abruptas e rochosas e desnivelamentos locais superiores a 100 m; os *hillocks*, por sua vez, são bem menores e menos imponentes que os *inselbergs*, demonstrando um acentuado rebaixamento erosivo (FOTO B.IV. 32). Essas feições consistem em



FOTO B.IV. 32 – Hillocks. Relevos residuais em forma de morrotes que apresentam um espesso manto de alteração e uma grande quantidade de blocos. Consistem em formas isoladas nas vastas superfícies pediplanadas. Situa-se na BR-364 próximo à localidade de Mutum-Paraná.

pequenos morros e morrotes isolados com vertentes acentuadas, ora rochosas, ora recobertas por um manto de solo e blocos resultantes do desmonte do *páleo-inselberg*. De qualquer forma, os *hillocks* também se ressaltam no relevo, contudo com desnivelamentos locais que não ultrapassam os 50 m; os *tors* consistem num relevo residual rochoso de dimensão bem mais modesta, não ultrapassando os 20 m de desnivelamento. Apresenta-se, em geral, como um grande afloramento rochoso, bastante fraturado e fragmentado em blocos, sem a presença de matriz de solo. Representa um estágio avançado de desmantelamento do *inselberg*; o

arrasamento final dos *inselbergs* ocorre através da destruição completa dos *tors* e a formação do caos de blocos. O caos de blocos apresenta-se na paisagem como um conjunto de blocos, de dimensões decimétricas a métricas, imersos nas superfícies aplainadas com uma distribuição aleatória, sem controle algum do substrato rochoso. Aparentemente, o caos de blocos poderia representar um material alóctone, mas são gerados *in situ*, resultantes do desmonte final dos relevos residuais.

1.2.3 Hidrologia

1.2.3.1 Regime Fluvial

O trecho do rio Madeira objeto do presente estudo apresenta-se com uma boa cobertura de dados fluviométricos, com informações hidrológicas abrangendo um período histórico longo que permite uma boa caracterização de seu regime fluviométrico.

O regime fluvial do rio Madeira caracteriza-se por apresentar períodos de cheia e de recessão bem definidos. De maneira geral, o início da subida do hidrograma ocorre durante os meses de outubro/novembro, atingindo seu pico durante os meses de março/abril, quando tem início a recessão que se estende até setembro/outubro.

O trimestre com menor vazão compreende os meses de agosto a outubro, com as mínimas vazões ocorrendo, predominantemente, no mês de setembro.

Série de Vazões Médias Mensais no Local do AHE Jirau:

A série de vazões do rio Madeira no local do AHE Jirau foi obtida tomando por base a série do posto de Porto Velho, transferida para o local do aproveitamento pela relação entre as áreas de drenagem do local e a do posto de Porto Velho.

As áreas de drenagem foram obtidas diretamente nos mapas disponíveis, onde os valores encontrados para cada um dos locais foram os seguintes:

- Porto Velho: 988.997 km²
- AHE Jirau: 972.710 km²

A TABELA B.IV. 4 mostra as vazões médias mensais no local do AHE Jirau para o período completo, de 1931 a 2001, enquanto que a TABELA B.IV. 5 apresenta as principais estatísticas da série. A TABELA B.IV. 6 e a FIGURA B.IV. 13 apresentam a curva de permanência de vazões médias mensais.

TABELA B.IV. 4 –Rio Madeira em AHE Jirau - Série de Descargas Médias Mensais (m³/s)-AD =972.710 km²

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1931	13.385	21.277	27.492	20.591	14.699	9.745	6.504	4.372	4.336	11.593	12.631	16.193	13.568
1932	28.030	29.803	33.467	27.694	21.748	15.147	11.849	8.819	6.935	7.932	9.894	12.393	17.809
1933	22.060	27.665	28.831	25.441	16.878	11.037	7.327	5.249	4.211	5.131	7.147	11.989	14.414
1934	33.050	40.130	38.442	39.148	21.967	14.473	9.472	6.535	6.079	7.342	13.581	17.654	20.656
1935	22.360	24.043	43.395	32.358	19.131	14.365	9.786	6.874	5.299	5.398	9.813	11.581	17.034
1936	19.434	20.782	22.432	21.330	13.860	9.444	6.238	4.354	4.722	6.000	9.196	19.575	13.114
1937	37.863	27.492	38.839	29.002	23.477	15.253	10.244	7.011	6.613	7.932	10.630	13.896	19.021
1938	30.449	28.650	26.658	21.403	15.053	11.193	7.624	5.215	4.566	5.431	8.522	13.189	14.830
1939	18.913	28.859	38.339	29.747	18.727	14.793	13.263	9.975	8.987	9.472	11.284	18.716	18.423
1940	31.201	37.158	45.565	32.194	27.463	18.880	13.312	9.745	8.379	8.422	9.772	10.985	21.090
1941	20.549	23.385	27.925	22.690	14.947	10.097	7.815	6.079	4.945	6.597	11.951	17.688	14.556
1942	27.752	35.912	42.288	31.413	18.956	12.768	8.522	5.871	6.782	10.444	16.124	24.124	20.080
1943	30.411	26.463	33.800	23.942	16.957	12.167	8.135	5.464	3.975	4.566	5.758	8.763	15.034
1944	19.380	32.258	30.514	25.934	18.077	12.393	8.193	5.464	4.478	5.839	10.906	21.414	16.238
1945	22.874	25.816	28.992	24.646	17.194	11.323	7.491	4.996	4.085	5.148	6.628	8.664	13.988
1946	15.708	23.902	23.059	17.966	17.610	16.878	12.942	6.782	5.481	5.415	6.175	9.581	13.458
1947	15.335	21.894	32.358	31.643	22.257	14.041	9.636	6.782	6.551	11.245	19.758	27.857	18.280
1948	36.599	32.322	33.575	24.415	18.551	13.348	9.486	6.767	5.823	8.536	15.335	30.215	19.581
1949	44.056	33.755	35.992	37.603	20.229	14.675	10.284	7.011	5.628	9.403	17.643	24.576	21.738
1950	33.385	27.982	42.154	28.202	18.606	12.368	8.293	5.726	4.030	4.425	6.000	12.768	16.995
1951	23.171	28.307	46.710	28.945	26.121	16.445	10.945	7.297	6.032	6.767	13.678	27.376	20.150
1952	29.002	34.321	34.375	23.983	15.778	9.334	7.342	5.148	3.809	4.705	6.674	16.616	15.924
1953	22.823	28.059	33.845	28.850	24.003	14.864	9.854	6.705	6.175	8.077	15.801	33.593	19.387
1954	26.950	30.941	33.177	25.915	21.130	15.382	10.298	6.965	5.448	4.757	7.432	16.205	17.050
1955	22.195	35.868	33.944	36.844	24.134	15.997	10.617	7.312	6.048	6.332	8.178	13.299	18.397
1956	19.163	23.679	36.555	27.308	20.357	14.651	10.656	7.312	5.382	5.726	7.859	13.263	15.993
1957	28.135	28.088	29.831	28.365	21.256	14.473	9.636	7.011	5.758	6.095	8.777	14.125	16.796
1958	17.262	22.029	23.619	24.385	19.445	12.706	9.196	6.582	5.030	5.431	9.001	16.032	14.226
1959	23.669	29.916	28.049	25.570	22.577	14.947	9.894	8.005	6.904	8.621	13.860	16.159	17.348
1960	17.788	21.894	23.710	21.424	16.009	11.374	7.742	5.645	4.318	5.677	8.875	19.564	13.668
1961	23.872	36.800	34.955	27.992	22.133	15.440	10.137	6.705	5.047	6.111	8.508	17.430	17.928
1962	26.629	36.739	28.888	27.299	22.288	14.971	9.948	6.996	7.801	9.320	12.356	22.823	18.838
1963	23.079	23.669	20.517	18.727	13.459	11.888	8.250	5.628	4.103	3.622	4.826	9.376	12.262
1964	13.324	17.486	23.862	18.891	21.014	16.844	13.678	9.568	7.222	11.581	16.251	20.687	15.867
1965	19.930	20.655	41.340	31.790	21.225	14.675	10.669	7.550	5.807	6.843	10.945	14.293	17.144
1966	19.693	29.465	26.140	23.487	17.955	13.908	9.444	6.442	5.823	5.726	7.815	10.590	14.707
1967	13.678	19.618	22.638	23.304	16.639	11.865	6.695	5.085	3.749	3.986	7.595	9.786	12.053
1968	13.394	23.868	32.208	25.379	13.545	6.959	4.782	3.670	4.874	4.834	7.213	11.663	12.699
1969	22.241	25.122	25.154	24.213	15.289	11.967	7.649	4.877	4.318	10.998	6.480	13.431	14.312
1970	16.430	22.072	27.787	27.767	23.319	17.000	9.666	5.450	4.802	4.792	6.106	9.516	14.559
1971	18.561	28.729	32.197	26.192	17.176	10.110	7.706	4.694	4.249	6.456	8.977	14.661	14.976
1972	19.588	26.954	33.921	33.723	22.640	16.261	8.813	7.543	9.736	10.303	9.577	19.458	18.210
1973	23.934	32.735	37.055	35.820	27.274	20.398	12.991	8.759	6.658	6.771	12.579	20.226	20.433
1974	28.870	34.265	40.363	34.674	27.789	18.839	11.770	7.486	5.329	5.919	10.484	13.338	19.927
1975	21.191	30.262	35.766	33.285	24.267	16.652	12.787	6.758	4.876	7.574	8.409	17.563	18.283
1976	26.309	34.604	37.777	34.415	26.187	17.735	9.398	5.272	4.491	4.789	8.103	12.518	18.466
1977	24.460	28.445	38.674	34.858	28.154	18.920	11.999	7.484	5.793	7.439	12.710	19.135	19.839
1978	26.353	32.240	38.795	33.069	24.684	17.575	12.505	5.917	3.740	4.545	8.108	20.106	18.970
1979	29.340	34.883	36.872	39.926	32.838	21.195	11.619	6.368	5.135	5.250	6.794	10.942	20.097
1980	20.081	25.731	33.566	34.403	27.427	22.396	13.398	8.111	7.181	8.159	9.026	12.239	18.477

TABELA B.IV. 4-Rio Madeira em AHE Jirau Série de Descargas Médias Mensais(m³/s)-AD =972.710 km²
(continuação)

ANO	IAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1981	17.891	28.064	35.011	34.981	28.492	23.346	11.946	6.087	4.591	7.017	12.591	19.502	19.127
1982	29.516	36.119	41.484	44.887	37.542	26.933	19.261	10.752	6.741	12.082	18.113	22.416	25.487
1983	25.074	30.239	34.208	30.507	29.779	23.974	20.796	12.910	6.674	5.629	8.513	13.046	20.112
1984	24.775	33.307	40.462	46.294	38.826	26.308	16.211	8.053	5.368	5.632	15.007	20.909	23.429
1985	28.733	33.470	34.240	34.866	32.885	23.307	14.488	10.414	7.381	8.667	12.335	16.234	21.419
1986	25.057	34.746	41.209	43.261	33.863	26.208	17.203	11.054	9.122	10.156	8.831	17.401	23.176
1987	25.949	30.973	27.865	23.682	22.051	14.022	8.379	5.795	4.165	5.195	10.632	20.690	16.616
1988	25.559	31.887	34.460	39.487	30.812	21.701	12.964	6.201	3.828	4.162	5.714	9.919	18.891
1989	21.427	28.295	31.679	30.811	23.907	15.355	10.549	6.085	5.780	5.095	6.422	10.172	16.298
1990	20.894	27.702	28.565	24.388	22.237	18.588	12.621	6.634	5.348	6.640	14.880	19.348	17.320
1991	26.970	33.600	35.535	33.633	25.597	19.558	12.064	7.886	5.997	7.070	10.810	15.876	19.550
1992	24.907	26.456	37.422	35.941	31.816	24.172	19.976	10.242	12.401	15.201	16.478	22.512	23.127
1993	30.239	38.598	42.023	42.855	32.341	19.984	11.131	7.585	6.965	6.809	12.351	19.065	22.496
1994	24.764	32.077	33.214	33.377	25.404	14.989	8.844	5.924	3.591	5.427	13.377	20.854	18.487
1995	25.499	28.471	35.815	34.281	24.126	14.770	8.756	6.984	3.700	3.717	5.374	13.566	17.088
1996	18.786	27.954	29.262	31.051	20.505	14.010	8.513	4.608	4.642	6.060	13.710	17.005	16.342
1997	24.389	32.052	42.458	43.479	33.325	22.922	13.934	7.954	4.917	6.702	9.595	16.895	21.552
1998	21.378	23.842	32.889	33.625	21.290	12.028	7.187	4.616	4.327	6.025	13.713	20.872	16.816
1999	26.167	33.374	33.734	32.628	22.293	14.272	10.178	5.241	3.676	4.204	5.809	13.459	17.086
2000	19.124	25.228	30.494	27.098	18.794	13.671	8.711	5.547	6.237	4.484	9.633	15.578	15.383
2001	23.640	32.297	40.271	34.914	25.213	17.844	10.435	6.502	4.399	5.440	11.308	16.703	19.080
MÍNIMA	13.324	17.486	20.517	17.966	13.459	6.959	4.782	3.670	3.591	3.622	4.826	8.664	3.591
MÉDIA	23.868	29.095	33.644	30.200	22.727	15.889	10.573	6.824	5.597	6.830	10.379	16.618	17.687
MÁXIMA	44.056	40.130	46.710	46.294	38.826	26.933	20.796	12.910	12.401	15.201	19.758	33.593	46.710

TABELA B.IV. 5 – Rio Madeira em AHE Jirau

Estatísticas	Valores
Extensão da Amostra (meses)	852
Máxima Descarga Média Mensal (m³/s)	46.710
Média Descarga Média Mensal – QMLT (m³/s)	17.687
Mínima Descarga Média Mensal (m³/s)	3.591
Desvio-Padrão (m³/s)	10.590
Coefficiente Variação	,599

TABELA B.IV. 6 – Rio Madeira em AHE Jirau - Curva de Permanência de Descargas Médias Mensais

Permanência(%)	Vazões (m³/s)	Permanência (%)	Vazões (m³/s)
0	46.710	50	15.382
5	36.599	55	13.678
10	33.470	60	12.239
15	30.514	65	10.484
20	28.030	70	9.403
25	25.915	75	8.103
30	23.868	80	7.011
35	22.029	85	6.238
40	19.693	90	5.628
45	17.654	95	4.789
50	15.382	100	3.591

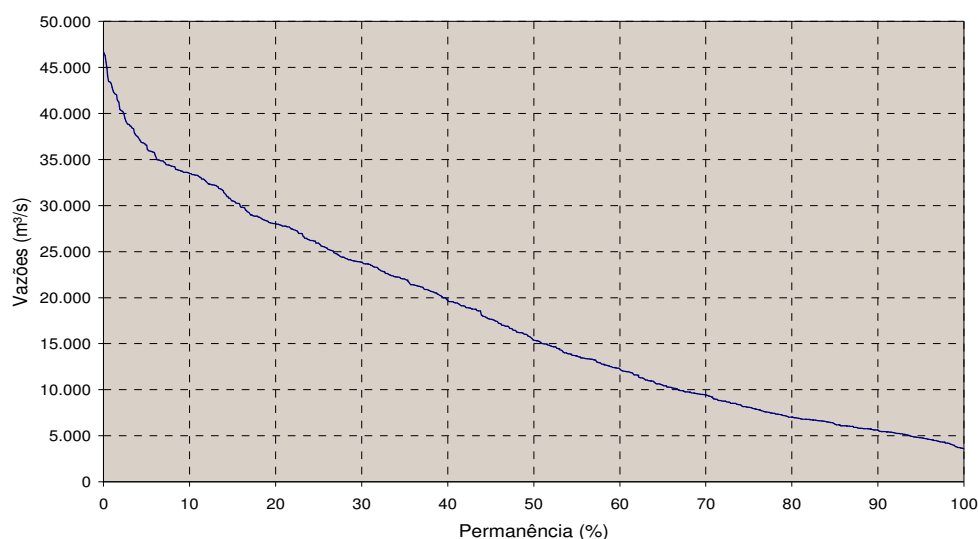


FIGURA B.IV. 13 – Rio Madeira em AHE Jirau - Curva de Permanência de Descargas Médias Mensais.

Vazões Extremas:

Os estudos de vazões extremas foram realizados considerando dois períodos: cheias anuais e estiagem. Os resultados obtidos com as cheias máximas anuais, relativas ao ano hidrológico que se estende de outubro de um ano civil a setembro do ano seguinte, foram utilizados para dimensionamento do vertedouro e das estruturas de desvio, enquanto os resultados com dados do período de estiagem, num mesmo ano civil, serviram também para os estudos de desvio, para os estudos de remanso, além do planejamento da construção.

As vazões de cheias máximas diárias associadas a diversas recorrências, anuais no ano hidrológico e no período de junho a novembro, estimadas para o rio Madeira em Porto Velho, com 5% de intervalo de confiança, foram transferidas para o local do AHE Jirau através da relação de áreas de drenagem ($k = 0,984 = 972.710 / 988.997$) e são apresentadas na TABELA B.IV. 7.

A TABELA B.IV. 8 apresenta as cheias máximas instantâneas com 5% de intervalo de confiança associadas a diversas recorrências, anuais no ano hidrológico e no período de junho a novembro, estimadas para o rio Madeira em AHE Jirau, através da aplicação da Equação de Fuller.

TABELA B.IV. 7 – Rio Madeira em AHE Jirau - Cheias Máximas Médias Diárias Associadas a Diversas Recorrências (m³/s) com 5% de Intervalo de Confiança

TR (anos)	Anual	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Jun - Nov
5	43.419	28.371	19.619	12.228	9.803	12.114	17.901	28.897
10	46.836	32.584	22.756	14.311	12.182	14.370	20.905	33.103
20	50.152	36.673	25.800	16.331	14.582	16.560	23.822	37.185
25	51.208	37.974	26.770	16.975	15.357	17.258	24.750	38.486
50	54.470	41.995	29.763	18.962	17.766	19.412	27.618	42.501
100	57.715	45.995	32.742	20.939	20.179	21.555	30.472	46.497
150	59.610	47.045	33.524	22.094	21.591	22.806	31.222	47.546
200	60.954	49.986	35.714	22.912	22.593	23.694	33.320	50.484
300	62.847	52.320	37.452	24.066	24.006	24.944	34.985	52.815
500	65.232	55.259	39.640	25.518	25.786	26.519	37.082	55.751
1.000	68.467	59.246	42.609	27.490	28.202	28.656	39.927	59.735
5.000	75.982	68.507	49.505	32.067	33.814	33.618	46.534	68.987
10.000	79.219	72.496	52.475	34.040	36.231	35.756	49.381	72.973

TABELA B.IV. 8 – Rio Madeira em AHE Jirau - Cheias Máximas Instantâneas Associadas a Diversas Recorrências (m³/s) com 5% de Intervalo de Confiança

TR (anos)	Anual	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Jun - Nov
5	45.265	29.577	20.453	12.748	10.220	12.629	18.662	30.125
10	48.827	33.970	23.724	14.919	12.700	14.981	21.794	34.510
20	52.284	38.231	26.897	17.026	15.202	17.264	24.834	38.766
25	53.385	39.589	27.908	17.696	16.010	17.991	25.802	40.122
50	56.785	43.780	31.029	19.768	18.522	20.237	28.792	44.308
100	60.169	47.950	34.134	21.829	21.037	22.471	31.768	48.474
150	62.144	49.045	34.949	23.033	22.509	23.776	32.549	49.568
200	63.545	52.111	37.232	23.886	23.553	24.701	34.737	52.630
300	65.519	54.544	39.044	25.089	25.026	26.004	36.472	55.060
500	68.005	57.608	41.325	26.603	26.882	27.646	38.658	58.121
1.000	71.378	61.765	44.420	28.658	29.401	29.874	41.624	62.274
5.000	79.212	71.419	51.609	33.431	35.251	35.047	48.513	71.919
10.000	82.587	75.578	54.706	35.487	37.771	37.276	51.480	76.075

Vazões Mínimas:

O estudo de vazões mínimas limitou-se à determinação das vazões médias mínimas de 1, 7, 15 e 30 dias de duração e 10, 20 e 50 anos de recorrência.

As vazões mínimas médias associadas a diversas durações recorrências, estimadas para o rio Madeira em Porto Velho, foram transferidas para o local do AHE Jirau através da relação de áreas de drenagem ($k = 0,984 = 972.710 / 988.997$) e são apresentadas na TABELA B.IV. 9, onde pode ser observado, entre outros, o valor de $Q_{7,10}$ calculado para o rio Madeira no local do AHE Jirau igual a $3.240 \text{ m}^3/\text{s}$.

TABELA B.IV. 9 –Rio Madeira em AHE Jirau Vazões Mínimas de t dias de duração e Tempo de Recorrência TR

Duração	Tempo de Recorrência (anos)	Vazões mínimas de t dias de duração e tempo de recorrência TR (m ³ /s)
1 dia	10	3.154
	20	2.952
	50	2.788
7 dias	10	3.240
	20	3.042
	50	2.881
15 dias	10	3.398
	20	3.222
	50	3.089
30 dias	10	3.637
	20	3.475
	50	3.362

1.2.3.2 Estudos Hidrossedimentológicos

O objetivo básico dos estudos hidrossedimentológicos foi permitir a análise do assoreamento que ocorrerá no reservatório ao longo do tempo e sua influência na operação dele. Foram determinadas, para diferentes cenários, as alturas de depósito de sedimento ao pé do barramento ao longo do tempo e a distribuição dos sedimentos ao longo do reservatório.

No desenvolvimento dos estudos hidrossedimentológicos no reservatório do AHE Jirau, foram utilizadas as seguintes informações:

- Curva-Guia do reservatório;
- Curva-cota x área e cota x volume do reservatório;
- Série de descargas médias mensais na estação de Porto Velho;
- Medições de descarga sólida obtidas do banco de dados da ANA, CPRM e USGs e de campanhas hidrossedimentométricas realizadas por FURNAS, tais como: granulometria e o peso específico médio inicial do sedimento; curva-chave de sedimentos na estação de Porto Velho; taxa anual de aumento na produção de sedimentos.

O modelo utilizado para avaliação do assoreamento no reservatório, o qual permite obter a distribuição de sedimentos ao longo do mesmo (distribuição por cotas) e alturas de depósito no pé da barragem, foi o do “método empírico de redução de área” desenvolvido por Borland & Miller. Para a obtenção dos valores da eficiência de retenção de sedimentos, utilizou-se a curva de Brune. A TABELA B.IV. 10 apresenta um resumo dos principais resultados obtidos nos estudos.

TABELA B.IV. 10 – Resumo dos Principais Resultados dos Estudos de Assoreamento

Nível d'água do reservatório	m	87,00	90,00	87,00	90,00
Taxa anual de aumento do sedimento -R	%	0	0	2	2
Capacidade - Volume do reservatório	hm ³	1.378,91	2.015,26	1.378,91	2.015,26
Volume anual afluyente	hm ³	557.744,72	557.744,72	557.744,72	557.744,72
Relação Capacidade/Volume anual afluyente	-	2,47 x 10 ⁻³	3,61 x 10 ⁻³	2,47 x 10 ⁻³	3,61 x 10 ⁻³
Eficiência de Retenção Er em t = 0	%	8,48	19,15	8,48	19,15
Tempo para Er = 1%	anos	12	17	10	14
Volume de Sedimentos no reservatório	hm ³	364,01	1.005,76	366,86	1.003,84
Volume disponível no reservatório	hm ³	1014,90	1.009,50	1.012,05	1011,42
Perda de volume do reservatório	%	26,4	49,8	26,6	49,8
Tempo para Er = 0%	anos	39	45	28	31
Volume de sedimentos no reservatório	hm ³	4.06,67	1.039,03	4.02,70	1.039,06
Volume disponível no reservatório	hm ³	976,24	976,23	976,16	976,20
Perda de volume do reservatório	%	29,5	51,6	29,2	51,6
Cota da altura do sedimento ao pé da barragem (50 anos)	m	67,48	76,09	67,48	76,09
Cota da altura do sedimento ao pé da barragem (100 anos)	m	67,48	76,09	67,48	76,09

Os cálculos efetuados para o assoreamento do reservatório, com nível d'água médio operativo na El. 87,00 m, mostram que cerca de 91,5% do aporte de sedimentos passará pelas Turbinas e pelo Vertedouro, no primeiro ano de operação.

Na hipótese de manutenção da carga atual de sedimentos (R = 0%), em cerca de 12 anos, 99% do sedimento afluyente passará pela Turbina e, Vertedouro e em cerca de 39 anos, a capacidade de retenção é insignificante (praticamente nula) e todo o sedimento estará passando pelos órgãos de descarga. Considerando um aumento da carga de sedimentos da ordem de 2% ao ano, os tempos para consecução dessas mesmas taxas (99 e 100%) são reduzidos para 10 e 28 anos. Em 12 ou 10 anos, respectivamente, para R=0% e 2%, o reservatório terá perdido praticamente um quarto do seu volume, passando de 1.379 hm³ para cerca de 1010 hm³.

Com o reservatório operando na cota média na El. 90,00m, a eficiência de retenção do reservatório e os tempos de residência aumentam em relação ao reservatório com NA médio na EL. 87,00 m, em razão da menor velocidade média de escoamento, o que se traduz num

aumento relativamente grande da capacidade de retenção do reservatório, de 8,48% a 19,15 %, porém ainda significativamente pequeno em termos absolutos.

No instante inicial, cerca de 80,8% do aporte de sedimentos passarão pelos órgãos de descargas. Na hipótese de manutenção da carga atual de sedimentos ($R = 0\%$), em cerca de 17 anos, 99% do sedimento afluyente passarão pelas Turbinas e Vertedouro e, em cerca de 45 anos, a capacidade de retenção será insignificante (praticamente nula) e todo o sedimento estará passando pelos órgãos de descarga. Considerando um aumento da carga de sedimentos da ordem de 2% ao ano, os tempos para consecução dessas mesmas taxas (99 e 100%) são reduzidos para 14 e 31 anos.

Em 17 ou 14 anos, respectivamente, para $R=0\%$ e 2%, o reservatório terá perdido praticamente a metade de seu volume, passando de 2.015 hm^3 para cerca de 1010 hm^3 , estabilizando-se a partir desse período.

A altura de sedimento estimada ao pé da barragem, em 100 anos de operação do reservatório, atingirá a El. 67,5 m, considerando o reservatório no NA médio operacional, El. 87,00 m. Considerando o NA do reservatório na El. 90,00 m, esta altura é um pouco superior, atingindo a El. 76,1 m. Para as situações analisadas, as alturas máximas de sedimento estimadas são inferiores à cota de fundo do Canal de Adução da Tomada a'Água, EL. 78,00 m. Portanto, a menor capacidade de retenção do reservatório, operando com NA variável, na faixa operativa de 82,50 e 90,00 m, reduz a altura de sedimento ao pé da barragem.

1.2.4 Hidrogeologia

1.2.4.1 Mapa Hidrogeológico

O mapa hidrogeológico da Área de Influência Direta encontra-se na escala 1:100.000 (Desenho 6315-RT-G91-017), onde se encontram as principais unidades armazenadoras de água subterrânea. Esse mapa foi elaborado, principalmente, através do levantamento de campo realizado, quando foram identificados os litotipos, assim como as principais estruturas capazes de armazenar água nas rochas, além do cadastramento de poços amazonas, os quais permitiram identificar as seguintes unidades hidrogeológicas descritas:

Os aquíferos intergranulares identificados que abrangem extensas áreas e apresentam elevada produtividade são apresentados na cor azul escuro; os aquíferos granulares com produtividade local ou descontínuos ou extensos com moderada produtividade são apresentados na coloração azul claro. Os aquíferos fissurais extensos que apresentam considerável produtividade são apresentados na coloração verde escuro; os aquíferos produtivos locais ou descontínuos ou extensos e que apresentam baixa produtividade são apresentados na cor verde claro.

Aquíferos intergranulares, porém, com um elevado grau de cimentação, fator esse prejudicial para sua capacidade de armazenamento de água, foram classificados como aquíferos intergranulares/fissurais, sendo concebida uma coloração azul-esverdeada para essa unidade.

Os aquitardes, ou seja, unidades geológicas com alguma capacidade de armazenar água, no entanto, com baixíssimos valores de transmissividade, são representados pela cor marrom

escura. Os aquífugos, por sua vez, que são unidades geológicas com baixíssima ou nenhuma capacidade de armazenamento de água, foram representados com a cor marrom clara.

- **Aquíferos Intergranulares Descontínuos, Livres (Aidl)**

Essa unidade corresponde aos sedimentos quaternários inconsolidados, aos depósitos da Formação Jaci-Paraná constituídos por pediplanos areno-siltosos, além dos sedimentos areno-ferruginosos pouco consolidados da Formação Rio Madeira, todos com origem aluvionar. Esses sedimentos são mal selecionados, com a granulometria variando de cascalho a argila, apresentando caráter inconsolidado a pouco consolidado. Esse sistema aquífero ocorre de forma mais ampla na região de Mutum-Paraná e Abunã, apresentando forma alongada de elipsóide para oeste, sendo o principal responsável pelo abastecimento de água da população local, através, principalmente de poços amazonas. De maneira geral, esse sistema aquífero apresenta as melhores vazões da área investigada, com valores de cerca de 3 a 4 m³/h, no entanto, pela proximidade do lençol freático com a superfície, entre 4 a 8 metros, este se torna mais vulnerável à contaminação. Nesse sistema hidrogeológico, foram identificadas diversas nascentes nas margens do rio Madeira, no contato entre a base argilosa e o topo predominantemente arenoso.

- **Aquíferos Intergranulares Descontínuos, Livres a Semiconfinados (Aidlsc)**

Correspondem aos sedimentos da Formação Jaci-Paraná e compostos, principalmente, por areias aluvionares silto-argilosas. Esses depósitos ocorrem principalmente na forma de terraços e encontram-se predominantemente inconsolidados, porém com cimentação ferruginosa, o que compromete a qualidade da água desse aquífero para o consumo direto. Os sedimentos variam de areia fina a média, por vezes, conglomeráticas com algum teor de argila. Geralmente, são cobertos por uma camada argilosa ou silto-argilosa, o que confere a eles o caráter de semiconfinamento.

- **Aquíferos Intergranulares/Fraturados Contínuos, Livres (Aifcl)**

Correspondem aos litotipos da Formação Palmeiral, compostos predominantemente por arenitos ortoquartzíticos e conglomerados fortemente cimentados por matriz arcoseana bastante silicificados. Essa cimentação confere um caráter de rocha cristalina a esta unidade, cuja percolação de água se dá, principalmente, nas fraturas e vênulas geradas pela tectônica imposta a seu arcabouço. As fraturas identificadas encontram-se bem abertas em superfície, apresentando bastante penetratividade, com espaçamento entre 3 a 5 cm, em média. Sua direção preferencial é NNE-SSW, com mergulho subvertical. Como estrutura sedimentar, foi identificada a estratificação cruzada acanalada de médio a grande porte, ocorrendo ainda a presença de seixos centimétricos dispersos.

- **Aquíferos Fraturados Descontínuos, Livres (Afdl)**

Esta unidade corresponde às fraturas abertas existentes nos anfíbolitos, gnaisses monzograníticos e granodioríticos e paraderivadas (гнаisses calcissilicáticos) do Complexo Jamari. Frequentemente, estes sistemas aquíferos são ampliados pela ocorrência de uma cobertura de sedimentos coluvionares constituída por materiais detrítico argilo-arenosos, com espessura variável, podendo chegar a 40 m (Adamy & Romanini, 1990). Dentro da área

investigada, foram identificados granitos pórfiros de coloração rósea, com duas direções preferenciais de fratura N70W, com mergulho subvertical e N20°E com mergulho de 65° SE. Essas fraturas encontram-se pouco abertas (3 cm a 2mm) e são pouco penetrativas, o que dificulta a percolação da água pluvial para recarga e manutenção do sistema aquífero.

- **Aquíferos Locais Restritos às Zonas Fraturadas (Alrzf)**

Correspondem às rochas graníticas inseridas na Suíte Intrusiva Serra da Providência (Adamy & Romanini, 1990). A permeabilidade desse sistema é variável, comumente baixa, tendo sido identificadas rochas graníticas com baixo grau de fraturamento cujas fraturas encontram-se seladas por veios de quartzo leitoso. Este é o sistema aquífero menos extenso na área estudada e o que apresenta menor potencial para armazenamento e transmissividade de água. A recarga é feita de maneira direta pela precipitação pluviométrica, ou através da saturação de seu manto de intemperismo, localmente identificado.

- **Aqüicludes (Aqc)**

Correspondem a litologias porosas, mas não permeáveis, incapazes de ceder água, economicamente, a obras de captação, por estarem contidas no meio por forças moleculares, onde se enquadram os sedimentos aluvionares compostos por argila.

- **Aqüífugos (Aqg)**

São caracterizados por litotipos com pouca ou nenhuma favorabilidade ao armazenamento de água subterrânea, além de apresentarem um relevo bastante acidentado (Adamy & Romanini, 1990), o que dificulta ainda mais a infiltração. Correspondem às ocorrências dos litotipos metavulcano-sedimentares das Formações Mutum-Paraná. Enquadram-se ainda nesta compartimentação, os lateritos imaturos mosqueados e concrecionários da Formação Jaci-Paraná, as rochas das Suítes Intrusivas São Lourenço-Caripunas e Rondônia, as rochas das Suítes Metamórficas Quatro Cachoeiras e Rio Crespo, e finalmente, as rochas do Granito Serra da Muralha.

1.2.4.2 Mapa de Vulnerabilidade

Assim como na Área de Influência Indireta, foi aplicado na Área de Influência Direta o modelo GOD, desenvolvido por Foster & Hirata (1993) para determinar a vulnerabilidade natural das águas subterrâneas à contaminação, sendo que as letras que designam o nome do método representam os índices de vulnerabilidade, a saber: o tipo de aquífero (Índice G), o litotipo da zona não saturada (Índice O) e a profundidade do nível estático (Índice D). Para cada parâmetro, é atribuído um valor. Esses Valores, quando multiplicados entre si, fornecem o índice de vulnerabilidade final para o aquífero investigado (Melo Júnior, 2002).

Na AID (Mapa de vulnerabilidade, Desenho 6315-RT-G91-018), o tipo de aquífero (Índice G), o litotipo da zona não saturada (Índice O) e a profundidade do nível estático (Índice D) foram identificados nas vilas de Mutum-Paraná e Abunã, assim como na região do Jirau, através do cadastramento dos poços amazonas e dos dados das sondagens geotécnicas e a trado realizados por FURNAS; nas regiões desabitadas, adotou-se o mesmo procedimento da AII para os índices G e O, ou seja, através da unidade geológica identificada no local, uma

vez que não foi possível realizar sondagens ao longo de uma área tão extensa. A profundidade do nível estático (Índice D) também foi obtida através de modelamento matemático, por meio do método de krigagem, com o qual se atingiram-se índices para a efetivação do modelo.

Nas vilas de Mutum-Paraná e Abunã, assim como na região do Jirau, foram identificados índices de vulnerabilidade moderados, o que já representa uma séria ameaça à qualidade das águas subterrâneas. Os valores mais elevados foram obtidos na região do igarapé São Simão, na porção noroeste da AID, já inserido na Floresta Estadual de Rendimento Sustentado Rio Vermelho.

1.2.4.3 Qualidade das Águas Subterrâneas

A água subterrânea apresenta geralmente excelente qualidade física e química, sendo própria para o consumo humano, muitas vezes sem tratamento prévio. A contaminação ocorre quando alguma alteração na água põe em risco a saúde ou o bem-estar de uma população (Teixeira *et al.*, 2003).

Entre os compostos inorgânicos, o nitrato é o contaminante de ocorrência mais ampla em aquíferos. As fontes mais comuns desse contaminante são os sistemas de saneamento *in situ* (fossas e latrinas) e a aplicação de fertilizantes nitrogenados na agricultura. A grande preocupação ambiental associada ao nitrato está no fato de essa substância possuir grande mobilidade e persistência em condições aeróbicas (Teixeira *et al.*, 2003).

Sistemas *in situ* de esgotamento sanitário, como fossas sépticas, latrinas, fossas ventiladas e secas, dentre outras, são adequadas para a disposição de efluentes domésticos em zonas rurais, vilas e pequenas cidades a um custo bastante reduzido, comparativamente a redes de esgoto e estações de tratamento de efluentes. No entanto, os efluentes domésticos possuem elevadas concentrações em carbono orgânico, cloreto, nitrogênio, sódio, magnésio, sulfato e alguns metais, incluindo ferro, zinco e cobre, além de concentrações variadas de microorganismos patogênicos (Teixeira *et al.*, 2003).

Compostos nitrogenados nos dejetos humanos podem causar uma persistente e extensa contaminação em aquíferos livres em zonas urbanas e periurbanas. Por exemplo, uma área de densidade populacional de 20 pessoas por hectare pode gerar uma carga de 100 kg/hab/ano de nitrogênio, que, se oxidado por 100 mm/ano de infiltração da água da chuva, poderia resultar em uma recarga local ao aquífero de 100 mg/l de nitrato, ou seja, quase 10 vezes maior que o padrão de potabilidade aceito pelo Ministério da Saúde. Esse exemplo demonstra que áreas sem rede de esgoto, mesmo em climas bastante úmidos, podem ser alvos de contaminações significativas (Teixeira *et al.*, 2003).

Ao longo dos últimos anos, o Serviço Geológico do Brasil vem desenvolvendo estudos na região amazônica, visando identificar os principais aspectos hidrogeológicos regionais, a fim de caracterizar as águas subterrâneas quanto à sua qualidade para o consumo humano (Campos, 2003). Esses estudos vêm sendo dirigidos através da identificação de valores de condutividade elétrica, uma vez que essa propriedade apresenta uma correlação direta com íons de nitrato e cloreto (Ferreira & Hirata, 1993).

A introdução de sais e outros elementos nas águas subterrâneas através de fossas sanitárias *in situ* permite que a condutividade elétrica se transforme em um ótimo parâmetro indicativo da contaminação desse recurso natural, principalmente pelo fato de elementos como nitrato e cloreto serem altamente conservativos na zona saturada (Feitosa & Manoel Filho, 2000). O problema identificado para esse tipo de contaminação consiste no fato de que o nitrato, como produto final do ciclo do nitrogênio, possui uma relação comprovada com doenças, como cianose em recém-nascidos, causando alterações na composição sanguínea e dando à pele uma coloração azulada. Além disso, estimula a produção de nitrosaminas pelo estômago (Feitosa & Manoel Filho, 2000) e acumula-se na bexiga através de seu consumo prolongado (Weyer *et al.*, 2003), causando câncer.

Durante o mapeamento hidrogeológico e da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas à contaminação na área estudada, foram coletadas amostras de água nos poços amazonas cadastrados e nas nascentes, às margens do rio Madeira, para avaliar-se a condutividade elétrica da água subterrânea, a fim de, mais uma vez, utilizar-se essa ferramenta como um indicativo da contaminação causada pelo saneamento *in situ*.

Os valores obtidos para a condutividade elétrica da água subterrânea foram bastante elevados, com média de 72,61 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e valores máximos e mínimos de 293 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 12,44 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente (FIGURA B.IV. 14). Registra-se que 45% das amostras analisadas apresentaram valores superiores a 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e 30% encontram-se com valores acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O *background* regional da condutividade elétrica das águas subterrâneas do município de Porto Velho encontra-se em torno de 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, segundo Campos *et al.* (2004). Portanto, considera-se que os valores anômalos identificados já sejam um forte indicativo da alteração da qualidade das águas.

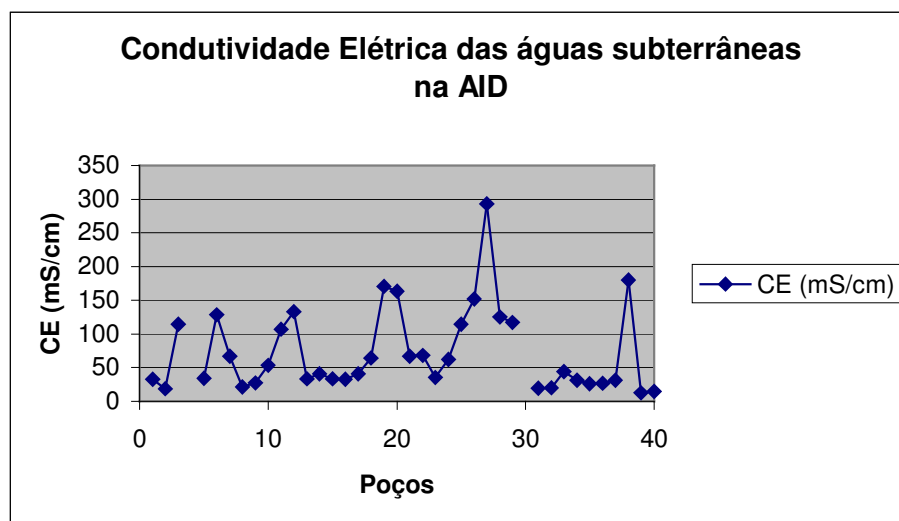


FIGURA B.IV. 14 – Gráfico dos valores de condutividade elétrica, obtidos nas águas subterrâneas na Área de Influência Direta

1.2.4.4 Conclusões e Recomendações

Os dados coletados durante a investigação de campo para realizar o mapeamento hidrogeológico e da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas à contaminação nas áreas de Influência Direta e Indireta do empreendimento Jirau, permitiram as seguintes conclusões:

1. Dentre os sistemas aquíferos identificados, os principais reservatórios de água subterrânea são os aquíferos intergranulares descontínuos, livres (aidl); sendo compostos pelos sedimentos pouco consolidados a inconsolidados das Formações Jaci-Paraná e Rio Madeira, predominantemente areno-argilosos.
2. Devido à precariedade da rede de distribuição de água nas localidades de Mutum-Paraná e Abunã, os moradores dessas vilas usam quase que totalmente poços amazonas para seu abastecimento doméstico, assim como fossas sépticas para a deposição de seus dejetos, sendo que a maioria destas não é construída adequadamente. O sistema poço/fossa é uma das principais fontes de contaminação das águas subterrâneas em países em desenvolvimento como o Brasil (Ferreira & Hirata, 1993), sendo que essa alteração da qualidade das águas confirmou-se nas localidades investigadas através dos valores de condutividade elétrica das amostras coletadas, onde, 72,5% das amostras apresentaram valores acima do *background* regional, de 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 30% das amostras apresentaram valores acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o que se deve considerar alarmante.
3. Os valores da condutividade elétrica na água subterrânea coletada em nascentes às margens do rio Madeira e em poços ao longo da BR-364, ou seja, distante de aglomerados urbanos apresentaram-se dentro dos limites do *background* regional, de 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Isso indicou a boa qualidade desse recurso natural para o consumo humano e principalmente, que deve ser preservado com o intuito de manter-se sua qualidade natural, considerando-se que é muito mais barato preservar aquíferos do que remediar contaminações já existentes.
4. Os menores índices de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas, obtidos através do modelo GOD (Foster & Hirata, 1993), foram identificados na faixa localizada entre o rio Castanho, na porção centro-oeste; os rios Cutia e Mutum-Paraná, na porção central e os igarapés do Cirilo na porção centro-leste e Água Azul na parte centro-sul (Mapa de Vulnerabilidade da AID). Logo, através do índice GOD, que considera o meio físico, esta região foi identificada como sendo a mais propícia para a implantação de novos assentamentos urbanos, uma vez que a alteração da qualidade das águas subterrâneas seria menos provável, no entanto, sem estar livre de ocorrer;

1.2.5 Solos

Na área de estudo de Viabilidade dos Aproveitamentos Hidrelétricos no Rio Madeira, referente ao AHE Jirau, foram identificadas e mapeadas as seguintes classes de solos, conforme pode ser visualizado no Desenho 6315-RT-G91-028 (Levantamento de Reconhecimento de Alta Intensidade dos Solos – Escala: 1:100.000) e Desenho 6315-RT-G91-029 (Levantamento Semidetalhado dos Solos – Escala: 1:10.000) .

1.2.5.1 Argissolo Acinzentado Alumínico (*Kandiaquults*)

Solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade baixa imediatamente abaixo do horizonte A ou E (FOTO B.IV. 33). Apresentam matizes mais amarelos que 5YR e valor 5 ou maior e croma menor que 4 na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte Bt + BA. Na correlação com a classificação americana de 1998, correspondem aproximadamente aos Arenic Plinthic Kandiaquults.

Ocorrem em caráter dominante e subdominante com relevo plano, associados a Plintossolo Háplico e Cambissolo Gleico. São solos relacionados a sedimentos recentes do Holoceno, ocorrendo em sua maior extensão nas proximidades de Abunã, no interflúvio dos rios Madeira e Cutia. Estão espacializados e representados no mapa de solos da Área de Estudo, pela unidade de mapeamento PACa e CXba3, tendo suas potencialidades avaliadas nos subgrupos 2(b)c* e 2(ab)c* de aptidão agrícola. O impedimento ao uso agrícola destes solos, além da fertilidade natural, é o excedente hídrico durante um período do ano, associado às condições de drenagem do perfil.



FOTO B.IV. 33 – Argissolo Acinzentado Alumínico

1.2.5.2 Argissolo Amarelo Alumínico (*Kandiudults, Hapludults*)

São solos minerais, bem intemperizados, não hidromórficos, bastante evoluídos, bem a moderadamente drenados, profundos, com argila de atividade baixa, por definição da classe, com horizonte B textural formado pela acumulação de argila silicatada, devido ao processo de iluviação, e com sequência de horizontes A, Bt e C, podendo possuir horizonte E. (FOTO B.IV. 34)

O horizonte A apresenta cores dominantes no matiz (7,5YR5/4) Bruno, podendo ocorrer matiz 10YR, com valores variando de 4 a 5 e cromas de 3 a 5. A textura dominante é franco-arenosa ou franco-argilo-arenosa; a estrutura é fraca pequena granular, consistência úmida friável ou firme e, quando molhado, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

O horizonte Bt tem espessura variável, as cores apresentam matiz mais amarelo que 5YR na maior parte dos 100 cm do horizonte Bt+BA, sendo as mais comuns bruno-amarelado (7,5YR 5/6 e 5/8) a bruno forte, podendo também apresentar variações no matiz 10 YR. A textura,

normalmente, é franco-argilo-arenosa, argila-arenosa ou argila, a estrutura é fraca, pequena e média em bloco subangular, a consistência úmida é firme e, quando molhado, é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso ou plástico e pegajoso.



FOTO B.IV. 34 – Argissolo Alumínico Amarelo

O horizonte Bt textural destes solos apresenta, em grande parte, características correspondentes ao *Kandic horizon Ultisols - Udults - Kandiudults*, U.S.A 1998), com nítida diferenciação textural entre o A e B. Dentro das variações desta classe, foram correlacionados aos Kandiudults e Hapludults, da classificação americana de solos.

São solos de baixa fertilidade natural, altos percentuais de saturação com alumínio e, conseqüentemente, elevados níveis de acidez. Em sua maior extensão, esta classe foi correlacionada a sedimentos do Pleistoceno correspondentes à formação Jaci-Paraná. Como variação da classe, apresentam-se plínticos, e estão relacionados a sedimentos recentes detrito-lateríticos e arenitos do Holoceno.

Aparecem na área estudada em caráter dominante e subdominante, associados a Latossolo Amarelo e Cambissolo Háptico em relevo que varia de plano a suave ondulado, representados pela unidade de mapeamento PAa. A potencialidade destes solos foi avaliada nos subgrupos de aptidão agrícola 2(a)bc, 2(b)c*, apresentando, como principal impedimento, a fertilidade.

1.2.5.3 Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico e Eutrófico (*Paleudults*, *Hapludults*, *Hapludalfs*)

Corresponde a solos minerais, bem desenvolvidos, muito intemperizados, não hidromórficos, profundos, bem drenados, com argila de atividade baixa por definição da classe, com horizonte Bt textural resultante da acumulação de argila silicatada, devido ao processo de iluviação, conforme pode ser observado pela diferença nos teores de argila e distinta individualização entre os horizontes A e Bt. Apresenta seqüência de horizontes A, Bt e C. (FOTO B.IV. 35)

O horizonte A apresenta cores no matiz 5YR e 7,5YR, com valores entre 4 e 5 e cromas entre 3 e 5. A textura mais comum é areia franca, franco-arenosa e franco-argilo-arenosa; a estrutura é fraca e moderada, pequena e média granular e blocos subangulares; a consistência úmida é firme e, se molhado, é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

O horizonte Bt apresenta cores entre o matiz 5YR ou mais vermelho e mais amarelo que 2,5 YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte Bt+ BA, sendo as mais comuns 5YR5/6 e 5/8. A textura dominante é da classe argila arenosa, argila e argila pesada; a estrutura é fraca ou moderada, pequena e média em blocos subangulares; a consistência é dura, firme, plástico e pegajoso, respectivamente, quando seco, úmido e molhado.



FOTO B.IV. 35 – Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico e Eutrófico

São encontrados, principalmente, em relevo que varia de suave ondulado a forte ondulado e montanhoso, com caráter eutrófico e alumínico. Aparecem como dominante e subdominante na área de estudo, correlacionados, em sua maior extensão, aos granitos Jaci-Paraná, Três Irmãos e Rondonianos, e rochas básicas do Complexo Morrinhos e Formação São Lourenço.

Esta classe de solos foi correlacionada aos *Typic Hapludults*, para os alumínicos, e *Hapludalfs* para os de caráter eutrófico, representados, respectivamente, pelas unidades de mapeamento PVAa e PVAe. Apresentam ainda como variação os petroplúnticos, que foram correlacionados aos *Petroferric Hapludults*, e distintas fases de distribuição percentual de presença de cascalho no perfil do solo, e diferentes níveis de pedregosidade e rochosidade.

Na avaliação de suas potencialidades, os de caráter eutrófico foram enquadrados no subgrupo 5 s e 6, tendo como impedimento o relevo acidentado, os alumínicos nas aptidões 1(a)bC, 4P, 5S e 6, com as principais limitações, além da fertilidade natural, o impedimento à mecanização por presença de cascalhos, rochosidade e pedregosidade.

1.2.5.4 Argissolo Vermelho Distrófico (*Kanhapludults*)

Compreende solos minerais com horizonte Bt textural, não hidromórfico, de cores avermelhadas, com tendências a tonalidade escura, teores de Fe_2O_3 inferiores a 18%. Apresentam-se bem desenvolvidos, muito intemperizados, profundos, bem drenados, com argila de atividade baixa por definição, e com sequência de horizontes A, Bt e C. (FOTO B.IV. 36)

O horizonte A tem a coloração no matiz 2,5 YR, com valores entre 3 e 5 e cromas 3 a 4, as texturas mais comuns são franco-argilo-arenosas; a estrutura é fraca, pequena e média

granular e em bloco subangular; a consistências úmida é firme e, quando molhado, é ligeiramente plástico e pegajoso. O horizonte B apresenta matiz 2,5 YR ou mais vermelhas nos primeiros 100 cm do horizonte, exclusive o BC, sendo a cor mais comum o vermelho escuro (2,5 YR 3/6 e 3/5). A textura é da classe argila cascalhenta; a estrutura é moderada, pequena e média em bloco subangular; a consistência úmida é firme e, quando molhado, é plástico e pegajoso.

São solos distróficos de textura média/argilosa, ocorrendo como dominantes, em relevo suave-ondulado e ondulado, sendo correlacionados a litologia de conglomerados e arenitos arcoseanos da Formação Palmeiral. Apresentam-se, na área, com a fase muito endopedregosa. São representados no mapa da área de estudo pela unidade de mapeamento PVd, sendo correlacionados aproximadamente aos *Rhodic Kanhapludults* da classificação americana de 1998. Na avaliação de suas potencialidades, foram enquadrados nos subgrupos 3(abc), tendo como restrição, além da fertilidade natural, o impedimento à mecanização.



FOTO B.IV. 36 – Argissolo Vermelho Distrófico

1.2.5.5 Cambissolo Háplico Alumínico (*Distropepts*)

Classe que compreende solos minerais, pouco profundos, não hidromórficos, bem drenados, com algum grau de desenvolvimento, mas não o suficiente para alterar totalmente os minerais primários, mesmo aqueles de fácil intemperização. Normalmente apresentam um horizonte Bi incipiente imediatamente abaixo do horizonte A ou hístico, com espessura inferior a 40 cm, podendo apresentar variações. Possuem relação silte/argila igual ou superior a 0,7, quando a textura for média e igual ou maior que 0,6, se for argilosa, com seqüência de horizontes A, Bi e C. (FOTO B.IV. 37)

Estes solos, durante o processo de formação, já modificaram o material original podendo formar estruturas, quando a textura for favorável, sem ocorrer acumulação de óxidos de ferro e argila em quantidade suficiente para classificá-los como de B textural. Portanto, são solos que sofreram alteração mineralógica, física e química, em grau não muito avançado, porém o necessário para o desenvolvimento de cor ou estrutura, nos quais, em mais da metade do volume do perfil, não deve existir estrutura da rocha original com mais de 4% de minerais primários menos resistentes ao intemperismo, ou mais de 6% de muscovita, determinados na fração areia, porém referidos à fração terra firme.

O horizonte A possui cor no matiz 5YR podendo ocorrer 7,5YR, com valores entre 4 e 5 e cromas entre 2 e 6. A textura dominante é da classe franco-argilo-arenosa e argila; a estrutura é fraca, média e granular ou maciça; a consistência úmida é firme e, quando molhado, é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

O horizonte Bi tem cor bastante variável no matiz 5YR, quando variegadas, também no 2,5 YR, com valores entre 4 e 6 e cromas 4 e 8. A textura é da classe franco-argilo-arenosa e argila; a estrutura é fraca, média em bloco subangular ou maciça; a consistência úmida é firme e, quando molhado, é plástico e pegajoso.

São solos alumínicos que apresentam como variação, na área, a característica de argissólico, cascalhento, plântico, gleico, sendo aproximadamente relacionados aos *Typic*, *Plinthic* e *Fluventic Dystropepts*, da classificação americana de 1998.



FOTO B.IV. 37 – Cambissolo Háplico Alumínico

As litologias nas quais se desenvolveram estes solos estão correlacionadas, na área, para a variação cascalhenta, às coberturas sedimentares de lateritos imaturos do Pleistoceno e, para a variação argissólicos e plânticos, não cascalhentos, às coberturas sedimentares terciária/quaternária argilosas e siltosas variegadas.

A variação dos perfis argissólico, plântico e cascalhento se distribui por toda a área, e a variação gleico apresenta sua maior distribuição no entorno de Abunã, em ambiente dominado pelo umirizal denso/alto. Apresentam relevo que varia de plano a suave ondulado, representados, no mapa da área de estudo, pelas unidades de mapeamento CXba.

A potencialidade para o uso agrícola enquadra-se nos subgrupos 1(a)bC, 2(a)bc, 2(ab)c*, 3(abc) e 3(abc)*, tendo como maior impedimento, além da fertilidade natural, a sua profundidade efetiva, a presença de cascalhos e plintita.

1.2.5.6 Espodossolo Ferrocárbico (*Endoaquods*)

Correspondem a solos constituídos de material mineral, com horizonte B espódico subjacente a horizonte eluvial E, horizonte A ou horizonte H hístico. Apresentam, usualmente, sequência de horizontes A, E, Bh, Bhs ou Bs e C, com nítida diferenciação entre eles. (FOTO B.IV. 38)

A cor do horizonte A é variável, geralmente com matiz 10YR, valores variando de 2 a 7 e croma entre 1 a 2. A textura é areia franca e areia, e a estrutura fraca, pequena, granular e grãos simples. O grau de consistência varia de solto a muito friável quando úmido, e não plástico e não pegajoso quando molhado.

O subhorizonte E eluvial apresenta cores cinzenta até branca, com transição para o horizonte subjacente B de forma abrupta. O horizonte Bh ou Bhs varia desde cinzento, de tonalidade escura, até preto, apresentando-se sob a forma de *ortstein* ou *orterde*. A textura do *solum* é predominantemente arenosa no horizonte B.

Os espodosolos apresentam drenagem variável, em função da profundidade, do grau de desenvolvimento e da sua cimentação. São solos muito pobres, fortemente ácidos, com saturação de bases baixa, podendo apresentar altos teores de alumínio extraível. Apresentam-se ferrocárbicos hiperespessos, desenvolvidos de materiais arenoquartzosos em condições variáveis estando na área de estudo ligados a sedimentos do Holoceno.

Aparecem como componente dominante na unidade de mapeamento ESu, correlacionados aproximadamente aos *Typic Endoaquods*, da classificação americana. A potencialidade destes solos se enquadra na classe 6 (inaptos para lavouras e pastagens), devendo ser indicados como locais para conservação da flora e fauna ou como áreas para explorações pontuais de materiais de construção.



FOTO B.IV. 38 – Espodosolo Ferrocárbico

1.2.5.7 Gleissolo Háplico Alumínico (*Endoaquents*)

São solos minerais, hidromórficos, mal drenados, pouco profundos, originados pela deposição recente de materiais finos, com menos de 5% de matéria orgânica e horizonte glei, subsuperficial ou eventualmente superficial, com espessura de 15 cm ou mais, podendo ter até 15% de mosqueado de plintita. A não ser que o solo seja artificialmente drenado, o horizonte é saturado com água, por influência do lençol freático ou algum impedimento, durante parte do ano ou o ano todo, apresentando evidências de processos de redução e oxidação. Estes solos possuem seqüência de horizontes A, Cg. (FOTO B.IV. 39)

O horizonte A tem cor dominante no matiz 10YR, podendo apresentar 2,5Y, com valor dominante 2 e croma entre 3 e 6. A textura mais comum é franco-argilosa ou franco-argila-arenosa; a estrutura é moderada, média e em bloco subangular; a consistência úmida é firme ou muito firme, e, quando molhado, varia de ligeiramente plástico a plástico e de ligeiramente pegajoso a pegajoso.

O horizonte Cg possui sua cor nos matizes 10YR e 2,5Y, podendo apresentar mosqueados comuns, médios e distintos, bruno-amarelados (10YR5/8) e vermelho-amarelados (5YR5/8), a textura mais freqüente é da classe argila, a estrutura é maciça, a consistência úmida é firme ou muito firme e, se molhado, é plástico a muito plástico e pegajoso a muito pegajoso.

São solos distróficos, alumínicos, de textura argilosa e média, encontrados em relevo plano. Distribuem-se, em sua maior extensão, ao longo das planícies e terraços dos rios tributários do Madeira, correlacionados a sedimentos recentes do Holoceno. Apresentam-se nas unidades de mapeamento GXba, RUBd e FXba2. Na correlação com a classificação americana, correspondem aproximadamente aos *Typic Endoaquents*.

A potencialidade destes solos foi avaliada no subgrupo 3(ab)*, sendo o maior impedimento, além da fertilidade natural, o seu uso temporário nas planícies, devido ao excesso de água determinado pelo regime dos rios, bem como nos lagos de colmatagem perenizados.



FOTO B.IV. 39 – Gleissolo Háplico Alumínico

1.2.5.8 Latossolo Amarelo Alumínico (*Kandiudox*, *Hapludox*)

Estes solos apresentam um horizonte B latossólico, porosos, profundos, bem a fortemente drenados, e com estruturas fracamente desenvolvidas. São friáveis, com seqüência de horizontes A, Bw, C, com cores no matiz mais amarela que 5 YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B+BA e com transição geralmente difusa entre os horizontes. Apresentam predomínio de minerais 1:1, elevado grau de floculação, baixa dispersão de argila natural e boas propriedades físicas. (FOTO B.IV. 40)

O horizonte A apresenta cor mais freqüente no matiz 10YR, podendo aparecer 7,5YR, com valores e cromas baixos. A estrutura é geralmente fraca, pequena e média granular e grãos simples. O horizonte B apresenta cor também no mesmo matiz do A, porém com valores e cromas altos. Este horizonte tem similaridades com o horizonte *Kandic* (*Oxisols* - *Udox* -

Typic Kandiodox, *Soil Survey Staff, Fifth Edition, 1994*), ocorrendo também variações que se aproximam dos *Xanthic Hapludox*.

O conteúdo de argila no perfil pode variar bastante, o que possibilita a diferenciação de solos com textura média, nos quais o conteúdo de argila no horizonte B varia de 15 a 35%, com textura argilosa, em que o conteúdo de argila oscila entre 35 e 60%.

São solos de baixa fertilidade natural, acidez com alumínio elevada, baixos teores de Fe_2O_3 . Os valores de soma de bases são muito baixos nos horizontes, reflexo do também baixo conteúdo de nutrientes do material de origem destes solos, em adição à intensa exposição aos agentes de intemperismo e processos de erosão e lixiviação. Em sua maior extensão, estão correlacionados a sedimentos do pleistoceno correspondente à Formação Jaci-Paraná, tendo como variação a fase cascalhenta, correlacionados a sedimentos recentes detrito-lateríticos e arenitos do Holoceno. Esta classe de solos ocorre na área de estudo, nas unidades de mapeamento LAa e PAa3, em relevo que varia de plano a ondulado. Sua potencialidade foi avaliada nos subgrupos 1(a)bc e 2(a)bc, sendo sua maior limitação a fertilidade natural do solo.



FOTO B.IV. 40 – Latossolo Amarelo Alumínico

1.2.5.9 Latossolo Vermelho-Amarelo Alumínico (*Hapludox*)

Solos minerais, bem desenvolvidos, altamente intemperizados, profundos a muito profundos, não hidromórficos, bem drenados, com horizonte B latossólico, contendo teores de Fe_2O_3 , proveniente do ataque sulfúrico, entre 7% e 11%, quando de textura argilosa ou muito argilosa e não petroplântico. Possui seqüência de horizontes A, B e C. Apresenta cor no matiz 5YR ou mais vermelho e mais amarelo que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B+BA. (FOTO B.IV. 41)

O horizonte A possui cor dominante no matiz 5YR, com valor e croma entre 3 e 4; textura mais comum é argila arenosa; estrutura fraca, pequena e média granular; a consistência úmida é sempre friável e, se molhado, é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

O horizonte B tem a coloração dominante no matiz 5 YR com valor geralmente 5 e croma entre 5 e 8, a textura é argila, a estrutura é maciça coesa *in situ*, podendo ocorrer fraca,

pequena e média em blocos subangulares; a consistência úmida é friável e, quando molhado, é plástico e pegajoso.

São solos que apresentam altos percentuais de alumínio, saturação de bases baixa, de textura argilosa, podendo apresentar variações em perfis, como petroplântico e cascalhento. Os teores de silte são baixos, bem como sua relação textural, evidenciando a distribuição uniforme de argila ao longo do perfil e sua pequena mobilidade por eluviação. Estão relacionados principalmente a litologias de granitos Dois Irmãos, Jaci-Paraná e a rochas do Complexo Jamari. Foram correlacionados aproximadamente aos *Typic Hapludox* da classificação americana.



FOTO B.IV. 41 – Latossolo Vermelho-Amarelo Alumínico

Ocorrem em relevo que varia de plano a ondulado, representados, em caráter dominante e subdominante na área de estudo, pelas unidades de mapeamento LVAa1 a LVAa2. Na avaliação das suas potencialidades para uso agrícola, foram enquadrados nos subgrupos 1(a)bC e 2 (a)bc, sendo suas limitações, além da fertilidade, o relevo.

1.2.5.10 Neossolo Litólico Distrófico (*Udorthents*, *Troporthents*)

São solos rasos, com elevados teores de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo, bem drenados. Contêm blocos de rocha semi-intemperizados de diversos tamanhos. (FOTO B.IV. 42)

Estes solos possuem o horizonte A ou O hístico com menos de 40 cm de espessura, sobrejacente à rocha ou sobre um horizonte C, Cr ou material com 90% de volume ou mais de massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões) e que apresentam um contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo.



FOTO B.IV. 42 – Neossolo Litólico Distrófico

Em algumas situações, estes solos admitem um horizonte B em início de formação, cujas características não satisfazem a qualquer tipo

de horizonte B diagnóstico. A cor, textura, estrutura e consistência são bastante variáveis, dependendo da composição mineralógica e química do material originário.

Apresentam-se distróficos, de textura média, e variação cascalhenta, correlacionados aproximadamente aos *Typic Troporthents* e *Typic Udorthents* da classificação americana. Estão relacionados a litologias diversas das formas de relevo em forma de cristas.

São encontrados em relevo que varia de ondulado a montanhoso, compondo associação nas unidades de mapeamento RLd e RLe. A potencialidade destes solos foi enquadrada no subgrupo 6, com os maiores impedimentos, sendo a profundidade natural e o relevo acidentado, além da fertilidade, para o caso dos distróficos.

1.2.5.11 Neossolo Flúvico Distrófico e Eutrófico (*Fluvaquents*)

Solos pouco desenvolvidos, pouco profundos até profundos, moderadamente drenados, formados pela deposição de sedimentos transportados pelos cursos d'água, tendo como horizonte diagnóstico apenas o A, seguido de uma sucessão de camadas estratificadas, de diferentes tipos de materiais, sem nenhuma relação pedogenética. (FOTO B.IV. 43)

Em decorrência da grande variação no tamanho, densidade e composição mineralógica, física e química dos componentes, estes solos possuem propriedades que variam a curta distância, vertical e/ou horizontal, tornando difícil a determinação de um perfil modal. Os Neossolos Flúvicos, por terem camadas estratificadas, possuem distribuição muito irregular de carbono, portanto, mostram teor de matéria orgânica bastante variável de um estrato para outro. Na correlação aproximada com a classificação americana, correspondem aos *Typic Fluvaquents*.



FOTO B.IV. 43 – Neossolo Flúvico Distrófico e Eutrófico

Apresentam-se distróficos e eutróficos, originados a partir de sedimentos recentes do Holoceno. Aparecem ao longo das planícies do rio Madeira, associados a Gleissolo Háplico, e Neossolo Quartzarênico Hidromórfico, em relevo plano nas unidades de mapeamento RUbd e RQga.

A potencialidade destes solos foi enquadrada no subgrupo 2abc*, com os maiores impedimentos, além da fertilidade para o caso dos distróficos, o regime hídrico do rio Madeira, sendo aconselhado apenas para lavouras temporárias.

1.2.5.12 Neossolo Quartzarênico Hidromórfico Alumínico (*Psammaquents*)

Correspondem a solos minerais arenoquartzosos, pouco evoluídos, pouco profundos a profundos, contendo percentagem de argila menor que 15% até 150 cm de profundidade ou até um contato lítico, sendo que mais de 95% da fração areia está representada por quartzo, calcedônia e opala, observando-se ausência de minerais primários alteráveis. Possui seqüência de horizontes A e C, sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade. (FOTO B.IV. 44)



FOTO B.IV. 44 – Neossolo Quartzarênico Hidromórfico Alumínico

O horizonte A possui espessura variável, cores dominantes bruno (10 YR 5/3) e bruno-amarelado-claro (10 YR 6/4), textura da classe areia e areia franca, estrutura em grãos simples; a consistência úmida é solta e, quando molhado, é não-plástico e não-pegajoso.

O horizonte C tem cor mais comum bruno (10YR) 7/2 e 8/2, cinzento claro e branco, respectivamente; a textura é da classe areia e areia franca; a estrutura é em grãos simples; a consistência úmida é solto e, se molhado, é não-plástico e não pegajoso.

Apresentam-se hidromórficos (*Typic Psammaquents*), com presença de lençol freático elevado durante grande parte do ano, imperfeitamente ou mal drenados, com mosqueados comuns, pequenos e distintos, de cores amarelo (10YR7/8) e amarelo-brunado (10 YR 6/8).

São solos alumínicos, encontrados em relevo plano associados principalmente a Neossolo Flúvico, nas planícies do rio Madeira na unidade de mapeamento RQga. A potencialidade foi avaliada no subgrupo 6, sendo indicados para conservação da natureza. Dependendo do ecossistema, admite-se sua utilização em atividades de exploração de material de construção, com obrigações de recomposição e revegetação da unidade pedogenética.

1.2.5.13 Litossolo Háptico Eutrófico (*Rhodudalfs*)

São solos minerais, não hidromórficos, bem desenvolvidos, profundos, com elevado grau de intemperização, sendo praticamente destituído de minerais primários facilmente alteráveis. São bem drenados, com horizonte B nítico (reluzente) textural de pouco ou nenhum gradiente textural, argila de atividade baixa e com pequena relação silte/argila, teor de Fe₂O₃ superior a 15% e TiO₂ maior que 1,5%. (FOTO B.IV. 45)

Estes solos possuem seqüência de horizontes A, B e C. O horizonte A possui espessura média de 30 cm, a cor mais comum é bruno-avermelhadoescuro (2,5 Y 3/4); a textura é argilosa; a estrutura é forte, pequena e média em bloco angular; a consistência úmida é firme e, se molhado, é plástico e pegajoso.

O horizonte B tem as cores dominantes vermelhoescuro (2,5 YR 3/6) ou mais vermelho, com variações apresentando cores intermediárias, um pouco menos vermelhas; a textura pertence à classe argilosa; a estrutura é moderada, pequena e média em blocos subangular e angular com cerosidade moderada; a consistência úmida é firme e, quando molhado, é plástico e pegajoso ou muito plástico e muito pegajoso.



FOTO B.IV. 45 – Litossolo Háplico Eutrófico

São solos desenvolvidos a partir de material com predomínio de rochas básicas. Apresentam-se eutróficos, e encontram-se em relevo que varia de ondulado a forte ondulado. São correlacionados aos *Typic Rhodudalfs* da classificação americana. Estão representados predominantemente pelas unidades de mapeamento NXe. Esta classe foi avaliada no subgrupo de aptidão 2 a(bc), com os maiores impedimentos sendo o relevo acidentado.

1.2.5.14 Plintossolo Háplico Alumínico(*Plinthudults*, *Kandiaquults*)

São solos minerais, com horizonte plíntico ou litoplíntico, que não satisfazem condição para Pétrico ou Argilúvico, formados sob condição de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, e que se caracterizam fundamentalmente por apresentar expressiva plintitização. Nas variações da classe, foram correlacionados aos *Typic Plinthudults*, da classificação americana. (FOTO B.IV. 46)

O horizonte A tem cores no matiz 10 YR, com valores variando de 3 a 6 e croma de 2 a 4. A estrutura é fraca, pequena e média granular e em blocos subangulares. A consistência é firme a muito friável quando úmido e ligeiramente plástico a plástico e ligeiramente pegajoso a pegajoso quando molhado.

O horizonte B tem cores no matiz 10 YR, com valores variando de 5 a 7 e croma de 1 a 3. A estrutura é moderada a fraca pequena e média blocos angulares e subangulares. A consistência varia de firme a friável quando úmido, sendo plástica a muito plástica e pegajosa a muito pegajosa quando molhada.

Apresentam-se com textura média e argilosa, são imperfeitamente ou mal drenados, ocorrendo em planícies e terraços de coberturas recentes. São de muito baixa fertilidade natural e ácidos, o que confere a eles o caráter alumínico.

Compõem predominantemente as unidades de mapeamento FXa1 e FXa2, associados a Cambissolo Háplico e Gleissolos, em relevo plano, com suas maiores extensões no interflúvio dos rios Cutia e Castanho. Foram avaliados no subgrupo 3(bc), com as limitações, além da fertilidade natural, ligadas à deficiência e ao excesso de água em determinados períodos e locais, conforme se verifica no mapa de aptidão agrícola.



FOTO B.IV. 46 – Plintossolo Háplico Alumínico

1.2.5.15 Aptidão Agrícola das Terras

O sistema desenvolvido para a avaliação da potencialidade das terras não considera fatores de ordem econômica e social, bem como emprego de tecnologia avançada, como a irrigação. As melhores terras são indicadas basicamente para culturas de ciclo curto, ficando implícito que são, também, para culturas de ciclo longo. É considerado um solo ideal, a partir do qual todos os demais tipos são julgados quanto às suas limitações de deficiências de fertilidade de água e oxigênio, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

A metodologia adotada procura atender, embora subjetivamente, a uma relação custo/benefício favorável. É apropriada para avaliar a aptidão agrícola de grandes extensões, devendo sofrer reajustamentos no caso de ser aplicada à pequenas áreas individuais de lavoura.

Como base para avaliação da aptidão agrícola da área de estudo do bloco **Jirau**, procedeu-se à identificação e mapeamento das unidades pedogenéticas (Desenho 6315-RT-G91-030), à obtenção de seus dados analíticos e morfológicos, bem como às diversas situações de toposequência, e seus déficits e excedentes hídricos.

- **Condições Agrícolas das Terras e seus Graus de Limitação**

Os fatores considerados para avaliar as condições agrícolas das terras são: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água ou deficiência de oxigênio, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

Além das características inerentes aos solos, como textura, profundidade, capacidade de troca de cátions, saturação por bases e salinidade, fatores mesológicos (clima, topografia, etc.) também são considerados na avaliação da aptidão agrícola das terras. Alguns dos fatores determinantes da classe de aptidão agrícola atuam de forma mais decisiva, como declividade e profundidade e, por si só, já restringem certos tipos de utilização, mesmo com tecnologia avançada.

A caracterização dos graus de limitações das condições agrícolas das terras está discriminada no QUADRO B.IV. 1.

QUADRO B.IV. 1 – Graus de Limitação das Condições Agrícolas

Graus	DEFICIÊNCIA DE FERTILIDADE	DEFICIÊNCIA DE ÁGUA	EXCESSO DE ÁGUA OU DEFICIÊNCIA DE OXIGÊNIO	SUSCETIBILIDADE À EROSÃO	IMPEDIMENTOS À MECANIZAÇÃO
NULO	Elevadas reservas de nutrientes. Ausência de toxidez por sais solúveis. Ausência de alumínio trocável na camada arável. Saturação por bases >80%. Soma de bases trocáveis >6mea/ 100g de solo (TFSA). Condutividade elétrica <4 mmhos/cm a 25°C.	Não há falta de água disponível em nenhuma época do ano. Terras com boa drenagem interna ou livres de estação seca. Terras com lençol freático elevado (típicas de várzeas) pertencem a este grau, mesmo em climas com estação seca mais acentuada.	Não há falta de aeração por excesso d'água. Terras excessivamente drenadas.	Terras não suscetíveis à erosão. Geralmente, relevo plano, boa permeabilidade.	Geralmente, topografia plana e praticamente plana com declividade inferior a 3%. Sem impedimentos relevantes à mecanização permitindo o emprego de todos os tipos de máquinas e implementos agrícolas em qualquer época do ano.
LIGEIRO	Boa reserva de nutrientes. Ausência de toxidez por sais solúveis ou sódio trocável. Saturação por alumínio <30%. Soma de bases trocáveis >3meg/100g de solo (TFSA). condutividade elétrica <4mmnas/cm a 25°C saturação por sódio < 6%	Falta de água disponível durante um período de 1 a 3 meses por ano. Solos com lençóis freáticos elevados pertencem a este grau, mesmo em clima com maior período seco. A vegetação normalmente é constituída de floresta subperenifólia, cerrado subperenifólio e alguns campos.	Certa deficiência de aeração às culturas sensíveis ao excesso d'água, durante a estação chuvosa. Em geral são terras moderadamente drenadas.	Terras com pouca suscetibilidade à erosão. Normalmente, as características físicas e morfológicas dos solos (textura, profundidade efetiva, estrutura) são favoráveis variando os declives de 3 a 8%.	Ocorrem em relevo suave ondulado, com declives de 3 a 8% profundas ou pouco profundas; podem ocorrer em áreas de relevo mais suave, tendo, porém, outras limitações de textura muito arenosa ou muito argilosa. Restrição de drenagem, pequena profundidade, pedregosidade, sulcos de erosão. Possível o emprego de máquinas agrícolas, quase todo o ano.
MODERADO	Limitada reserva de nutrientes referente a um ou mais elementos. Presença de toxidez por sódio trocável e/ou sais solúveis. Saturação por sódio entre 6 e 15%. Condutividade elétrica entre 4 e 8 mmhos/cm a 25° C .	Ocorre uma considerável deficiência de água disponível durante um período de 3 a 6 meses por ano. Ocorrem em região com estação seca menor que 3 a 6 meses/ano, porém rasas ou de pouca disponibilidade de umidade para as plantas.	Durante a estação chuvosa, há deficiência de aeração, o que condiciona desenvolvimento não satisfatório das plantas com raízes sensíveis. Terras imperfeitamente drenadas, sujeitas a riscos ocasionais de inundação.	Moderada susceptibilidade à erosão. Relevo ondulado, com declives de 8 a 20%. Declives podem variar para mais, quando as características físicas e morfológicas dos solos forem muito favoráveis, ou para menos, quando muito desfavoráveis (horizonte A arenoso e mudança textural abrupta para o horizonte B).	Terras em relevo ondulado, com declividade de 8 a 20% ou topograficamente suave, no caso de ocorrência de outros impedimentos à mecanização (pedregosidade, rochosidade, profundidade exígua, textura muito arenosa ou muito argilosa do tipo 2 , drenagem imperfeita. *Não permitido o uso de máquinas utilizadas durante todo o ano.

QUADRO B.IV. 1 – Graus de Limitação das Condições Agrícolas (Continuação)

	DEFICIÊNCIA DE FERTILIDADE	DEFICIÊNCIA DE ÁGUA	EXCESSO DE ÁGUA OU DEFICIÊNCIA DE OXIGÊNIO	SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO	IMPEDIMENTOS À MECANIZAÇÃO
FORTE	Reservas muito limitadas de um ou mais nutrientes. Baixa soma de bases trocáveis. Presença de toxidez por sódio trocável e/ou sais solúveis. Saturação por sódio >15% Condutividade elétrica entre 8 e 15 mmhos/cm a 25° C.	Acentuada deficiência de água durante um longo período, normalmente, de 6 a 8 meses por ano. Precipitações irregulares oscilando de 600 a 800 mm/ano e predomínio de altas temperaturas. Inclui terras com estação seca menos marcante, porém com baixa disponibilidade de água. A vegetação é normalmente floresta caducifólia e transição de floresta e cerrado para caatinga hipoxerófila.	Sérias deficiências de aeração Culturas não adaptadas; só se desenvolvem mediante trabalho de drenagem artificial, envolvendo obras ainda viáveis ao nível do agricultor. Terras normalmente mal drenadas e muito mal drenadas, sujeitas a inundações frequentes, prejudiciais à maioria das culturas.	Terras com grande susceptibilidade à erosão Relevo forte ondulado, com declives normalmente de 20 a 45%. Os declives podem ser maiores ou menores, dependendo das características físicas e morfológicas dos solos (textura, profundidade efetiva, estrutura).	Declives acentuados (20 a 45%) em relevo forte ondulado. Sulcos e voçorocas, bem como pedregosidade, rochosidade, etc., podem constituir impedimentos ao uso de máquinas. Apenas o uso de implementos de tração animal ou máquinas especiais é possível.
MUITO FORTE	Terras mais providas de nutrientes. Baixa soma de bases trocáveis. Condutividade elétrica > 15 mmhos/cm a 25° C. Pode compreender solos salinos, sódicos e tiomórficos.	Severa deficiência de água durante um período que oscila de 8 a 10 meses/ano. Precipitações muito irregulares de 400 a 600 mm/ano e com altas temperaturas. Inclui terras com estação seca menos pronunciada, porém com baixa disponibilidade de água para as culturas, bem como terras com alta concentração de sais solúveis. A vegetação é tipicamente de caatinga hiperxerófila ou outras espécies de caráter seco muito acentuado.	Praticamente, as mesmas condições de drenagem do grau anterior, porém os trabalhos de melhoramento compreendem grandes obras de engenharia. Nível de projetos fora do alcance do agricultor, individualmente.	Terras com severa susceptibilidade à erosão. Declives superiores a 45%. Terras não recomendáveis para o uso agrícola, sob pena de serem totalmente erodidas em poucos anos.	Terras normalmente de topografia montanhosa, com declives superiores a 45%, com impedimentos muito fortes devido a pedregosidade, rochosidade, profundidade, ou problemas de drenagem. Extrema dificuldade para uso de máquinas, mesmo implementos de tração animal.

- **Níveis de Manejo Considerados**

São considerados 3 (três) níveis de manejo, de acordo com práticas agrícolas ao alcance da maioria dos agricultores, numa abrangência técnica, social e econômica. A representação é feita pelas letras A, B e C, correspondendo, respectivamente, aos níveis de manejo tradicional, pouco desenvolvido e desenvolvido. As letras podem aparecer nos símbolos da classificação escritas de diferentes formas, segundo as classes de aptidão que apresentem as terras, em cada um dos níveis de manejo adotados. A ausência de letras representativas das classes de aptidão agrícola indica não haver aptidão para uso mais intensivo, não excluindo, necessariamente, o uso menos intensivo da terra.

Nível de Manejo A

Baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível tecnológico, onde não há aplicações de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições agrícolas das terras e das lavouras. As práticas agrícolas dependem de trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal, com implementos agrícolas simples.

Nível de Manejo B

Baseado em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio, caracterizado por alguma aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições agrícolas das terras e das lavouras. As práticas agrícolas estão ainda condicionadas, principalmente, ao trabalho braçal e à tração animal. Se usada máquina motorizada, será para o transporte e beneficiamento da produção.

Nível de Manejo C

Baseado em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico, caracterizado pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições agrícolas das terras e das lavouras. A mecanização é usada nas diversas fases da operação agrícola. Os níveis de manejo A, B e C, que envolvem melhoramentos tecnológicos em diferentes modalidades, não levam em conta a irrigação.

- **Grupos de Aptidão Agrícola**

Os tipos de utilização mais intensivos das terras são representados cartograficamente no mapa pelos grupos de aptidão agrícola, através de números de 1 a 6. Os grupos de 1 a 3 representam as melhores classes de aptidão das terras, indicadas para lavouras. As terras incluídas nos grupos de aptidão 4, 5 e 6 são indicadas para pastagem plantada, silvicultura e/ou pastagem natural, e preservação da flora e da fauna, respectivamente.

As alternativas de utilização das terras, conforme os grupos de aptidão agrícola, estão representadas FIGURA B.IV. 15, de acordo com o aumento da intensidade de uso e o aumento da intensidade da limitação.

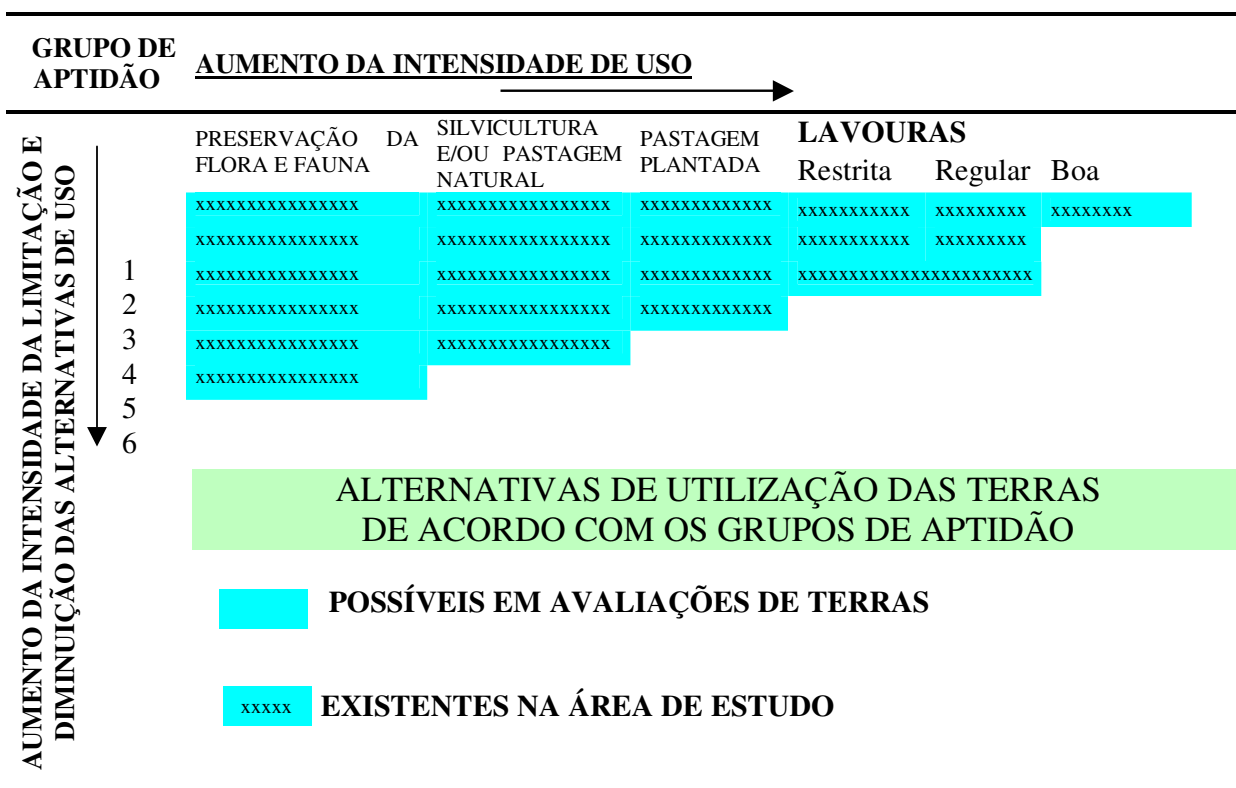


FIGURA B.IV. 15 – Alternativas de Utilização da Terra, Segundo o Grau de Aptidão Agrícola.

Expressa a aptidão agrícola das terras para um determinado tipo de utilização, com o nível de manejo definido, dentro do subgrupo de aptidão. Reflete o grau de intensidade com que as limitações afetam as terras. As terras de uma classe de aptidão são similares quanto ao grau, mas não quanto ao tipo de limitação a uso agrícola. Cada classe poderá incluir diferentes tipos de solo, muitos requerendo tratamentos distintos.

Classe Boa: terras sem limitações significativas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. Há um mínimo de restrições, que não reduz a produtividade ou benefícios expressivamente, e não aumenta os insumos acima de um nível aceitável. Nesta classe, os diversos tipos de utilização das terras são representados no mapa pelos seguintes símbolos: A, B e C – Lavouras; P - Pastagem plantada; S – Silvicultura; N - Pastagem natural.

Classe Regular: terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. As limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, elevando a necessidade de insumos de forma a aumentar as vantagens globais a serem obtidas do uso. Ainda que atrativas, essas vantagens são sensivelmente inferiores àquelas auferidas das terras de classe boa. Nesta classe, os diversos tipos de utilização são representados no mapa pelos seguintes símbolos: a, b e c – Lavouras; p - Pastagem plantada; s – Silvicultura; n - Pastagem natural.

Classe Restrita: terras que apresentam limitações fortes para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. Essas limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, ou, então, aumentam os insumos necessários, de tal maneira que os custos só se justificariam marginalmente. A denominação cartográfica das unidades é expressa através dos símbolos: (a), (b) e (c) - Lavouras; (p) - Pastagem plantada; (s) - Silvicultura; (n) - Pastagem natural

Classe Inapta: terras apresentando condições que parecem excluir a produção sustentada do tipo de utilização em questão (sem aptidão agrícola). Ao contrário das demais, esta classe não é representada nos mapas por símbolos. Sua interpretação é feita pela ausência das letras no tipo de utilização considerado.

As possibilidades das terras consideradas inaptas para lavouras são analisadas para usos menos intensivos (pastagem plantada, silvicultura ou pastagem natural). No entanto, as terras classificadas como inaptas para os diversos tipos de utilização considerados têm a alternativa de serem indicadas para a preservação da flora e da fauna, recreação ou algum tipo de uso não agrícola. Trata-se de terras ou paisagens, pertencentes ao grupo 6, nas quais deve ser estabelecida uma cobertura vegetal, não só por razões ecológicas como também para a proteção de áreas contíguas agricultáveis.

- **Avaliação das Classes de Aptidão Agrícola das Terras**

A avaliação de aptidão agrícola das terras resulta da interpretação de informações obtidas nos levantamentos de solos, complementadas com dados climáticos. Para alcançar os objetivos propostos, utilizam-se procedimentos metodológicos contidos no Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras, (SNLCS, 1983), atualizados em 1998, e cujas parâmetros básicos serão sumariados a seguir.

São considerados 6 (seis) grupos de aptidão para avaliar as condições agrícolas das terras componentes das unidades de mapeamento, envolvendo os seguintes tipos de utilização: lavoura (ciclos curto e longo), pastagem plantada, pastagem natural e silvicultura. As áreas não recomendadas à utilização com essas atividades deverão ser indicadas para preservação da flora e da fauna. As limitações das condições agrícolas das terras aumentam do Grupo 1 para o Grupo 6, diminuindo, conseqüentemente, as alternativas de uso. Sendo a classificação da aptidão agrícola das terras um processo interpretativo, seu caráter é efêmero, podendo sofrer variações com a evolução tecnológica.

A classificação da aptidão agrícola, como tem sido empregada, não é precisamente um guia para obtenção do máximo benefício das terras e, sim, uma orientação de como devem ser utilizados seus recursos em planejamento regional e nacional.

O termo “terra” é considerado no seu mais amplo sentido, incluindo todas as suas relações ambientais. O termo agrícola, aqui referenciado, inclui todas as formas de utilização agrônômica das terras.

Para avaliação da aptidão agrícola das classes de solos e unidades de mapeamento, apresentam-se as orientações contidas na tabela de conversão ou tabela-guia, que se encontra exposta nos anexos deste informe.

- **Viabilidade de Melhoramento das Condições Agrícolas das Terras**

A viabilidade de melhoramento das condições agrícolas das terras em suas condições naturais, mediante a adoção dos níveis de manejo B e C, é expressa por algarismos que acompanham as letras representativas dos graus de limitação estipulados na tabela-guia.

Os graus de limitação são atribuídos às terras em condições naturais e, também, após o emprego de práticas de melhoramentos compatíveis com os níveis de manejo B e C. Da mesma forma, na tabela-guia estão as classes de aptidão, de acordo com a viabilidade de melhoramento da limitação. A irrigação não está incluída nas práticas de melhoramento previstas para os níveis de manejo B e C. De acordo com as condições específicas para os níveis de manejo B e C, são consideradas 4 (quatro) classes de melhoramentos, assim constituídas:

Classe 1: melhoramento viável com práticas simples e pequeno emprego de capital. Tais práticas são suficientes para atingir o grau indicado na tabela-guia.

Classe 2: melhoramento viável com práticas intensivas e mais sofisticadas e considerável aplicação de capital. Esta classe ainda é considerada economicamente compensadora.

Classe 3: melhoramento viável somente com práticas de grande vulto, aplicadas a projetos de larga escala, que estão, normalmente, além das possibilidades individuais dos agricultores.

Classe 4: sem viabilidade técnica ou econômica de melhoramento. A ausência de algarismo acompanhando a letra representativa do grau de limitação indica não haver possibilidade de melhoramento naquele nível de manejo.

1.2.5.16 Resultados e Discussões

Como resultado dos estudos desenvolvidos na área do AHE Jirau, apresentam-se os cenários agroecológicos, a erodibilidade e a avaliação do uso dos solos.

Os cenários para a área de estudo com base na potencialidade das terras, nas necessidades de insumo para lavouras, na disponibilidade hídrica para irrigação e na estimativa de produtividade média de lavouras básicas para a região foram definidos em função dos seguintes elementos.

- **Identificação da Potencialidade das Unidades de Mapeamento de Solos e Classificação dos Níveis de Exigência e Possibilidades de Mecanização.**

O QUADRO B.IV. 2 mostra a correlação das unidades de solos mapeados com as classes de aptidão agrícola, os níveis de exigência das terras, a possibilidade de mecanização e a extensão dos subgrupos na área do reservatório de Jirau.

QUADRO B.IV. 2 – Aptidão Agrícola e grupos de solos correspondentes

GRUPOS	CLASSES DE APTIDÃO AGRÍCOLA (SUBGRUPOS)	UNIDADES DE MAPEAMENTO DE SOLOS	ÁREA DO RESERVATÓRIO (Cota 90) em ha
GRUPO 1	1(a) bC	PVAa2, CXba1, LAa, LVAa1	300
GRUPO 2	2abc*	RUbd	2.038
	2(a)bc	PAa1, PAa3, CXba2, LVAa2 C2-M1	2.078
	2a(bc)	NXe	-
	2(ab)c*	CXba3	12
	2(b)c*	PACa, PAa2	54
GRUPO 3	3 (abc)	PVd	4.391
	3(abc)*	CXba5	1.818
	3(ab)*	GXba	442
	3(bc)	FXa1	1.054
	3(bc)*	FXa2	426
GRUPO 4	4P	PVAa1	394
GRUPO 5	5S	PVAa3, PVAa4	1.630
	5s	PVAe1	80
GRUPO 6	6	PVAe2 PVAa5, Esu, Rle, RQga	505
TOTAL			15.222

- **Disponibilidade Hídrica da Bacia do Rio Madeira como Suporte para a Agricultura Irrigada**

A prática da irrigação configura uma opção estratégica para aumentar a oferta de produtos destinados ao mercado interno, consolidar a afirmação comercial do Brasil num mercado internacional altamente competitivo e melhorar os níveis de produção, produtividade, renda e emprego no meio rural e nos setores industriais, vinculados ao complexo de atividades da agricultura irrigada. A vocação agrícola e sua respectiva exploração na região, induz à necessidade da realização de estudos e controles específicos do binômio água/solo, com atenção especial para os aspectos de drenagem e erosão. Nos meses de junho a agosto, há deficiência de umidade no solo, ao passo que, no período de novembro a maio verifica-se excedente hídrico. O potencial de água de superfície na bacia do rio Madeira tem as seguintes características hidrológicas.

Estado de Rondônia. Bacia do Rio Madeira. Características Hidrológicas

Características Hidrológicas	Unidade	Potencial
Área de drenagem	km	1.420.000
Chuva média	mm/ano	1.975
Evapotranspiração real	mm/ano	1.280
Escoamento superficial	m ³ /s	31.275
Coefficiente de escoamento superficial	%	35,2
Vazão específica	l/s/km ²	22

Fonte: ANEEL, 2001

Verifica-se que a textura do solo tem peso expressivo no comportamento da água armazenada durante o período de oito dias, conforme percentuais de perda apresentado.

Comportamento da água no solo para um período de oito dias.

Textura do Solo	Primeiro Dia (mm)	Oitavo Dia (mm)	Percentual de Perda no Período
Arenoso (- 15%)	20,0	4,3	78,5
Areno-argiloso(15-35% de argila)	40,0	18,4	54,0
Argilo-arenoso (+35% argila)	60,0	35,7	40,5
Muito argiloso (+60% argila)	100,0	73,2	26,8

Fonte: INMET

a) Águas Pluviais

Segundo o Boletim Climático de Rondônia nº 001/1998, “O clima de toda ou qualquer região situada nas mais diversas latitudes do globo jamais se apresentam com as mesmas características em cada ano. Reconhecendo esse fato, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) estabelece que, para estudos comparativos do clima, sejam calculadas médias climatológicas para períodos de 30 anos de coleta de dados. O Estado de Rondônia possui uma das mais deficientes séries de dados climatológicos do País, tanto em número de dados disponíveis quanto em uniformidade em seus períodos de coleta, exigindo, assim, uma caracterização do clima fora dos padrões convencionais”.

Em face da indisponibilidade de dados relativos às áreas de meteorologia e hidrologia no estado, e no esforço de suprir as deficiências nas áreas acima citadas, como também de avaliar os impactos causados pelas mudanças local e global do clima, a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM), através do Departamento de Sensoriamento Remoto e Climatologia (DESEC), sentiu a necessidade de criar uma rede de estações meteorológicas adequada ao Estado. Com recursos do PLANAFLORO e apoio do PNUD (Projeto BRA/94/007), foi implantado no estado de Rondônia uma rede de estações de coleta de dados meteorológicos com o objetivo de dotar o estado de informações meteorológicas contínuas e confiáveis, coletadas em tempo real. Essas informações auxiliarão de forma relevante a tomada de decisões governamentais e privadas, na área de planejamento agrícola e áreas em vias de ocupações. Além disso, é necessário divulgar as preocupações sobre as mudanças climáticas causadas pelas transformações do uso do solo, para se estabelecer uma conscientização da necessidade da conservação ambiental.

Utilizando-se os critérios adotados pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para a localização das estações meteorológicas e as especificações técnicas dos equipamentos, e considerando infra-estruturas para instalação, condição de acesso viário e bacias hidrográficas, identificaram-se 20 locais para serem instaladas as estações meteorológicas que comporão a Rede de Estações Meteorológicas do Estado. Sua implantação será dividida em três fases. Na primeira fase, foram implantadas seis estações em locais estratégicos, que permitem o acompanhamento de seu desempenho, tanto no que se refere ao funcionamento como à qualidade dos dados obtidos. No futuro, será possível que essas estações meteorológicas façam uso de um *link* via satélite, para que seus dados sejam utilizados em tempo real.

Com base nos dados meteorológicos de Porto Velho, com águas de origem pluvial, pode-se verificar que os maiores déficits ocorrem no período de junho a setembro. Dessa forma, em uma avaliação conjunta da disponibilidade e origem das águas, conclui-se que, para instalação de lavouras tecnificadas em nível empresarial ou em projetos para comunidades organizadas de produtores rurais, é necessário dispor também de água de origem fluvial e/ou subterrânea.

DADOS METEOROLÓGICOS	
Estação de Porto Velho	
Setembro / 1998	
Temperatura (° C)	
Média	26,39 ° C
Máxima Média	34,02 ° C
Máxima Absoluta	36,31 ° C
Mínima Média	20,81 ° C
Mínima absoluta	14,89 ° C
Umidade Relativa (%)	
Média	83,35 %
Mínima Absoluta	35,08 %
Precipitação Pluviométrica (mm)	
Total	69,84 mm
N.º de dias com chuva	09 dias
Máxima em 24 horas	33,28 mm
Velocidade do Vento (m/Seg.)	
Máxima Média	6,92 m/Seg.
Máxima Absoluta.....	13,83 m/Seg.
Predominância	S
Radiação Solar (Watts / m2)	
Radiação Máxima Diária	1.183 W / m2
Radiação Total Mensal	27.684 W / m2

Fonte: INMET .Estações meteorológicas automática, localizada no município de Porto Velho - EMBRAPA – CPAF

b) Águas Fluviais

A rede hidrográfica do Estado de Rondônia está representada pelo rio Madeira e seus afluentes, com uma composição de oito principais sub-bacias: do Guaporé, do Mamoré, do Abunã, do Mutum-Paraná, do Jaci-Paraná, do Jamari, do Aripuanã, e do Ji-Paraná. A calha do rio Madeira, com base na estação fluviométrica de Porto Velho, apresenta uma descarga líquida média de longo período, da ordem de 21.018 m³/s (CPRM, 2000).

As águas provenientes dos mananciais são de fundamental importância para suplemento dos déficits. Assim, são mostradas os dados comparativos de disponibilidade e consumo atual estimados para o Estado de Rondônia, em totais e por hectare.

Dados Comparativos de Disponibilidade e Consumo Atual da Água dos Mananciais.

Discriminação	Água Derivada dos Mananciais (mil m³/ano)	Água Consumida pelos cultivos (demanda) mil m³/ano	Água Derivada dos mananciais m³/ha/ano	Água Consumida pelos cultivos (demanda) m³/ha/ano	Área Irrigada Atual (ha)
Região Norte	836.900	461.320	9.657	5.323	86.660
Estado de Rondônia	20.168	11.536	9.044	5.173	2.230

Fonte: Christofidis, D., 1999. Estado de Rondônia.

Considerando a disponibilidade hídrica de origem fluvial das bacias, em milhões de m³/ano, destacam-se para este estudo, as disponibilidades da bacia do rio Madeira para projetos de irrigação na região das comunidades.

Estado de Rondônia. Bacia do rio Madeira. Estimativa de Recurso Hídrico				
Bacia	Pluviosidade média anual (mm)	Área (km²)	Excedente hídrico estimado (mm) (32 %)	Recurso hídrico na Bacia (milhões de m³/ano)
Madeira	1.975	1.420.000	632	4.953

Fonte: CPRM, 2002

c) Águas Subterrâneas

Na potencialidade de água subterrânea, Rondônia, em especial a bacia do rio Madeira, encontra-se, na região sedimentar da Amazônia, com volume estocado, considerado muito elevado, da ordem de mais de 10 m³/h/m.

Porém em se tratando de águas subterrâneas, é necessário considerar não somente a questão quantitativa, mas também a qualificação de parâmetros, como a presença de sais nocivos às lavouras e outros elementos.

- **Estimativa de Produtividade Média de Lavouras Básicas**

A fim de ilustrar a perspectiva de lavouras de grãos para a área, apresentam-se dados de Estimativa de Produtividade Média de Lavouras Básicas com irrigação em toneladas/hectare.

CULTURA	INICIAL (t/ha)	ESTABILIZADA (t/ha)
Soja	1,8	2,3
Arroz	2,8	3,0
Milho	4,2	5,6

Fonte: EMBRAPA

- **Áreas Selecionadas como Suporte para Planejamento Rural e Assentamento.**

A configuração do cenário atual é de maior pressão antrópica, que se processa nas margens das principais rodovias, vicinais e travessões ou linhas dos projetos de assentamentos. Com base nessa perspectiva, foram caracterizados e mensurados os atributos das terras, referentes à sua potencialidade. Essas terras encontram-se espacializadas no mapa de aptidão agrícola, e sua avaliação está explicitada no quadro de identificação da potencialidade das unidades de mapeamento de solos e classificação dos níveis de exigência das terras e possibilidades de mecanização.

A seleção das áreas com potencial para lavouras deverá ter, como princípio básico, as condições de acesso a terra, a questão dos insumos agrícolas, economicamente viáveis, e as condições de favorabilidade dos eixos de desenvolvimento, compostos pela BR-364, suas

vicinais e travessões ou linhas. Outros critérios também devem ser considerados; são os abaixo relacionados

- Áreas alteradas em situações de pastagem ativas e pastagem abandonadas, capoeiras de primeiro ciclo, macegas, formações pioneiras, semidegradadas, e áreas já utilizadas com lavouras em geral.
- Potencialidade das terras, com base no mapa de avaliação da aptidão agrícola.
- Prognóstico de insumos para lavouras básicas.

• **Erodibilidade dos Solos**

A análise dos fatores que afetam a erodibilidade dos solos, tanto os relacionados com as suas características intrínsecas, como aqueles relacionados com os processos de pedogênese e morfogênese, foram considerados para a avaliação dos graus de erodibilidade dos solos da área.

A resistência do meio físico-biótico é avaliada pela determinação de sua vulnerabilidade ou susceptibilidade diante dos mecanismos que atuam nas unidades de paisagem natural. Assim sendo, adotou-se, para avaliação dos graus de erosão dos solos, com a interação aos demais temas, os conceitos metodológicos contidos no documento LAGET/UFRJ (SAE-M.M.A.) - 1996, com os detalhamentos e aprimoramentos estabelecidos pelo INPE(1997) e CPRM(1998 e 1999).

Esse modelo foi idealizado com base nos conceitos da Ecodinâmica de Tricart-1977 e, estabelece a integração dos dados disponíveis, segundo as situações de predomínio dos processos de pedogênese, morfogênese e intermediários. Ele é aplicado a cada tema individualmente (Geologia, Pedologia, Geomorfologia, Vegetação e Clima) dentro de cada uma das unidades de paisagem natural, respeitando uma abordagem holística. Posteriormente, recebe um valor final, resultante das médias dos valores individuais que representa a posição desta unidade dentro da escala de vulnerabilidade. A média aritmética entre os valores individuais dos temas, para cada uma das unidades de paisagem, permite apresentá-las numa escala de estabilidade/vulnerabilidade com 21 classes. As unidades mais estáveis apresentarão valores mais próximos de 1,0; as intermediárias; de 2,0, e as mais vulneráveis, próximas de 3,0. Dentro dessa avaliação, também foram consideradas de forma generalizada, os dados climáticos (Estação Porto Velho) referentes aos totais pluviométricos e médias de distribuição para a região.

Cabe destacar que o conceito de vulnerabilidade/estabilidade natural, adotado para este estudo, é definido em relação ao tipo de resposta ante a erosão dos solos, avaliado de acordo com suas propriedades físico-naturais. O Grau ou Índice de Vulnerabilidade corresponde ao inverso do Grau de Estabilidade.

Sistemática de Avaliação Adotada

Visando obter-se a mais fiel resposta na identificação da erodibilidade dos solos, através da avaliação de uma unidade de paisagem natural, faz-se necessário o conhecimento de sua

gênese, constituição física, forma e estágio de evolução, bem como o tipo de cobertura vegetal que sobre ela se desenvolve. Essas informações são fornecidas pela Geologia (litologia), Geomorfologia (relevo), Pedologia (solos) e pelo Uso do Solo e Cobertura Vegetal, precisando ser integradas para que se tenha um retrato fiel do comportamento de cada unidade frente a sua composição. Os dados pluviométricos regionais através das isoietas são avaliados para que se conheçam algumas características climáticas da região onde se localiza uma unidade.

Fundamentos Teóricos dos Graus de Erosão

As situações apresentadas na caracterização das unidades são as mais críticas para a faixa do grau, em relação a sua estabilidade/instabilidade (vulnerabilidade). Assim sendo, as situações ocorrem ou não concomitantemente, podendo aparecer as mais adversas combinações naturais, de situações das classes de potencial dos temas. A seguir, apresenta-se, por tentativa, a configuração dos graus de erosão dos solos:

- Vulnerável (ou instável): solos caracterizados por severas suscetibilidades à erosão. Apresentam uma das seguintes situações:
 - a) paisagens com declives superiores a 45%, nas quais deve ser estabelecida uma cobertura vegetal que evite o seu arrasamento. Compreende superfícies com predomínio de formas acidentadas, como morros, montanhas, maciços montanhosos, escarpamentos de aparatos, itaimbés, frentes de cuevas, falésias, flancos de serras, vertentes de declives muito fortes de vales encaixados, escarpa de relevo monoclinal, barra de relevo dobrado, pontão, inselbergue, cristas assimétricas, ou outras formas de topografia similar;
 - b) os solos podem ser rasos com presença de fragmentos de rochas, ou plínticos, petroplínticos, cimentados, hidromórficos e/ou arenosos.
 - c) as terras destas unidades não são recomendadas para uso agrícola e outras formas de antropismo, sob pena de serem totalmente erodidas em poucos anos;
 - d) a litologia é composta por colúvios, pedimentos, rochas calcárias, ou aluviões;
 - e) a cobertura vegetal presente pode ser de cultivos anuais, perenes ou savanas gramíneas.
- Moderadamente Vulnerável: solos que apresentam grande suscetibilidade à erosão. Estão presentes em uma das situações:
 - a) os declives das paisagens estão entre 25 a 45%, onde, na maioria das formas de relevo, a prevenção à erosão é difícil e dispendiosa, podendo ser antieconômica. A forma de relevo é bastante movimentada, formada por morros, testemunhos, cristas, ou lomas, de elevação entre 100 a 200 metros de altitude;
 - b) os solos podem apresentar-se sob uma das seguintes formas: aluviões, regolitos, rasos, moderadamente profundos, câmbicos, planossólicos, solódicos, e/ou cimentados.
 - c) a litologia pode ser de arenitos, conglomerados, arcóseas, siltitos, ou argilitos;
 - d) a cobertura vegetal pode apresentar-se como diversos tipos de pastagens, savanas gramíneas (campos naturais), e alguns parques.

- Medianamente Estável: solos de paisagens que apresentam moderada suscetibilidade à erosão. As situações presentes podem ser as seguintes:
 - a) formas de relevo presentes com declives entre 8 a 25%, sendo constituído por colinas ou conjuntos de colinas, lomérios baixos, com altitudes entre 50 a 100 metros;
 - b) os solos podem apresentar-se podzolizados com ou sem argila de atividade alta, com ou sem cascalho cálcicos e não cálcicos, profundos ou moderadamente profundos;
 - c) a litologia pode ser composta de basalto, diabásio, xistos, ardósias, filitos, mármore, migmatitos, granulitos, quartzitos, ou gnaiss;
 - d) a cobertura vegetal pode apresentar-se sob a forma de savana parque até savana arbórea;
 - e) estas paisagens, se utilizadas sem adoção de princípios conservacionista, as terras podem apresentar sulcos e voçorocas.

- Moderadamente Estável: solos de paisagens que apresentam pouca suscetibilidade à erosão. Apresentam uma das seguintes situações:
 - a) os declives normalmente estão entre 3 e 8%; a paisagem compõe-se de colinas de topo aplainado, ou interflúvios tabulares de altitude entre 30 e 60 metros;
 - b) os solos podem apresentar-se podzolizados, bem estruturados e/ou profundos;
 - c) a litologia, geralmente, apresenta-se como fonolitos, andesitos, sienitos, dioritos, traquitos e ingnimbrita;
 - d) a cobertura vegetal pode apresentar-se como Umirizal, Savana até Floresta de Palmeiras. Práticas conservacionistas simples podem prevenir estas paisagens contra o efeito da erosão.

- Estável: solos de paisagens não suscetíveis à erosão. As situações predominantes para essa sustentabilidade são as seguintes:
 - a) os declives, normalmente, estão entre 0 e 3%, com formas de relevo esbatidas de planícies, interfluviais, terraços e planaltos;
 - b) essa estabilidade abrange várias classes de solos com pedogênese bem evoluída, representada principalmente pelos Latossolos e Argissolos, profundos e bem intemperizados. A erosão pode ser ligeira se o uso do solo for por período superior a 15 anos, mas que pode ser controlada com práticas simples de manejo.
 - c) a litologia é bem abrangente, podendo ser desenvolvida a partir de rochas recentes (Ex. Formação Solimões, Jaci-Paraná, etc.), bem como também a partir de rochas cristalinas, como as de Granito Dois Irmãos.

- **Identificação da Erodibilidade dos Solos**

A erodibilidade dos solos pode ser identificada através da correlação das unidades de paisagens, com os valores estabelecidos para as unidades de mapeamento de solos, obtidos através das Características Físicas e Valores de Estabilidade Ecodinâmica. Essa sustentabilidade representa a média dos valores de estabilidade/instabilidade das unidades pedogenéticas que compõem as associações de solos.

GRAUS	UNIDADES DE SOLOS
VULNERÁVEL	Rle, RQga
MODERADAMENTE VULNERÁVEL	ESu, Rubd, ,AR PACa, GXba, PVAa5, CXba5 CXba3, FXa2 PVAe2, FXa1
MEDIANAMENTE VULNERÁVEL / ESTÁVEL	PVAe1, NXe PVd, PAa2, CXba2, CXba4 CXba1, PAa1 PVAa4, PAa3, LAa
MODERADAMENTE ESTÁVEL	PVAa3, PVAa2, LVAa2 PVAa1, LVAa1
ESTÁVEL	

Os graus foram avaliados com base nas unidades de mapeamento, que está espacializado em base cartográfica, no mapa de solos na escala de 1:100.000.

As classes de erosão estão representadas na FIGURA B.IV. 16, com base na interação dos temas de solos, geologia (litologia), relevo, e vegetação. O tema clima foi excluído da tabela, por ser considerado uma constante, em função dos dados disponíveis (Porto Velho= 2.402 mm/ano), para extensão e escala de trabalho da Área de Influência Direta (AID).

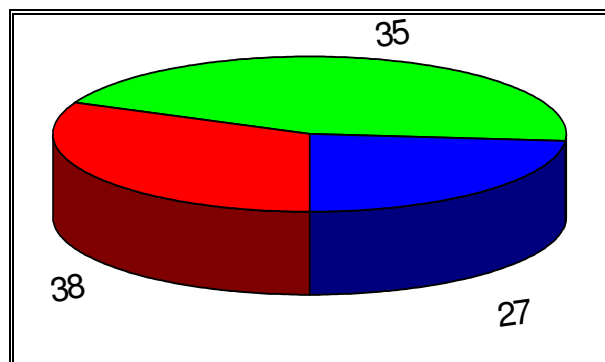


FIGURA B.IV. 16 – Percentual das unidades por classe de erosão.

Número de Unidades por classe de erosão, segundo dados da legenda.

GRAUS		FATORES MAIS DETERMINANTES
	Moderadamente Vulnerável - 11 unidades= 38%	Solo e Litologia
	Medianamente Vulnerável/Estável- 10 Unidades= 35%	Solo e Litologia
	Moderadamente Estável - 8 unidades= 27%	Relevo e Vegetação

• Análise dos Resultados

A partir da análise das características físicas e valores de estabilidade ecodinâmica das unidades, na região de estudo, foi possível realizar as seguintes considerações finais:

Neste estudo, não foram identificadas unidades pertencentes às classes extremas denominadas “Estável” e “Vulnerável”.

Analisando-se a importância relativa de cada um dos fatores considerados na determinação da vulnerabilidade, em toda a região, conclui-se que as características do relevo e da litologia, seguidos num patamar menor pelo clima, são as que mais contribuem na designação do maior grau de vulnerabilidade física do meio.

Nas unidades pertencentes à categoria “Moderadamente Estável”, os fatores que mais influem na estabilidade natural, ante a erosão dos solos, são o relevo e a cobertura vegetal, aliados a condições de unidades pedogenéticas mais intemperizadas. Nas unidades pertencentes às categorias “Medianamente Estável/Vulnerável” e “Moderadamente Vulnerável”, o tipo de solo e a litologia são as características físicas principais na determinação da Erodibilidade. O clima existente em toda a região se caracteriza, de um modo geral, como um dos principais fatores na instabilidade natural da paisagem.

A legenda de vulnerabilidade natural à erosão dos solos reflete, consideravelmente, as expectativas e/ou projeções predominantes da Área de Estudo do futuro AHE Jirau.

- **Avaliação do Uso do Solo**

Considerando-se as distribuições espaciais e de potencialidades das unidades pedogenéticas na área (vide QUADRO B.IV. 3), pode-se chegar às seguintes avaliações:

- As principais unidades pedogenéticas que dominam na Área de Influência da obra são: Argissolo Acinzentado, Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho, Cambissolo Háplico, Gleissolo Háplico, Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Litólico, Neossolo Flúvico, Neossolo Quartzarênico Hidromórfico, Nitossolo Háplico, Plintossolo Háplico.
- Com referência às unidades pedogenéticas de material recente, Neossolo Flúvico, Neossolo Quartzarênico Hidromórfico, Gleissolo Háplico, Cambissolo Háplico, Plintossolo Háplico e Argissolo Acinzentado, desenvolvidas no entorno de Abunã e rio Madeira, que deverão sofrer processos de alagamento referente à cota 90, é importante que se considere a preservação das nascentes que estarão interligadas, para se evitarem processos erosivos durante o período de maiores quedas pluviométricas, e o conseqüente processo de turbidez.
- Uma situação que merece relevância são as áreas de solos em processo de laterização com exposição de plintita de substratos em diversos níveis de endurecimento e, com lixiviação e arraste do horizonte AB superficial orgânico-mineral. De modo geral, esses solos não apresentam equilíbrio com as condições climáticas atuais, sendo, muitas vezes, pouco profundos e com baixa fertilidade natural e alta saturação com alumínio, caracterizando um sistema ambiental de fragilidade e que exige o emprego de medidas de conservação do solo e controle da erosão. Enquadram-se nessa situação as diversas formas de ocorrência de solos mapeadas como Plintossolo Háplico (FXa), com maior extensão na área compreendida entre Mutum-Paraná e Abunã.

Durante os trabalhos de campo e com as imagens LANDSAT, foram verificadas algumas das condições que podem comprometer também a sustentabilidade e potencialidades na região:

- As condições de formas de relevos, de vales encaixados e ravinas, como as formas erosivas de mesas com Latossolos e Argissolos Vermelho-Amarelos, favoreceram a ação de processos de erosividade nos solos desnudos e/ou com pastagens, constatando-se lavagem e arraste de horizontes superficiais e aparecimento ainda incipiente de voçorocas.
- Áreas de cristas e das bordas erosivas da parte norte, e das drenagens densas e altamente aprofundadas, apresentam, a exemplo da região da Mineração Xacriabá/Coogampa, principalmente após desmatamento, uma intensa remoção de horizontes pedogenéticos, que, conseqüentemente, estão entulhando cotas inferiores.
- Áreas planas e suaves-onduladas da parte sudoeste da área, compreendida pelos solos de textura argilosa e ou siltosa, como as do entorno de Abunã, podem apresentar compactação dos horizontes superficiais, devendo ter manejos adequados para lavouras tecnificadas, com referência às possibilidades de mecanização.
- Áreas planas e suaves-onduladas com Cambissolos cascalhentos, ou Plínticos provenientes de lateritos imaturos do Pleistoceno, apresentando exposição do material grosseiro.

Outras situações mais detalhadas das alterações pedogenéticas serão fornecidas durante a fase de monitoramento, em decorrência das situações diversificadas, da área de estudo de Jirau.

QUADRO B.IV. 3 – Quantitativos de Unidades Pedogenéticas Mapeadas na Área do Reservatório e as Incluídas no Polígono do Canteiro de Obras de Jirau

UNIDADES PEDOGENÉTICAS	UNIDADES DE SOLOS MAPEADAS	CLASSE DE APTIDÃO AGRÍCOLA	ÁREA DO RESERVATÓRIO (Cota 90) em ha
Argissolo Acinzentado Alumínico	PACa	2(b)c*	Regular 54
Argissolo Amarelo Alumínico	PAa1	2(a)bc	Regular 211
	PAa3	2(a)bc	Regular 12
Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	PVAe1	5s	Regular 80
Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico	PVAa1	4P	Boa 394
	PVAa3	5S	Boa 1339
	PVAa4	5S	Boa 290
	PVAa5	6	Inápta 103
Argissolo Vermelho Distrófico	PVd	3(abc)	Restrita 37
Cambissolo Háptico Alumínico	CXba1	1(a)bC	Boa 127
	CXba2	2(a)bc	Regular 73
	CXba3	2(ab)c*	Regular 12
	CXba4	3(abc)	Restrita 2349
	CXba5	3(abc)*	Restrita 1818
Espodossolo Ferrocárbico	ESu	6	Inápta 0
Gleissolo Háptico Tb Alumínico	GXba	3(ab)*	Restrita 442
Latossolo Amarelo Alumínico	LAa	3(abc)	Restrita 2006
Latossolo Vermelho-Amarelo Alumínico	LVAa1	1(a)bC	Boa 103
	LVAa2	2(a)bc	Regular 1782
Neossolo Flúvico Tb Distrófico	RUBd	2abc*	Regular 2038
Neossolo Quartzarênico Hidromórfico Alumínico	RQga	6	Inápta 56
Plintossolo Háptico Alumínico	FXa1	3(bc)	Restrita 1054
	FXa2	3(bc)*	Restrita 426
Afloramentos Rochosos	AR	6	Inápta 346
SUBTOTAL			15.152
Água	Rios		11.770
TOTAL			26.922

1.2.6 Sismicidade Natural e Induzida

A questão da Sismicidade Desencadeada ou Induzida por Reservatórios (ex-SIR; hoje SDR), iniciou-se há cerca de 50 anos, no EUA, no Estado do Colorado em 1936, logo após o enchimento do lago Mead, onde foram observados sismos induzidos.

No Brasil, o assunto foi abordado, primeiramente na década de 1970, para acompanhar o monitoramento sismológico em reservatórios, aprofundar e ampliar o conhecimento da SDR no sentido de entender e conhecer suas causas e efeitos e tentar reduzir seus eventuais impactos socioambientais.

Nas regiões intraplacas, como é o caso do Brasil, é bastante difícil verificar-se a relação entre a sismicidade natural e a geotectônica, tendo em vista a predominância da baixa sismicidade nessas áreas.

As áreas interioranas da Região Norte apresentam uma baixa demografia populacional e uma quantidade pequena de estações sismográficas, o que acarreta um relato de sismos incompletos e pouco precisos; assim sendo, a localização dos epicentros é realizada com maior dificuldade.

Não é possível evitar os terremotos, porém os impactos antrópicos no meio ambiente podem influir diretamente na ocorrência de sismos induzidos pelo homem (sismos artificiais).

Essas situações podem ocorrer por meio de:

- explosões/detonações, principalmente subterrâneas;
- injeção profunda de líquidos sob pressão;
- extração de líquidos;
- escavações em minas e pedreiras;
- enchimentos de lagos artificiais.

Desde a identificação de relação causa e efeito entre a sismicidade e o enchimento do lago Mead, a SDR já foi observada mundialmente em cerca de mais de 200 reservatórios.

A SDR está condicionada a diversos fatores como (Simpson 1976):

- tamanho e peso do reservatório;
- esforços tectônicos pré-existentes;
- condições geológicas e hidromecânicas específicas da área;
- interação construtiva entre a orientação dos esforços sismotectônicos;
- dinâmica da variação do nível d' água do lago e a carga suplementar causada pelo reservatório.

O estado atual de conhecimento não permite estabelecer previsões sobre a efetiva ocorrência de sismos induzidos por enchimentos de reservatórios. Seed *et al* (ASCE, -1978) coletaram diversas informações sobre o comportamento de um grande número de barragens de terra, relacionadas a seis grandes terremotos e chegaram às seguintes conclusões:

- praticamente, toda barragem bem construída pode suportar tremores moderados;
- barragens construídas a partir de solos argilosos em fundações de argila ou rocha suportaram tremores muito fortes;
- duas barragens de enrocamento resistiram a tremores moderadamente fortes, sem apresentar estragos de grande monta;
- barragens que podem apresentar problemas são aquelas que possuem grandes massas de material sem coesão.

O método usual de análise de estabilidade em barragens e obras afins, no Brasil, é o pseudo-estático. Outro aspecto relevante a ser focado é que diversas barragens antigas, construídas

sem a incorporação de coeficientes sísmicos em seus projetos, foram submetidas a vibrações sísmicas naturais e induzidas, sem apresentar quaisquer danos em suas estruturas, a saber:

- UHE Santa Branca (SP), em 22/03/67, submetida a 0,02 g;
- UHE Lajes (RJ), em 22/03/67, submetida a 0,015 g;
- UHE Carmo de Cajuru (MG), em 22/03/72, submetida a 0,04 g;
- UHE Paraibuna-Paraitinga (SP), em 16/11/77, submetida a 0,02 g;
- UHE Jaguari (SP), em 17/12/85, submetida a 0,04 g.

1.2.6.1 Aspectos da Sismicidade Desencadeada ou Induzida por Reservatórios no Brasil (SDR)

A TABELA B.IV. 11 mostra os principais casos de SDR no Brasil, apresentando as informações dos reservatórios, os dados das fontes dos maiores TDRs (Tremor Desencadeado por Reservatório) e outros parâmetros relevantes.

A partir das características já apresentadas e dos casos de SDR, relacionados na TABELA B.IV. 11, chega-se às seguintes considerações:

- Existe uma grande variabilidade na forma de surgimento de SDR;
- 21 (vinte e um) reservatórios, pelo menos, são associados com SDR, estando incluídos os casos comprovados e prováveis;
- para a maioria dos casos (76%), o tempo de retardo de 3(três) anos mostra que a SDR refere-se às do tipo "sismicidade inicial", ou seja, as condições locais respondem rapidamente as perturbações causadas pelo enchimento do lago;
- os inco casos restantes (24%), pertencem à categoria de SDR, denominada de "sismicidade de estado estável". O maior tempo de retardo observado, 18 anos, ocorreu no reservatório da UHE Carmo de Cajuru (MG).
- Alguns reservatórios apresentam um "ciclo repetitivo" de TDR, ou seja, mais de um evento principal. Nesse sentido, devem-se mencionar:
 - Tucuruí (PA), com 2 TDR em 1995 ($m_R = 3,4$) e 1998 ($m_R = 3,6$);
 - Nova Ponte (MG), com 2 TDR em 1995 ($m_R = 3,5$) e 1998 ($m_R = 4,0$);
 - Carmo de Cajuru (MG), com 3 TDR em 1971 ($m_R = 3,5$); 1972 ($m_R = 3,7$) e 1976 ($m_R = 3,2$);
 - reservatórios com profundidade moderada, como Carmo de Cajuru (MG) e Balbina (AM), apresentam TDR bastante grandes (em torno de 3,5 m_R).

TABELA B.IV. 11 – Sinopse dos casos de SIR no Brasil – 1998

Item	Nome da Barragem (Estado)	Altura (m)	Volume do Reservatório (x 10 ⁶ m ³)	Início do Enchimento	Maior Sismo Induzido		
					Data	Mag. (m _R)	Inten. (M.M.)
1	Peti (MG)	36	42.5	1946	1948.10.10	n.a.	IV
2	Furnas (MG)	127	23	1965	1966.11.15	n.a.	IV-V
3	Três Marias (MG)	75	21000	1962	1969	n.a.	VI
4	Capivari - Cachoeira (PR)	61	180	07.1970	1971.05.21	n.a.	VI
					1971.08.08	3.5	V-VI
5	Carmo do Cajuru (MG)	25	200	1954	1972.01.23	3.7	VI
					1976.05.23	3.2	-
6	Porto Colômbia & Volta Grande (MG/SP)	40 56	1460 2300	1972 1973	1974.02.24	4.2	VI-VII
7	Capivara (PR/SP)	61	10500	01.1976	1976.01.25 1979.03.27	n.a. 3.7	V-VI
8	Paraibuna e Paratinga (SP)	98 104	4740 *	08.1976	1977.11.16	3.4	IV
9	Marimbondo (MG/SP)	90	6150	1975	1978.07.25	2.0	n.a.
10	Sobradinho (BA)	43	34100	1977	1979.07.05	1.9	n.a.
11	Emborcação (MG/GO)	158	17500	1981	1982.03	(2.0)	n.a.
12	Peixoto (MG)	72	4040	1957	1984.04.08	3.8	IV
					1996.10.18	4.0	V
13	Tucuruí (PA)	100	45800	09.1984	1985.08.09.?? 1998.03.02	3.4 3.6	n.a. n.a.
14	Igaratá (SP)	53	1500	12.1969	1985.12.17	3.0	V-VI
15	Jaguara e Estreito (MG/SP)	n.a. & 92	n.a. & 1418	11.1968	1990.01.19 1992.03.02	4.1 3.8	(V) IV
16	Balbina (AM)	35	17500	1998	1990.03.25	3.4	n.a.
17	Xingó (SE/AL)	140	3800	06.1996	1994.07.20	1.7	III.IV
18	Açu (RN)	31	2400	1985	1994.08.26	2.8	-
19	Nova Ponte (MG)	142	1280	10.1993	1995.04.21 1998.05.22	3.5 4.0	IV-V VI
20	Miranda (MG)	85	1140	08.1997	1997-98	2.4	-
21	Serra da Mesa (GO)	150	n.a.	10.1996	1997-98	2.6	-

Nota: n.a. = não disponível

1.2.6.2 Estruturas Geológicas e Tectônica Regional

A evolução paleogeográfica cenozóica iniciou-se efetivamente a partir dos movimentos neotectônicos que se desenvolveram após o Oligoceno, com a geração de vários tipos de estruturas que afetaram as rochas pré-cambrianas, paleozóicas e mesozóicas que constituem o arcabouço litológico regional, controlando a deposição de sedimentos e influenciando decisivamente no desenvolvimento dos sistemas de relevo e drenagem hoje observados.

A porção de interesse do Projeto abrange a porção sudoeste do Cráton Amazônico, o qual mostra uma evolução geológica policíclica iniciada no Paleoproterozóico, há aproximadamente 1.750 milhões de anos, sendo reativada por eventos tectono-magmáticos superimpostos até 970 milhões de anos atrás, quando então essa parte do Cráton estabilizou-se. Em seguida, os movimentos tectônicos restringiram-se a reativações de falhas preexistentes, com maior intensidade durante o período Terciário, quando do soerguimento da Cordilheira Andina, tendo os seus reflexos afetado a região sul da Amazônia.

Reativações subseqüentes, a partir de fenômenos geológicos (neotectônica), fizeram-se sentir, em seguida ao Terciário, com efeitos diretos sobre o substrato onde se instalou o rio Madeira

e condicionou toda a evolução desse rio. Na área do empreendimento, existem faixas de rochas proterozóicas e paleozóicas, como anfibolitos, gnaisses, quartzitos, arenitos, conglomerados bem como rochas das suítes intrusivas como os sienogranitos, granitos rapakavi, granitos pórfiros, além dos sedimentos inconsolidados aluvionares pretéritos e atuais, colúvios e coberturas lateríticas.

As suítes graníticas intrusivas e os arenitos e conglomerados localizados na área do reservatório foram submetidos a um intenso sistema de fraturamentos e falhas associadas, que, em linhas gerais, obedecem às direções NW-SE, NE-SW, NNE-SSW e W, sendo as falhas que mais se repetem $N10^{\circ}E$, $N40^{\circ}E$, $N60^{\circ}E$, $N70^{\circ}E$, $N20^{\circ}W$, $N30^{\circ}W$, $N40^{\circ}W$ e $N60^{\circ}W$, todas possuindo um mergulho tendendo à verticalidade. As falhas de direção $N10^{\circ}E$, que são conjugadas com aquelas de direção $N30^{\circ}W$, deslocam as falhas de direção $N70^{\circ}E$, no sentido dextral.

A FIGURA B.IV. 17 mostra o quadro neotectônico da região de Rondônia, que é constituído por um sistema de falhas e grandes lineamentos estruturais que controlam a rede de drenagem atual, os quais estão adiante representados:

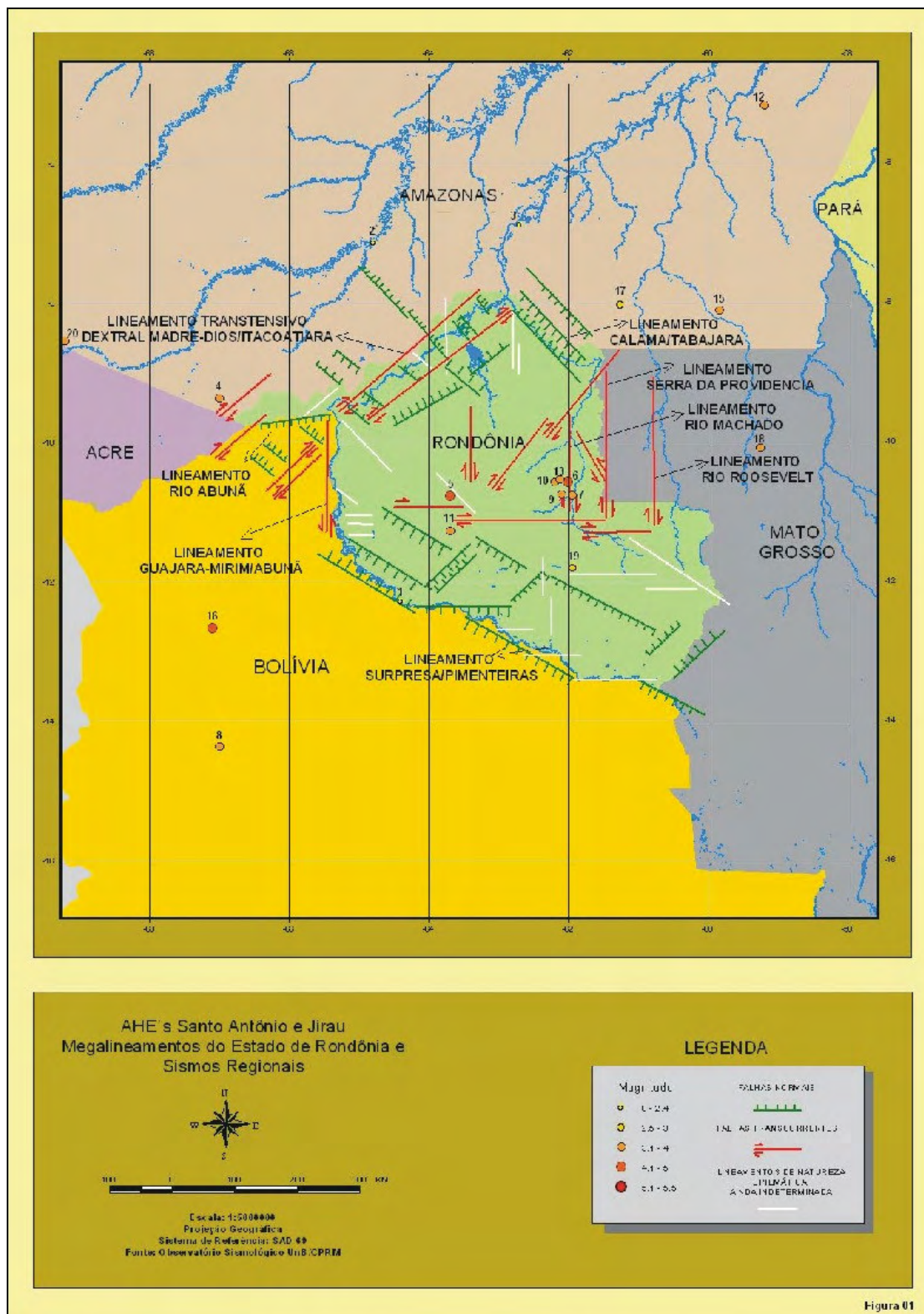


FIGURA B.IV. 17 – Quadro Neotectônico de Rondônia

- no vale do rio Guaporé, pelo Lineamento Transtensivo Surpresa-Pimenteiras, orientado segundo uma direção NW-SE;
- na região entre as localidades de Guajará-Mirim e Abunã, pelo Lineamento Compressivo Guajará-Mirim-Abunã (Souza Filho *et al.*, 1997), de direção N-S;
- na localidade de Abunã (RO) até Itacoatiara (AM), pelo Megalineamento Transtensivo Dextral Madre de Dios-Itacoatiara, de direção SW-NE (Igreja & Catique, 1997),
- na região nordeste do Estado de Rondônia, pelo Lineamento Calama-Tabajara (Scandolaro, 1998), de direção NW-SE.
- na região leste do Estado de Rondônia, pelo Lineamento Rio Machado, de direção N-S;
- na região a oeste de Mato Grosso, pelos Lineamentos Roosevelt e Serra da Providência, de direção N-S;
- no vale do rio Abunã (RO), pelo Lineamento Rio Abunã, orientado na direção próxima a E-W

Na área do empreendimento do Jirau, o sistema de falhas e fraturas está condicionado à reativação de antigas zonas de fraqueza estrutural. As estruturas definidas na referida área, em ordem cronológica, são representadas por uma foliação metamórfica penetrativa impressa nas rochas metaígneas do Complexo Jamari e metavulcano-sedimentares da Formação Mutum-Paraná. Nessas unidades, a foliação metamórfica define um plano de fraqueza estrutural de direção aproximada N90E, com inflexões para N80W e N70E, aliadas a alto ângulo de mergulho. Aproveitando esses planos de fraqueza preexistentes, instalaram-se as falhas e fraturas que condicionaram, em parte, o encaixe do rio Madeira, além da geração de desníveis estruturais representados por inúmeras corredeiras ao longo do rio.

1.2.6.3 Sismicidade Regional e Estruturas Geológicas

A partir da FIGURA B.IV. 17, onde estão localizadas as grandes e principais estruturas geológicas do Estado de Rondônia e adjacências, foram posicionados também, com base nas informações do Observatório Sismológico de Brasília, todos os sismos regionais registrados no estado e cercanias, sendo construída, assim, a TABELA B.IV. 14.

A análise da FIGURA B.IV. 17 e da TABELA B.IV. 14 mostra nove sismos naturais registrados e um histórico, apresentando uma concentração de cinco sismos de n^{os} 6, 7, 9, 10 e 13, no Lineamento do Rio Machado, de direção N-S, nas proximidades da cidade de Ji-Paraná, muito próximos um do outro, variando de Magnitude de 3,2 a 4,1, na escala Richter e de Intensidade V, na escala Mercalli Modificada. Os outros, de n^{os} 5, 11 e 19, também se encontram relativamente próximos a lineamentos, conforme apresentado na FIGURA B.IV. 17. O sismo de n^o 1 é um sismo histórico ocorrido em 1832, na cidade de Príncipe da Beira, não possui registros precisos, porém, também se localiza nas proximidades de uma falha normal.

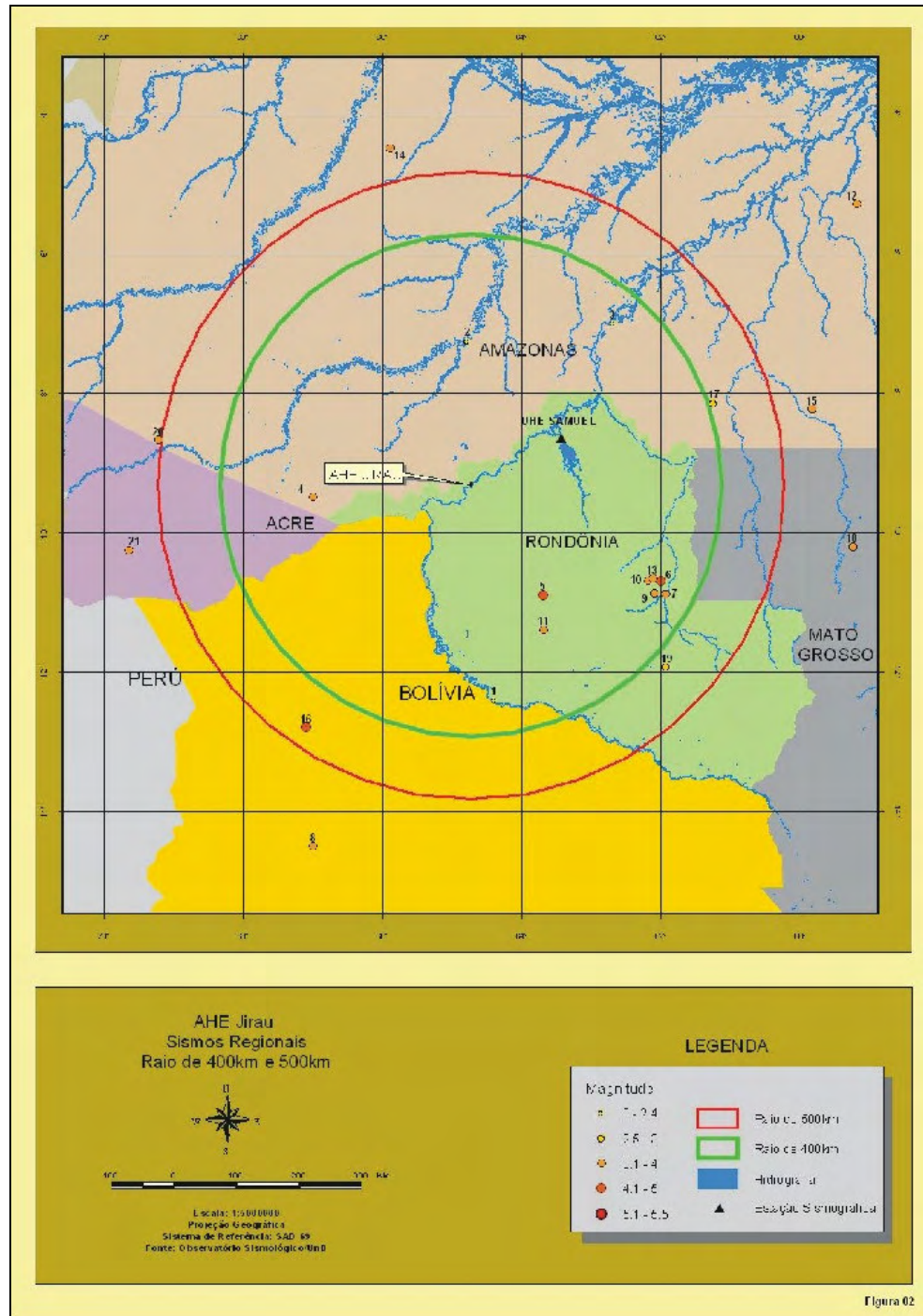


Figura 02

FIGURA B.IV. 18 – Sismos Regionais

1.2.6.4 Sismicidade Regional

A partir das informações sobre a sismicidade regional obtidas no Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (UnB), foi preparado um mapa parcial da Amazônia, apresentado na FIGURA B.IV. 18, entre as coordenadas geográficas - 59° e - 71° e - 3° e -15°, onde estão posicionados os sismos regionais registrados, até a data de 2002, e também os localizados dentro de círculos de 400 e 500 km de raio, a partir da áreas das barragens do AHE Jirau e do AHE Santo Antônio. Em seguida, foram elaboradas as TABELA B.IV. 12 e TABELA B.IV. 13, onde estão apresentados 21 sismos regionais e 13 sismos naturais, que estão dentro dos círculos de 400 km e 500 km de raio, respectivamente.

Na TABELA B.IV. 12 e TABELA B.IV. 13, verifica-se que o maior sismo regional registrado é o nº 4, de magnitude 4,9, na escala Richter, que ocorreu em 1957, estando localizado dentro dos círculos de 400 km e de 500 km de raio. Dos outros 20 que também apareceram dentro dos círculos, dois são considerados históricos, observados em 1832 e 1917, sem valores de magnitude e intensidade atribuídos, e, dentre os 19 restantes, o sismo registrado de menor valor, na escala Richter, é de 2,6.

Na TABELA B.IV. 12 e TABELA B.IV. 13, possivelmente devido à baixa demografia populacional, apenas cinco sismos possuem registros na escala Mercalli Modificada (MM). Na área abrangida pelos círculos, a intensidade máxima observada é de V, na escala MM, em um sismo de magnitude máxima de 4,2, com uma distância aproximada de 200 km do eixo da barragem.

A partir da FIGURA B.IV. 19, pode-se calcular um valor entre V e VI, na escala MM, para o sismo de 4,9, na escala Richter, onde se observa, na FIGURA B.IV. 19, que os efeitos são sentidos por toda a população, a mobília pesada pode movimentar-se e os danos são ligeiros.

Considerando-se o valor de VI MM de intensidade máxima para um sismo similar, pode-se projetar que o nível de aceleração no topo rochoso estará oscilando entre 0,03 e 0,07.

TABELA B.IV. 12 – Sismos Regionais

Nº	Data			Horário			Latitude (°)	Longitude (°)	Erro (km)	Localidade	ES	I _o (MM)	Cat.	Área	Mag	Tipo	Comentários
	Ano	Mês	Dia	Hora	Minuto	Segundo											
1	1832	9	18	14			-12,40	-64,40	-	Pr. da Beira	RO		C		-	-1	
2	1917						-7,26	-64,79	-	Lábrea	AM		C		-	-1	Ano incerto
3	1941						7,00	-62,70	-	Três Casas	AM		C		-	-1	Ano incerto
4	1957	4	16	15	17	12	-9,50	-67,00	100	Sul Amazonas	AM		I		4,9	5	(CGS)
5	1968	3	14	7	21	40	-10,90	-63,70	500	Rondônia ?	RO		I		4,2	0	(ISC)
6	1975	1	23	8	40	24	-10,70	-62,00	200	N. Rondônia	RO	V	I		4,1	0	H=33 (ISC)
7	1978	4	18				-10,89	-61,94	-	Ji-Paraná	RO		C		3,5	4	
8	1981	1	28	6	14	58	-14,50	-67,00	300	Bolívia ?		V	I		3,8	1	(UnB)
9	1981	4	1	17	1	44	-10,88	-62,10	30	Ji-Paraná	RO	V	C		3,2	1	(UnB/Eletronorte)
10	1983	2	21	2	38	46	-10,70	-62,20	-	Ji-Paraná	RO	V	I		3,2	1	(UnB)
11	1983	10	1	15	44	16	-11,40	-63,70	50	Ji-Paraná	RO		I		3,6	1	(UnB)
12	1984	7	5	16	54	24	-5,30	-59,20	500	Amazonas	AM		I		3,5	1	(UnB) ou 0,7° N 58,1°W
13	1984	9	17	5	9	13	-10,67	-62,12	30	Ji-Paraná	RO		I		3,4	1	(UnB) Sentido??
14	1986	8	5	22	51	39	-4,50	-65,90	100	Rio Tefé	AM		I		3,8	1	(UnB)
15	1986	12	7	3	9	24	8,24	-59,84	100	R. Aripuanã	AM		I		3,3	1	(UnB)
16	1987	12	24	11	54	46	-12,80	-67,10	500	Bolívia ?			I		4,5	1	(UnB)
17	1989	7	13	2	36		-8,15	-61,25	100	Amazônia	AM		I		3,0	1	(UnB)
18	1989	7	31	17	20	19	-10,21	-59,26	50	Aripuanã	MT		I		3,6	1	(UnB)
19	1995	9	21	0	17	0	-11,93	-61,93	5	Rolim de Moura	RO	III	C		2,6	4	(IAG)
20	1996	2	4	17	18	38	-8,68	-69,22	-	Acre	AC		I		3,9	0	H=300(UnB,NEIS)
21	2002	10	2	5	50	13	-10,26	-69,64	20	Guanabara	AC		I		4,0	1	(UnB,IDC:m _b =3,9) Prelim.

Fonte: Observatório Sismológico de Brasília - UnB

LEGENDA

ERRO (km) - Erro Epicentral

ES - Sigla do estado

Io (MM) - Intensidade Sísmica Epicentral (Escala Mercalli Modificada)

CAT - Categoria dos eventos de acordo com:

A- Sismos com dados macrossísmicos que permitem determinar o epicentro com boa precisão.**B-** Sismo com informações certas sobre sua ocorrência, algumas vezes permitindo avaliar intensidades observadas.**C-** Sismo determinado unicamente com dados instrumentaisÁREA - área afetada em 10³ km².

MAG - magnitude

TIPO - tipo de magnitude de acordo com

-1 - magnitude não calculada

0 - M_b Telessismo

2 - Média de Valores pela Área Afetada

4 - M_b estimado pela intensidade máxima5 - M_b estimado pela duração

TABELA B.IV. 13 – Sismos Naturais de um círculo de 400 km de raio

Nº	Data			Horário			Latitude (°)	Longitude (°)	Erro (km)	Localidade	ES	I ₀ (MM)	Cat.	Área	Mag	Tipo	Comentários
	Ano	Mês	Dia	Hora	Minuto	Segundo											
1	1832	9	18	14			-12,40	-64,40	-	Pr. da Beira	RO		C	-	-1		
2	1917						-7,26	-64,79	-	Lábrea	AM		C	-	-1		Ano incerto
3	1941						7,00	-62,70	-	Três Casas	AM		C	-	-1		Ano incerto
4	1957	4	16	15	17	12	-9,50	-67,00	100	Sul Amazonas	AM		I	4,9	5		(CGS)
5	1968	3	14	7	21	40	-10,90	-63,70	500	Rondônia ?	RO		I	4,2	0		(ISC)
6	1975	1	23	8	40	24	-10,70	-62,00	200	N. Rondônia	RO	V	I	4,1	0		H=33 (ISC)
7	1978	4	18				-10,89	-61,94	-	Ji-Paraná	RO		C	3,5	4		
8	1981	4	1	17	1	44	-10,88	-62,10	30	Ji-Paraná	RO	V	C	3,2	1		(UnB/Eletronorte)
9	1983	2	21	2	38	46	-10,70	-62,20	-	Ji-Paraná	RO	V	I	3,2	1		(UnB)
10	1983	10	1	15	44	16	-11,40	-63,70	50	Ji-Paraná	RO		I	3,6	1		(UnB)
11	1984	9	17	5	9	13	-10,67	-62,12	30	Ji-Paraná	RO		I	3,4	1		(UnB) Sentido??

Fonte: Observatório Sismológico de Brasília - FUBR.UnB

LEGENDA

ERRO (km) - Erro Epicentral

ES - Sigla do estado

Io (MM) - Intensidade Sísmica Epicentral (Escala Mercalli Modificada)

CAT - Categoria dos eventos de acordo com:

- A- sismos com dados macrossísmicos que permitem determinar o epicentro com boa precisão;
- B- sismo com informações certas sobre sua ocorrência, algumas vezes permitindo avaliar intensidades observadas;
- C- sismo determinado unicamente com dados instrumentais.

ÁREA - área afetada em 10³ km².

MAG - magnitude

TIPO - tipo de magnitude de acordo com

- 1 - magnitude não calculada
- 0 - M_b Telessismo
- 2 - Média de Valores pela Área Afetada
- 4 - M_b estimado pela intensidade máxima
- 5 - M_b estimado pela duração

TABELA B.IV. 14 – Sismos Naturais próximos a estruturas geológicas

Nº	Data			Horário			Latitude (°)	Longitude (°)	Erro (km)	Localidade	ES	I ₀ (MM)	Cat.	Área	Mag	Tipo	Comentários
	Ano	Mês	Dia	Hora	Minuto	Segundo											
1	1832	9	18	14			-12,40	-64,40	-	Pr. da Beira	RO		C	-	-1		
2	1968	3	14	7	21	40	-10,90	-63,70	500	Rondônia ?	RO		I	4,2	0	(ISC)	
3	1975	1	23	8	40	24	-10,70	-62,00	200	N. Rondônia	RO	V	I	4,1	0	H=33 (ISC)	
4	1978	4	18				-10,89	-61,94	-	Ji-Paraná	RO		C	3,5	4		
5	1981	4	1	17	1	44	-10,88	-62,10	30	Ji-Paraná	RO	V	C	3,2	1	(UnB/Eletronorte)	
6	1983	2	21	2	38	46	-10,70	-62,20	-	Ji-Paraná	RO	V	I	3,2	1	(UnB)	
7	1983	10	1	15	44	16	-11,40	-63,70	50	Ji-Paraná	RO		I	3,6	1	(UnB)	
8	1984	9	17	5	9	13	-10,67	-62,12	30	Ji-Paraná	RO		I	3,4	1	(UnB) Sentido??	
9	1995	9	21	0	17	0	-11,93	-61,93	5	Rolim de Moura	RO	III	C	2,6	4	(IAG)	

Fonte: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) - 2005

Observatório Sismológico de Brasília - UnB

LEGENDA

ERRO (km) - Erro Epicentral

ES - Sigla do estado

I₀ (MM) - Intensidade Sísmica Epicentral (Escala Mercalli Modificada)

CAT - Categoria dos eventos de acordo com:

A- sismos com dados macrossísmicos que permitem determinar o epicentro com boa precisão;

B- sismo com informações certas sobre sua ocorrência, algumas vezes permitindo avaliar intensidades observadas;

C- sismo determinado unicamente com dados instrumentais.

ÁREA - área afetada em 10³ km².

MAG - magnitude

TIPO - tipo de magnitude de acordo com

-1 - magnitude não calculada

0 - M_b Telessismo

2 - Média de Valores pela Área Afetada

4 - M_b estimado pela intensidade máxima

5 - M_b estimado pela duração

FIGURA B.IV. 19 – Correspondência da Escalas de Intensidade Mercalli Modificada e de Magnitude Richter, com Acelerações Aproximadas do Terreno

ESCALA DE INTENSIDADES DE SISMOS - MERCALLI MODIFICADA		ACELERAÇÃO DO TERRENO (a)		MAGNITUDE (RICHTER)
		<u>cm</u> sec ²	<u>a</u> g	
I -	Sismo sentido apenas por poucas pessoas, em circunstâncias especialmente favoráveis.			
II -	Sentido só por poucas pessoas repousando, principalmente em andares altos de prédios. Objetos delicados suspensos podem oscilar.	— 2		
		— 3		3
III -	Sentido nitidamente dentro de casa, especialmente em andares altos, embora muitas pessoas não o reconheçam como sismo. Automóveis parados podem oscilar. Vibrações parecidas com passagem de caminhões. Duração estimada.	— 4		
		— 5	0,005 g	
		— 6		
IV -	Durante o dia, é sentido dentro de casa por muitos e, fora de casa, por poucos. De noite, alguns acordam. Movimentos em janelas, pratos e paredes podem emitir sons. Sensação de caminhão pesado atingindo o prédio. Automóveis parados oscilam nitidamente.	— 7		
		— 8		
		— 9		
		— 10	0,01 g	4
V -	Sentido por quase todos, muitos acordam. Alguns pratos, janelas etc., quebram, assim como gesso e cal. Objetos instáveis caem. Perturbações em árvores, postes e outros objetos altos, Relógios de pêndulo podem parar.	— 20		
		— 30		
VI -	Sentido por todos, muitos correm para a rua. Alguma mobília pesada movimenta-se. Restos de gesso e reboco caídos e chaminés danificadas. Danos ligeiros.	— 40		5
		— 50	0,05 g	
		— 60		
VII -	Todos correm para a rua. Danos desprezíveis em prédios bem construídos, moderados, em prédios comuns, e consideráveis, em estruturas mal projetadas e construídas. Algumas chaminés se quebram. Sentido por pessoas conduzindo automóveis.	— 70		
		— 80		
		— 90		
		— 100	0,1 g	6
VIII -	Danos ligeiros em estruturas bem projetadas, consideráveis em prédios comuns, com colapso parcial, e grandes em estruturas mal construídas. Nas paredes, movimentam-se os quadros. Quedas de chaminés, monumentos, colunas, etc. Móveis caem. Ejeção de pequenas quantidades de areia e lama. Mudanças na água de poços. Perturba pessoas guiando automóveis.	— 200		
		— 300		
IX -	Considerável dano em estruturas especialmente projetadas, algumas saindo do prumo. Grandes danos em prédios bem construídos, com colapso parcial. Alguns prédios saem das fundações. Fraturas abundantes no solo. Fratura de tubos enterrados.	— 400		7
		— 500	0,5 g	
		— 600		
		— 700		
X -	Algumas estruturas de madeira, bem construídas, são destruídas. A maioria das construções de alvenaria é destruída com as fundações. Terreno muito fissurado, trilhos tortos, escorregamentos de taludes e de encostas de rios. Areia e lama movimentam-se. Água invade margens de rios.	— 800		
		— 900		
		— 1000	1 g	
XI -	Muito poucas estruturas de alvenaria resistem. Pontes destruídas, largas fendas no terreno, tubulações subterrâneas completamente desmanteladas. Escorregamentos em taludes de solo brando. Trilhos deformados consideravelmente.	— 2000	2 g	8
		— 3000	3 g	
		— 4000	4 g	
		— 5000	5 g	
XII -	Dano total. Ondas observadas sobre a superfície do terreno. Linhas de visada e de nível distorcidas. Objetos lançados ao ar.	— 6000	6 g	

1.2.6.5 Sismos Induzidos ou Desencadeados

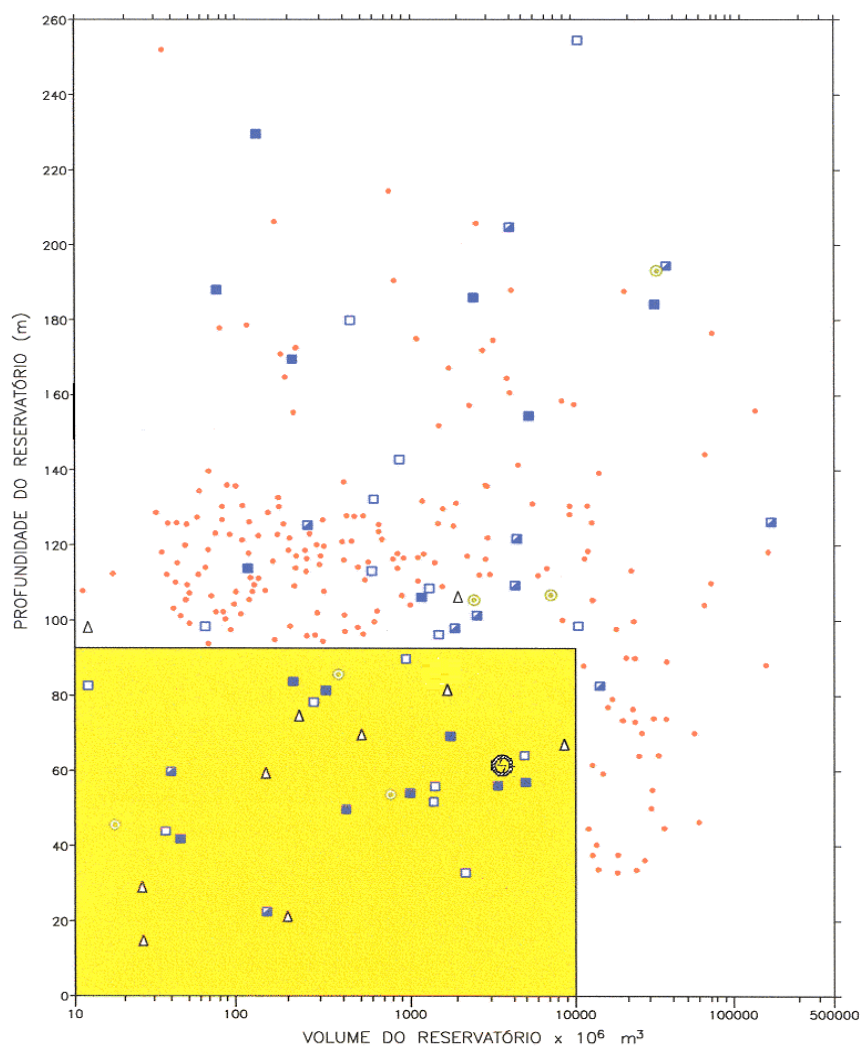
Em estudos internacionais realizados, foram levados em consideração, os sismos induzidos ou desencadeados por enchimentos de reservatórios, ocorridos até o final da década de 1980, em todo o mundo, e devidamente registrados, cuja finalidade foi correlacionar os seguintes fatores principais de risco:

- profundidade e volume do reservatório;
- condições geológicas;
- atividade de falhas;
- tipo e tensão atuantes nas rochas da região.

A análise estatística, representada na FIGURA B.IV. 20, mostra que os resultados obtidos indicam que a profundidade de ocorrência de sismos induzidos aumenta efetivamente quando o volume do reservatório e sua profundidade ultrapassam 1.010 m^3 e 92 m, respectivamente.

Quando se posiciona, no gráfico da FIGURA B.IV. 20, os parâmetros do reservatório do AHE Jirau com volume de $4,2 \times 10^9 \text{ m}^3$ e com profundidade de 65 m, bem como os do reservatório de Santo Antônio, com volume de $3,9 \times 10^3$ e profundidade de 45 m, observa-se que o empreendimento não está enquadrado entre os que se apresentam com maior probabilidade de ocorrerem sismos induzidos.

SISMOS INDUZIDOS, RELAÇÃO ENTRE PROFUNDIDADE E VOLUME DOS RESERVATÓRIOS



CONVENÇÕES:

- RESERVATÓRIO PROFUNDO E/OU MUITO GRANDE, SEM SISMO INDUZIDO
- RESERVATÓRIO COM SISMO INDUZIDO, MAGNITUDE MÁXIMA > 5
- RESERVATÓRIO COM SISMO INDUZIDO, $3 \leq \text{MAGNITUDE MÁXIMA} \leq 5$
- RESERVATÓRIO COM SISMO INDUZIDO, MAGNITUDE MÁXIMA ≤ 3
- △ RESERVATÓRIO COM SISMO INDUZIDO DUVIDOSO
- SISMO NÃO CLASSIFICADO COMO INDUZIDO
- 🌐 AHE JIRAU
- NESTA ÁREA FORAM COMPILADOS 11.000 RESERVATÓRIOS MUNDIAIS SEM SISMO INDUZIDO

FONTE:

—SIMPÓSIO SOBRE SISMICIDADE NATURAL E INDUZIDA—ABGE—SÃO PAULO—1979

FIGURA B.IV. 20 – Sismos Induzidos – Relação entre profundidade e volume dos reservatórios

1.2.6.6 Conclusões e Recomendações

O Brasil está posicionado sobre uma grande e única placa tectônica, a Placa Sul-Americana; por essa localização, os terremotos não representam grande preocupação. Mesmo os da Amazônia, apesar de possuírem magnitudes mais altas, ocorrem em profundidades maiores, causando menos efeitos na superfície.

Informações do Observatório Sismológico de Brasília indicam que cerca de 99% dos abalos sísmicos acontecem nas bordas das placas tectônicas, cujas movimentações e acomodações provocam os tremores na superfície da Terra.

As áreas interioranas da Região Norte apresentam uma baixa demografia populacional e uma quantidade pequena de estações sismográficas, o que acarreta um relato de sismos incompletos e pouco precisos.

O Observatório Sismológico tem observado que o Nordeste é a região brasileira onde ocorrem terremotos com mais frequência. É na Amazônia que são registrados os de maior magnitudes mas, em geral ocorrem, em áreas despovoadas.

O último terremoto registrado no Brasil ocorreu no município de São Gabriel da Cachoeira, ao norte do Estado do Amazonas, atingindo 4,4 na escala Richter.

Em síntese, pelo que foi observado na FIGURA B.IV. 20, o empreendimento não está entre os sujeitas à probabilidade de ocorrência sismos desencadeados ou induzidos pelo enchimento do lago do AHE Jirau. Porém, devido à proximidade relativa da Cordilheira dos Andes, área de reconhecida alta atividade sísmica, e considerando o histórico de abalos sísmicos regionais naturais, possivelmente alguns associados a estruturas geológicas e de um sismo natural de magnitude de 4,2, na escala Richter, posicionado a cerca de 200 km do eixo da barragem.

1.3 Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio

1.3.1 Geologia e Recursos Minerais

1.3.1.1 Descrição das Unidades Geológicas

As unidades litoestratigráficas cartografadas no domínio da Área de Influência Direta (AID) do Aproveitamento Hidrelétrico do Santo Antônio estão representadas no mapa de escala 1:100.000 que se encontra como Desenho 6315-RT-G91-019 neste relatório. Esse produto foi obtido por meio da reinterpretação de mapeamentos geológicos executados pela CPRM desde a década de 1970, com acréscimos de dados das campanhas de campo desenvolvidas durante o período de outubro a novembro de 2004, já na fase do convênio desta instituição com FURNAS, visando, com isso, refinar os dados geológicos referentes aos temas de estrutural, contatos litoestratigráficos, descrição analítica de afloramentos, entre outros, com o fim precípuo de acrescentar mais informações ao conhecimento do meio físico da área.

Essas unidades, presentes no domínio da AID de Santo Antônio, são as descritas abaixo, de forma sucinta e objetiva:

- Complexo Jamari (PP4ja)
- Formação Mutum-Paraná (PP4mp(ind))
- Suíte Intrusiva Santo Antônio (MP2γsa)
- Suíte Intrusiva Teotônio (MP2γt)
- Suíte Intrusiva Rondônia (NP1γro)
- Formação Rio Madeira (Q1rm)
- Formação Jaci-Paraná (Q1jp)
- Coberturas Detrítico-lateríticas (Q2c)
- Sedimentos Aluvionares (Q2ar/Q2ag)
- Sedimentos Aluvionares indiscriminados (Q2a).

- **Complexo Jamari**

Algumas janelas do embasamento paleoproterozóico inferior foram observadas nas imediações da cachoeira Pederneiras ou do Tamborete na AID do Jirau, caracterizando-se pela presença de granitos deformados, mostrando, por vezes, bandamento gnáissico com anfíbolitos associados (JG-56), além de anfíbolitos (JG-88) e calciossilicáticas. Estas últimas, ocorrentes, respectivamente, na Fazenda Rio Madeira (JG-88) e no rio Cutia (JG-74).

Na área de entorno do AHE Santo Antônio, no entanto, a presença dessas rochas é mais restrita, tendo em vista a extensa cobertura sedimentar que se sobrepõe às rochas do substrato. Mesmo assim, esta unidade litoestratigráfica é aqui descrita, muito embora não seja cartografável na escala de trabalho. Entretanto, duas ocorrências se destacam: a primeira relacionada às calciossilicáticas englobadas pelo granito da Suíte Intrusiva Teotônio presente na cachoeira Morrinhos (JG-113), que serão citadas neste relatório no item sobre a referida Suíte; a segunda, referente aos afloramentos JG-156, 157, 158, 160, presentes a oeste da localidade denominada de Jirau, mais precisamente na vicinal que une a Estrada Jirau-União Bandeirante com a Linha 101. Esses afloramentos mostram somente rochas anfíbolíticas saprolitizadas, dentre as quais o afloramento JG-160, que mostra uma foliação metamórfica segundo atitude N70W/subvertical. O relevo de ocorrência desta litologia é na forma de colinas baixas alongadas, que apresentam uma cobertura de solo espesso marrom-avermelhado, argiloso. Essas colinas gradam lateralmente para uma superfície peneplanizada caracterizada pela presença de sedimentos desmantelados da Formação Palmeiral, de coloração creme-amarelada, constituídos, principalmente de areias quartzosas.

- **Formação Mutum-Paraná**

Esta unidade litoestratigráfica apresenta sua seção-tipo no distrito de Mutum-Paraná (trecho porto do Bom Futuro-mina São Lourenço) e que ocorre também no leito do rio Madeira, entre a Vila Palmeiral e a cachoeira Pederneiras ou Tamborete (Área de Influência Direta do Jirau).

Na AID do AHE Santo Antônio, entretanto, as ocorrências desta unidade, que se caracteriza por ser uma das mais antigas dessa área, está restrita à presença de afloramentos de metatufos, os quais mostram foliação metamórfica penetrativa. Essas rochas se apresentam intensamente saprolitizadas, exibindo cores vermelho-alaranjadas, e somente podem ser observadas durante o período de seca do rio Madeira. Por ser uma rocha bastante frágil ao ataque intempérico, seus afloramentos mais preservados são observados quando ocorre uma capa laterítica que os protege dos processos erosivos (FOTO B.IV. 47).



FOTO B.IV. 47 – Saprolito argiloso, vermelho-alaranjado, possivelmente derivado do intemperismo de metatufos da Formação Mutum-Paraná

- (1), recoberto por uma camada de laterito nodular/pisolítico
(2). Afloramento JM-120, localizado na margem direita do rio Madeira a 6 km a montante da cachoeira do Teotônio.

A FOTO B.IV. 48, referente ao afloramento JM-117, localizado a 1 km a montante da cachoeira do Teotônio, ilustra a presença de metatufos mostrando foliação penetrativa, com presença de injeções de material quartzo-feldspático concordante com a estruturação da rocha, que se encontra, geralmente dobrada, segundo um padrão ptigmático. Cortando essa foliação, ocorrem vênulas quartzo-feldspáticas que se supõe estarem ligadas à injeção de material granítico, tendo em vista que, no mesmo afloramento, observa-se a presença de granito isotrópico, saprolitizado associado ao metatufos foliado, conforme mostrado na FOTO B.IV. 49. De forma semelhante ao que se observa nas rochas graníticas adjacentes, o metatufos apresenta uma rede de fraturas em direções diversas, as quais se encontram, geralmente, preenchidas por material caulínico (FOTO B.IV. 48 e FOTO B.IV. 49).



FOTO B.IV. 48 – Feição mesoscópica do metatufos da Formação Mutum-Paraná, saprolitizado, mostrando foliação metamórfica penetrativa

- (1) e presença de vênulas quartzo-feldspáticas (2) concordante com a estrutura da rocha.

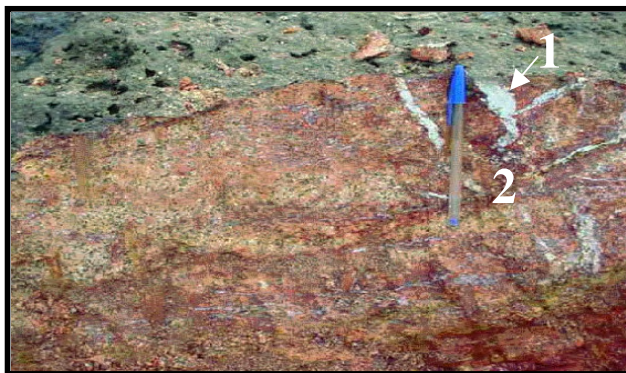


FOTO B.IV. 49 – Feição mesoscópica do metatufo Mutum-Paraná apresentando injeções esbranquiçadas quartzo-feldspáticas (1), cortando a foliação metamórfica (2). Possivelmente estas injeções são derivadas do granito pertencente à Suíte Intrusiva Teotônio.



FOTO B.IV. 50 – Feição mesoscópica do metatufo do ponto JM - 142, localizado a 12 km - jusante de Morrinhos, onde se observa um intenso sistema de fraturas.

– Suíte Intrusiva Santo Antônio

O corpo principal que engloba os litotipos graníticos que constituem esta suíte possui dimensões de cerca de 8 x 9 km, caracterizando-se como um *stock* de contornos irregulares, que aflora de forma mais contínua e proeminente, na margem direita do rio madeira ao longo de 8 km, a montante-sudoeste da cachoeira homônima, com algumas porções estando recobertas por sedimentos atuais a subatuais. Datação geocronológica realizada pelo método U-Pb indica uma idade de 1406 M.a. para esta unidade.

Nesta suíte, estão enquadradas rochas classificadas como biotita monzogranito, de coloração cinza claro, isotrópicos, e biotita sienogranito, róseo, porfirítico. As referidas litologias ocorrem com mais frequência no leito do rio Madeira, principalmente na margem direita, ao longo do trecho entre os pontos JG-137 e 138, na cachoeira de Santo Antônio e arredores, assim como nas pedreiras da Rondomar e 5º BEC.

Estas rochas estão afetadas por intenso processo de fraturamento, predominantemente rúptil, obedecendo às atitudes principais: N40 -75E / subv. e N75W / 45 NE (JG-125); N 40-60 E / subv. (JG-126); N10-30E / subv. e N15-25W / subv.(JG-128).

O biotita monzogranito do afloramento JG-125 apresenta raros pórfiros de feldspato e mostram intrusões de bolsões e veios pegmatóides, assim como veios de quartzo preenchendo fraturas com atitude N70E / 75 SE.

A FOTO B.IV. 51, a seguir, representa uma feição textural típica do biotita sienogranito, de granulação grossa, inequigranular, porfirítico, referente ao afloramento JG-139. Nessa porção do corpo, observa-se a presença de veios aplíticos e um baixo grau de fraturamento, com predomínio de fraturas segundo N-S / subv., e secundariamente, com atitude N45-60E/subv. São comuns fraturas fechadas preenchidas por veios de quartzo com espessuras milimétricas, que ocorrem tanto na atitude N-S / subv. quanto na atitude N 75E / 75 SE.



FOTO B.IV. 51 – Textura do biotita sienogranito, de granulação grossa, aflorante na margem direita da cachoeira do Santo Antônio.

A porção sudoeste desse corpo, aflorante na margem direita rio Madeira, estende-se por cerca de 5 km a montante do ponto JG-139, sendo, geralmente, recoberta por sedimentos atuais a subatuais nas encostas do barranco do rio. No entanto, o trecho margeando o rio, compreendido entre os afloramentos JG-137 e 138, destaca-se pela continuidade da exposição ao longo de 1500 metros. Esta região é contígua às pedreiras da Rondomar e 5º BEC. Neste trecho, as fraturas predominam também na direção N 45-60 E / subv., com raras atitudes segundo N 80 W / subv. (JG-137) e N 45W / subv. (JG-138).

Na pedreira da Rondomar (afloramento JG-224), o corpo granítico apresenta enclaves, e também é comum a presença de rochas híbridas resultantes da mistura de magmas contrastantes, ou seja, granítico com magma máfico (FOTO B.IV. 52). Além desse fato, neste local, o corpo se encontra afetado por uma falha transcorrente, de movimentação dextral (FOTO B.IV. 53) com atitude segundo N45E/subv., paralela ao grande Lineamento Transtensivo Dextral Madre de Dios / Itacoatiara que passa a noroeste da área.

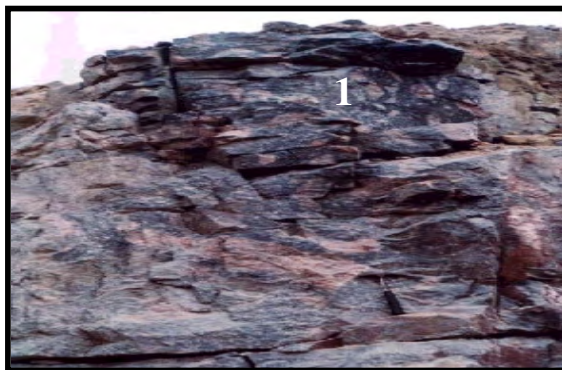


FOTO B.IV. 52 – Parede da cava da Pedreira da Rondomar (JG-224), mostrando rochas híbridas derivadas de mistura de magma granítico com magma máfico.

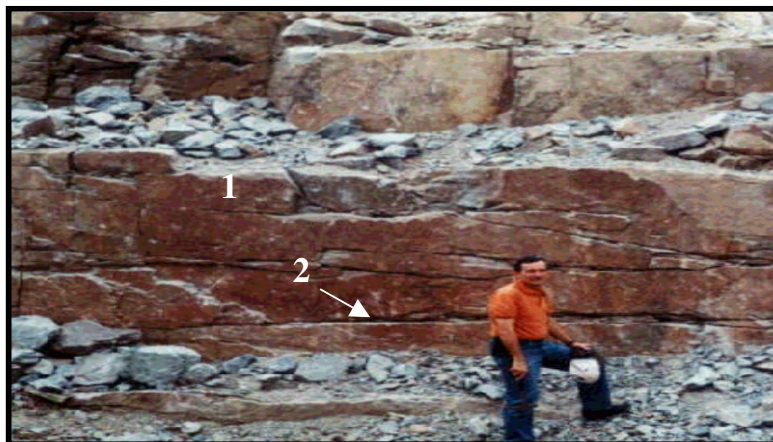


FOTO B.IV. 53 – Exposição no interior da cava da pedreira da Rondomar, onde se observa plano de falha (1) com atitude segundo N 45 E / subvertical. Em (2), fraturas subhorizontais correspondentes ao alívio de pressão litostática.

Esses falhamentos são ilustrados no Mapa Geológico, na forma de lineamentos paralelos ao grande Lineamento Madre de Dios-Itacoatiara, que, por sua vez, são representados na FIGURA B.IV. 17.

Observa-se, porém, que a rocha predominante nessa porção do maciço granítico (JG-224), ilustrada na FOTO B.IV. 54, é o biotita sienogranito de coloração rosa claro, grosseiro, com presença de uma fácies de matriz de granulação fina a média, porfirítica, subordinada e correlacionável ao litotipo observado no ponto JG-128. As ilustrações fotográficas a seguir visam mostrar alguns aspectos texturais e estruturais desse *stock*, tão bem expostos nessa região.



FOTO B.IV. 54 – Feição mesoscópica mostrando detalhe da rocha híbrida da FOTO B.IV. 52.



FOTO B.IV. 55 – Pegmatito (1) com turmalina preta/schorlita (2), associado ao biotita sienogranito Santo Antônio. Afloramento (JG-128).



FOTO B.IV. 56 –Contato entre sienogranito porfirítico de granulação grossa (1) com sienogranito de granulação fina a média (2), também porfirítico, mas com fenocristais distribuídos de forma mais esparsa. (Afloramento JG-128)



FOTO B.IV. 57 – Detalhe da foto anterior. Feição mesoscópica do sienogranito porfirítico de granulação fina a média.



FOTO B.IV. 58 – Feição mesoscópica do sienogranito porfirítico de granulação fina a média, destacando o sistema de fraturamento NNE e WNW.



FOTO B.IV. 59 – Textura rapakivi observada no granito de natureza subvulcânica, aflorante no ponto JG-128.

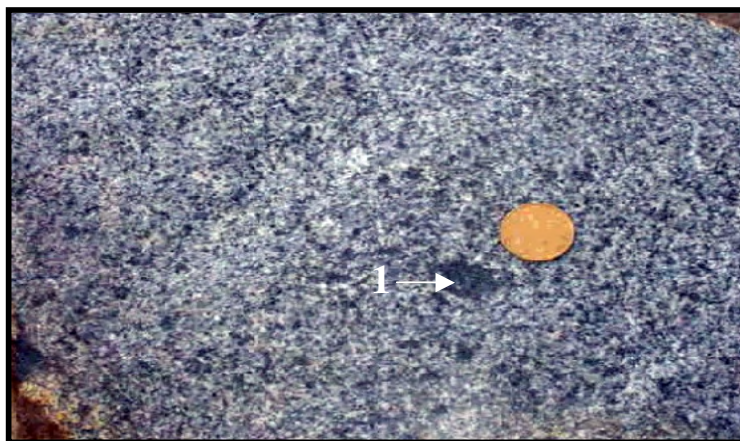


FOTO B.IV. 60 – Feição mesoscópica do litotipo do afloramento JG-127, apresentando aglomerados de máficos (1) e pontuações de pirita.

A delimitação cartográfica desta unidade litoestratigráfica que se encontra no mapa geológico mostra-se irregular em função do intenso processo geoquímico, supergênico, que se desenvolveu nas partes superiores desse corpo; por isso, seus terrenos são cobertos por uma extensa carapaça laterítica em superfície, que pode, também, ser observada, principalmente ao longo dos cortes da estrada BR-364, nas proximidades da UNIR e estrada vicinal da BR-364 em direção à cachoeira Santo Antônio.

– Suíte Intrusiva Teotônio

Dois corpos graníticos — o primeiro situado nos arredores e a montante da cachoeira de Morrinhos, e o segundo, nos arredores e a montante da cachoeira do Teotônio — foram enquadrados, neste relatório, na Suíte Intrusiva Teotônio.

O corpo que ocorre na localidade de Teotônio, nas proximidades da cachoeira homônima, apresenta as melhores exposições nas porções norte e oeste (margem esquerda) e sul (margem direita) da referida cachoeira.

As fácies que constituem esta unidade estão representadas pelos seguintes termos: biotita sienogranito róseo, de granulação grossa, monzonito e sienito. Os termos biotita sienogranito de coloração rosa e monzonitos acinzentados predominam. Estes últimos, apresentam-se, às vezes, com pontuações róseas e mostram granulação fina a média, conforme exemplificado no afloramento JG-108. Ocorre, também, a presença de fenocristais de feldspato alcalino com diâmetro inferior a 4 mm (ponto JG-111).

A fácies de composição sienítica é restrita a diques estreitos, observáveis principalmente nos afloramentos da cachoeira do Teotônio.

No afloramento JM-123, esses diques sieníticos estão intrudidos em sienogranito róseo e se encontram afetados por uma falha de atitude N-S / subv., com movimentação sinistral. (FOTO B.IV. 61)



FOTO B.IV. 61 – Feição mesoscópica do dique de sienito intrudido (1) no sienogranito (2).

A única relação de contato que os litotipos desta suíte possuem com rochas cristalinas mais antigas foi observada no ponto JM -117, onde o corpo granítico intrude em metatufos da Formação Mutum-Paraná, conforme ilustra a FOTO B.IV. 62.

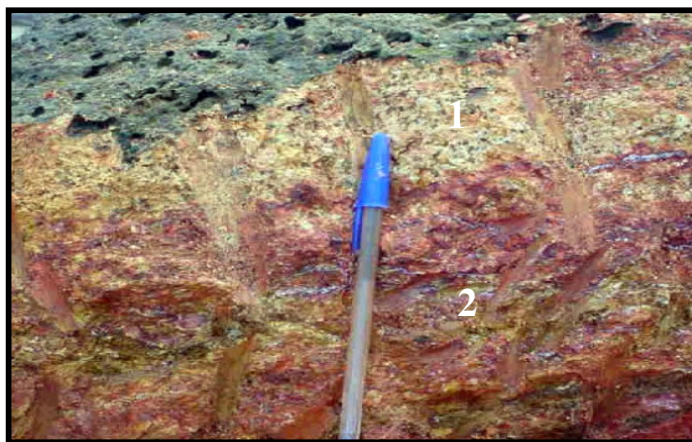


FOTO B.IV. 62 – Feição mesoscópica mostrando granito isotrópico (1) pertencente à Suíte Intrusiva Teotônio intrudido em metatufos (foliados) da Formação Mutum-Paraná (2), ambos saprolitizados. Afloramento localizado no leito do rio Madeira e observável somente na época de seca.

Outro corpo individualizado neste trabalho localiza-se na região do Morrinhos (cachoeira e arredores), a montante da cachoeira homônima, onde ocorrem exposições de forma mais freqüente na margem esquerda do rio Madeira ao longo de cerca de 17 km. Neste trecho localizam-se os afloramentos referentes aos pontos JG-107, 108, 109, 111, 112, 113 e 114. Esse trecho constitui a área de maior ocorrência linear desta unidade, ao longo do rio Madeira (trecho Jirau-Santo Antônio), sendo recobertos em alguns locais, como no ponto JG-109, por sedimentos argilo-siltosos quaternários.

Ao norte e noroeste do ponto JG-107, o relevo é predominantemente colinoso e contrasta com o terreno peneplanizado a jusante, que constitui a cobertura sedimentar quaternária, entretanto, o substrato é constituído pelo granito da referida suíte.

Diversas variedades faciológicas foram observadas nos afloramentos presentes neste segmento do rio, as quais são descritas sucintamente a seguir:

- biotita monzogranito, cinza, de granulação fina a média (JG-107);
- monzogranito cinza, com pontuações rosa claro, feldspáticas, apresentando duas variedades granulométricas: uma fina e outra média a grossa (JG-108);
- monzogranito, cinza, granulação média, porfirítico (JG-111);
- biotita monzogranito rosa claro, granulação média a fina, com presença de fenocristais de feldspato menores que 4 mm, além de conter autólitos de composição diorítica (JG-113).

Um pequeno *stock* com 3 km de diâmetro, localizado a nordeste da cachoeira de Morrinhos, foi enquadrado, também, como pertencente à Suíte Intrusiva Teotônio, o qual está representado no afloramento JG-123. Trata-se de um biotita sienogranito róseo, inequigranular, de granulação grossa, isotrópico, apresentando fraturamento rúptil, segundo as atitudes N35-65W / 65NE a subvertical e, mais raramente, atitudes segundo N-S/65E e N10-20E/60SE a subv.

Associado ao biotita sienogranito grosso, ocorre, localmente, um granito fino, de coloração rosa escuro, com pontuações pretas, apresentando fenocristais de feldspato alcalino, euédricos, com diâmetros menores que 10 mm, distribuídos de forma dispersa na rocha.

Por outro lado, os afloramentos rochosos expostos na cachoeira de Morrinhos apresentam excelentes exposições, de valor geológico inestimável, principalmente por trazer o registro de relações estratigráficas importantes, como intrusões de biotita sienogranito em rocha calciossilicática (Complexo Jamari), as quais estão presentes na forma de megaxenólitos, apresentando foliação preservada (FOTO B.IV. 63), embora com atitudes não originais, e injeções de material granítico (diques aplíticos) de duas gerações diferentes (FOTO B.IV. 65). Observa-se, ainda, neste local a presença de mobilizados félsicos quartzo-feldspáticos, bolsões e veios pegmatóides, (FOTO B.IV. 64), e a associação de corpos máficos deformados. Essa miscelânea de rochas ocorre, principalmente, na porção noroeste da cachoeira (margem esquerda), enquanto que, na margem direita, existe a predominância de sienogranito grosso, róseo, inequigranular, isotrópico, mas afetado por fraturamentos segundo atitudes N50-60E/subv., N30-40W/subv e E-W/70S.

As fotos que se seguem ilustram os principais detalhes da faciologia presente nessa porção do corpo granítico presente na cachoeira de Morrinhos.



FOTO B.IV. 63 – Detalhe do contato entre sienogranito de granulação grossa (1) pertencente à Suíte Intrusiva Teotônio e o megaxenólito de rocha calciossilicática do Complexo Jamari (2). A bússola indica o norte verdadeiro.



FOTO B.IV. 64 – Bolsões pegmatóides tardios (1) intrudidos em sienogranito (2).



FOTO B.IV. 65 – Diques aplíticos seccionando rocha calciossilicática (1) mostrando duas gerações de intrusões (2 e 3).



FOTO B.IV. 66 – Paisagem mostrando afloramentos de sienogranito na cachoeira de Morrinhos. No fundo, relevo colinoso característico de terreno granítico.



FOTO B.IV. 67 – Paisagem mostrando afloramentos de sienogranito no leito do rio Madeira. Ponto de afloramento JM-141 (trecho Morrinhos-Teotônio).



FOTO B.IV. 68 – Feição mesoscópica do sistema de fraturamento do ponto JM-141. Bússola indicando norte geográfico.

– Suíte Intrusiva Rondônia

Na Área de Influência Direta do AHE Santo Antônio, ocorrem três corpos que estão enquadrados nesta suíte, na região próxima da cidade de Jaci-Paraná, sendo o Granito Caracol o mais expressivo, por ter dimensões batolíticas e porção noroeste aflorante no leito e na margem direita do rio Madeira, próximo à foz do rio Jaci-Paraná. A borda noroeste deste corpo se encontra recoberto por sedimentos quaternários da Formação Jaci-Paraná e Rio Madeira.

Os afloramentos no leito do rio Madeira (JG-99, JG-104, JG-119, JG-120, JG-121, JG-101), localizados nas proximidades da foz do rio Jaci-Paraná, apresentados no Mapa de Afloramentos da AID (Desenho 6315-RT-G91-020), representam a porção noroeste deste corpo batolítico (FOTO B.IV. 69). Além desses pontos, esse corpo aflora na BR-364, Km

81,2 (trecho Porto Velho / Jaci-Paraná (JG-189) e na cachoeira do rio Caracol (JG-186). Estes dois últimos são pertencentes à área de entorno do Santo Antônio.

Caracterizam esta suíte, termos tais como biotita sienogranito grosso, porfirítico, como o observado no leito do rio Madeira, confluência com rio Jaci-Paraná (JG-104 e JG-99), representado nas fotos a seguir:



FOTO B.IV. 69 – Paisagem mostrando afloramento rochoso referente ao ponto JG-104 (biotita sienogranito, granulação grossa, róseo, porfirítico, com fraturas principais segundo atitude N80E / subvertical), localizado na confluência do rio Madeira com o rio Jaci-Paraná.



FOTO B.IV. 70 – Feição mesoscópica do afloramento JG-104 (biotita sienogranito) mostrando sistema de fraturas anastomosadas, com atitude predominante segundo E-W / subvertical.



FOTO B.IV. 71 – Textura de outra fácies (biotita sienogranito porfirítico) observada no afloramento JG-99, contíguo ao ponto JG-104.



FOTO B.IV. 72 – Textura do sienogranito porfirítico observada no afloramento JG-99.



FOTO B.IV. 73 – Afloramento de biotita sienogranito (fácies dominante), róseo, granulação grossa, porfirítico apresentando fenocristais de feldspato com tamanho entre 2-3 cm, e fácies esbranquiçada com porções esverdeadas (epidotização) e aglomerados de biotita (fácies secundária). Fraturamento rúptil subvertical. Ponto JG-119.

Nesse local, o corpo está afetado por um intenso fraturamento rúptil-dúctil segundo a atitude E – W / 80N a subvertical, conforme mostra a FOTO B.IV. 73.

Fato importante a destacar é que o afloramento rochoso do ponto JG-104 serve de barreira e refletor para as correntes d'água do rio Madeira, desviando o fluxo para sua margem direita trazendo como consequência, a erosão acentuada dessa margem — conforme já foi ilustrada nas FIGURA B.IV. 9, FIGURA B.IV. 10 e FIGURA B.IV. 11 — sobre a dinâmica fluvial do rio Madeira, item 1.2.1.4 deste relatório.

De elevada importância para a compreensão deste corpo batolítico (Granito Caracol) são os afloramentos dos pontos JG-185 e 186, localizados na porção centro-norte do corpo. O primeiro, na cachoeira do rio Caracol, e o segundo, na margem da BR-364, Km 81,2 (trecho Porto Velho/ Jaci-Paraná). Na cachoeira do rio Caracol, o litotipo é um sienogranito porfirítico, cortado por diques de riolito segundo a direção N35W/subvertical. Um intenso fraturamento ocorre no local, apresentando as seguintes direções: N40-60W/subv, E-W/subv., e N40E/subv.



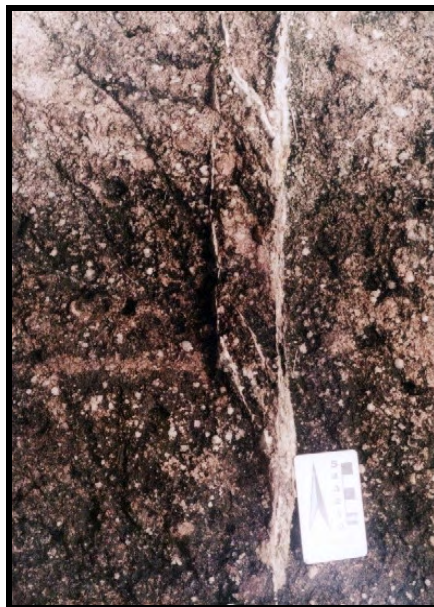
FOTO B.IV. 74 – Paisagem da cachoeira do rio Caracol com exposição do biotita sienogranito, intensamente fraturado.



FOTO B.IV. 75 – Feição mesoscópica no afloramento JG-186, mostrando diques sinplutônicos de riolito intrudidos no corpo granítico, segundo a atitude N35W/subv.

FOTO B.IV. 76 – Feição mesoscópica do afloramento JG-186, mostrando veios de quartzo preenchendo fraturas fechadas com direção norte-sul.

Observa-se que nesta porção do corpo, assim como no afloramento JG-117, o corpo está afetado por falhas e fraturas nessa direção.



Neste afloramento (JG-186), localizado na margem da BR-364, km 81,2 (trecho Porto-Velho / Jaci-Paraná), o litotipo característico é o sienogranito porfirítico, que apresenta textura rapakivi e cristais xenomórficos de quartzo com diâmetro menores que 10 mm. Vênulas de quartzo de forma lenticulares preenchem fraturas de direção N-S, conforme evidenciado na figura anterior.



FOTO B.IV. 77 – Feição textural do granito Caracol (afloramento JG-186).

Um segundo corpo expressivo é aquele que ocorre no domínio da cidade Jaci-Paraná, mais propriamente dentro da Área de Influência Direta, que inclui o canal e o *buffer* que abrange o terreno marginal do rio até a montante da cidade homônima. Estão incluídas aquelas porções do corpo aflorantes no leito do rio Jaci-Paraná (pontos JG-117 e 118), as quais estão recobertas por sedimentos quaternários da Formação Jaci-Paraná e sedimentos mais recentes, além de afloramentos dentro da área urbana de Jaci-Paraná.

O afloramento JG-117 ocorre no leito do rio Jaci-Paraná, na base do barranco do rio homônimo e está recoberto por um pacote de sedimentos argilo-arenosos da Formação homônima. A rocha é caracteristicamente um sienogranito, de coloração rosa claro a esbranquiçado, com pontuações marrons a pretas, e determinada pela presença de biotita e anfibólio, de granulação grossa, inequigranular, parcialmente epidotizado. Vênulas de quartzo segundo N70W são deslocadas por microfalhas na direção N-S. (FOTO B.IV. 78)

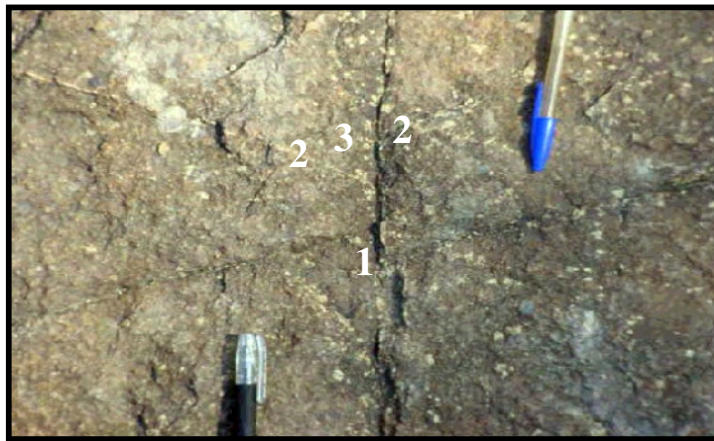


FOTO B.IV. 78 – Detalhe de afloramento de sienogranito afetado por microfalha disposta na direção N-S, deslocando vênula de quartzo associada a fratura NW-SE.

Em (1) microfalha, (2) Vênula de quartzo deslocada, (3) rejeito de falha.



FOTO B.IV. 79 – Feição textural do sienogranito referente ao afloramento JG-118.

O afloramento referente ao ponto JG-118 é, essencialmente, constituído de feldspato e quartzo, além de poucos minerais máficos. As fraturas apresentam padrões segundo as atitudes: N 65-80W/80NE a subvertical; N25-50W/75SW a subv.

Afloramentos com as mesmas características ocorrem no leito do referido rio, debaixo da ponte da BR-364, que liga Porto Velho ao distrito de Jaci-Paraná.

O terceiro corpo considerado neste relato sobre a geologia da AID está situado a cerca de 15 km a noroeste do distrito de Jaci-Paraná e a 3 km-jusante da cachoeira de Morrinhos. Trata-se de um *stock* de 3x4 km, tendo sua borda oeste margeando o rio Madeira. Nos levantamentos ao longo do rio, o corpo aflora em um único ponto (JG-123), que é caracterizado pela presença de biotita sienogranito de granulação grossa, inequigranular e isotrópico, com fenocristais euédricos de feldspato alcalino de diâmetros menores que 10 mm, que ocorrem dispersos na rocha. O corpo é afetado por fraturamentos que obedecem às direções N60-70W/55SW a subv e N60E / 75SE.

Na porção central e nordeste desse corpo (Fazenda do Zé Gordo), ocorre o afloramento JG-190, que se caracteriza como um biotita sienogranito porfirítico, maciço, de coloração rosa claro e granulação grossa. Observa-se, nessa porção do corpo granítico, a presença de autólitos, cinza escuro com pontuações pretas (máficos).

– Coberturas Sedimentares

As coberturas sedimentares presentes na região de entorno do AHE Santo Antônio abrangem desde sedimentos inconsolidados a parcialmente consolidados da Formação rio Madeira, passando por sedimentos arenosos e argilo-siltosos da Formação Jaci-Paraná e sedimentos indiferenciados pertencentes a inúmeros paleovales de rios holocênicos que possuem ocorrência restrita aos antigos canais dessas drenagens. Por fim, estão os sedimentos atuais a subatuais que ocorrem na partes superiores dos perfis aluvionares nos leitos ativos dos rios e igarapés.

Segue uma descrição sucinta dos sedimentos referentes a essas coberturas sedimentares:

- *Formação Rio Madeira*

Sob essa denominação, são englobados os depósitos essencialmente fluviais originados pelo rio homônimo, os quais se distribuem, preferencialmente, em ambas as margens do Madeira, no interior da Bacia de Abunã e ao longo dos rios Mutum e Cotia, compreendendo a região a sudoeste de Porto Velho entre as localidades de Jirau e Abunã. Depósitos semelhantes também ocorrem nesse rio a jusante da cachoeira do Caldeirão e a montante de Morrinhos, bem como no leito do rio Jaci-Paraná, ao sul do distrito de mesmo nome, tendo sua área de maior expressão no entorno da ilha Liverpool, provavelmente, constituindo o substrato dessa ilha.

A Formação Rio Madeira é representada por sedimentos inconsolidados a semiconsolidados, parcialmente ferruginizados, depositados no leito ativo, margens e, mais raramente, na planície de inundação dos rios, originando depósitos do tipo barra de canal longitudinal e

transversal, barra em pontal, depósitos de diques marginais e, esporadicamente, bacias laterais de inundação.

Nos estudos relativos à AID, procurou-se estabelecer uma montagem na estratigrafia da unidade, com a execução de perfis em ambas as margens do rio Madeira e de seu afluente de maior porte, na tentativa de se fazer um empilhamento cronoestratigráfico da seqüência sedimentar da Formação Rio Madeira. Entretanto, encontraram-se dificuldades em função da descontinuidade dos afloramentos e da própria dinâmica do rio, o qual está em constante processo de erosão e deposição por sobre as camadas da referida unidade.

A seqüência estratigráfica que melhor representa a Formação Rio Madeira, nesta região, é composta pelas seguintes camadas: camada inferior de areia grosseira, mal selecionada, ferruginizada, maciça, de coloração amarelada logo acima da camada de areia. Separada geralmente por uma camada de areia fina lateritizada (“chapa laterítica”), ocorre uma camada de cascalho endurecido e soldado por siderita, óxidos e hidróxidos de ferro, de espessura variável, composto por seixos angulosos de quartzo-arenito, quartzito e quartzo leitoso. A matriz é de cor cinza, de granulometria areia fina a média, também endurecida por lateritização. Essa camada cascalhífera não apresenta estruturas sedimentares definidas, formando um pacote maciço.

Sobreposta ao cascalho, ocorre uma camada de areia ferruginizada, endurecida e cimentada por óxi-hidróxidos de ferro, que emprestam uma coloração ocre-amarronzada ao sedimento. O endurecimento (lateritização) das areias se dá predominantemente ao longo dos planos de estratificação, preservando-os, então e mantendo as estruturas primárias. Os *sets* são separados por uma “chapa laterítica” horizontalizada. A areia é de granulometria grossa, com níveis de grânulos e até seixos dispersos, mal selecionada, possuindo grãos subarredondados, exibindo, por vezes, granodecrescência ascendente para areia fina. As estruturas mais comuns nesse tipo de camada são a estratificação cruzada de médio porte, FOTO B.IV. 80, plano-paralela e cruzada acanalada.



FOTO B.IV. 80 – Estratificação cruzada de médio porte das areias semiconsolidadas da Formação Rio Madeira (ponto JG-94).

Na parte superior ou topo da seqüência sedimentar da Formação Rio Madeira, por vezes, encontra-se depositado um nível de cascalho ferruginizado, endurecido, cimentado por óxido

e hidróxido de ferro de coloração vermelho-amarelada, apresentando fraturamento, o que se destaca na parte superficial desse pacote. As areias também exibem fraturas conjugadas, evidenciando que os efeitos neotectônicos e/ou suas reativações posteriores atingiram essas coberturas sedimentares. (FOTO B.IV. 81)



FOTO B.IV. 81 – Topo da camada de areia parcialmente litificada mostrando fraturas que se destacam na superfície (ponto JG-94).

A variação nos tipos de seqüências sedimentares da Formação Rio Madeira pode ser evidenciada na seção e perfil esquemático representados na FIGURA B.IV. 21.

Uma evidência conspícua neste e noutros perfis dos barrancos do rio Madeira, onde ocorre essa cobertura sedimentar, como nos pontos JG-94 e JG-95, é a relativa preservação das camadas de areia e cascalho ferruginizados, endurecidos. A linha pontilhada marca o provável limite da zona erodida do barranco.

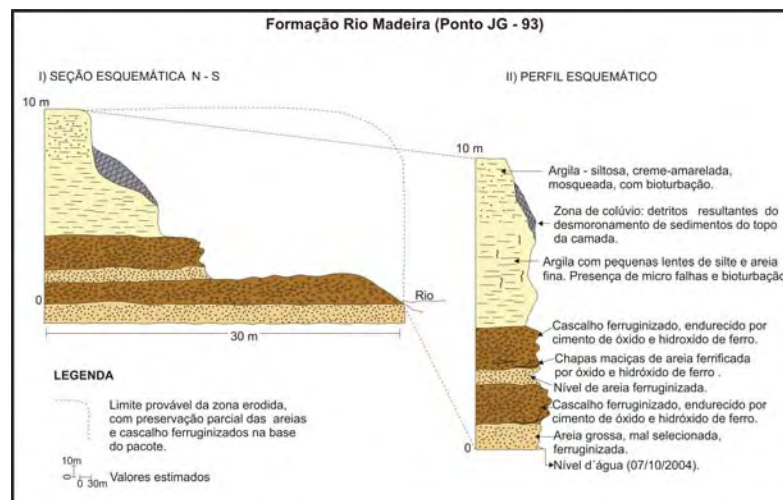


FIGURA B.IV. 21 – Seção e perfil esquemático do barranco do rio Madeira nas proximidades da ilha Santana.

- *Formação Jaci-Paraná*

Os sedimentos inconsolidados que fazem parte desta unidade distribuem-se nas áreas topograficamente arrasadas no entorno do rio Madeira e nas proximidades e leito do rio Jaci-Paraná. Trata-se, na sua grande maioria, de depósitos detrítico-lateríticos e colúvio-aluviais associados geneticamente a processos erosivos e deposicionais relacionados a ciclicidade climática pretérita, com alternância de clima seco e úmido.

As coberturas detrítico-lateríticas correlacionáveis com os sedimentos arenosos e argilosos que caracterizam esta formação abrangem uma vasta região, formando áreas peneplanizadas em sua maioria. É constituída de nódulos amorfos ferruginosos semiconsolidados envoltos em matriz argilo-siltosa, de coloração avermelhada.

Os depósitos de areia são pouco espessos, com níveis conglomeráticos na parte basal do pacote e que representam depósitos aluvionares que ocorrem em paleomeandros. As areias são imaturas, granulometria fina, friáveis, de grãos subangulosos a subarredondados. As estruturas sedimentares mais frequentes são a maciça e a estratificação plano-paralela horizontal. Camadas de silte e argila desenvolvem-se nas camadas superiores dos depósitos (FIGURA B.IV. 22). Correspondem a depósitos de transbordamento, de bacias laterais de inundação ou depósitos associados a preenchimento dos baixios.

De maneira geral, os sedimentos são siltico-argilosos a argilosos, de coloração acinzentada a amarelada, mostrando granodecrescência ascendente. Estruturalmente, esses depósitos são maciços, com raras laminações plano-paralelas.

Por vezes, esses depósitos mostram-se capeados por uma crosta laterítica não muito espessa (0,15 a 0,80m), em níveis irregulares e descontínuos e não raramente dismantelados. Capeando esta unidade, é comum encontrarem-se latossolos amarelados. (FOTO B.IV. 82)

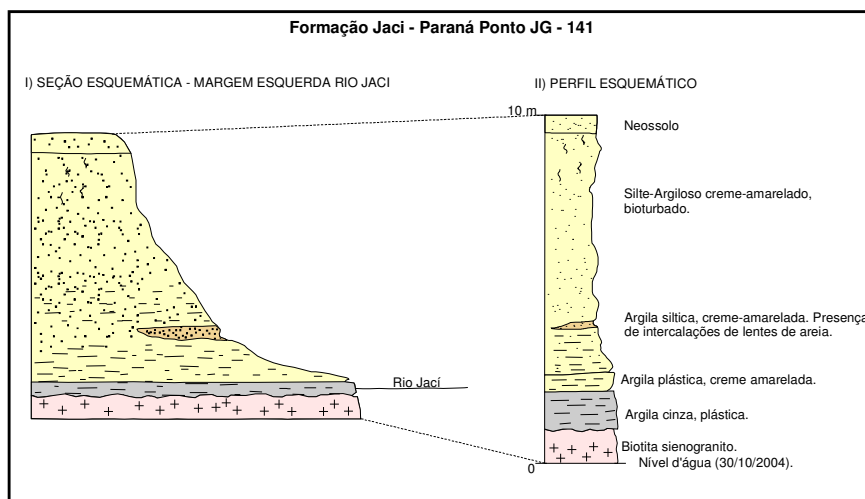


FIGURA B.IV. 22 – Afloramento no barranco do rio Jaci-Paraná exibido sedimentos argilosos na base e sedimentos silto-argilosos no topo.



FOTO B.IV. 82 – Seção e perfil esquemático dos sedimentos que constituem a Formação Jaci-Paraná.

- *Cobertura Detrito-Laterítica*

Esta cobertura ocupa uma restrita área aplainada, com interflúvios tabulares, e se restringe ao extremo nordeste da AID. Os sedimentos detrito-lateríticos constituem-se, em grande parte, de depósitos colúvio-aluvionares areno-siltosos, argilo-siltosos e argilosos com níveis nodulares lateríticos e recobertos por grânulos e seixos de laterito dismantelado. Esses depósitos, na sua base, são constituídos por seixos provenientes dos próprios lateritos concrecionários, formando corpos do tipo *stone-layer* e, no topo, por material argiloso e siltoso proveniente do horizonte mosqueado. As superfícies aplainadas são constituídas predominantemente por solos argilo-arenosos, de baixa maturidade textural e mineralógica, de tonalidade avermelhada, ricos em concreções ferruginosas, além de níveis de argilas coloridas.

Os lateritos imaturos, quando dismantelados, também passam a constituir parte das coberturas detrito-lateríticas modelando grande parte do relevo atual, formando grandes áreas aplainadas.

Nessa unidade litoestratigráfica, está englobado o material argilo-arenoso com fragmentos subangulosos de laterito, o qual compõe o espesso manto de intemperismo, resultado do retrabalhamento do perfil laterítico, aliado ao processo pedogenético sobre as rochas subjacentes.

- *Sedimentos Aluvionares Argilosos*

Ocorrem em grande parte da região nordeste da AID. Trata-se de depósitos subatuais e atuais de sedimentos finos, constituídos predominantemente de silte e argila. Apresentam coloração nos tons de cinza, creme-amarelada e amarela-avermelhada. Estes sedimentos encontram-se recobrindo depósitos da Formação Jaci-Paraná.

- *Sedimentos Aluvionares Arenosos*

Ocupam porções lineares, formando as planícies de inundações do rio Jaci-Paraná, tributários e subtributários do rio Madeira, situado na sua margem esquerda. Tais sedimentos são

constituídos de areia fina à média, mal selecionadas, subangulosas, de coloração creme-amarelada a branca-acinzentada, ocorrendo pequena contribuição de silte na matriz.

- ***Sedimentos Aluvionares indiscriminados***

Sua distribuição está restrita à margens e leito ao do Madeira, alcançando grande área de deposição, ocorrendo desde a jusante da cachoeira do Jirau até a cachoeira de Santo Antônio, tendo papel importante na acreção das ilhas e formação de barras de areia que alteram o curso do rio. Trata-se de sedimentos arenosos, silticos e argilosos, de coloração variando de cinza escuro, com tonalidade, levemente amarelada e acinzentada. Estes sedimentos recobrem, de maneira mais comum, os corpos graníticos aflorantes no leito e margens do rio.

1.3.1.2 Recursos Minerais

Os recursos minerais inseridos na área do empreendimento do Santo Antônio estão apresentados no mapa de recursos minerais (Desenho 6315-RT-G91-021), mapa de atividade garimpeira (Desenho 6315-RT-G91-022). A potencialidade mineral na área investigada é definida pela ocorrência de 42 depósitos e/ou ocorrências minerais, representados essencialmente por depósitos de ouro, cassiterita, granito para uso na construção civil, cascalho laterítico, argila e água mineral.

Os depósitos auríferos concentram-se nos aluviões do rio Madeira, hospedados, preferencialmente, nos níveis conglomeráticos (mucururu). Esses níveis são compostos por areia grossa conglomerática, constituída por grânulos e seixos de quartzo e fragmentos de rocha, cimentados por cimento siderítico, com matriz constituída por quartzo, feldspatos, magnetita, ilmenita, turmalina e ouro. O processo de ferrificação, que deu coesão aos sedimentos de fundo de canal, possibilitou a formação de níveis lateríticos constituídos pelos minerais de limonita, goethita e hematita.

Os cristais de ouro são predominantemente lamelares, algumas vezes encurvados, apresentando dimensão média de 0,24x0,21x0,02 mm. A faixa granulométrica das partículas de ouro nos principais depósitos está situada entre 150 e 200 mesh, porém, parte considerável do ouro fica abaixo de 200 mesh. Os garimpeiros, com frequência, referem-se a “poeira de ouro”, em função dessa baixa granulometria, que flutua na água e é até mesmo imperceptível à vista desatenta.

Os depósitos aluvionares (*placers*) do rio Madeira com ouro associado podem ser caracterizados como de fácies de canal (barras de canal, de pontal e leito ativo), além dos terraços marginais, paleocanais e paleomeandros. Outras zonas preferenciais para retenção do metal incluem as partes meandantes dos rios, quando ocorre o recobrimento de sedimentos aluvionares por depósitos de ambiente lacustino terminal, capacitados para retenção de ouro de granulometria fina, durante retrabalhamento das calhas antigas e atuais dos cursos d’água (Adamy & Romanini, 1990).

A Reserva Garimpeira do Rio Madeira, criada pelas Portarias Ministeriais 1.345/79 e 1.034/80, estende-se ao longo do trecho do rio e é delimitada pela cachoeira do Teotônio a jusante até a localidade de Bom Futuro, a montante, abrangendo uma área aproximada de 450 km². Entretanto, a atividade garimpeira atual estende-se além dos limites da reserva, a

montante do Jirau, até a confluência do rio Abunã com o Madeira e a jusante de Porto Velho, na localidade do Belmont.

Essa atividade é realizada quase que exclusivamente por dragas (único equipamento que permanece atuando na época de cheia, quando a lâmina de água do rio chega atingir até 18 m de espessura) e balsas denominadas de “scarifussas”, poucas com auxílio de mergulhadores, além de raros garimpos manuais de equipamento rudimentar.

As dragas constituem-se de uma estrutura metálica medindo, em média, 14 m x 8 m, com “pára-quedas”, caixas de concentração *sluice* de 7 m x 10 m, motores de 140 a 360 Hp, com bombas e lança de sucção e quebramento com diâmetro de 8” a 14” acompanhadas de guincho mecânico. As balsas “scarifussas” são menores, com estrutura de sustentação apoiada em cilindros metálicos e sobrepostos com uma plataforma de madeira medindo 6 ou 7 m x 5 m, com motores de menor potência, geralmente, variando de 30 a 150 Hp, bombas e mangueiras de sucção com 6 a 8 polegadas de diâmetro.

O processo de extração do ouro envolve caixas de concentração (*sluice*) inclinadas, com tariscas (*riffles*) ou ressaltos espaçados de 40 a 50 cm e 15 cm de altura, sendo esse método denominado popularmente como “cobra fumando”. Nas visitas realizadas às dragas e balsas, constatou-se que, durante a recuperação do ouro — por este ser extremamente fino, aliado a forte pressão e velocidade da água — que ao passar pelos pára-quedas e caixas de concentração (processo equitombante), grande parte dele metal não é retida, retornando ao leito ativo do rio, juntamente com o material estéril.

O processo de apuração do ouro, por sua vez, é feito a partir da lavagem em baldes do pré-concentrado acumulado nos sacos de estopa ou carpetes que revestem a caixa concentradora, onde, ao produto, é adicionado sabão em pó e mercúrio, o qual é posteriormente bateado, resultando numa amálgama de mercúrio e ouro, além de minerais pesados (esmeril). O processo se completa com a queima do mercúrio em maçarico, onde o ouro então é separado. Dados de produção de ouro conseguidos por meio de entrevista direta com os garimpeiros, no período de setembro a outubro de 2004, indicam uma produção média diária de 47 gramas por draga e de 15 gramas das balsas “scarifussas”.

Na TABELA B.IV. 15 e TABELA B.IV. 16, encontram-se registrados os dados da garimpagem em anos anteriores e em 2004, Essa atividade inclui o tipo de equipamento e a média anual do número de pessoas envolvidas nela. Salienta-se que existem alguns períodos sem registro.

TABELA B.IV. 15 – Dados relativos à quantidade de equipamento e população garimpeira envolvida na extração de ouro no rio Madeira. (*) meses de setembro e outubro de 2004.

Ano	1979	1981	1982	1983	1984	1985	1986	2004(*)
Manual	-	-	-	-	-	-	-	2
Balsa	16	-	-	1000	1.000	800	800	125
Draga	-	15	-	-	100	300	300	85
População	1.500	8.000	5.000	-	9.000	-	5.000	870

TABELA B.IV. 16 – Produção anual de ouro do rio Madeira (valores em kg)

Ano	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	2004
Registrada	177	238	817	1351	3454	1931	1481	466	-
Estimada	1.500	1.200	2.400	4.500	8.000	4.000	5.000	5.000	1875

No levantamento realizado no trecho do rio Madeira que vai do garimpo das Araras até Santo Antônio, cadataram-se 870 pessoas envolvidas na atividade garimpeira e um total de 224 equipamentos, entre dragas, balsas e manual. Essa atividade produz hoje, e extra-oficialmente, 5.912 gramas de ouro/dia, sendo que, desse montante, as dragas são responsáveis por 4.310 gramas/dia, as balsas “scarifussas” por 1.526 gramas/dia e as balsas de mergulho por 24 gramas/dia, maquinário rudimentar por 41 gramas/dia, exploração manual rudimentar por 11 gramas/dia. A produção de ouro no trecho citado decresce durante o período chuvoso, devido ao aumento da lâmina d’água e das corredeiras. Nessas condições, somente as dragas conseguem extrair o ouro.

A atividade garimpeira é bastante itinerante, fato que prejudica o cadastramento, pois, de um dia para o outro, as balsas e dragas podem dirigir-se para outras áreas, como tem acontecido com algumas dragas que se deslocaram da cachoeira do Santo Antônio para o Belmonte.

Além do ouro do rio Madeira, outras atividades de exploração dos recursos minerais estão em andamento na área do entorno do empreendimento de Santo Antônio, por exemplo, a brita utilizada na construção civil (RONDONMAR, REMA), água mineral, argila para emprego na fabricação de tijolos, etc.

1.3.1.3 Direitos Minerários

Conforme a legislação que regulamenta o setor mineral, os recursos minerais constituem patrimônio da União Federal (Constituição Federal, art. 20, inciso IX), e sua exploração por terceiros depende de autorização ou concessão estatal (art. 176. § 1º).

Sendo assim, o subsolo e os bens minerais nele contidos são da União, e não do proprietário do solo (superficiário). Qualquer cidadão ou empresa brasileira pode requerer uma concessão do Poder Público para pesquisar e, posteriormente, extrair bens minerais, desde que atendidos os requisitos normativos. O controle do sistema é realizado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, do Ministério das Minas e Energia - MME.

O direito mineral de uma determinada área para pesquisa ou lavra de recursos minerais compreende os seguintes itens:

- I – Os direitos sobre as massas individualizadas de substâncias minerais ou fósseis, encontradas na superfície ou no interior da terra, formando os recursos minerais do País.
- II – O regime de seu aproveitamento.
- III – A fiscalização pelo Governo Federal, da pesquisa, da lavra e de outros aspectos da indústria mineral.

O direito de exploração de recursos minerais, dependendo do tipo de substância mineral, pode ser obtido pelos regimes de concessão de lavra, licenciamento ou autorização de lavra garimpeira. Determinados recursos minerais são regidos por leis especiais. Por conseguinte, os direitos minerários das áreas inseridas nos limites do empreendimento do Santo Antônio estão divididos da seguinte forma: autorização de pesquisa, requerimento de lavra e concessão de lavra, com dados atualizados até outubro de 2004. Na TABELA B.IV. 17 anexo e no Mapa dos Direitos Minerários da Influência Indireta do Santo Antônio, escala 1:250.000 (Desenho 6315-RT-G91-023), assim como, no Mapa de Direito Minerário da Área de Influência Direta do Santo Antônio, escala 1:100.000 (Desenho 6315-RT-G91-024), encontram-se os dados atualizados até outubro de 2004, obtidas no Departamento Mineral de Produção Mineral.

TABELA B.IV. 17 – Autorização de pesquisa, requerimento de lavra e concessão de lavra, da área do entorno do empreendimento do Santo Antônio. Dados atualizados até outubro de 2004

ANO	PROCESSO	FASE	NOME	SUBSTÂNCIA	SITUAÇÃO ATUAL
1983	881178	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Cia. de Mineração de Rondônia CMR	Ouro	10/03/2003 pendente, aut. Pesq/documento diverso protocolizado em 15/ 1/2003.
1999	886069	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	José da Luz Moraes da Nobrega	Seixos	22/05/2002 aut. Pesq/pagamento da taxa anual paga prot. Em 30/ 1/2003.
1999	886074	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	José da Luz Moraes da Nobrega	Granito	22/05/2002 aut. Pesq/relatório final pesq. Apresentada em 23/ 7/2003.
2001	886012	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Emanuel Edpolo Carvalho Marques	Ouro	24/05/2002 supervisor, aut. Pesq/despacho retificação alvará pub em 12/ 2/2004.
2001	886069	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Nilo Corbari	Ouro	22/05/2002 aut. Pesq/auto de infração multa-tah em 23/ 4/2003.
2001	886255	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Rondomar - Construtora de Obras Ltda	Titânio	24/05/2002 supervisor, aut. Pesq/auto de infração multa-tah em 2/10/2002.
2002	886025	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Ossimidio de Souza Martins	Granito	24/05/2002 pendente, aut. Pesq/pagamento da taxa anual paga prot. Em 29/ 1/2004.
2002	886026	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Ossimidio de Souza Martins	Granito	24/05/2002 pendente, aut. Pesq/pagamento da taxa anual paga prot. Em 29/ 1/2004.
2002	886027	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Ossimidio de Souza Martins	Granito	24/05/2002 pendente, aut. Pesq/pagamento da taxa anual paga prot. Em 31/ 7/2003.
2002	886101	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Levy Antônio de Oliveira	Ouro	08/08/2002 aut. Pesq/pagamento da taxa anual paga prot. Em 29/ 1/2004.
2002	886102	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Levy Antônio de Oliveira	Areia	08/08/2002 aut. Pesq/pagamento da taxa anual paga prot. Em 29/ 1/2004.
2002	886103	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Levy Antônio de Oliveira	Ouro	08/08/2002 aut. Pesq/pagamento da taxa anual paga prot. Em 29/ 1/2004.
2003	886035	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Venicius Leonidas Biesdorf	Ouro	27/03/2003 pendente, aut. Pesq/pagamento da taxa anual paga prot. Em 29/ 1/2004.
2003	886036	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Venicius Leonidas Biesdorf	Ouro	31/03/2003 aut. Pesq/pagamento da taxa anual paga prot. Em 29/ 1/2004.
2003	886049	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Poliano de Lima Marques	Ouro	16/04/2003 aut. Pesq/alvará de pesquisa especial pub em 12/ 2/2004
1999	886063	Autorização de pesquisa, requerimento de lavra	Rondomar - Construtora de Obras Ltda	Granito, Laterita	24/05/2002 supervisor, req. Lav/documento diverso protocolizado em 16/ 2/2004.
1973	813034	Autorização de pesquisa, concessão de lavra	Empresa de Águas Kaiary Ltda,	Água Mineral	23/05/2002 supervisor, conc. Lav/rel reaval reserva aprovada publ. Em 24/11/2003.
1988	880398	Autorização de pesquisa, concessão de lavra	Empresa Rondoniense de Refrigerantes Ltda	Água Mineral	24/05/2002 conc. Lav/exigência publicada em 5/ 8/2003.
2002	886057	Registro de licença, licenciamento	MMM Minas Miner.Madeiras e Eng.Ltda	Argila, Granito, Laterita	24/05/2002 licen/requerimento licenciamento protocolado em 23/ 4/2002.
2002	886105	Registro de licença, licenciamento	Rondomar - Construtora de Obras Ltda	Granito	08/08/2002 licen/documento diverso protocolizado em 17/ 7/2002.
1992	880123	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Liciarde Geiger C de Araújo	Ouro	23/05/2002 aut. Pesq/notifica pagamento taxa anual p em 11/ 3/2002.
1999	886127	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	José Claodiocir Cesca - Me - Cerâmica J. K	Argila	23/05/2002 aut. Pesq/pagamento da taxa anual paga prot. Em 19/ 1/2004.
2001	886068	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Nilo Corbari,	Cascalho	22/05/2002 aut. Pesq/auto de infração multa-tah em 23/ 4/2003.
2001	886239	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Gerson Nava		22/05/2002 aut. Pesq/pagamento da taxa anual paga prot. Em 28/ 7/2003.
2001	886240	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Gerson Nava	Água Mineral	22/05/2002 aut. Pesq/pagamento da taxa anual paga prot. Em 28/ 7/2003.
2002	886096	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Cerâmica Nossa Senhora D`Abadia Ltda	Argila	26/06/2002 supervisor,aut. Pesq/cumprimento exigência prot. Em 23/ 3/2004.
2002	886097	Autorização de pesquisa, autorização de pesquisa	Cerâmica Santa Catarina Ltda	Argila	26/06/2002 supervisor,aut.Pesq/pagamento da taxa anual paga prot.em 9/ 1/2004

1.3.2 Geomorfologia

No presente capítulo, serão abordadas as informações coletadas nos trabalhos de campo abrangendo a Área de Influência Direta do AHE Santo Antônio e Jirau.

O desenvolvimento desses estudos permitiu a elaboração do mapa geomorfológico (Desenho 6315-RT-G91-025) em escala de maior detalhe (1:100.000), favorecendo a delimitação de todos os relevos residuais de grande porte (principalmente *inselbergs*, morros-testemunho, *tors* e platôs lateríticos), os quais foram classificados como unidades individualizadas. As superfícies de aplainamento foram reclassificadas segundo o grau de dissecação submetido, diferindo da forma apresentada por trabalhos anteriores. Assim sendo, as superfícies de aplainamento conservadas apresentam baixo grau de dissecação; as superfícies de aplainamento retocadas apresentam médio grau de dissecação e as superfícies de aplainamento degradadas apresentam alto grau de dissecação.

O piso regional da Área de Influência Direta, segundo o ZSEE-RO (1999), está associado à ocorrência da superfície de aplainamento entre as cotas de 200 e 300 metros (denominada regionalmente como superfície de aplainamento - nível II), apresentando graus de dissecação variando entre baixo e médio e ausência de relevos residuais, tais como *inselbergs*, *hillocks* e *tors*. Esses relevos residuais são mapeados em forma de agrupamentos de colinas e morros sem controle estrutural (quando esculpidos nos granitos Rondonianos) ou agrupamentos de colinas e morros com controle estrutural (quando esculpidos nos arenitos arcoseanos da Formação Palmeiral).

Nos terrenos situados na margem direita do rio Madeira, entre Porto Velho e a vicinal Morrinhos, destaca-se uma superfície de aplainamento degradada por uma rede de drenagem de média densidade que escavou vales muito amplos e abertos, sendo classificado pelo ZSEE-RO (1999) como D.2.2.2.1. Essa superfície encontra-se, portanto, desdobrada em dois níveis: os fundos de vales amplos e rampeados, situados 20 a 40 metros abaixo de uma outra superfície de topo sustentada por horizontes concrecionários ferruginosos, constituídas por carapaças pisolíticas de 3 a 4 metros de espessura (FOTO B.IV. 83). Essa superfície sustentada pelas crostas lateríticas seria correlata à Superfície Velhas de idade neógena, enquanto os amplos vales escavados seriam de idade pleistocênica. O padrão de relevo resultante delineia uma morfologia ondulada, marcada pela alternância de topos planos e vales largos com baixas declividades, em torno de 5°.

À medida que se dirige para oeste, nota-se uma coalescência desses amplos vales pleistocênicos e uma destruição da superfície de topos planos sustentada pelas crostas lateríticas. Assim sendo, entre a vicinal de Morrinhos e a localidade de Jaci-Paraná, observam-se apenas remanescentes dessa superfície, caracterizadas por baixos platôs lateríticos. Estes baixos platôs consistem de feições residuais e estão elevados 20 a 30 metros acima do piso das superfícies pediplanadas. Seus rebordos erosivos formam vertentes acentuadas de 10 a 20° de declividade. Curiosamente, o ZSEE-RO classifica os baixos platôs lateríticos ou seus produtos do dismantelamento erosivo (colinas tabulares ou morrotes residuais terrosos) como sendo *hillocks* e *tors*, mesmo não sendo rochosos e que não foram mantidos no presente estudo.

Esses platôs lateríticos apresentam sua máxima expressão nas imediações do rio Madeira, entre as corredeiras de Morrinhos e Teotônio, em ambas as margens. Na localidade de Morrinhos, estes platôs formam um conjunto mais imponente, com desnivelamentos entre 50 e 70 metros e fortes declividades, entre 20 e 30°, que se debruçam sobre a calha do rio Madeira. Os topos planos dos platôs estão nitidamente mantidos por uma cornija da carapaça ferruginosa.



FOTO B.IV. 83 – Superfície de aplainamento medianamente dissecada desdobrada numa superfície de topo e em vales amplos e abertos. Local: BR-364 entre Porto Velho e a vicinal Teotônio.

Em campo, observam-se evidências de atuação intensa de erosão laminar sobre as vertentes íngremes dos rebordos erosivos (solo exposto, terracetes de pisoteio, sulcos incipientes), utilizados indevidamente para pastagens (FOTO B.IV. 84 e FOTO B.IV. 85). Entretanto, a maioria dos platôs lateríticos entre Morrinhos e Teotônio exhibe dimensões mais modestas, com desnivelamentos em torno de 20 a 40 metros e vertentes com declividades mais suaves, com valores próximos a 10°.



FOTO B.IV. 84 – Erosão laminar acentuada em vertentes íngremes dos rebordos erosivos dos platôs lateríticos.



FOTO B.IV. 85 – Idem foto anterior.

Na bacia do rio Caracol, próximo à localidade de Jaci-Paraná, os afloramentos dos granitos Rondonianos ressaltam na paisagem das superfícies aplainadas como um singular conjunto de relevos residuais rochosos, caracterizados por *hillocks*, *tors* ou blocos de granitos *in situ*, imersos nos terrenos (caos de blocos). O rio Caracol, por sua vez, produz um vale inciso em meio ao pediplano e apresenta águas pretas, com alta carga de ferro e/ou matéria orgânica; essa coloração escura não é freqüente entre os tributários do rio Madeira, comumente apresentando águas claras.

Os terrenos na margem direita do rio Madeira situados a oeste da localidade de Jaci-Paraná exibem, em geral, uma superfície de aplainamento conservada e bem elaborada, com notável grau de aplainamento, apresentando apenas uma incipiente incisão fluvial por uma rede de drenagem de baixa densidade, sendo classificado pelo ZSEE-RO (1999) como D.2.2.1.1 (FOTO B.IV. 86).



FOTO B.IV. 86 – Superfície aplainada bem elaborada e não dissecada.
Local: BR-364, entre as localidades de Jaci-Paraná e Jirau.

Em meio a esse pediplano, destaca-se um extenso alinhamento serrano degradado e parcialmente desfeito em morrotes alinhados, marcando um importante lineamento estrutural E-W e que atravessa o rio Madeira na cachoeira do Jirau, controlando, portanto, esse nível de base local. Esse alinhamento, em formato de uma longa crista dissecada de topos arredondados e classificado como *Footslopes* com Média Dissecação (D.1.2) pelo ZSEE-RO (1999), está sendo redefinido como alinhamento estrutural de morrotes e colinas – S.3.2.3. (FOTO B.IV. 87).

Foram assinaladas, ainda, próximo à localidade do Jirau, áreas de ocorrência de Areais Brancos com Escoamento Impedido, definidas como Unidades de Intemperismo, representadas espacialmente pela letra “E”. Estas áreas deprimidas em meio ao pediplano apresentam mantos de alteração *in situ* com uma complexa evolução pedológica e geoquímica, originando Podzóis Hidromórficos e Areias Quartzosas (Amaral Filho *et al.*, 1978) recobertos, em geral, por vegetação gramíneo-arbustiva ou de campinarana (FOTO B.IV. 88).



FOTO B.IV. 87 – Alinhamento de morrotes dissecados, com desnivelamentos que variam entre 30 e 50 metros, demarcando o lineamento Jirau. Local: vicinal Caldeirão.

Cumpra assinalar que esta unidade não está contemplada na Área de Influência Direta do entorno de Santo Antônio. Localizando-se próximo ao limite indicado, sendo referida no texto, por suas características peculiares e por ter sido objeto de exploração mineral para areia, comercializada em Porto Velho.



FOTO B.IV. 88 – Espodossolos formando Areais Brancos com escoamento impedido recobertos, por uma vegetação herbáceo-arbustiva. Local: próximo ao Acampamento de Jirau.

Na estrada para o Assentamento União Bandeirante, registra-se um agrupamento de platôs e colinas tabulares com maior amplitude de relevo do que os baixos platôs lateríticos anteriormente relatados. Trata-se de superfícies estruturais controladas pelo acamamento dos arenitos arcoseanos da Formação Palmeiral e capeados por uma crosta detrítico-laterítica. Nota-se, em campo, o desenvolvimento de perfis lateríticos imaturos com dezenas de metros de espessura em sua seqüência completa, constituídos, da base para o topo, por rocha alterada (arenito arcosiano róseo-esbranquiçado com grânulos de feldspato intemperizado); horizonte

pálido de coloração variegada e com alguns fragmentos de rocha alterada; horizonte mosqueado branco, amarelo ou avermelhado; horizonte colunar ferruginoso hematítico (vermelho) e gibsítico (amarelo); horizonte concrecionário/pisolítico e Latossolo vermelho. Essa seqüência denota um longo desenvolvimento dos mantos de alteração, não tendo sido observada nos baixos platôs lateríticos.

As superfícies tabulares identificadas em campo apresentam, em geral, desnivelamentos entre 40 a 70 metros acima das superfícies de aplainamento, de topos planos e rebordos erosivos bem marcados, com declividades muito acentuadas, podendo atingir 20 a 30° (FOTO B.IV.89).



FOTO B.IV.89 – Superfícies aplainadas e agrupamento de platôs capeados por perfis lateríticos. Local: vicinal União Bandeirante.

Nos terrenos situados na margem esquerda do rio Madeira ao longo da vicinal Jatuarana, destaca-se uma superfície monótona extremamente plana, dos altos terraços fluviais não dissecados do rio Madeira. Apenas alguns parques igarapés sulcam essa superfície deposicional, promovendo desníveis, em geral, não superiores a 5 m. Ainda nessa superfície, podem ser observadas depressões de pequeno porte, de tonalidade escura, onde a água é acumulada no período das chuvas, formando Áreas Alagadas (A.1.4), que se infiltram na estação seca. Comumente, notam-se processos de mosqueamento no pacote aluvial argiloso em decorrência da drenagem imperfeita destes terrenos.

Na margem esquerda, destaca-se ainda uma área caracterizada por terraços fluviais baixos, com um grau de dissecação médio, dispendo-se, preferencialmente, ao longo de drenagens, tendo sido representada espacialmente pela sigla A.2.2.3.

As porções mais “abaciadas” dos terraços fluviais são ainda mais suscetíveis a processos de inundação no verão. Nessas áreas, a floresta tropical aberta cede lugar a uma vegetação menos exuberante similar a uma campinarana arbórea. Observações de campo demonstram ainda um suave desnível entre os terraços e as exíguas ocorrências das superfícies aplainadas, da ordem de 15 a 20 metros.

Nas imediações da localidade de Vila Amazonas, junto à cachoeira Teotônio, registra-se, próximo ao talvegue de um igarapé de porte médio, um excelente afloramento do terraço fluvial que expõe um pacote aluvial de aproximadamente 15 m de espessura. Da base para o topo, pode-se assinalar a seqüência estratigráfica descrita a seguir:

Na base: material silto-argiloso, maciço, de cor cinza, típico de ambiente redutor, presumivelmente correlato a um ambiente de baixa energia, lacustre, de idade pliocênica da Formação Rio Madeira (antiga Formação Solimões).

No médio corte: material siltoso ou silto-arenoso, parcialmente oxidado, de cores laranja, vermelha e acinzentado, em parte mosqueado e com estratificação laminar. Essa camada é presumivelmente correlata a um ambiente fluviolacustre ou fluvial, de idade pliocênica da Formação Rio Madeira (antiga Formação Solimões). O atual mosqueamento decorre, provavelmente, da oscilação moderna do nível freático no pacote aluvial.

No topo: acima de uma discordância erosiva, deposita-se material arenoso (areias médias a grossas) de fácies de leito de canal ou barras arenosas, oxidadas e alaranjadas, demonstrando também ser um depósito antigo. Essa camada está presumivelmente correlacionada a um ambiente fluvial, de alta energia, de idade pleistocênica — Formação Jaci-Paraná (antiga Formação Içá).

1.3.3 Hidrologia

1.3.3.1 Regime Fluvial

O trecho do rio Madeira objeto do presente estudo apresenta-se com uma boa cobertura de dados fluviométricos, com informações hidrológicas abrangendo um período histórico longo que permite uma boa caracterização de seu regime fluviométrico.

O regime fluvial do rio Madeira caracteriza-se por apresentar períodos de cheia e de recessão bem definidos. De maneira geral, o início da subida do hidrograma ocorre durante os meses de outubro / novembro, atingindo seu pico durante os meses de março / abril, quando tem início a recessão que se estende até setembro / outubro .

O trimestre com menor vazão compreende os meses de agosto a outubro, com as mínimas vazões ocorrendo, predominantemente, no mês de setembro.

Série de Vazões Médias Mensais no Local do AHE Santo Antônio

Foi adotada a série de vazões no rio Madeira, no local do AHE Santo Antônio, igual à série da estação de Porto Velho, em razão da proximidade do local do aproveitamento com o posto. As áreas de drenagem da bacia hidrográfica nesses locais foram estimadas, em 988.873 km² e 988.997 km², respectivamente, em AHE Santo Antônio e Porto Velho. A relação entre as áreas é igual a 0,9999.

As áreas de drenagem foram obtidas diretamente nos mapas disponíveis, em escala 1: 100.000, Ministério do Exército - Brasil (1980), Carta Internacional do Mundo, escala

1:1.000.000 - IBGE (1971) e Mapa Hidrográfico da Bolívia, escala 1: 1.000.000 - Instituto Geográfico Militar da Bolívia (1990).

A TABELA B.IV. 18 mostra as vazões médias mensais no local do AHE Santo Antônio para o período completo, de 1931 a 2001, enquanto que a TABELA B.IV. 19 apresenta as principais estatísticas da série. A TABELA B.IV. 20 e a FIGURA B.IV. 23 apresentam a curva de permanência de vazões médias mensais.

TABELA B.IV. 18 – Rio Madeira em AHE Santo Antônio . Série de Descargas Médias Mensais Observadas e Estimadas (m³/s)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1931	13.609	21.634	27.952	20.936	14.945	9.908	6.613	4.445	4.409	11.788	12.843	16.464	13.795
1932	28.499	30.302	34.027	28.158	22.112	15.401	12.048	8.967	7.051	8.065	10.060	12.601	18.108
1933	22.429	28.128	29.314	25.867	17.160	11.222	7.450	5.337	4.282	5.217	7.267	12.190	14.655
1934	33.604	40.802	39.086	39.803	22.334	14.715	9.630	6.645	6.181	7.465	13.808	17.950	21.002
1935	22.735	24.446	44.122	32.900	19.451	14.606	9.950	6.989	5.388	5.489	9.977	11.775	17.319
1936	19.760	21.130	22.808	21.687	14.092	9.602	6.342	4.427	4.801	6.100	9.350	19.903	13.334
1937	38.497	27.952	39.489	29.487	23.870	15.508	10.416	7.128	6.723	8.065	10.808	14.129	19.339
1938	30.958	29.130	27.105	21.762	15.305	11.381	7.752	5.303	4.642	5.522	8.665	13.410	15.078
1939	19.229	29.343	38.981	30.245	19.040	15.041	13.485	10.142	9.138	9.630	11.473	19.029	18.731
1940	31.723	37.781	46.328	32.733	27.923	19.196	13.535	9.908	8.520	8.563	9.936	11.169	21.443
1941	20.893	23.777	28.392	23.070	15.197	10.266	7.946	6.181	5.028	6.708	12.151	17.984	14.799
1942	28.216	36.514	42.996	31.939	19.274	12.982	8.665	5.970	6.896	10.619	16.394	24.528	20.416
1943	30.921	26.906	34.366	24.343	17.241	12.370	8.271	5.556	4.042	4.642	5.855	8.909	15.285
1944	19.705	32.798	31.025	26.369	18.380	12.601	8.330	5.556	4.553	5.937	11.089	21.772	16.509
1945	23.257	26.248	29.478	25.058	17.482	11.512	7.616	5.080	4.153	5.234	6.739	8.809	14.222
1946	15.971	24.302	23.445	18.267	17.904	17.160	13.159	6.896	5.573	5.506	6.278	9.742	13.684
1947	15.592	22.260	32.900	32.173	22.629	14.276	9.797	6.896	6.660	11.433	20.089	28.324	18.586
1948	37.211	32.863	34.137	24.824	18.862	13.572	9.644	6.880	5.921	8.679	15.592	30.721	19.909
1949	44.794	34.320	36.595	38.232	20.568	14.921	10.456	7.128	5.723	9.561	17.938	24.987	22.102
1950	33.944	28.451	42.860	28.675	18.918	12.575	8.432	5.822	4.098	4.499	6.100	12.982	17.280
1951	23.559	28.781	47.492	29.429	26.558	16.721	11.129	7.419	6.133	6.880	13.907	27.834	20.487
1952	29.487	34.896	34.950	24.384	16.042	9.490	7.465	5.234	3.873	4.784	6.786	16.895	16.191
1953	23.205	28.529	34.412	29.333	24.405	15.113	10.019	6.818	6.278	8.212	16.065	34.155	19.712
1954	27.401	31.459	33.733	26.349	21.484	15.639	10.470	7.082	5.539	4.836	7.556	16.476	17.335
1955	22.566	36.469	34.513	37.461	24.538	16.265	10.794	7.435	6.149	6.438	8.315	13.522	18.705
1956	19.484	24.076	37.167	27.766	20.698	14.896	10.835	7.435	5.472	5.822	7.991	13.485	16.260
1957	28.606	28.558	30.331	28.840	21.612	14.715	9.797	7.128	5.855	6.197	8.924	14.362	17.077
1958	17.551	22.398	24.014	24.793	19.771	12.919	9.350	6.692	5.114	5.522	9.152	16.300	14.465
1959	24.066	30.417	28.519	25.998	22.955	15.197	10.060	8.139	7.020	8.766	14.092	16.429	17.638
1960	18.086	22.260	24.107	21.783	16.277	11.565	7.872	5.739	4.391	5.772	9.024	19.892	13.897
1961	24.271	37.416	35.541	28.460	22.503	15.699	10.307	6.818	5.132	6.214	8.650	17.722	18.228
1962	27.075	37.354	29.372	27.756	22.661	15.221	10.115	7.113	7.931	9.476	12.563	23.205	19.154
1963	23.466	24.066	20.861	19.040	13.684	12.087	8.388	5.723	4.172	3.683	4.906	9.533	12.467
1964	13.547	17.779	24.261	19.207	21.366	17.126	13.907	9.728	7.343	11.775	16.523	21.033	16.133
1965	20.264	21.001	42.032	32.323	21.580	14.921	10.848	7.677	5.904	6.958	11.129	14.533	17.431
1966	20.023	29.958	26.578	23.880	18.256	14.141	9.602	6.550	5.921	5.822	7.946	10.767	14.954
1967	13.907	19.946	23.017	23.694	16.917	12.063	6.807	5.170	3.812	4.053	7.722	9.950	12.255
1968	13.618	24.268	32.747	25.804	13.772	7.075	4.862	3.732	4.956	4.915	7.334	11.858	12.912

TABELA B.IV. 18 – Rio Madeira em AHE Santo Antônio Série de Descargas Médias Mensais Observadas e Estimadas (m³/s) (Continuação)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1969	22.614	25.543	25.575	24.618	15.545	12.167	7.777	4.959	4.391	11.182	6.589	13.656	14.551
1970	16.705	22.442	28.253	28.232	23.709	17.284	9.828	5.541	4.882	4.872	6.208	9.675	14.803
1971	18.871	29.210	32.736	26.630	17.464	10.279	7.835	4.773	4.320	6.564	9.128	14.906	15.226
1972	19.916	27.405	34.489	34.288	23.019	16.533	8.960	7.669	9.899	10.476	9.738	19.784	18.515
1973	24.335	33.283	37.676	36.420	27.731	20.739	13.209	8.906	6.769	6.884	12.789	20.564	20.775
1974	29.354	34.839	41.039	35.254	28.254	19.155	11.967	7.611	5.419	6.018	10.660	13.561	20.261
1975	21.546	30.769	36.365	33.842	24.674	16.931	13.001	6.871	4.957	7.701	8.550	17.857	18.589
1976	26.750	35.183	38.409	34.991	26.626	18.032	9.556	5.360	4.566	4.869	8.239	12.727	18.776
1977	24.870	28.921	39.322	35.442	28.626	19.237	12.200	7.610	5.889	7.563	12.923	19.456	20.171
1978	26.794	32.780	39.445	33.623	25.098	17.869	12.715	6.016	3.803	4.621	8.243	20.442	19.287
1979	29.831	35.467	37.490	40.595	33.388	21.550	11.814	6.475	5.221	5.338	6.908	11.125	20.433
1980	20.417	26.162	34.128	34.980	27.887	22.771	13.622	8.247	7.301	8.296	9.177	12.444	18.786
1981	18.191	28.534	35.597	35.567	28.969	23.737	12.146	6.189	4.668	7.134	12.802	19.828	19.447
1982	30.010	36.723	42.178	45.639	38.171	27.384	19.583	10.932	6.853	12.285	18.416	22.791	25.914
1983	25.494	30.746	34.781	31.018	30.277	24.375	21.144	13.126	6.785	5.723	8.655	13.265	20.449
1984	25.190	33.864	41.140	47.069	39.476	26.749	16.482	8.188	5.458	5.726	15.259	21.259	23.822
1985	29.214	34.031	34.813	35.450	33.436	23.698	14.731	10.588	7.505	8.812	12.542	16.506	21.777
1986	25.476	35.328	41.899	43.985	34.430	26.646	17.491	11.239	9.274	10.326	8.979	17.692	23.564
1987	26.383	31.491	28.331	24.079	22.420	14.257	8.519	5.892	4.234	5.282	10.810	21.036	16.895
1988	25.987	32.420	35.037	40.148	31.328	22.065	13.181	6.305	3.893	4.231	5.810	10.085	19.207
1989	21.786	28.769	32.210	31.327	24.307	15.612	10.725	6.187	5.876	5.181	6.529	10.342	16.571
1990	21.244	28.166	29.043	24.797	22.610	18.899	12.833	6.746	5.437	6.751	15.129	19.672	17.611
1991	27.422	34.162	36.130	34.196	26.026	19.886	12.266	8.018	6.097	7.188	10.991	16.141	19.877
1992	25.324	26.899	38.048	36.543	32.349	24.577	20.310	10.413	12.608	15.455	16.754	22.889	23.514
1993	30.745	39.244	42.727	43.573	32.883	20.319	11.318	7.712	7.082	6.923	12.557	19.385	22.872
1994	25.179	32.614	33.770	33.936	25.830	15.240	8.992	6.024	3.651	5.518	13.601	21.204	18.796
1995	25.926	28.947	36.415	34.855	24.530	15.018	8.902	7.101	3.762	3.779	5.464	13.793	17.374
1996	19.101	28.422	29.752	31.571	20.849	14.245	8.656	4.685	4.720	6.161	13.940	17.290	16.616
1997	24.798	32.589	43.169	44.207	33.883	23.306	14.167	8.087	4.999	6.814	9.755	17.178	21.913
1998	21.736	24.241	33.440	34.188	21.647	12.230	7.308	4.693	4.400	6.126	13.942	21.221	17.098
1999	26.606	33.933	34.299	33.174	22.667	14.511	10.349	5.329	3.738	4.275	5.906	13.684	17.372
2000	19.444	25.650	31.004	27.552	19.109	13.900	8.857	5.639	6.341	4.559	9.794	15.839	15.641
2001	24.036	32.837	40.946	35.498	25.635	18.143	10.610	6.611	4.472	5.531	11.497	16.982	19.400
MÍNIMA	13.547	17.779	20.861	18.267	13.684	7.075	4.862	3.732	3.651	3.683	4.906	8.809	3.651
MÉDIA	24.268	29.582	34.207	30.706	23.107	16.155	10.750	6.938	5.691	6.944	10.553	16.896	17.983
MÁXIMA	44.794	40.802	47.492	47.069	39.476	27.384	21.144	13.126	12.608	15.455	20.089	34.155	47.492

TABELA B.IV. 19 – Rio Madeira em AHE Santo Antônio Estatísticas da Série de Descargas Médias Mensais

Estatísticas	Valores
Extensão da amostra (meses)	852
Máxima descarga média mensal (m^3/s)	47.492
Média descarga média mensal - Q_{MLT} (m^3/s)	17.983
Mínima descarga média mensal (m^3/s)	3.651
Desvio padrão (m^3/s)	10.767
Coeficiente variação	0.599

TABELA B.IV. 20 – Rio Madeira em AHE Santo Antônio .Curva de Permanência de Descargas Médias Mensais

Permanência %	Vazões (m^3/s)	Permanência (%)	Vazões (m^3/s)
0	47.492	50	15.639
5	37.211	55	13.907
10	34.031	60	12.444
15	31.025	65	10.660
20	28.499	70	9.561
25	26.349	75	8.239
30	24.268	80	7.128
35	22.398	85	6.342
40	20.023	90	5.723
45	17.950	95	4.869
50	15.639	100	3.651

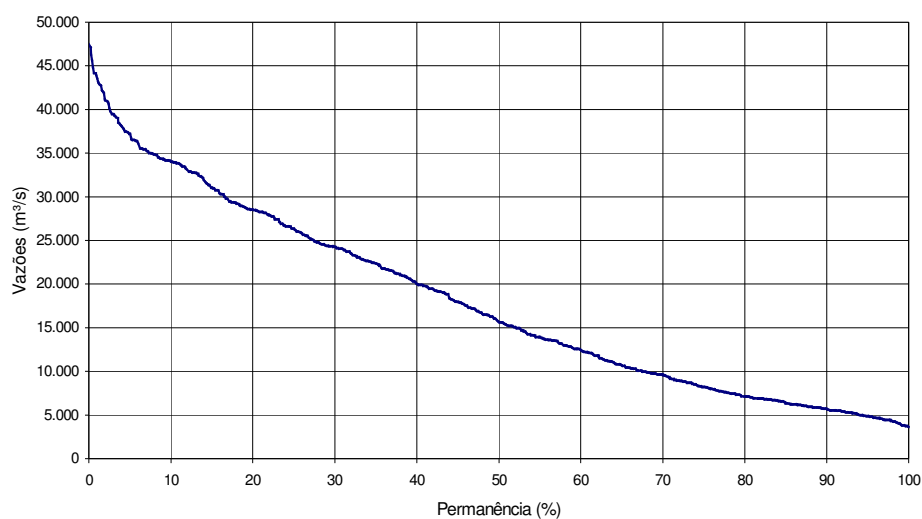


FIGURA B.IV. 23 – Rio Madeira em AHE Santo Antônio. Curva de Permanência de Descargas Médias Mensais

Vazões Extremas

Os estudos de vazões extremas foram realizados considerando dois períodos: cheias anuais e estiagem. Os resultados obtidos com as cheias máximas anuais, relativas ao ano hidrológico que se estende de outubro de um ano civil a setembro do ano seguinte, foram utilizados para dimensionamento do Vertedouro e das estruturas de desvio, enquanto os resultados com dados do período de estiagem, num mesmo ano civil, serviram também para os estudos de desvio, para os estudos de remanso, além do planejamento da construção.

Foram consideradas, para o local do AHE Santo Antônio, as vazões de cheias máximas, diárias associadas a diversas recorrências, anuais no ano hidrológico e no período de junho a novembro, estimadas para o rio Madeira em Porto Velho, com 5% de intervalo de confiança, apresentadas na TABELA B.IV. 21, em razão da proximidade do local do AHE com a estação de Porto Velho.

A TABELA B.IV. 22 apresenta as cheias máximas instantâneas com 5% de intervalo de confiança associadas a diversas recorrências, anuais no ano hidrológico e no período de junho a novembro, estimadas para o rio Madeira em AHE Santo Antônio, através da aplicação da Equação de Fuller.

TABELA B.IV. 21 – Rio Madeira em Santo Antônio. Cheias Máximas Médias Diárias Associadas a Diversas Recorrências (m³/s), com 5% de Intervalo de Confiança

TR (anos)	Anual	Junho	Julho	Agosto	Set	Out	Nov	Jun - Nov
5	44.146	28.846	19.947	12.433	9.967	12.317	18.200	29.381
10	47.620	33.130	23.137	14.550	12.386	14.611	21.256	33.657
20	50.992	37.287	26.232	16.605	14.827	16.837	24.220	37.808
25	52.066	38.610	27.218	17.259	15.614	17.547	25.165	39.130
50	55.382	42.698	30.262	19.279	18.064	19.737	28.081	43.213
100	58.682	46.765	33.290	21.290	20.517	21.916	30.982	47.276
150	60.609	47.833	34.085	22.464	21.952	23.188	31.744	48.342
200	61.975	50.823	36.312	23.296	22.971	24.090	33.878	51.330
300	63.900	53.196	38.079	24.469	24.408	25.362	35.571	53.700
500	66.324	56.184	40.304	25.946	26.218	26.963	37.703	56.685
1.000	69.614	60.238	43.322	27.950	28.674	29.135	40.595	60.735
5.000	77.254	69.654	50.334	32.604	34.380	34.181	47.314	70.142
10.000	80.545	73.710	53.354	34.610	36.838	36.355	50.208	74.194

TABELA B.IV. 22 – Rio Madeira em AHE Santo Antônio. Cheias Máximas Instantâneas Associadas a Diversas Recorrências (m³/s), com 5% de Intervalo de Confiança

TR (anos)	Anual	Junho	Julho	Agosto	Set	Out	Nov	Jun - Nov
5	46.013	30.066	20.791	12.959	10.389	12.838	18.970	30.623
10	49.634	34.531	24.116	15.166	12.910	15.229	22.155	35.081
20	53.149	38.864	27.342	17.307	15.454	17.550	25.245	39.407
25	54.268	40.243	28.369	17.989	16.275	18.289	26.229	40.785
50	57.725	44.504	31.542	20.095	18.828	20.571	29.269	45.041
100	61.164	48.743	34.698	22.190	21.384	22.843	32.293	49.275
150	63.172	49.856	35.527	23.414	22.881	24.169	33.087	50.387
200	64.596	52.973	37.848	24.281	23.943	25.109	35.311	53.501
300	66.602	55.446	39.689	25.504	25.440	26.434	37.075	55.971
500	69.130	58.560	42.008	27.043	27.327	28.103	39.297	59.082
1.000	72.558	62.786	45.155	29.132	29.887	30.368	42.312	63.304
5.000	80.522	72.600	52.463	33.983	35.834	35.627	49.315	73.109
10.000	83.952	76.828	55.611	36.073	38.396	37.893	52.332	77.333

Vazões Mínimas

O estudo de vazões mínimas limitou-se à determinação das vazões médias mínimas de 1, 7, 15 e 30 dias de duração e 10, 20 e 50 anos de recorrência.

As vazões mínimas médias associadas a diversas durações recorrências, estimadas para o rio Madeira em AHE Santo Antônio, TABELA B.IV. 23, são as mesmas consideradas em Porto Velho, destacando-se o valor de $Q_{7,10}$ igual a 3.293 m³/s.

TABELA B.IV. 23 – Rio Madeira em Santo Antônio. Vazões Mínimas de t dias de duração e Tempo de Recorrência TR

Duração	Tempo de Recorrência (anos)	Vazões Mínimas de t dias de duração e TTempo de Recorrência TR (m³/s)	
		Empírica	Teórica
1 dia	10	3.198	3.205
	20	3.156	3.000
	50	3.146	2.833
7 dias	10	3.370	3.293
	20	3.242	3.091
	50	3.180	2.928
15 dias	10	3.633	3.453
	20	3.391	3.274
	50	3.240	3.139
30 dias	10	3.760	3.696
	20	3.616	3.532
	50	3.464	3.417

1.3.3.2 Estudos Hidrossedimentológicos

O objetivo básico dos estudos hidrossedimentológicos foi permitir a análise do assoreamento que ocorrerá no reservatório ao longo do tempo e sua influência na operação do mesmo. Foram determinadas, para diferentes cenários, as alturas de depósito de sedimento ao pé do barramento ao longo do tempo e a distribuição dos sedimentos ao longo do reservatório.

No desenvolvimento dos estudos hidrossedimentológicos no reservatório do AHE Santo Antônio, foram utilizadas as seguintes informações:

- curva cota x área e cota x volume do reservatório;
- série de descargas médias mensais na estação de Porto Velho;
- informações referentes às medições de descarga sólida obtidas do banco de dados da ANA, CPRM e USGs e de campanhas hidrossedimentométricas realizadas por FURNAS, tais como:
 - granulometria e o peso específico médio inicial do sedimento;
 - curva-chave de sedimentos na estação de Porto Velho;
 - a taxa anual de aumento na produção de sedimentos.

O modelo utilizado para avaliação do assoreamento no reservatório, o qual permite obter a distribuição de sedimentos ao longo do mesmo (distribuição por cotas) e alturas de depósito no pé da barragem, foi o do “método empírico de redução de área” desenvolvido por Borland & Miller. Para a obtenção dos valores da eficiência de retenção de sedimentos, utilizou-se a curva de Brune.

A relação entre o volume do reservatório do AHE Santo Antônio e o volume anual afluente determina uma reduzida capacidade de retenção de sedimentos do reservatório, de acordo com a curva média de Brune, como se demonstra na TABELA B.IV. 24, que apresenta um resumo das principais resultados obtidos nas simulações.

TABELA B.IV. 24 – Resumo dos Principais Resultados dos Estudos de Assoreamento

Taxa anual de aumento do sedimento -R	%	0	2
Capacidade - Volume do Reservatório	hm ³	2.075,13	
Vazão anual afluente	hm ³ /s	567.044,03	
Relação Capacidade/Volume Anual Afluente	-	3,66 x 10 ⁻³	
Eficiência de Retenção Er em t = 0	%	19,50	
Tempo para Er = 1%	anos	28	22
Volume de Sedimentos no Reservatório	hm ³	1.044,35	1.046,63
Volume Disponível no Reservatório	hm ³	1.030,78	1.028,50
Perda de Volume do Reservatório	%	50,3	49,6
Tempo para Er = 0%	anos	74	44
Volume de Sedimentos no Reservatório	hm ³	1.082,62	1.082,64
Volume Disponível no Reservatório	hm ³	992,52	992,49
Perda de Volume do Reservatório	%	52,2	52,2
Cota da Altura do Sedimento ao Pé da Barragem (50 anos)	m	61,61	61,63
Cota da Altura do Sedimento ao Pé da Barragem (100 anos)	m	61,63	61,63

No instante inicial, cerca de 80,5% do aporte de sedimentos passará pelos órgãos de descargas. Na hipótese de manutenção da carga atual de sedimentos ($R = 0\%$), em cerca de 28 anos, 99% do sedimento afluyente passarão pelas Turbinas e Vertedouro e, em cerca de 74 anos, a capacidade de retenção é insignificante (praticamente nula) e todo o sedimento estará passando pelos órgãos de descarga. Considerando um aumento da carga de sedimentos da ordem de 2% ao ano, os tempos para consecução dessas mesmas taxas (99 e 100%) são reduzidos para 22 e 44 anos.

Em 28 ou 22 anos, respectivamente para $R=0\%$ e 2%, o reservatório terá perdido praticamente a metade de seu volume, passando de 2.075 hm^3 para cerca de 1030 hm^3 , estabilizando-se a partir desse período.

A altura de sedimento, estimada ao pé da barragem, em cem anos de operação do reservatório, atingirá a El. 61,6 m. Para garantia do não-assoreamento das tomadas d'água durante o horizonte do estudo (100 anos), a ensecadeira de 1ª Fase na margem esquerda, localizada frontalmente ao Canal de Adução da Tomada d'Água, deverá ser removida até a El. 63,00 m.

1.3.3.3 Conclusões

Na simulação do assoreamento do reservatório, a curva de Brune indica que haverá uma retenção inicial de aproximadamente 19,5 % do sedimento total.

À medida que os depósitos vão se formando, a capacidade de retenção vai diminuindo, até atingir cerca de 1% em 28 anos de operação do reservatório e ficando praticamente nula em aproximadamente 74 anos, para as hipóteses sem aumento do aporte dos sedimentos ao longo do tempo. Considerando o aumento do aporte de sedimentos a uma taxa anual de 2%, os prazos são reduzidos para 22 e 44 anos, respectivamente. A partir daí, todo o sedimento afluyente ao reservatório passará pelas Turbinas e pelo Vertedouro.

Com esse tempo de operação, o reservatório do AHE Santo Antônio estará com 52 % do seu volume comprometido pelo assoreamento. O sedimento atingirá a cota 61,6 m nas proximidades da tomada d'água, não superando a cota da ensecadeira a ser mantida a montante do canal de adução (63,00 m), uma vez que o reservatório perdeu sua capacidade de retenção. Dessa forma, a vida útil do reservatório estará assegurada.

1.3.4 Hidrogeologia

1.3.4.1 Mapa Hidrogeológico

O mapa hidrogeológico da Área de Influência Direta do empreendimento Santo Antônio (Desenho 6315-RT-G91-026) está apresentado na escala 1:100.000, onde se delineiam as principais unidades armazenadoras de água subterrânea. O mapa foi elaborado principalmente através do levantamento de campo realizado, quando foram identificados os litotipos, assim como as principais estruturas capazes de armazenar água nas rochas, além do cadastramento de poços amazonas, os quais permitiram a identificação das unidades hidrogeológicas a seguir descritas.