SUMÁRIO

CAPÍTULO 6

6. DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO 6-1
6.1. ASPECTOS METODOLÓGICOS 6-1
6.2. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA 6-6
6.2.1. Contexto geral 6-6
6.2.1.1. Precipitação 6-9
6.2.1.2. Umidade relativa 6-12
6.2.1.3. Temperatura 6-13
6.2.1.4. Evapotraspiração 6-14
6.2.1.5. Ventos 6-15
6.2.2. Dados climatológicos da bacia hidrográfica 6-16
6.3. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA 6-23
6.3.1. Aspectos geológicos do estado do Paraná 6-23
6.3.2. Aspectos geológicos da Área de Influência Indireta da PCH Cianorte 6-25
6.3.2.1. Formação Serra Geral 6-25
6.3.2.2. Grupo Caiuá 6-27
6.3.2.3. Sedimentos recentes 6-30
6.3.3. Aspectos geológicos da Área de Influência Direta da PCH Cianorte 6-30
6.3.4. Aspectos geomorfológicos do estado do Paraná 6-35
6.3.5. Aspectos geomorfológicos da Área de Influência Indireta da PCH Cianorte 6-40
6.3.6. Aspectos geomorfológicos da Área de Influência Direta da PCH Cianorte 6-45
6.3.7. Aspectos geológico-geomorfológicos da área diretamente afetada 6-49
6.4. CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS E USO DA TERRA 6-52
6.4.1. Contexto pedológico do estado do Paraná 6-52
6.4.2. Aspectos pedológicos da Área de Influência Indireta 6-54
6.4.2.1. Latossolos Vermelhos 6-57
6.4.2.2. Argissolos Vermelhos 6-68
6.4.2.3. Nitossolos Vermelhos 6-73

6.4.3. Aspectos pedológicos da Influência Direta e da Área Diretamente Afetada ... 6-81
6.4.4. Uso do solo na Influência Indireta e da Área de Influência Direta ... 6-96
6.5. CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS ... 6-102
6.5.1. Contexto hidrográfico regional ... 6-102
6.5.2. Contexto hidrográfico local ... 6-109
6.5.2.1. Potamografia ... 6-115
6.5.2.2. Índices físicos da bacia ... 6-117
6.5.2.2.1. Tempo de concentração ... 6-117
6.5.2.2.2. Área de drenagem ... 6-117
6.5.2.2.3. Forma da bacia ... 6-117
6.5.2.2.4. Sistema de drenagem da bacia ... 6-119
6.5.2.2.5. Variável de relevo da bacia ... 6-119
6.5.3. Estudo de vazões médias, máximas e mínimas ... 6-119
6.5.3.1. Estudo anteriores ... 6-121
6.5.3.2. Consistência dos dados hidrológicos ... 6-121
6.5.3.3. Metodologia para obtenção da série de vazões médias mensais do eixo ... 6-127
6.5.3.4. Curva de permanência de vazões ... 6-138
6.5.3.5. Estudo das cheias ... 6-140
6.5.3.6. Vazões de estiagem e determinação da vazão remanescente ... 6-143
6.6. BIBLIOGRAFIA CITADA ... 6-146

6. DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO

6.1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

A elaboração do diagnóstico ambiental do meio físico foi realizada nas seguintes etapas básicas: a) pesquisa bibliográfica e cartográfica; b) elaboração dos documentos cartográficos; c) trabalhos de campo, registro fotográfico e coleta de amostras de solo e água; d) análise dos dados coletados; e) redação do diagnóstico.

O material bibliográfico e cartográfico consultado abrangeu livros, periódicos, estudos de impacto ambiental, relatórios e mapas. As pesquisas foram efetuadas em acervos de bibliotecas, em relatórios fornecidos pela contratante e em bancos de dados de órgãos estaduais e federais disponíveis na internet.

A caracterização do meio físico da PCH Cianorte foi realizada em três escalas de análise, definidas segundo o Termo de Referência Padrão do Instituto Ambiental do Paraná (IAP), compreendendo a Área Diretamente Afetada (ADA), Área de Influência Direta (AID) e a Área de Influência Indireta (AII). Para todas as escalas analisadas foram considerando os dados obtidos em campo, referências bibliográficas, mapas temáticos, imagens de satélites, entre outras fontes de dados e informações.

O levantamento de campo foi realizado nos meses de janeiro de 2011 e setembro de 2012, apoiado em imagens de satélite, receptor de GPS, materiais de estudos anteriores, dados topográficos, mapeamentos pedológicos e geológicos, cartas topográficas, entre outros materiais.

Foram percorridos percursos no interior da área da bacia hidrográfica, preferencialmente concentrados no entorno do eixo do rio Ligeiro, com registros mais detalhado em pontos indicados nas Figuras 6.1 e 6.2. Estes percursos foram estabelecidos procurando observar a diversidade de aspectos geológicos, pedológicos, geomorfológicos e hidrográficos existentes ao longo da bacia, bem como na possibilidade de tráfego nestes locais.

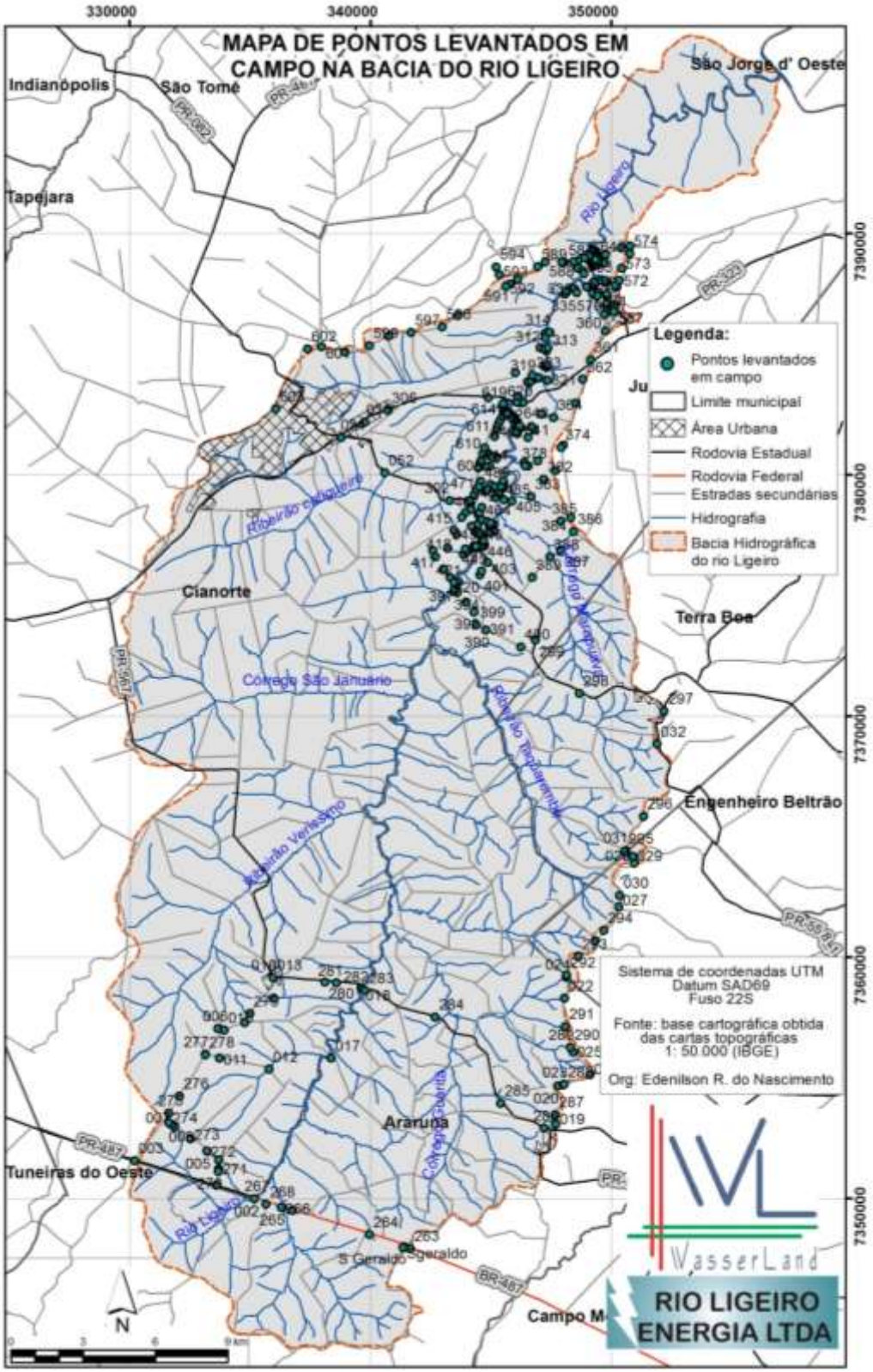


Figura 6.1 - Localização dos pontos de observação no levantamento de campo do estudo do diagnóstico do meio físico da All da PCH Cianorte.

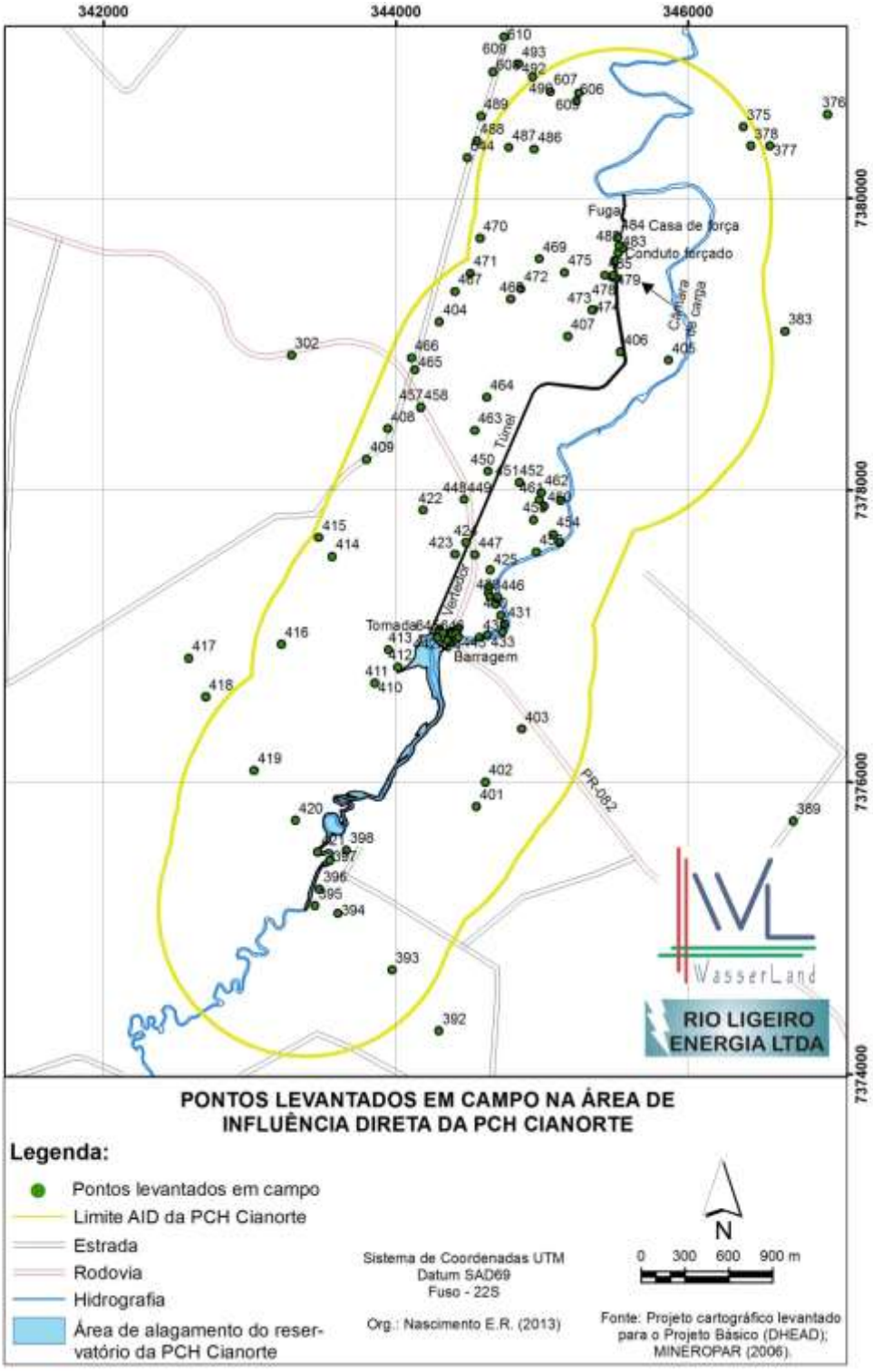


Figura 6.2 - Localização dos pontos de observação no levantamento de campo do estudo do diagnóstico do meio físico da AID da PCH Cianorte.

O objetivo dos trabalhos de campo foi confirmar a existência das ocorrências geológicas e pedológicas previamente mapeadas, elucidar dúvidas quanto à sua abrangência e/ou localização e identificar novas ocorrências porventura ainda não registradas e mapeadas, efetuar avaliação da compartimentação geomorfológica e de distribuição da rede hidrográfica na área de estudo. Efetuou-se em todos os trajetos realizados o registro fotográfico dos elementos observados, assim como registro de coordenadas em aparelho receptor de GPS.

Foram acessados os locais exatos da futura barragem, túnel de desvio, casa de força e demais obras previstas. Também foi executada a abertura e descrição de perfis complementares de solo conforme metodologia descrita em Santos et al. (2005), assim como a coleta de amostras de solo em pontos selecionados.

Os solos descritos e coletados foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) e sua ocorrência relacionada com o atual mapa de solos do estado do Paraná na escala de 1:250.000 (BHERING e SANTOS, 2008). Também se utilizaram informações provenientes dos relatórios dos levantamentos de solos do estado do Paraná (EMBRAPA, 1984) e da região noroeste do estado Paraná (BRASIL, 1970), e observações de campo a respeito do uso e conservação destes solos.

Os dados climáticos foram compilados e interpretados a partir de informações disponíveis em Caviglione et al. (2000), nos dados de estações meteorológicas disponíveis no site do IAPAR e dados pluviométricos existentes no sistema Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA).

Os principais dados que subsidiaram os estudos geológicos e geomorfológicos foram:

- Estudo do projeto básico e do Inventário Hidrelétrico do rio Ligeiro (DESIGN HEAD, 2010);
- Visitas ao local do aproveitamento;
- Levantamento topográfico e levantamentos planialtimétricos, perfis dos eixos das principais estruturas e poligonal de alagamento;
- Levantamento geológico de superfície, sondagens a poço e rotativas para confirmação das condições de fundação e subsolo. Cadastro de jazidas de

possíveis materiais de construção.

A AII da bacia hidrográfica do rio Ligeiro e as AID e ADA, foram abordadas do ponto de vista geomorfológico tomando como dados básicos o levantamento topográfico do projeto Shuttle RadarTopography Mission (SRTM), que realizou no ano de 2000 o levantamento do relevo mundial, promovido pela Agência Espacial Norte Americana (NASA). A resolução espacial original de 90 m foi interpolada por convolução cúbica para 30 m, e com o uso de softwares específicos foram gerados modelos digitais de elevação (MDE) e outros produtos cartográficos e alfanuméricos que permitiram a análise dos parâmetros morfométricos: hipsometria, relevo sombreado, declividade e classificação do relevo (EMBRAPA, 2006):

Plano – superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0 a 3%.

Suave ondulado – superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50 m e de 50 a 100 m), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis de 3 a 8%.

Ondulado – superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8 a 20%.

Forte ondulado – superfície de topografia movimentada, formada por outeiros ou morros (elevações de 50 a 100 m e de 100 a 200 m de altitudes relativas) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45%.

Montanhoso – superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes ou muito fortes, predominantemente variáveis de 45 a 75%.

Escarpado – áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes, tais como: aparados, itaimbés, frentes de cuestas, falésias, vertentes de declives muito fortes, usualmente ultrapassando 75%.

Outra importante fonte de dados diz respeito aos dados referentes ao mapeamento geomorfológico e geológicos do estado do Paraná (escala 1:250.000), publicados pela MINEROPAR, além de dados hidrográficos, de solos, infraestrutura, entre outros, disponibilizados por instituições governamentais. Também foram considerados alguns trabalhos científicos em forma de teses, dissertações e artigos científicos que abordaram as características geológicas e geomorfológicas regionais.

Os dados litológicos e estruturais coletados em campo, bem como os dados obtidos com a análise estrutural realizada no MDE, foram comparados com os resultados das publicações que abordaram a geologia e as estruturas da região, o que permitiu correlacionar as estruturas geológicas com os eventos de deformação que afetaram a área e originaram as principais direções das estruturas observadas.

A análise dos dados paramétricos do relevo foi realizada juntamente com os dados e informações adquiridas em trabalho de campo (tipos de vertentes, características das drenagens, dados estruturais, processos geológicos identificados, entre outras), a fim de caracterizar as principais características geomórficas e geológicas locais.

Com a caracterização geomórfica e geológica regional, buscou-se diagnosticar os principais processos geomorfológicos e geológicos nas três escalas de análise (AII, AID e ADA), suas influências nas características naturais e seus possíveis impactos na implantação da infraestrutura da PCH. Desta forma, pretende-se apontar as vulnerabilidades geoambientais pré-existentes e propor ações mitigadoras que permitam minimizar e por vezes eliminar processos naturais e antrópicos que limitem o pleno aproveitamento do referido empreendimento.

6.2. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

6.2.1. Contexto geral

Segundo Grim (2009), o clima do Sul do Brasil apresenta grandes contrastes nos regimes de precipitação e temperatura, parte dos quais se deve à situação geográfica da região, na transição entre os trópicos e latitudes médias, e o relevo acidentado que também contribui para estes contrastes. Conforme cita esta

autora o regime de precipitação do Sul do Brasil é distinto entre a parte norte com típico regime de monção, com estação chuvosa iniciando-se na primavera e terminando no início do outono, e a parte sul com distribuição aproximadamente uniforme de chuva ao longo do ano, com chuvas relativamente mais fortes no inverno. A situação geográfica da região sul, nos subtrópicos, garante maior amplitude do ciclo anual de temperatura em relação a outras regiões do Brasil, com evidente contraste entre inverno e verão. Ainda se destaca o fato de que a região Sul do Brasil é especialmente sensível às alterações produzidas pelos eventos “El Niño” e “La Niña”.

A maior parte do Paraná mostra ciclo anual de precipitação unimodal, com um único máximo na estação chuvosa de verão, indicando regime subtropical de monções de verão (GRIM, 2009).

Na Figura 6.3 se observa a classificação climática do Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Segundo este mapa, na região de estudo (bacia do rio Ligeiro) predomina o clima tropical subquente super-úmido subseco.

O sistema de classificação climática de Köppen, baseado na vegetação, temperatura e pluviosidade, apresenta um código de letras que designam grandes grupos e subgrupos climáticos, além de subdivisões para distinguir características estacionais de temperatura e pluviosidade. O conhecimento do tipo climático de uma região fornece indicativos de larga escala sobre as condições médias de pluviosidade e temperatura esperados. Esse é um primeiro indicativo para se planejar todas as atividades humanas (tipos de construção, vestimenta, etc) e explorações vegetais e animais (CAVIGLIONE et al. 2000).

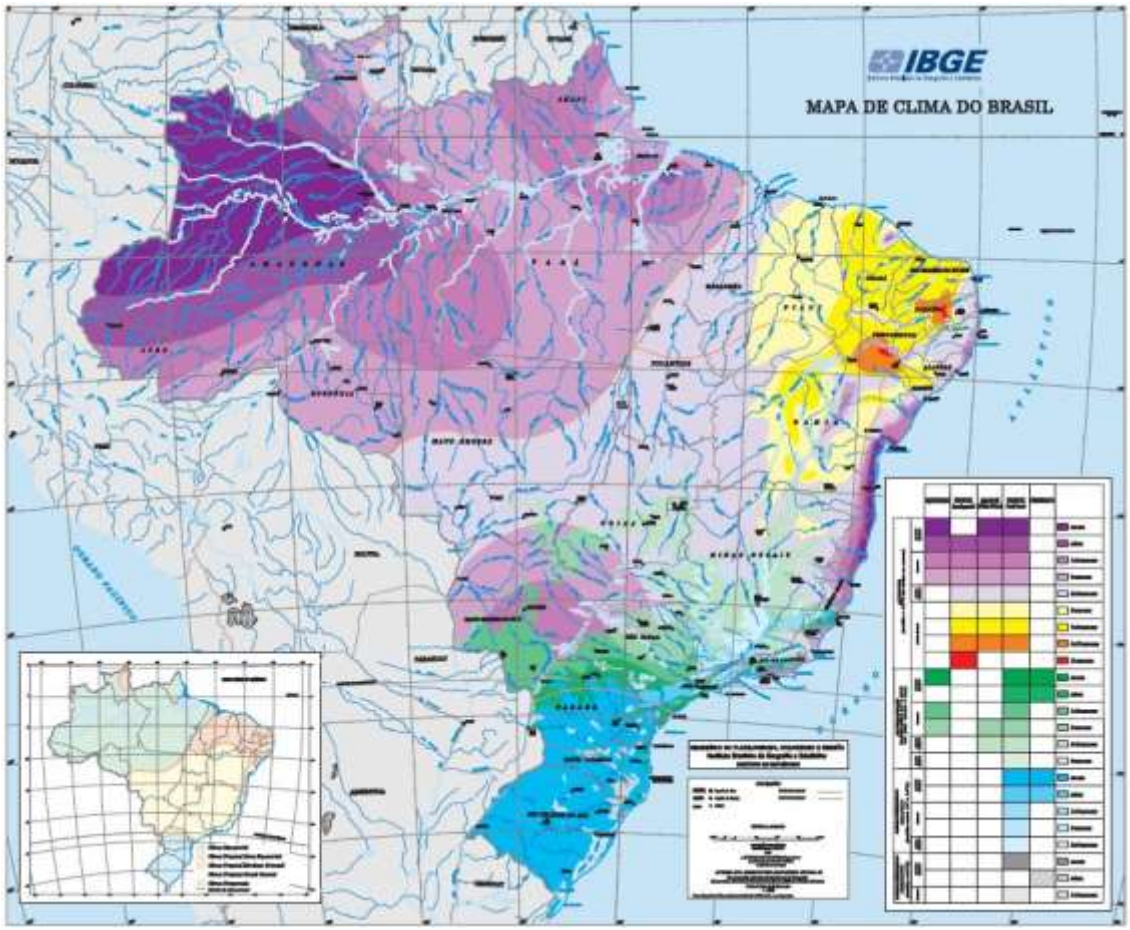


Figura 6.3 - Mapa climático do Brasil (Fonte: IBGE).

Ainda, segundo Caviglione et al. (2000) o tipo climático na região de estudo (bacia do rio Ligeiro) (Figura 6.4), de acordo com a classificação de Köppen, é o Cfa, ou seja, clima subtropical, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18 ^{o}C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22 ^{o}C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida.

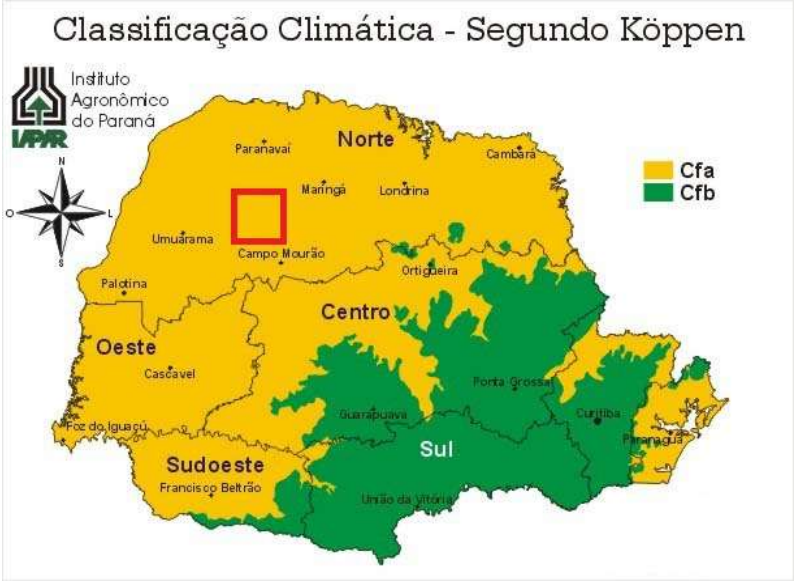


Figura 6.4 - Classificação climática do estado do Paraná, de acordo com a classificação de Köppen, destacando a localização aproximada da área de estudo (bacia do rio Ligeiro). Fonte: Caviglione et al. (2000).

6.2.1.1. Precipitação

Segundo Caviglione et al. (2000) o termo "precipitação" é definido como qualquer deposição d'água em forma líquida ou sólida proveniente da atmosfera, incluindo a chuva, granizo, neve, neblina, chuvisco, orvalho e outros hidrometeoros. A precipitação é medida em altura, normalmente expressa em milímetros. Uma precipitação de 1 mm é equivalente a um volume de 1 dm^3 de água numa superfície de 1 m^2.

Na Figura 6.5 pode-se notar que as precipitações médias no estado do Paraná variam de 1200 a 3500 mm anuais, sendo os maiores valores na região da Serra do Mar e os menores valores nas regiões norte e leste. Na região da bacia do rio Ligeiro as precipitações médias anuais estão ao redor de 1400 a 1800 mm anuais (Figura 6.5).

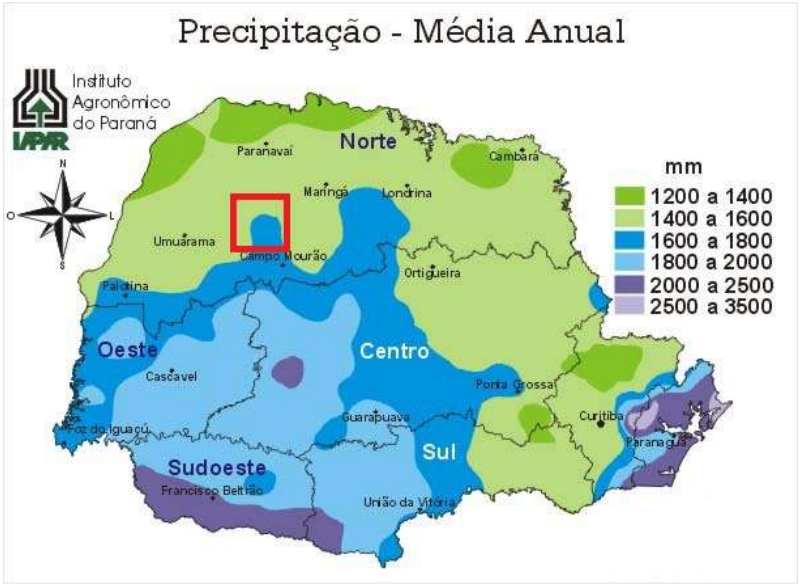


Figura 6.5 - Precipitação média anual no estado do Paraná, com destaque para a localização aproximada da área de estudo (bacia do rio Ligeiro). Fonte: Caviglione et al. (2000).

A Figura 6.6 apresenta coeficiente de variação da precipitação anual, conforme Caviglione et al. (2000) no estado do Paraná. Constata-se que o coeficiente de variação da precipitação anual na área de estudo (bacia do rio Ligeiro) está ao redor de 15 a 25%. Este dado é relevante à instalação da futura PCH, pois indica que há relativa estabilidade no regime de precipitação anual na região da bacia.

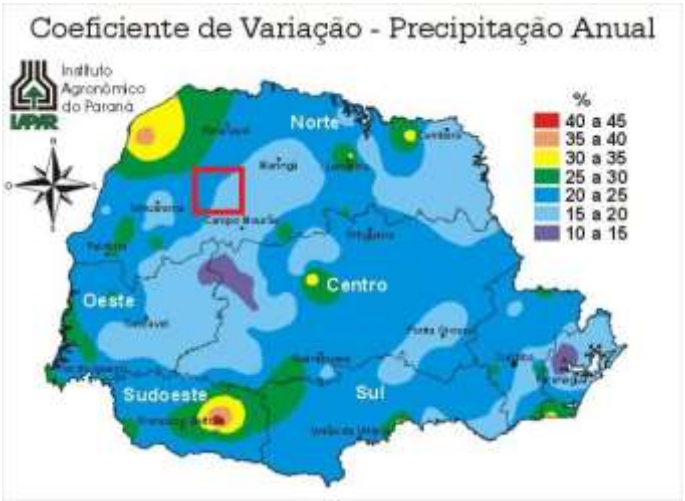


Figura 6.6 - Coeficiente de variação da precipitação anual no estado do Paraná, com destaque para a localização aproximada da área de estudo (bacia do rio Ligeiro). Fonte: Caviglione et al. (2000).

A Figura 6.7 apresenta a precipitação média no trimestre mais seco e no trimestre mais chuvoso no estado do Paraná. Pode-se constatar que no trimestre mais seco do ano (junho a agosto) a precipitação no estado varia de 150 mm a mais de 450 mm. Na área de estudo (bacia do rio Ligeiro) a precipitação no trimestre mais seco é de 225 a 350 mm. Por outro lado, no trimestre mais chuvoso, a precipitação no estado varia de 400 a 1200 mm. Na área de estudo (bacia do rio Ligeiro) a precipitação no trimestre mais chuvoso é de 500 a 600 mm. Estes dados indicam que há relativa variação de precipitação entre o período mais seco e o mais chuvoso, fator este que deve ser considerado no projeto da PCH, principalmente ao se observar a pequena área do reservatório.

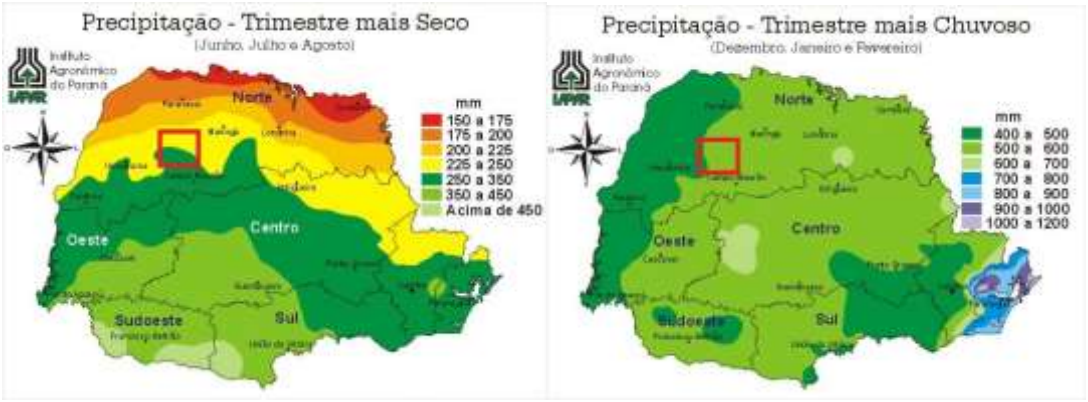


Figura 6.7 - Precipitação média nos trimestres mais seco (junho, julho e agosto) e chuvoso (dezembro, janeiro e fevereiro) no estado do Paraná, com destaque para a localização aproximada da área de estudo (bacia do rio Ligeiro). Fonte: Caviglione et al. (2000).

A Figura 6.8 apresenta a precipitação média mensal no estado do Paraná, com destaque para a área de estudo (bacia do rio Ligeiro). Nos meses de janeiro, fevereiro e março a precipitação mensal média pode chegar a 450 mm em algumas regiões do estado (Serra do Mar e Litoral), embora na maior parte do estado os valores sejam bem menores. Por outro, nos meses mais secos há regiões do estado nas quais a precipitação mensal média se situa na faixa de 25 a 50 mm.

Porém na área de estudo (bacia do rio Ligeiro) a variação de valores de precipitação não tão expressiva ao se comparar os meses mais chuvosos e secos,

com valores de 150 a 225 mm (janeiro) e 25 a 50 mm (julho e agosto), respectivamente (Figura 6.8).

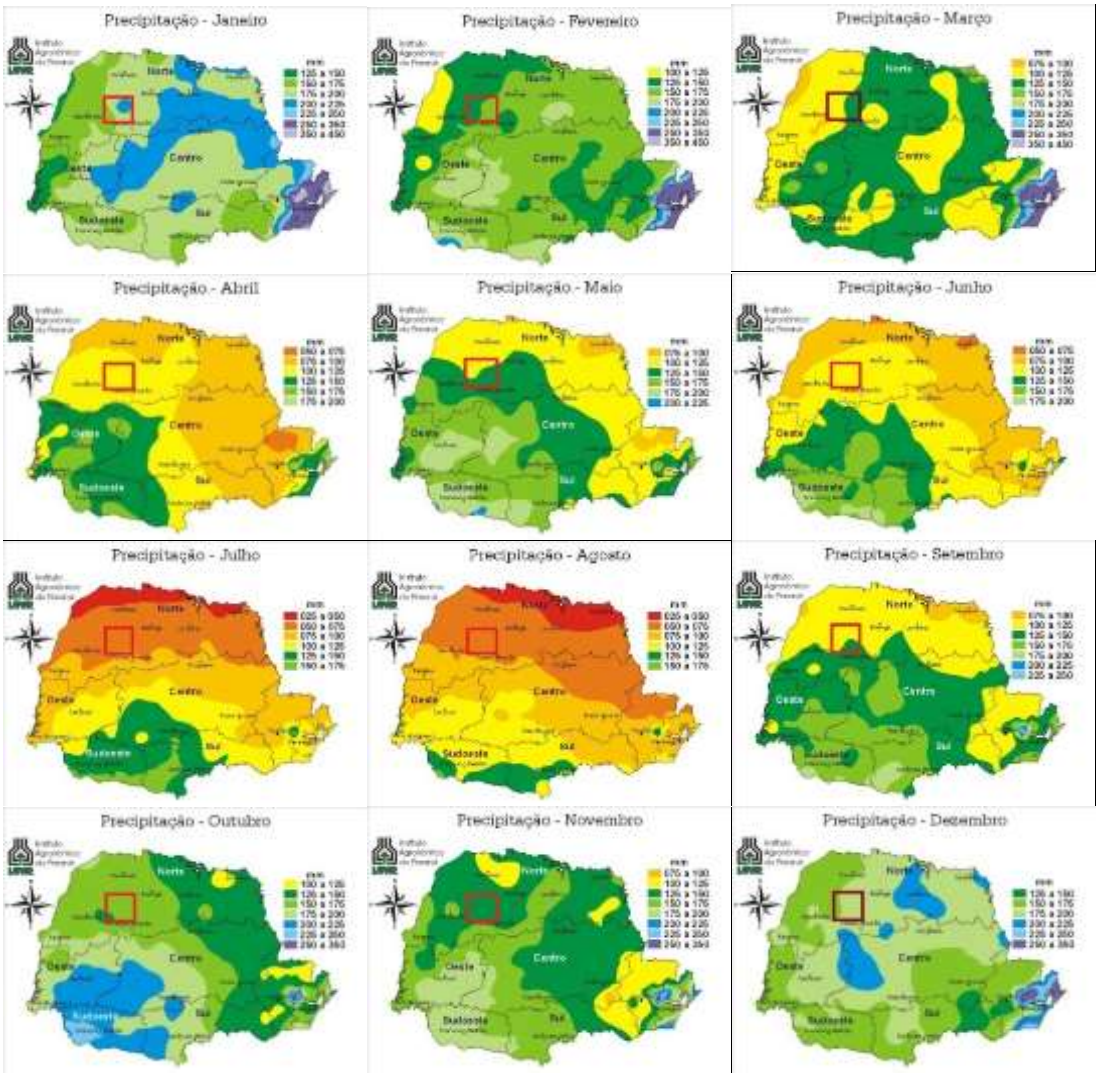


Figura 6.8 - Precipitação média mensal no estado do Paraná, com destaque para a localização aproximada da área de estudo (bacia do rio Ligeiro). Fonte: Caviglione et al. (2000).

6.2.1.2. Umidade relativa

A umidade relativa é uma das formas de expressar o conteúdo de vapor existente na atmosfera. É definida como a relação entre o teor de vapor d'água contido no ar num dado momento e o teor máximo que esse ar poderia conter, à temperatura ambiente. O valor da umidade relativa pode mudar pela adição ou remoção de umidade do ar ou pela mudança de temperatura (CAVIGLIONE et al., 2000). Ainda segundo estes autores, a presença de vapor d'água na atmosfera

contribui também para diminuir a amplitude térmica (diferença entre a temperatura máxima e a temperatura mínima), uma vez que a água intercepta parte da radiação terrestre de ondas longas e, desta forma, diminui o resfriamento noturno.

De acordo com a Figura 6.9 a umidade relativa anual no estado do Paraná varia de 65 a 85%, sendo especificamente na faixa de 75 a 80% da escala hidrométrica na área de estudo (bacia do rio Ligeiro).



Figura 6.9 - Umidade relativa anual no estado do Paraná, com destaque para a área de estudo (bacia do rio Ligeiro). Fonte: Caviglione et al. (2000).

6.2.1.3. Temperatura

Os processos biofísicos e bioquímicos que condicionam o metabolismo dos seres vivos e, portanto, seu desenvolvimento, são altamente afetados pelas condições energéticas do ambiente, mais especificamente do solo e da atmosfera. Pode-se dizer que todos os processos que condicionam o desenvolvimento e crescimento das plantas e animais têm a temperatura como um dos fatores fundamentais (CAVIGLIONE et al., 2000).

No estado do Paraná (Figura 6.10) a temperatura média anual varia de 15 a 24 ^{o}C, sendo as menores médias (15 a 18 ^{o}C) na região sul, e as maiores médias (21 a 24 ^{o}C) na região noroeste do estado, onde se encontra a área de estudo (bacia do rio Ligeiro).

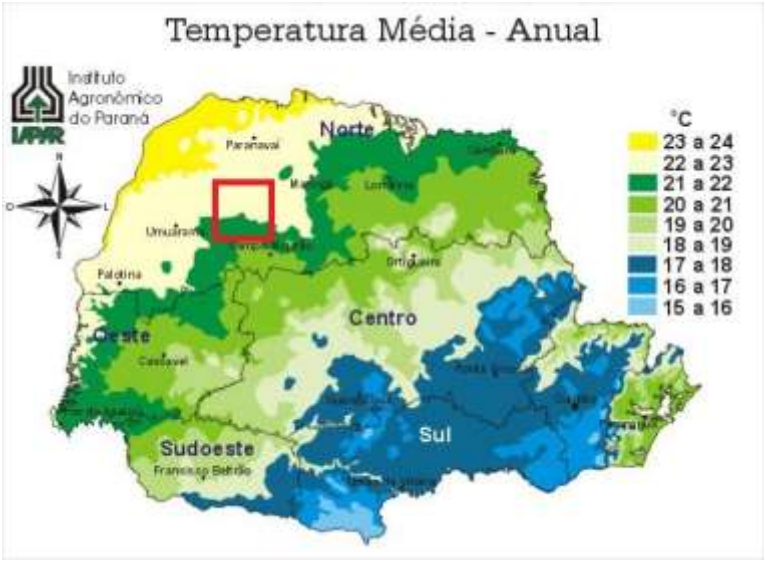


Figura 6.10 - Temperatura média anual no estado do Paraná, com destaque para a localização aproximada da área de estudo (bacia do rio Ligeiro). Fonte: Caviglione et al. (2000).

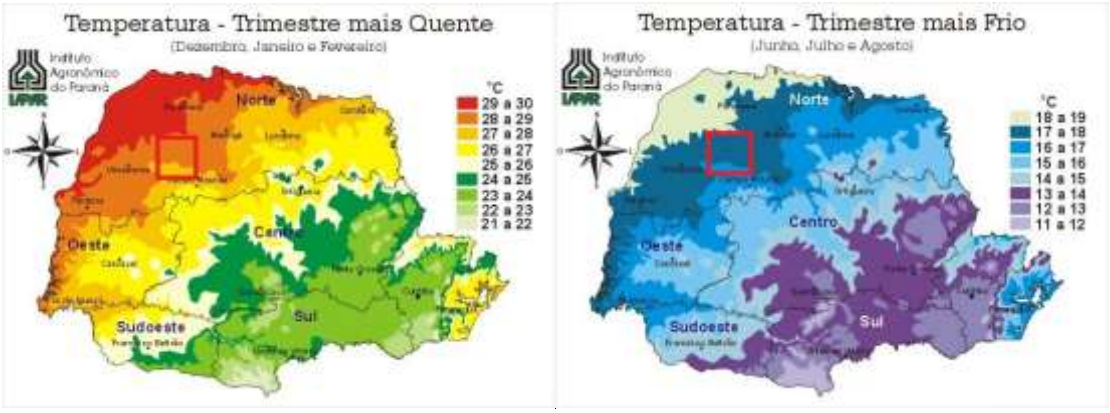


Figura 6.11 - Temperatura média nos trimestres mais quente (dezembro, janeiro e fevereiro) e mais frio (junho, julho e agosto) no estado do Paraná, com destaque para a localização aproximada da área de estudo (bacia do rio Ligeiro). Fonte: Caviglione et al. (2000).

6.2.1.4. Evapotraspiração

A transferência de água de uma superfície qualquer para a atmosfera, por meio dos processos de evaporação e transpiração, é denominada evapotranspiração. Normalmente se estima a evapotranspiração devido à dificuldade de se separar os processos de evaporação - perda de água diretamente das superfícies para a atmosfera - e transpiração - perda de água dos organismos vegetais e animais para a atmosfera. A evapotranspiração é considerada como potencial quando ocorre a partir de uma superfície vegetada extensa e uniforme,

coberta por vegetação de porte baixo e bem suprida de água (Caviglione et al., 2000).

A Figura 6.12 apresenta a evapotranspiração anual no estado do Paraná, a qual varia de valores de 700 a 800 mm na Serra do Mar e Litoral até 1500 a 1600 mm em áreas da região noroeste.

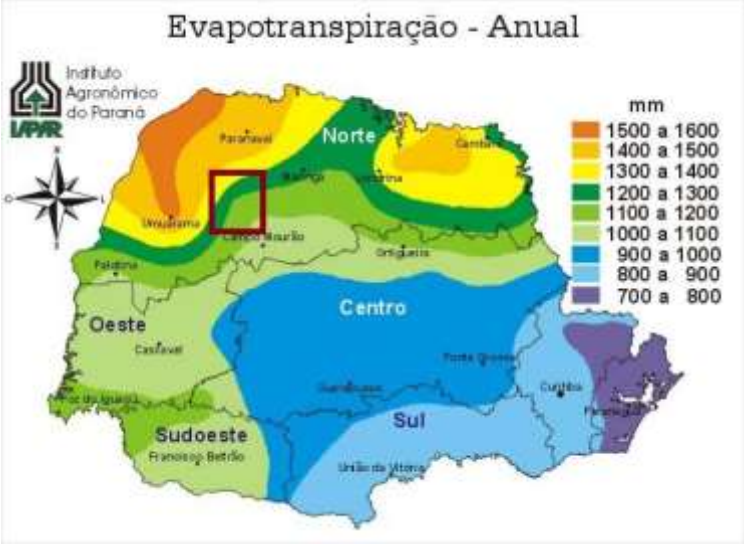


Figura 6.12 - Evapotranspiração anual no estado do Paraná, com destaque para a localização aproximada da área de estudo (bacia do rio Ligeiro). Fonte: Caviglione et al. (2000).

Na área de estudo (bacia do rio Ligeiro) os valores de evapotranspiração anual estão situados entre 1100 e 1300 mm. Considerando que os valores de precipitação anual (Figura 6.5) estão na faixa de 1400 a 1800 mm, há a indicação de que ocorre superávit hídrico na área da bacia.

6.2.1.5. Ventos

A direção predominante do vento nas estações meteorológicas do IAPAR no estado do Paraná consta na Figura 6.13. Pode-se observar que, na maior parte das estações meteorológicas disponíveis os ventos predominantes se situam no quadrante nordeste.



Figura 6.13 - Frequência média anual da direção predominante do vento nas estações meteorológicas do IAPAR no estado do Paraná. Fonte: Caviglione et al. (2000).

6.2.2. Dados climatológicos da bacia hidrográfica

Na bacia do rio Ligeiro há dados de uma estação climatológica do IAPAR localizada no município de Cianorte (coordenadas 23°40' S e 52°35' W), que possui uma série histórica de dados desde 1972 até 2001. Além destas informações também estão disponíveis informações de algumas estações pluviométricas obtidas no sistema Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA).

De acordo com dados da estação meteorológica do IAPAR localizada na bacia do rio Ligeiro, no município de Cianorte (Figura 6.14), a temperatura média mensal varia de 24,7 °C em janeiro até 17,3 °C em junho, com média de 21,6 °C. Isto indica que, ao longo do ano, os valores de temperatura média se mantém em valores relativamente altos, em comparação com outras regiões do estado (principalmente o centro-sul do estado). A temperatura média máxima é de 30,3 °C no mês de janeiro e temperatura média mínima é de 13,1 °C no mês de julho (Figura 6.14).

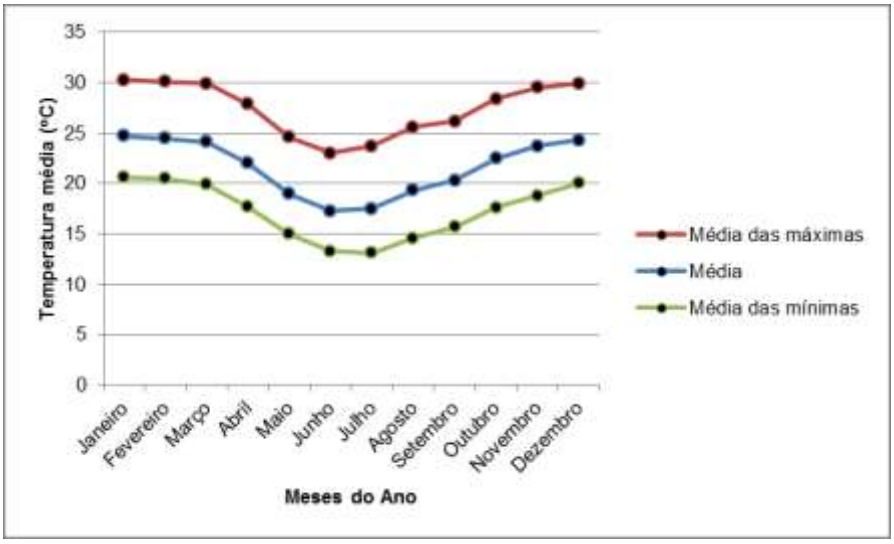


Figura 6.14 - Temperatura mensal média, máxima e mínima (°C) na Estação Meteorológica do Iapar localizada em Cianorte (23°40' S e 52°35' W). Médias de 1972 a 2001. Fonte: http://www.iapar.br/arquivos/Image/ monitoramento/Medias_Historicas/Cianorte.htm.

De acordo com dados da estação climatológica do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) localizada na bacia do rio Ligeiro, no município de Cianorte (Figura 6.15), a umidade relativa varia de 72% em agosto (no período mais seco) até 81% em maio e fevereiro, com média de 77,5. Isto indica que, ao longo do ano, os valores de umidade relativa do ar se mantém em níveis relativamente altos.

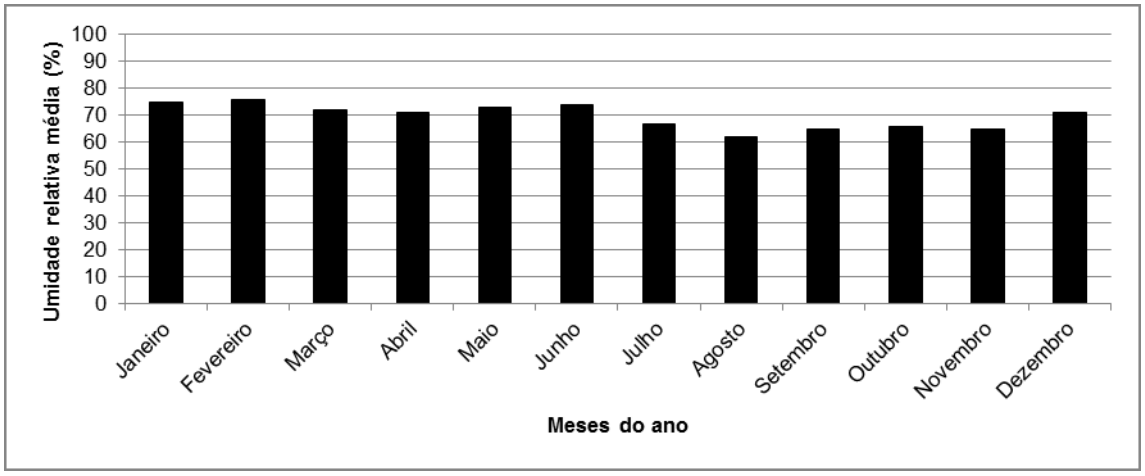


Figura 6.15 - Umidade relativa mensal média (%) na Estação Meteorológica do IAPAR localizada em Cianorte (23°40' S e 52°35' W). Médias de 1972 a 2001. Fonte: http://www.iapar.br/arquivos/Image/ monitoramento/Medias_Historicas/Cianorte.htm.

De acordo com dados da estação meteorológica do IAPAR localizada na bacia do rio Ligeiro, no município de Cianorte (Figura 6.16), a evaporação mensal varia de 71,2 mm em junho até 126,2 mm em novembro, com total anual médio de 1200 mm.

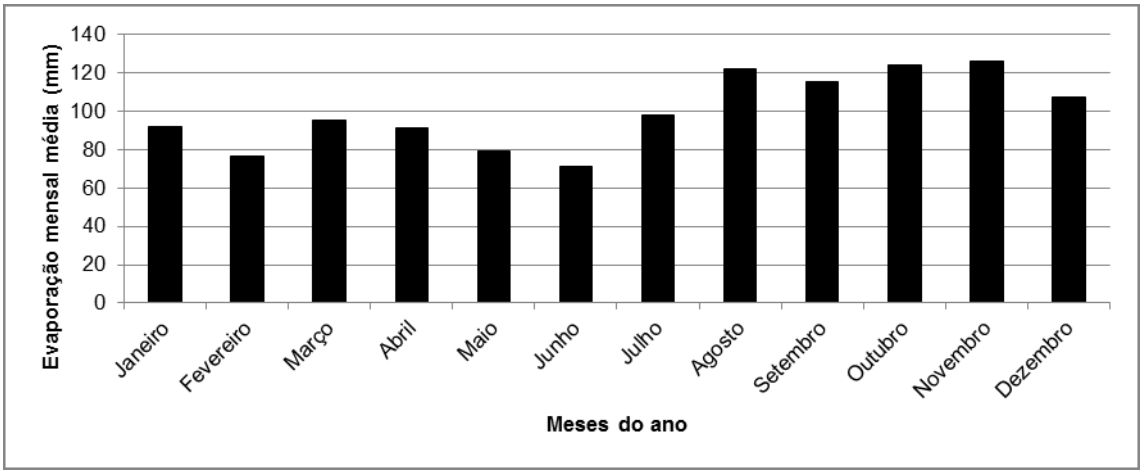


Figura 6.16 - Evaporação mensal média (mm) na Estação Meteorológica do IAPAR localizada em Cianorte (23°40' S e 52°35' W). Médias de 1972 a 2001. Fonte: http://www.iapar.br/arquivos/Image/ monitoramento/Medias_Historicas/Cianorte.htm.

De acordo com dados da estação meteorológica do IAPAR localizada na bacia do rio Ligeiro, no município de Cianorte (Tabela 6.1), a direção predominante dos ventos é leste em todos os meses do ano. A velocidade média do vento varia de 2,0 m/s (em março e maio) a 2,6 m/s (em setembro), indicando que há pouca variação na direção e velocidade dos ventos ao longo do ano.

Com relação aos dados pluviométricos, foram selecionadas quatro estações pluviométricas existentes na bacia do rio Ligeiro (Tabela 6.2), cujos dados foram obtidos no sistema Hidroweb (www.hidroweb.ana.gov.br).

As Figuras 6.17 a 6.20 apresentam a precipitação total obtida anualmente em cada estação pluviométrica indicada na Tabela 6.2.

Tabela 6.1 - Direção predominante e velocidade média (m/s) dos ventos na Estação Meteorológica do Iapar localizada em Cianorte (23o40' S e 52o35' W). Médias de 1972 a 2001.

Mês	Direção predominante	Velocidade (m/s)
Janeiro	E	2,2
Fevereiro	E	2,1
Março	E	2,0
Abril	E	2,1
Maio	E	2,0
Junho	E	2,1
Julho	E	2,4
Agosto	E	2,4
Setembro	E	2,6
Outubro	E	2,5
Novembro	E	2,3
Dezembro	E	2,2

Fonte: http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Cianorte.htm

Tabela 6.2 - Estações pluviométricas escolhidas para caracterização da bacia do rio Ligeiro.

Estação pluviométrica e altitude	Código	Período dos dados	Município	Coordenadas da estação	Responsável
Cianorte (530 m)	02352019	09/1971 a 05/2002	Cianorte	23°40'0" S 52°35'0" W	IAPAR
Igarite (600 m)	02352031	10/1975 a 12/2010	Cianorte	23°48'0" S 52°37'59" W	SUDERHSA
Nova Brasília (600 m)	02352027	10/1975 a 08/1992	Araruna	23°57'08" S 52°36'52" W	SUDERHSA
Taquarimbé (600 m)	02352032	10/1975 a 12/2010	Araruna	23°49'59" S 52°30'00" W	SUDERHSA

Fonte: www.hidroweb.ana.gov.br

Na série histórica das quatro estações meteorológicas destaca-se o ano de 1983 (Figuras 6.17 a 6.20), o qual foi marcado pela ocorrência do fenômeno climático "El Niño" com grande intensidade, refletindo um ano com intensas chuvas na região sul do Brasil, que chegou a 2473 mm na estação pluviométrica Nova Brasília. Conforme destaca Grimm (2009) a região Sul do Brasil é especialmente sensível às alterações produzidas pelos eventos "El Niño" e "La Niña".

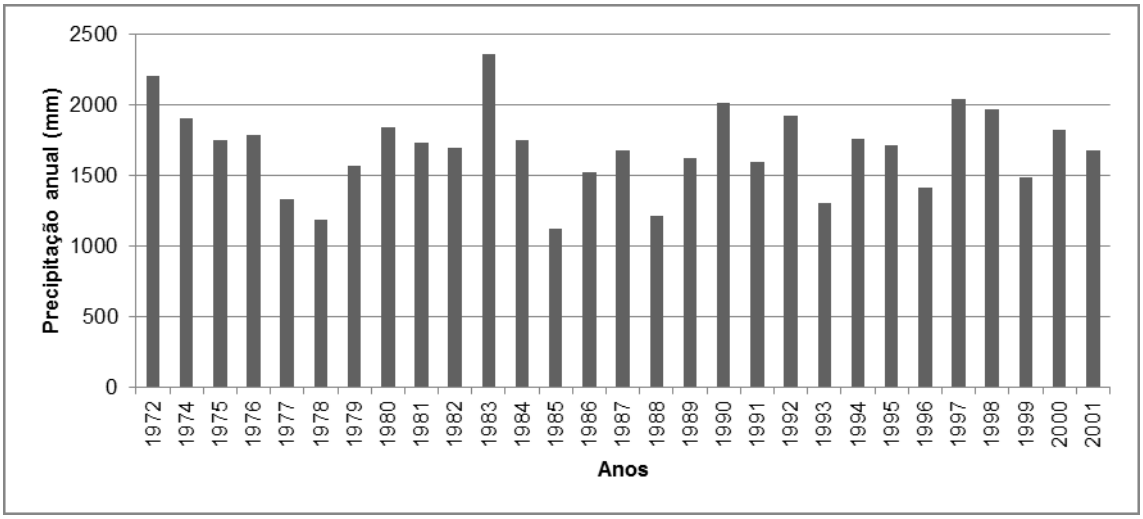


Figura 6.17 - Precipitação total anual na estação pluviométrica Cianorte no período de 1971 a 2002 (não há dados completos em alguns anos). Fonte: www.hidroweb.ana.gov.br

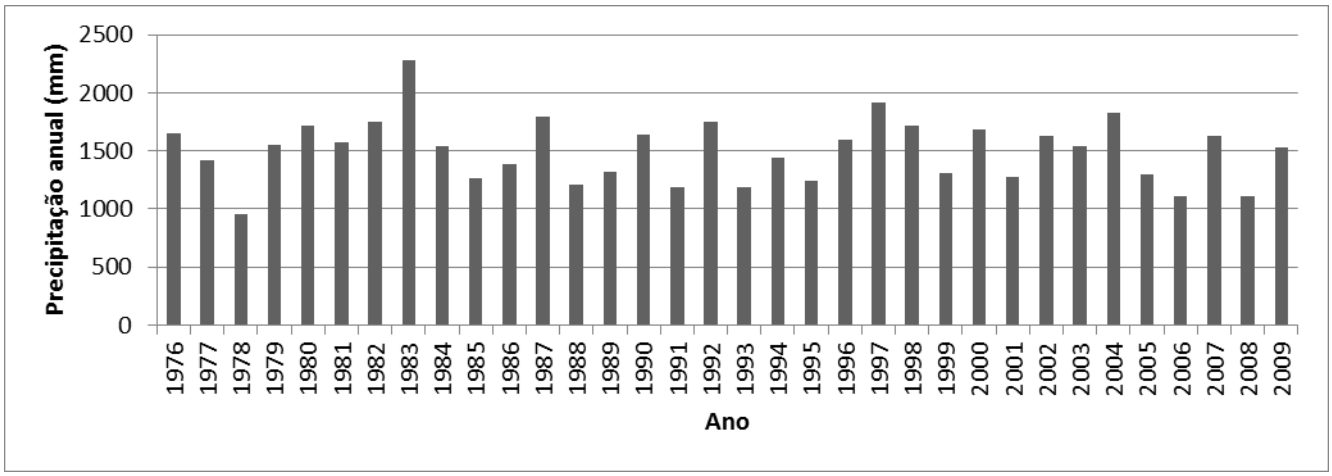


Figura 6.18 - Precipitação total anual na estação pluviométrica Igarite (município de Cianorte - PR) no período de 1975 a 2010 (não há dados completos em alguns anos). Fonte: www.hidroweb.ana.gov.br

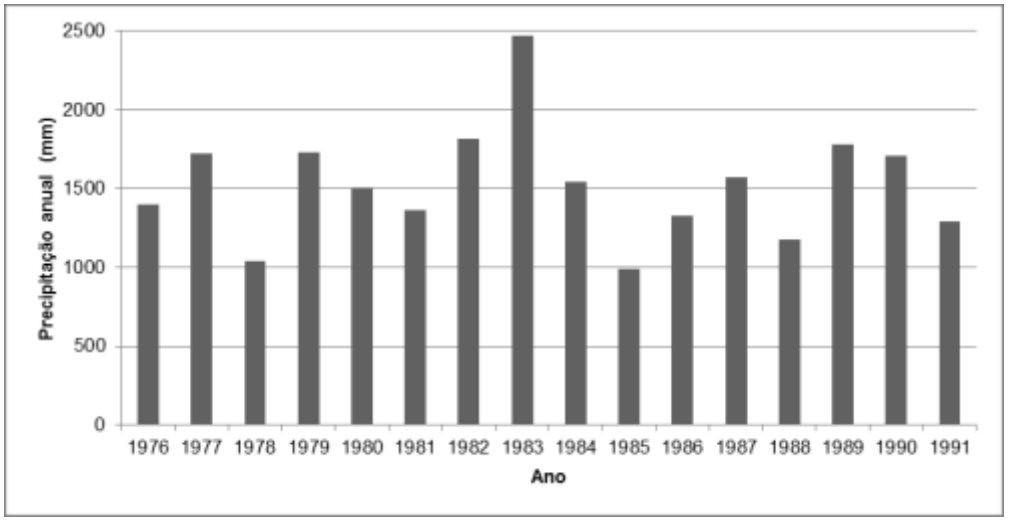


Figura 6.19 - Precipitação total anual na estação pluviométrica Nova Brasília (município de Araruna – PR) no período de 1975 a 1992 (não há dados completos em alguns anos). Fonte: www.hidroweb.ana.gov.br

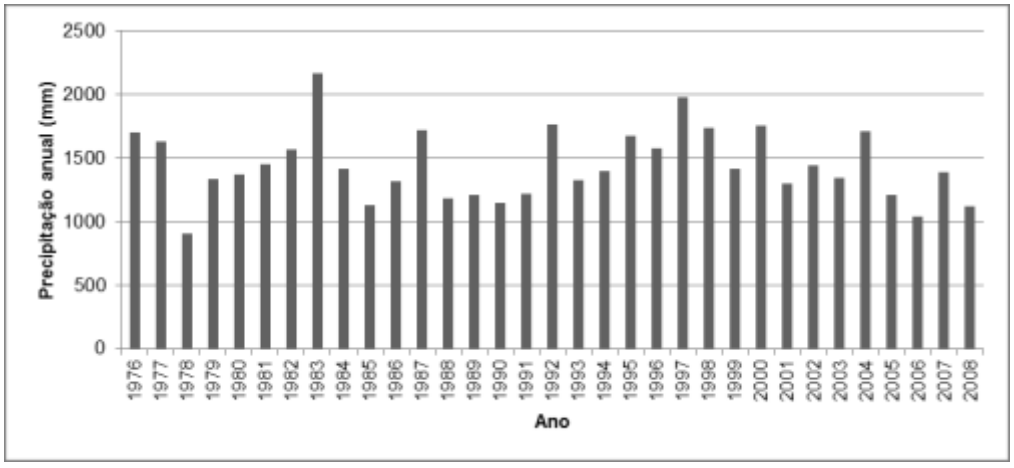


Figura 6.20 - Precipitação total anual na estação pluviométrica Taquarimbé (município de Araruna – PR) no período de 1975 a 2010 (não há dados completos em alguns anos). Fonte: www.hidroweb.ana.gov.br

As menores precipitações anuais observadas nestas estações pluviométricas, durante o período disponível, foram de 907 mm (Taquarimbé) a 1120 mm (Cianorte). A precipitação anual média observada nestas estações pluviométricas varia de 1445 mm (Taquarimbé) a 1691 mm (Cianorte).

Na Figura 6.21 pode ser observada a precipitação mensal média em cada das estações pluviométricas analisadas.

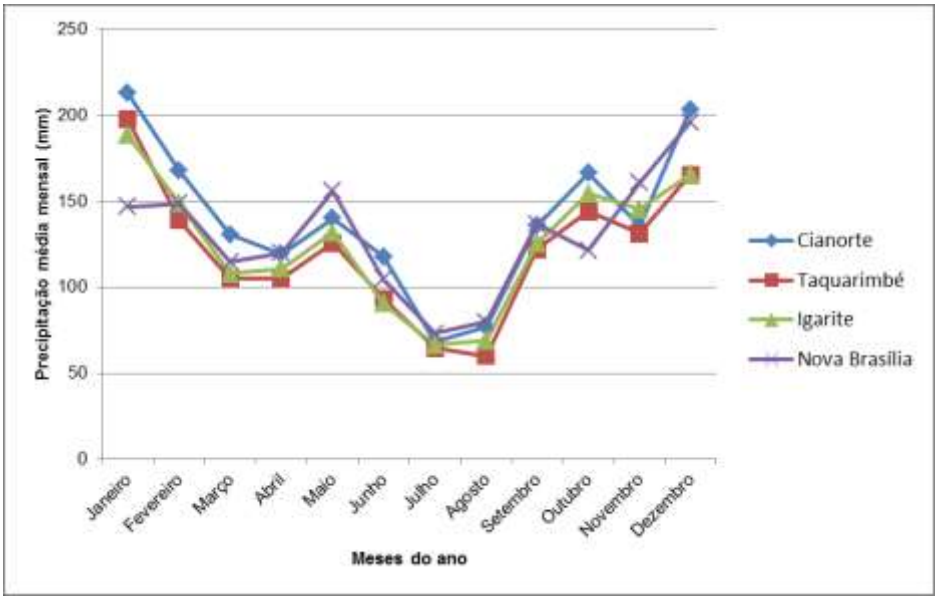


Figura 6.21 - Precipitação mensal média nas estações pluviométricas Cianorte, Taquarimbé, Igarite e Nova Brasília. Fonte: www.hidroweb.ana.gov.br

Na Figura 6.21 pode ser observado que, na maior parte destas estações, o período de outubro a fevereiro apresenta os meses com maiores precipitações, com destaque para o mês de janeiro, com valores que chegam a 213 mm mensais na estação pluviométrica Cianorte.

A Figura 6.21 também mostra que o período com menor precipitação média, em todas as estações pluviométricas indicadas, são os meses de julho e agosto, com médias entre 68 e 71 mm, respectivamente. Apesar destas variações de precipitação ao longo do ano, nota-se que, mesmo no período de inverno, não há uma estação propriamente seca, apesar da acentuada redução da precipitação em julho e agosto.

6.3. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA

6.3.1. Aspectos geológicos do estado do Paraná

A Figura 6.22 sintetiza os principais aspectos geológicos do estado do Paraná.

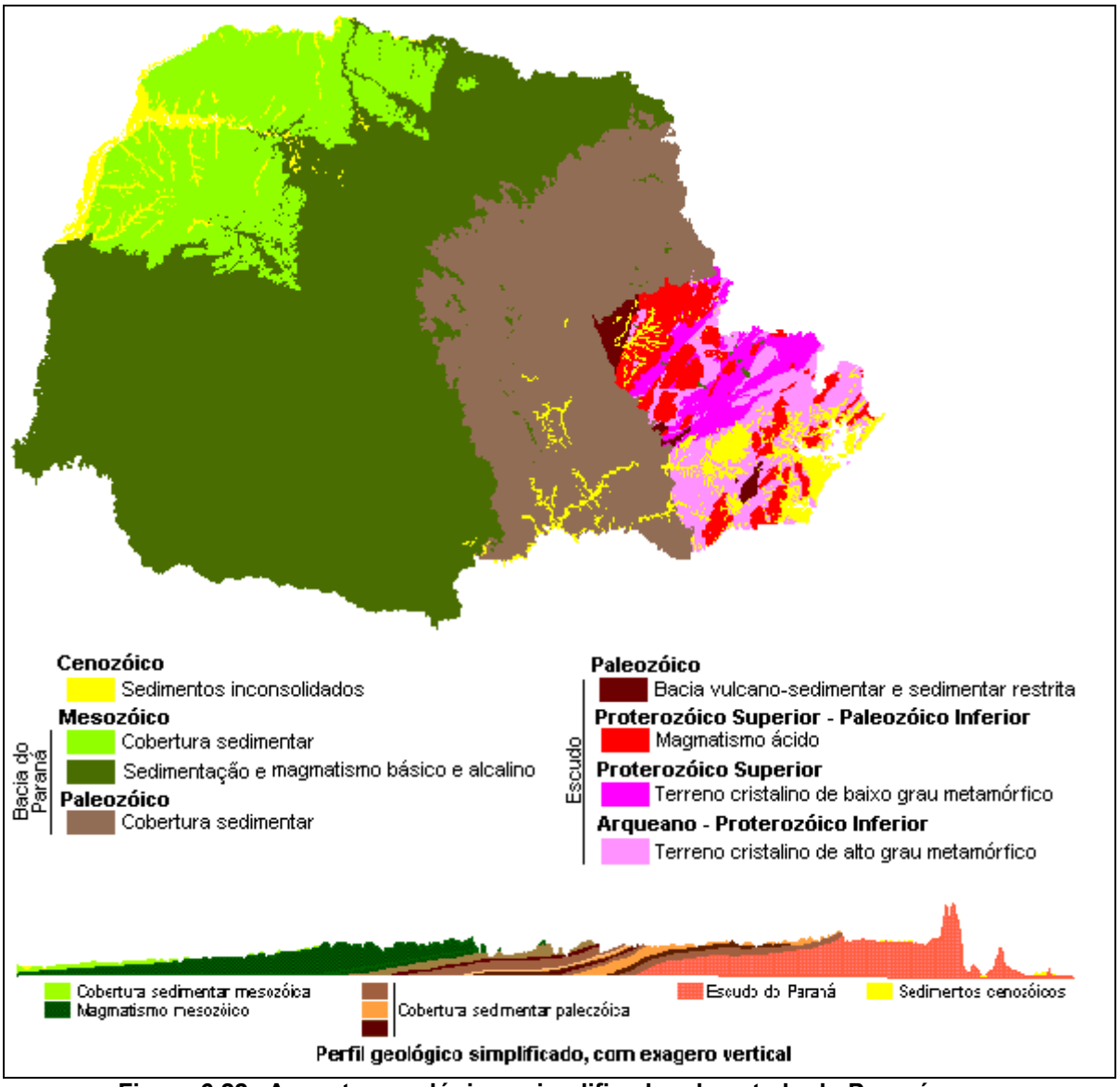


Figura 6.22 - Aspectos geológicos simplificados do estado do Paraná.

A geologia no Estado do Paraná pode ser representada a partir de uma compartimentação originada desde o Arqueano (MAACK, 1981). Sedimentações marinhas e continentais intercaladas com vulcanismo foram se desenvolvendo a partir do Ordoviciano configurando a Bacia do Paraná, assentada sobre a Plataforma

Sulamericana cujas rochas mais antigas do estado (com idades de até 2,8 bilhões de anos) que afloram na parte leste constituem o Escudo Paranaense.

Para MINEROPAR (2001) o Escudo Paranaense formou-se a partir de diversos eventos tectônicos e magmáticos, que resultaram em metamorfismos regionais, falhamentos, dobramentos, intrusões e sedimentação, durante o Arqueano e o Proterozóico. O Escudo Paranaense aflora desde o litoral até o Primeiro Planalto Paranaense, abrangendo rochas ígneas e metamórficas que podem ser subdivididas em quatro conjuntos principais, como segue: *a) Arqueano e Proterozóico Inferior,* que se refere a terrenos cristalinos de alto grau metamórfico (fácies anfibolito a granulito); *b) Proterozóico Superior,* relativo a terrenos cristalinos de baixo grau metamórfico (fácies xisto verde a anfibolito); *c) Proterozóico Superior ao Paleozóico Inferior*, representado por rochas formadas por magmatismo ácido; e *d) Paleozóico*, que se refere a bacias vulcano-sedimentares ou sedimentares desenvolvidas durante o Ordoviciano, no fim das atividades orogênicas da Plataforma Sulamericana.

A Bacia Paraná, por sua vez, é uma bacia sedimentar que evoluiu sobre a Plataforma Sulamericana desde o final do Período Ordoviciano (cerca de 450 milhões de anos) até o Período Cretáceo. Para Zalán et al. (1987) a depressão inicial que deu origem a acumulação de sedimentos, está provavelmente relacionada ao fim do ciclo brasiliano, no Ordoviciano superior. Para esses autores, o espessamento causado pelo empilhamento de rochas proveniente de empurrões, ocasionou aumento no grau geotérmico aproximadamente entre 700 e 580 m.a. O resfriamento desse ciclo parece ter ocorrido entre 500 e 450 m.a., estabelecendo as condições que permitiram o início da subsidência, uma vez que os primeiros sedimentos da bacia foram depositados em torno de 450 m.a. Apresenta forma aproximadamente elíptica, aberta para sudoeste, abrangendo uma área de aproximadamente 1.500.000 km^2. Pode ser subdividida nos conjuntos *Paleozóico, Mesozóico* e *Cenozóico*. O Paleozóico refere-se a depósitos sedimentares marinhos e litorâneos que no estado do Paraná são representadas pelos grupos Passa Dois, Guatá, Itararé e Paraná. O Mesozóico é representado pelo Grupo São Bento, formado por rochas ígneas extrusivas (Formação Serra Geral) assentadas sobre

rochas sedimentares (Formação Botucatu) formadas em ambiente desértico e por rochas sedimentares de origem continental (Grupo Bauru e Grupo Caiuá). O conjunto Cenozóico é constituído pelos sedimentos inconsolidados de origem continental e marinha que recobrem de forma parcial os conjuntos mencionados (MILANI et al. 1994).

6.3.2. Aspectos geológicos da Área de Influência Indireta (AII) da PCH Cianorte

A área de influência direta (AII) considerada no presente trabalho é representada pela bacia hidrográfica do rio Ligeiro, que é afluente da margem esquerda do Rio Ivaí. Geologicamente, a bacia hidrográfica do rio Ligeiro encontra-se inserida na região de contato das rochas basálticas da Formação Serra Geral com a borda leste dos sedimentos da Formação Goio Erê / Grupo Caiuá, aproximadamente na porção central da Bacia Sedimentar do Paraná.

Na Figura 6.23 é apresentada a localização da bacia hidrográfica do rio Ligeiro, assentada em parte sobre rochas basálticas da Formação Serra Geral (cobertura vulcânica) e em parte sobre sedimentos da Formação Goio Erê / Grupo Caiuá (cobertura sedimentar) da Bacia do Paraná em território paranaense.

6.3.2.1. Formação Serra Geral

Entre o Neojurássico e o Eocretáceo houve extravasamento de lavas de origem toleítica que perduraram entre 115 e 135 milhões de anos atrás, originando rochas efusivas de composição química variável (RUËGG, 1975), pertencentes à Formação Serra Geral. O extravasamento ocorreu, conforme Leinz (1981), por meio de vulcanismo fissural, de maneira intermitente, em condições não explosivas e na forma de derrames que constituem unidades superpostas.

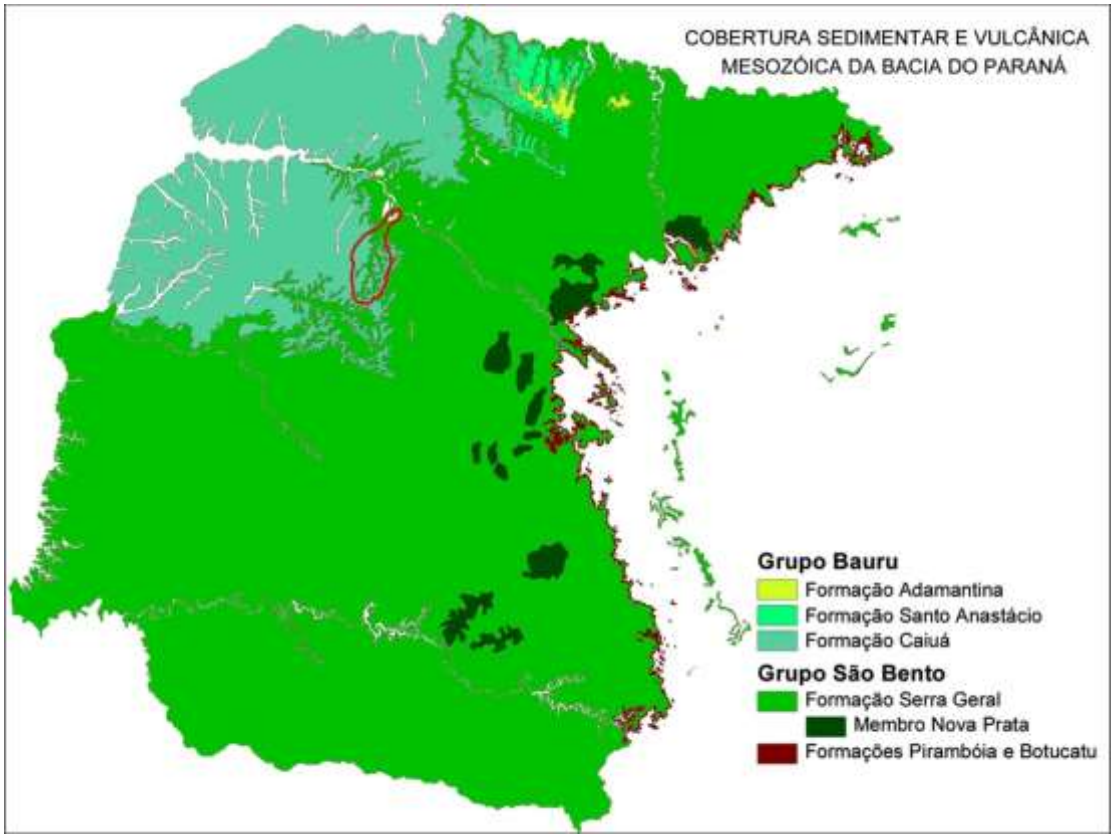


Figura 6.23 - Localização da bacia do rio Ligeiro na Formação Serra Geral e Formação Caiuá (MINEROPAR, 2001).

Ainda para Leinz (1981) o magmatismo ocorreu em clima árido, sendo constatadas intercalações de sedimentos associados a efêmeros episódios de sedimentação eólica. O evento magmático deu-se quando da ruptura do supercontinente Gondwana e consequente abertura do Oceano Atlântico. Trata-se de um dos maiores volumes de rochas originadas por vulcanismo continental no planeta, abrangendo uma superfície de aproximadamente 1.200.000 km^2 no Brasil (regiões sul e centro-oeste), Paraguai, Uruguai e Argentina, além da parte hoje separada pelo oceano atlântico, na costa oeste africana. Para Ruëgg (1975) ocorre diferenciação das rochas vulcânicas, de maneira a coexistirem séries distintas que abrangem basaltos alcalinos, basaltos toleíticos, andesitos, latiandesitos e riolitos. Piccirillo e Melfi (1988), com base na constituição química da rocha vulcânica subdividiram a Bacia do Paraná em setores, sendo que a região onde está localizada a bacia do rio Ligeiro está inserida no Setor Paraná Setentrional, assim denominada a norte do lineamento do rio Piquiri. Entre os derrames, encaixados em

erupções fissurais formaram-se ainda diques básicos aproximadamente a 130,5 milhões de anos atrás (MINEROPAR, 2001).

Na bacia do rio Ligeiro as rochas da Formação Serra Geral afloram predominantemente nos vales fluviais dos afluentes da margem direita, sendo recobertos parcialmente por sedimentos recentes, e ao longo do próprio leito de escoamento do rio Ligeiro.

Na bacia do rio Ligeiro as rochas da Formação Serra Geral afloram predominantemente nos vales fluviais dos afluentes da margem direita do rio Ligeiro, sendo recobertos parcialmente por sedimentos recentes.

6.3.2.2. Grupo Caiuá

A estratigrafia dos sedimentos predominantente continentais que afloram no noroeste do estado do Paraná e boa parte do oeste / centro oeste do estado de São Paulo é ainda controversa, mesmo após quase um século de pesquisas. Entretanto, desde o início dos estudos que envolvem essa cobertura sedimentar, o tema vem sendo tratado envolvendo duas unidades litológicas de identidades próprias, denominadas Caiuá e Bauru. Desde a concepção inicial empregada por Washburne (1930), denominando de Formação Caiuá que deriva de “Arenito Caiuá” ao designar arenitos que afloram no oeste paulista numa localidade homônima pertencente ao município de Presidente Epitácio, até os anos 1980, a sequência sedimentar Caiuá vem sendo tratada como Formação Caiuá, inserida no Grupo Bauru. Fulfaro e Barcelos (1991) propuseram a existência de uma bacia individualizada para os depósitos da Formação Caiuá, que seria anterior a existência da Bacia Bauru. Fernandes (1992) baseado em características litológicas, relações estratigráficas e distribuição geográfica identificadas no noroeste do estado do Paraná, dividiu a unidade Caiuá nas Formações Goio Erê e Rio Paraná. Fernandes e Coimbra (1994) propuseram formalmente a definição de Grupo Caiuá, englobando as Formações Goio Erê, Rio Paraná e Santo Anastácio. De acordo com esses autores as três formações são constituídas por sedimentos depositados em ambiente desértico, em depressão e depocentros não coincidentes com os da Bacia do Paraná, mas de caráter intracratônico, o que confere uma coloração avermelhada

a arroxeada para as três unidades. Para os autores, a Formação Rio Paraná foi formada em ambiente de zona central de "*sand sea"* a Formação Goio Erê foi depositada em zona de depósitos eólicos periféricos e a Formação Santo Anastácio foi formada em planícies de lençóis de areia.

As três formações possuem contato transicional entre si, sendo que as Formações Goio Erê e Rio Paraná assentam sobre as rochas basálticas da Formação Serra Geral por contato erosivo.

A bacia do rio Ligeiro posiciona-se na borda leste da área de abrangência do Grupo Caiuá, onde afloram rochas sedimentares da Formação Goio Erê, como pode ser observado na Figura 6.24.

Conforme o mapeamento realizado por Fernandes e Coimbra (1994) a Formação Goio-Erê do Grupo Caiuá é constituída por arenitos de granulometria fina a muito fina, de cor marrom-avermelhado a cinza-arroxeado, frequentemente cimentados, e com concreções carbonáticas, depositados em área periférica do deserto. Estrutura-se por meio de estratos tabulares com estratificação cruzada intercalados com bancos maciços, apresentando como principal feição a estratificação cruzada de médio a pequeno porte. As maiores espessuras aproximam-se de 50 m. Ainda conforme Fernandes e Coimbra (1994) na parte basal ocorrem intercalações de estratos subhorizontais de arenitos maciços sito-argilosos e brechas, assentados diretamente sobre as rochas basálticas da Formação Serra Geral, especialmente na região dos vales dos rios Ligeiro e Goio Erê.

Pelo fato do rio Ligeiro escoar nas proximidades da borda da bacia de deposição dos sedimentos do Grupo Caiuá, a espessura dos sedimentos assentados diretamente sobre os basaltos é de pequena amplitude, inexistindo no leito do rio Ligeiro. Observa-se que a espessura dos sedimentos aumenta na direção das cotas mais altas, representadas pelos topos dos morros, entretanto não há cortes que exponham boas porções das rochas sedimentares. Nessa situação, há escassez de afloramentos das rochas da Formação Goio Erê. Entretanto, os solos originados pela alteração da rocha sedimentar possuem, a partir do terço superior das encostas e nos topos aplainados dos morros, uma quantidade maior de areia em relação à argila, quando comparados com as cotas menos elevadas.

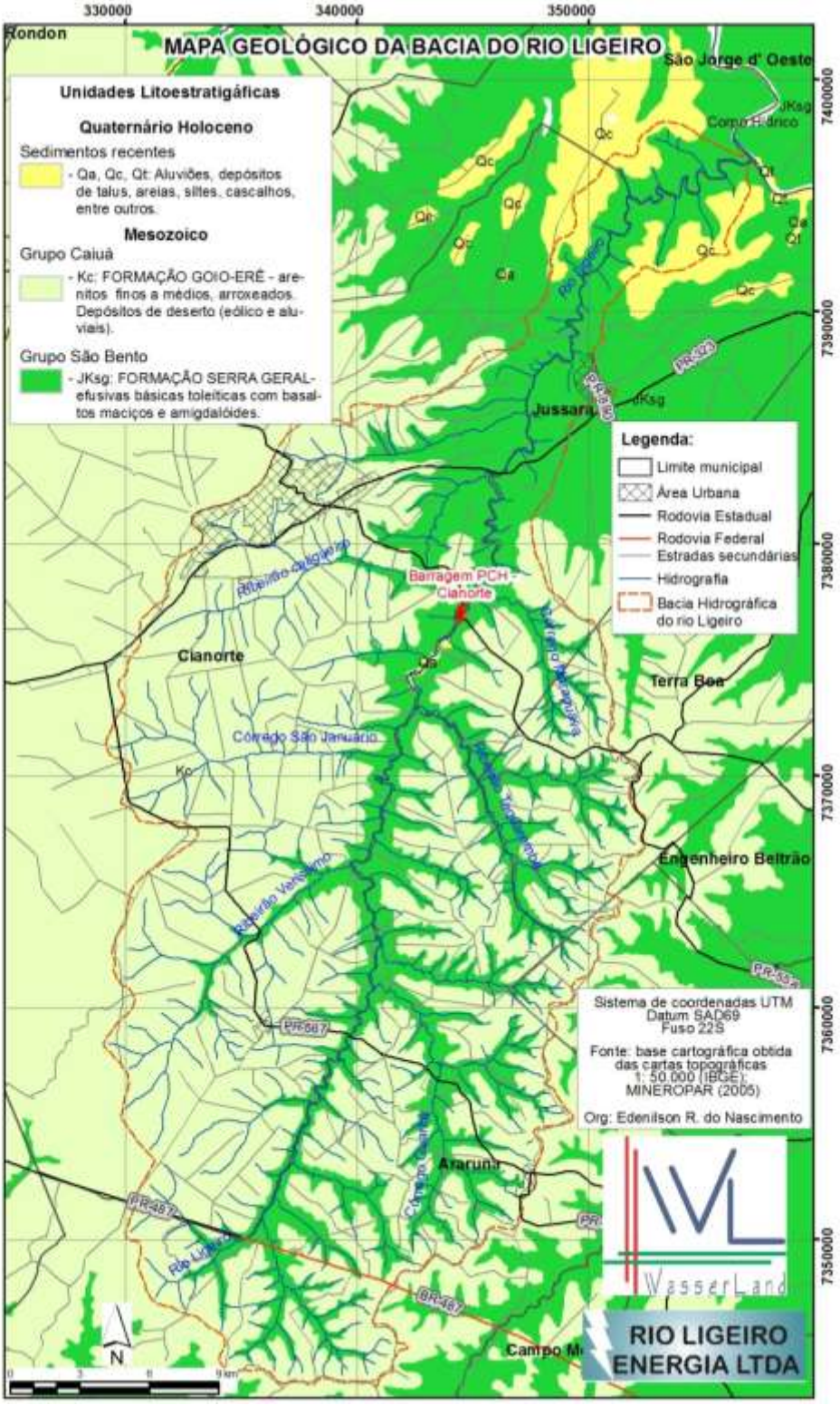


Figura 6.24 - Distribuição da geologia na All da PCH Cianorte (bacia do rio Ligeiro). Fonte: MINEROPAR (2005).

6.3.2.3. Sedimentos recentes

Os sedimentos recentes são representados por material depositado durante o Quaternário, recobrindo os arenitos do Grupo Caiuá. Esses sedimentos não são consolidados e estão relacionados às deposições associadas aos principais cursos de água, assim como a alteração formando o manto de intemperismo com origem eluvial e/ou coluvial.

Na bacia hidrográfica do rio Ligeiro as maiores dimensões desses sedimentos ocorrem relacionadas com a conexão da planície fluvial na foz do rio Ligeiro com a planície fluvial do terço médio do rio Ivaí.

Popp e Bigarella (1975) denominaram esses sedimentos recentes como Formação Paranavaí, afirmando que devido os mesmos não serem consolidados, são muito suscetíveis aos processos erosivos, fatores potencializados pelas atividades agropecuárias que nem sempre são realizadas em concordância com as fragilidades inerentes ao meio físico dessa região.

6.3.3. Aspectos geológicos da Área de Influência Direta (AID) da PCH Cianorte

Em função do leito de escoamento do rio Ligeiro assentar sobre as porções mais rebaixadas do relevo, a AID da PCH Cianorte localiza-se exclusivamente sobre rochas básicas da Formação Serra Geral e do solo que a recobre (Figura 6.25).

Os basaltos afloram ao longo do curso do rio, nas cotas locais mais baixas, assim como em meia encosta. Sua deposição ocorreu durante o extravasamento de lava por períodos intermitentes, imprimindo um caráter de derrames tabulares cujas espessuras podem variar de metros a dezenas de metros. Cada unidade de derrame é caracterizada devido aos pulsos intermitentes, com peculiaridades que se desenvolveram em função do movimento, resfriamento e conteúdo em gases da lava efusiva.

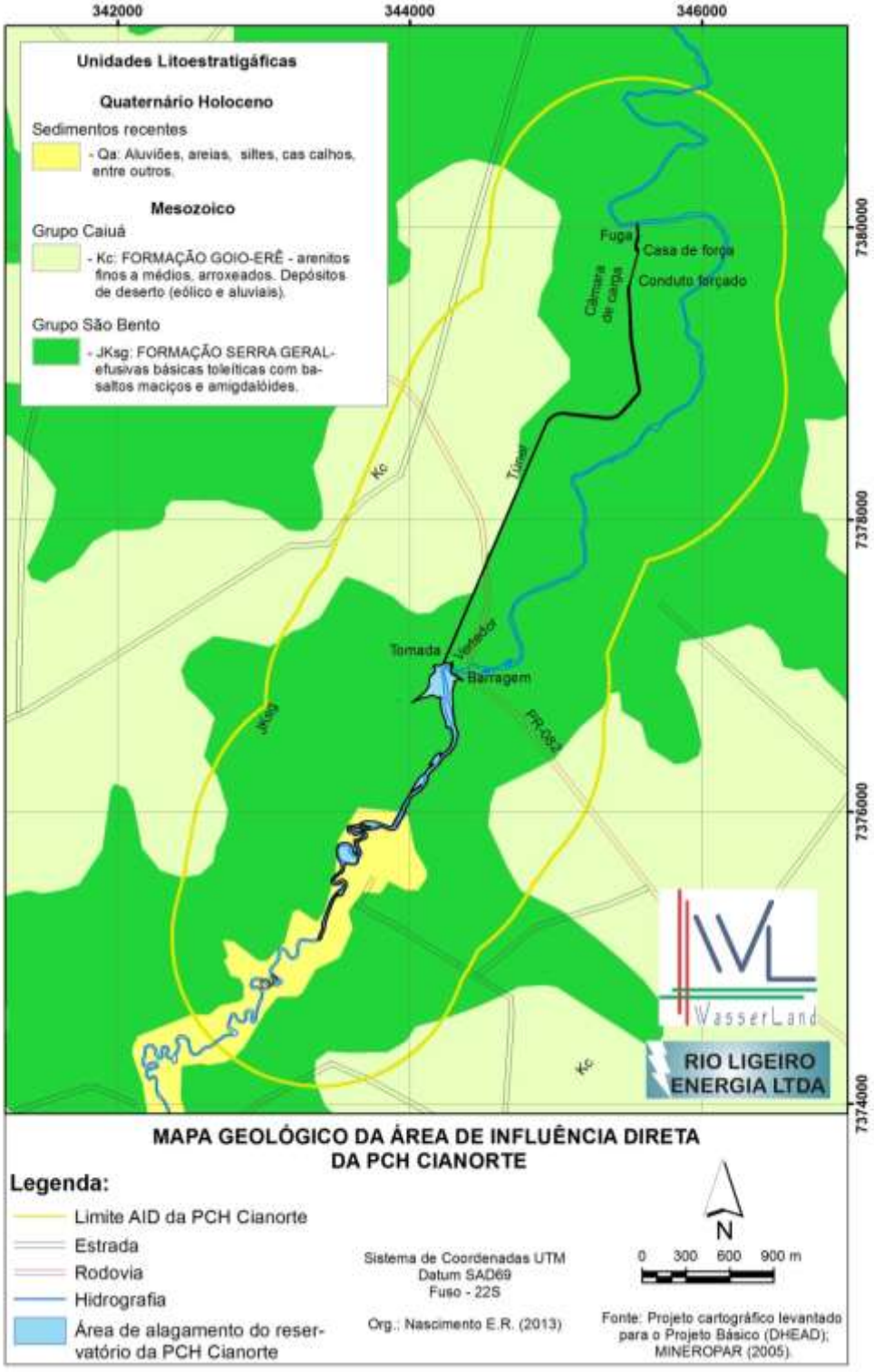


Figura 6.25 - Distribuição da geologia na AID da PCH Cianorte. Fonte: MINEROPAR (2005).

Cada unidade de derrame pode ser individualizada verticalmente, onde a parte inferior é em geral caracterizada por um resfriamento rápido, constituindo a zona vítrea e/ou brechóide, a parte central do derrame tem sua porção inferior caracterizada pela zona de disjunção horizontal originada pelo movimento da lava e a sua porção superior caracterizada pela zona de disjunção vertical originada pela contração em função do resfriamento da lava e a parte superior do derrame é caracterizada pela presença de amígdalas e/ou vesículas, de acordo com o conteúdo em gases da lava. Na Figura 6.26 pode-se observar um esquema mostrando a morfologia detalhada de uma unidade de derrame vulcânico.

Os basaltos da Formação Serra Geral possuem nessa região composição básica (teor de sílica variando entre 45 e 52%) e coloração cinza escura a preta.

Para Ruëgg (1975) ocorre uma diferenciação das rochas vulcânicas, de maneira a coexistirem séries distintas que abrangem basaltos alcalinos, basaltos toleíticos, andesitos, latiandesitos, riolitos, gabros. Essas rochas podem ocorrer intercaladas aos derrames básicos, e segundo Licht (2001) no sudoeste do estado do Paraná, gabros que variam desde poucos centímetros até 70 cm apresentam distribuição ampla, tanto horizontal quanto vertical.

Afloramentos de basalto foram verificados ao longo do leito de escoamento do rio Ligeiro. Representam a zona intermediária de derrame, possuem cor cinza escuro a preto, granulação afanítica e em geral apresentam-se muito pouco alterados (Figura 6.27). Alguns afloramentos alterados também podem ser vistos nas proximidades da PCH, principalmente em cortes de caminhos e estradas. Nesses pontos verifica-se a existência do topo de derrame basáltico representado pela zona vesicular/amigdaloide (Figura 6.28). Além dessas tipologias, também foi verificada a ocorrência de basalto de granulação microfanerítica, cor cinza claro, algo alterado, provavelmente parte da zona intermediária de derrame, como pode ser verificado na Figura 6.29.

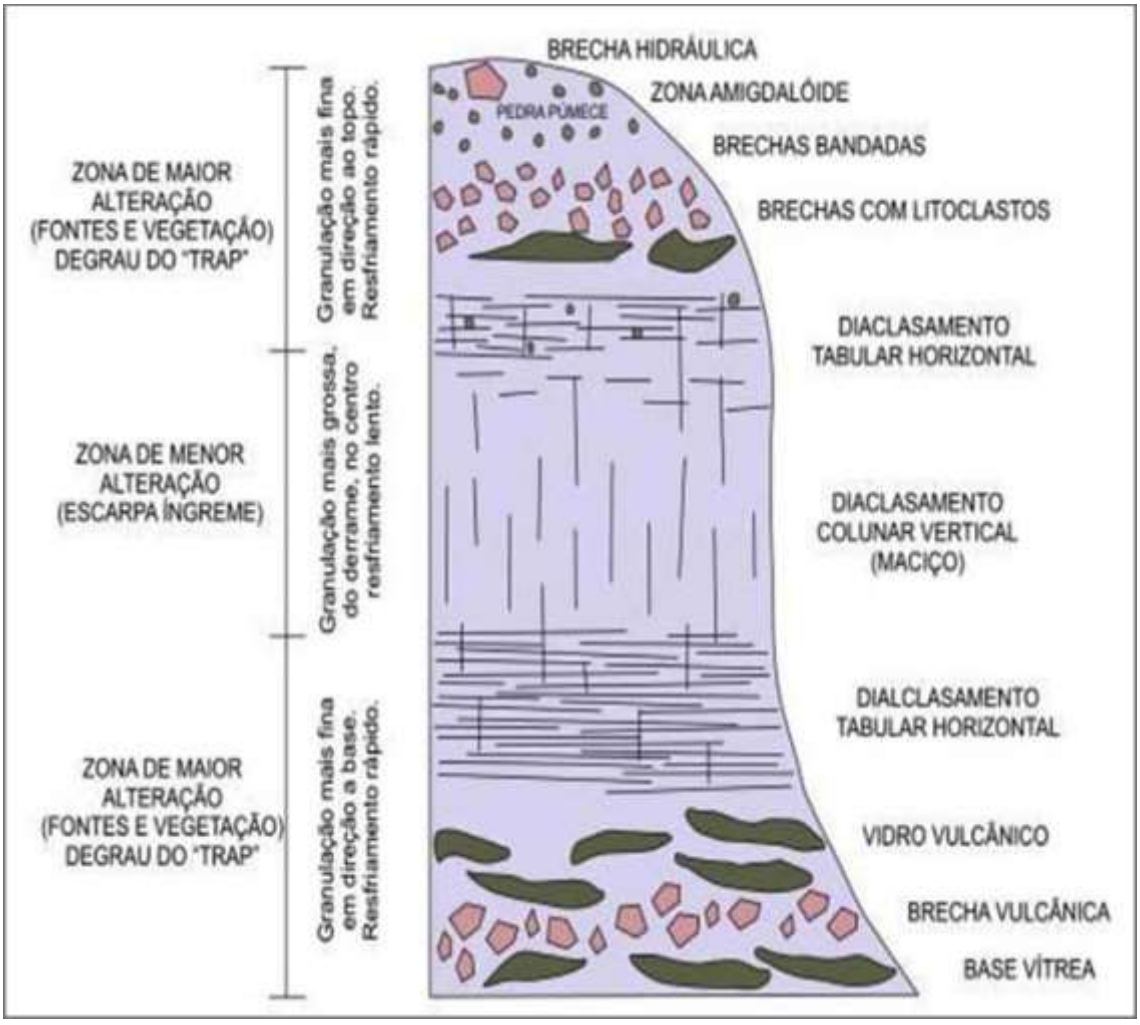


Figura 6.26 - Morfologia dos derrames vulcânicos da formação serra geral. Modificado de Roinsenberg (1989) e Leinz e Amaral (1978).



Figura 6.27 - Basalto de composição básica, aflorando na margem do rio Ligeiro, a jusante da área do barramento. Ponto 434. Coordenadas UTM 344617 e 7377043, Fuso 22 K.



Figura 6.28 - Basalto vesicular/amigdaloidal aflorando em corte de estrada, próximo ao túnel de desvio da PCH Cianorte. Ponto 460. Coordenadas UTM 345057 e 7377941, Fuso 22 K.



Figura 6.29 - Basalto cinza claro, microfanerítico, provável zona intermediária de derrame, aflorando em meia encosta na região do túnel de desvio da PCH Cianorte. Ponto 453. Coordenadas UTM 344986 e 7377848, Fuso 22 K.

Pelo fato do rio Ligeiro escoar nas proximidades da borda da bacia de deposição dos sedimentos do Grupo Caiuá, a espessura dos sedimentos assentados diretamente sobre os basaltos é de pequena amplitude, inexistindo no leito do rio Ligeiro e na AID. Verificou-se que a espessura dos sedimentos aumenta na direção das cotas mais altas, representadas pelos topos dos morros, entretanto não há cortes que exponham boas porções das rochas sedimentares.

6.3.4. Aspectos geomorfológicos do estado do Paraná

Em termos geomorfológicos, o estado do Paraná pode ser subdividido por suas características morfoestruturais (onde o relevo é influenciado pelas características endógenas como litotipos, lineamentos tectônicos e estruturais) e por suas características morfoesculturais (onde o relevo é formado a partir de agentes exógenos como condições climáticas, hidrográficas, bióticas).

Tendo como base os aspectos morfoestruturais do relevo, Maack (1981) propôs a divisão do relevo do estado do Paraná em cinco unidades principais:

a) **Litoral**: localiza-se entre a Serra do Mar e o Oceano Atlântico. Compreende uma estreita faixa montanhosa que foi rebaixada por falhamentos

complexos, tendo originado diretamente a planície litorânea. Esta possui entre 10 a 20 km de largura, atingindo seu máximo na Baía de Paranaguá. Esta baía possui comprimento de 46 km e largura de 10 km, sendo margeada por planícies constituídas por sedimentos inconsolidados depositados entre o Pleistoceno superior e o Holoceno. A planície costeira possui altitude inferior a 10 m na maior parte de sua extensão, atingindo um máximo de 20 m.

b) **Serra do Mar**: faz parte da vasta barreira que acompanha o litoral meridional do país, constituindo a zona limítrofe entre o Planalto de Curitiba e a Planície Costeira. Ressalta no relevo alcançando altitudes entre 1.300 e 1.800 m, sobressaindo até 900 m em relação à Planície Costeira e 400 m em relação ao Planalto de Curitiba. O escarpamento da serra é mais pronunciado no lado do Atlântico que do lado continental.

c) **Primeiro Planalto**: representa uma zona de eversão entre a Serra do Mar e a Escarpa Devoniana. Constitui o limite oriental dos sedimentos da Bacia do Paraná, sendo dividido em duas regiões: setentrional e meridional. A região meridional - que abrange a região de Curitiba - é marcada por uma topografia de colinas suavemente onduladas com altitudes uniformes que variam de 850 a 950 m. A região setentrional é marcada por um relevo enérgico onde dominam numerosos cabeços de estratos, espigões e vales alongados, seguindo direções preferenciais e sofrendo influência decisiva da erosão pelas águas do Rio Ribeira e seus afluentes.

d) **Segundo Planalto**: também denominado de Planalto dos Campos Gerais ou ainda Planalto de Ponta Grossa, é constituído por rochas sedimentares pertencentes à Bacia do Paraná. Em sua extremidade oriental (Escarpa Devoniana) alcança 1.200 m de altura e na base do seu limite oeste (Escarpa Mesozoica) possui altitudes próximas a 500 m.

e) **Terceiro Planalto**: ocupa aproximadamente dois terços da área do estado e localiza-se a oeste da Escarpa Mesozoica representada por serras como a Serra do Cadeado e a Serra da Esperança. Corresponde ao vasto derrame de rochas eruptivas representadas majoritariamente por rochas de composição basáltica, assentadas sobre os depósitos areníticos do Mesozoico. As maiores altitudes se encontram nas proximidades da mencionada escarpa, com cotas entre

próximas a 1.000 a 1.100 m, enquanto que no Rio Paraná no extremo oeste, a altitude média de 200 m corresponde às regiões mais baixas. As principais formas do relevo são mesetas e platôs.

Relacionando aspectos morfoestruturais e morfoesculturais para classificação do relevo paranaense, Santos et al. (2006) propuseram três níveis taxonômicos para mapeamento (Figura 6.30) e caracterização (Figura 6.31), quais sejam:

a) Unidades morfoestruturais (primeiro nível taxonômico): representadas pelo Cinturão orogênico do Atlântico e Bacia do Paraná;

b) Subunidades morfoestruturais (segundo nível taxonômico): inserção das unidades propostas por Maack (1981) no primeiro nível taxonômico;

c) Unidades morfoesculturais (terceiro nível taxonômico): aspectos geomorfológicos resultantes da ação exógena das subunidades morfoestruturais, as quais foram compartimentadas conforme dissecação do relevo, tipos de vales, tipos de vertentes, graus de declividade e tipos de topos.

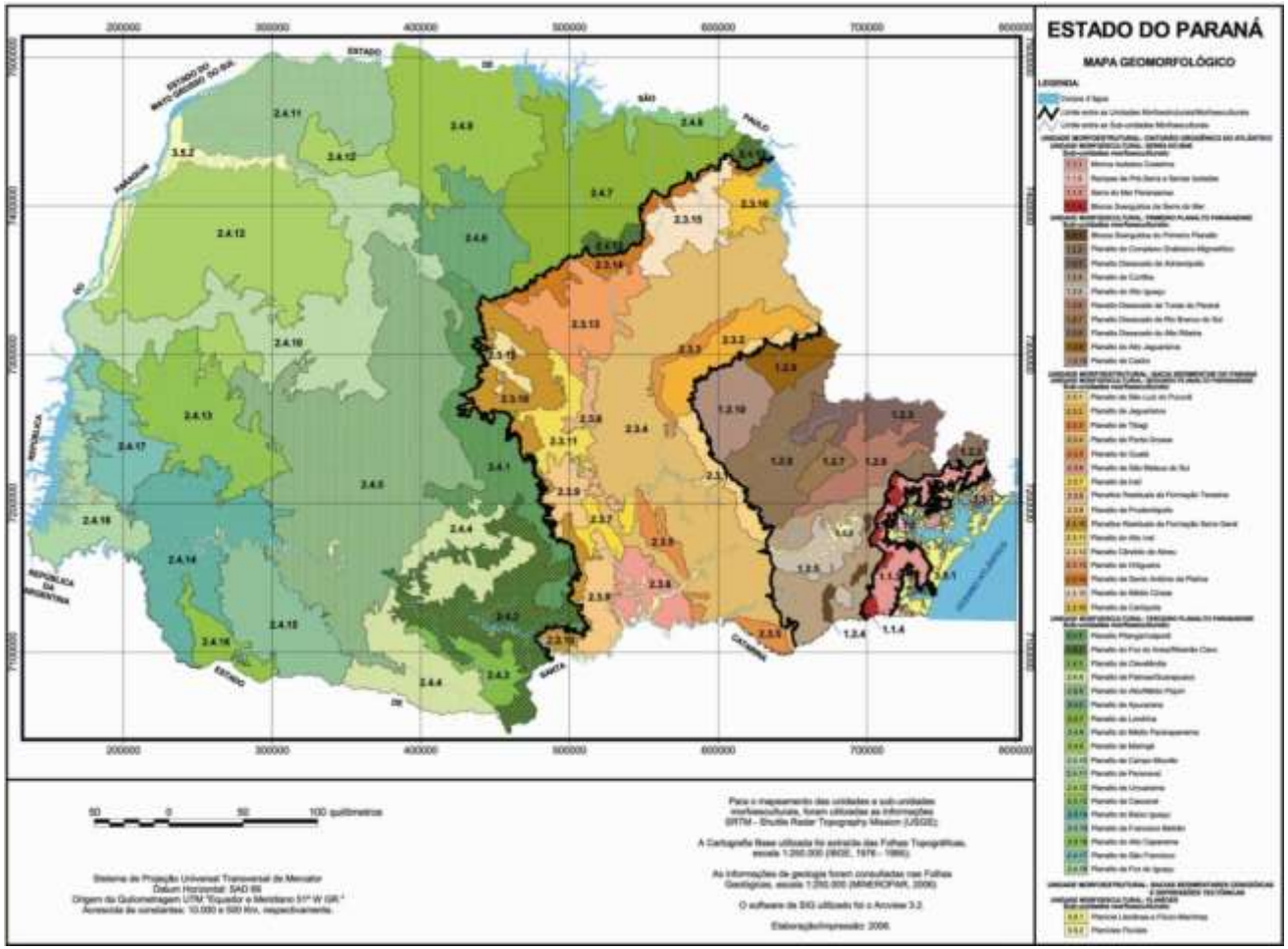


Figura 6.30 - Mapa Geomorfológico do Estado do Paraná. Fonte: Santos et al. (2006).

UNIDADE MORFOESTRUTURAL	UNIDADE MORFOESCULTURAL	SUB-UNIDADE MORFOESCULTURAL	FORMAS DE RELEVO MORFOLOGIA DOMINANTE				ALTITUDE (metros sobre o nível do mar)			CLASSES DE DECLIVIDADE PREDOMINANTE (Área em km²)					AREA TOTAL (km²)
			DISSECAÇÃO	TOPOS	VERTENTES	VALES	MIN	MAX.	GRADIENTE	<6	6-12%	12-30%	30-47%	>47%	
Cinturão Orogênico do Atlântico (1)	Serra do Mar (1)	1.1.1 Morros Isolados Costeiros	muito alta	alongados e em cristas	retilíneas	V fechados	20	920	900	46,18	9,58	89,27	104,9	31,11	281
		1.1.2 Rampas de Pré-Serra e Serras Isoladas	alta	alongadas, em cristas e rampas dissecadas	retilíneas	V fechados	200	600	400	269,84	52,9	97,11	20,05	1,01	441
		1.1.3 Serra do Mar Paranaense	alta	alongados e em cristas	retilíneas	V encaixado	20	1340	1320	288,14	96,21	796,03	634,18	251	2965
		1.1.4 Blocos Soerguidos da Serra do Mar	muito alta	alongados e em cristas	retilíneas	V fechados	320	1680	1360	61,84	15,68	137,43	140,83	87,7	443
	Primeiro Planalto Paranaense (2)	1.2.1 Blocos Soerguidos do Primeiro Planalto Paranaense	muito alta	alongados e em cristas	retilíneas	V fechados	820	1320	500	85,22	38,14	98,92	39,49	5,76	267
		1.2.2 Planalto do Complexo Gnáissico-Migmatítico	alta	alongados	convexas	V aberto	300	1040	740	413,19	74,22	167,43	60,23	9,15	724
		1.2.3 Planalto Dissecado de Adrianópolis	alta	alongados e em cristas	retilíneas	V encaixado	100	1400	1300	875,12	125,43	792	814,31	301,4	2909
		1.2.4 Planalto de Curitiba	média	alongados e aplainados	convexas	V	560	1240	680	2.299,71	881,88	536,53	31,91	3,57	3753
		1.2.5 Planalto do Alto Iguaçu	baixa	alongados e aplainados	convexas	V aberto	860	1000	140	1.096,60	205,68	15,18	0,02	0	1317
		1.2.6 Planalto Dissecado de Tijuas do Paraná	alta	alongados e em cristas	retilíneas	V encaixado	280	1400	1120	824,19	166,14	701,39	344,71	62,12	2098
		1.2.7 Planalto Dissecado do Rio Branco do Sul	alta	alongados	convexas	V	400	1180	780	206,7	21,23	212,8	172,02	36,93	649
		1.2.8 Planalto Dissecado do Alto Ribeira	alta	alongados e em cristas	retilíneas a côncavas	V encaixado	320	1200	880	1.495,17	355,67	1477,76	466,84	48,97	3840
		1.2.9 Planalto do Alto Jaguariaíva	alta	alongados	convexas	V	780	1300	520	600,82	251,46	381,98	53,98	9,91	1304
		1.2.10 Planalto de Castro	média	alongados e aplainados	convexo-côncavas	Aberto de fundo chato	920	1320	400	1.615,67	548,29	560,79	32,02	4,19	2469
Bacia Sedimentar do Paraná (2)	Segundo Planalto Paranaense (3)	2.3.1 Planalto de São Luiz do Purunã	baixa	aplainados	convexas	Em calha muito encaixado	780	1300	520	755,52	537,47	206,78	23,04	6,65	1529
		2.3.2 Planalto de Jaguariaíva	alta	alongados	convexas	V	620	1280	660	813,5	871,23	618,36	73,86	12,49	2389
		2.3.3 Planalto de Tibagi	média	aplainados	retilíneas e convexas	V	620	1080	460	360,06	262,04	68,62	0,5	0	691
		2.3.4 Planalto de Ponta Grossa	média	alongados	retilíneo e côncavas	U	480	1080	600	7.105,64	4980,2	4339,65	208,39	11,35	16705
		2.3.5 Planalto de Guatá	alta	alongados	retilíneas	V	780	1000	220	602,33	383,72	354,55	7,15	0,16	1348
		2.3.6 Planalto de São Mateus do Sul	baixa	aplainados	retilíneas	V aberto	760	1000	240	1233,3	429,1	61,2	1,59	0,01	1725
		2.3.7 Planalto de Irati	média	alongados e isolados	côncavas	U	760	980	220	408,69	213,28	156,54	5,68	0,05	784
		2.3.8 Planaltos Residuais da Formação Teresina	baixa	aplainados	convexas	V	560	1120	560	315,3	170,51	163,66	29,71	5,12	684
		2.3.9 Planalto de Prudentópolis	baixa	aplainados	convexas	V aberto	580	1040	460	1678,3	666,09	263,38	17,33	3,67	2628
		2.3.10 Planaltos Residuais da Formação Serra Geral	alta	alongados e aplainados	convexo-côncavas	V aberto	380	1120	740	1125,4	680,22	1817,19	460,83	89,84	4173
		2.3.11 Planalto do Alto Ivaí	média	aplainados	côncavas	V aberto	480	1120	640	657,24	246,14	578,08	173,31	30,51	1685
		2.3.12 Planalto de Cândido de Abreu	baixa	isolados	convexas	Em calha de fundo chato	420	760	340	336,56	174,85	62,32	2,88	0,16	577
		2.3.13 Planalto de Ortigueira	alta	alongados e em cristas	retilíneas	V	420	1140	720	1463,1	734,72	1157,05	230,68	29,35	3615
		2.3.14 Planalto de Santo Antônio de Platina	alta	isolados	convexas	V	400	1240	840	471,36	289,23	707,02	238,82	53,62	1760
		2.3.15 Planalto do Médio Cinzas	baixa	aplainados	convexas	Aberto de fundo chato	440	780	340	1594,8	640,78	219,75	5,78	0,24	2461
		2.3.16 Planalto de Carlópolis	média	aplainados	convexas	V aberto	480	860	380	597,53	346,95	230,52	24,93	2,59	1202
	Terceiro Planalto Paranaense (4)	2.4.1 Planalto Pitanga/Ivaiporã	média	alongados	convexas	V	320	1300	980	2512,3	1756,2	1262,87	99,77	29,26	5660
		2.4.2 Planalto do Foz do Areia	alta	alongados	retilíneas e côncavas	Em degraus	400	1340	940	2079,6	1079,1	2822	882,21	170,2	7037
		2.4.3 Planalto de Clevelândia	média	aplainados com resíduais de aplanação	convexas e convexo-côncavas	V	720	1320	600	604,76	290,97	450,87	105,75	13,28	1465
		2.4.4 Planalto de Palmas/Guarapuava	baixa	aplainados	retilíneas e convexas	U	520	1360	840	4256,3	1770,4	590,17	37,38	2,69	6659
		2.4.5 Planalto do Alto/Médio Piquiri	média	alongados e isolados	convexas e convexo-côncavas	U aberto	280	1220	940	7335,9	4302	8278,11	1470,81	68,05	21854
		2.4.6 Planalto de Apucarana	alta	alongados	convexas	V	300	920	620	1373,6	1412,6	1109,62	95,56	2,32	3994
		2.4.7 Planalto de Londrina	média	alongados	convexas	V	340	1180	840	3979,2	3399,2	1932,87	92,99	5,95	9410
		2.4.8 Planalto do Médio Paranapanema	baixa	aplainados	convexas	V	340	600	260	1328,5	444,59	36,34	0,55	0,03	1812
		2.4.9 Planalto de Maringá	baixa	alongados e aplainados	convexas	V	260	800	540	4620,9	3225,8	173,67	0,36	0	8032
		2.4.10 Planalto de Campo Mourão	baixa	aplainados	retilíneas e côncavas na base	Em calha	220	840	620	6765,2	4394	364,51	8,21	0,12	11332
		2.4.11 Planalto de Paranavaí	baixa	aplainados	convexas	V aberto	240	580	340	5565	1911	31,72	0,97	0,29	7513
		2.4.12 Planalto de Umuarama	média	alongados e aplainados	convexas	V	240	660	420	7617,4	7394,4	349,5	1,02		15362
		2.4.13 Planalto de Cascavel	média	alongados e aplainados	convexas	V	240	920	680	2948,3	2862,5	525,25	18,9	0,75	6355
		2.4.14 Planalto do Baixo Iguaçu	alta	alongados e em cristas	retilíneas	V encaixado	220	880	660	2459,3	1807,7	2250,64	277,47	7,85	6843
		2.4.15 Planalto de Francisco Beltrão	média	alongados	convexas	V aberto	340	1020	680	1984	1199,3	1388,37	113,38	2,21	4688
		2.4.16 Planalto do Alto Capanema	alta	alongados e em cristas	retilíneas	V	280	960	680	408,01	158,41	640,62	189,82	9,47	1408
		2.4.17 Planalto do São Francisco	média	alongados	convexas	V	220	700	480	1001,7	1076,7	910,63	77,01	1,11	3067
		2.4.18 Planalto de Foz do Iguaçu	baixa	aplainados	convexas	V aberto	120	540	420	2795,8	956,32	102,49	4	0,13	3859
Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas (3)	Planícies (5)	3.5.1 Planícia Litorânea e Planícies Fluvio-Marinhas	baixa	–	–	–	0	200	200	1.868,64	65,23	87,12	16,78	0,93	2075
		3.5.2 Planícies Fluviais	baixa	–	–	–	–	–	–	4.157,62	101,49	59,07	11,17	0	4434

Figura 6.31 - Caracterização das unidades geomorfológicas do estado do Paraná. Fonte: Santos et al. (2006).

6.3.5. Aspectos geomorfológicos da Área de Influência Indireta (AII) da PCH Cianorte

A AII da PCH Cianorte (bacia do rio Ligeiro) localiza-se predominantemente no Planalto de Umuarama, limitado a leste e norte pelo Planalto de Campo Mourão, subunidades do Terceiro Planalto Paranaense (Figura 6.32). Para Santos et al. (2006) as principais características dessa subunidade morfoescultural são: altitudes que variam entre 240 a 660 m de altitude, dissecação média, topos alongados e aplainados, vertentes convexas e com grau de inclinação baixo e vales em “V”.

Na AII, a partir da análise do mapa hipsométrico (Figura 6.33) constatam-se altitudes que variam entre aproximadamente 330 m na foz do rio Ligeiro chegando a 600 m no terço superior da bacia. Predominam na bacia áreas com cotas altimétricas entre 490 e 570 m (Tabela 6.3).

As declividades das vertentes são baixas, sendo a maior parte da área representada por valores que variam entre 3 e 8% de inclinação (Tabela 6.4). Ao longo do entalhamento fluvial dos afluentes do rio Ligeiro a inclinação das vertentes assume valores que variam entre 8 até 20%.

O relevo da AII é, predominantemente, suave ondulado a ondulado (Figura 6.34), apresentando topos aplainados com vertentes onde predomina a forma côncavo-convexa.

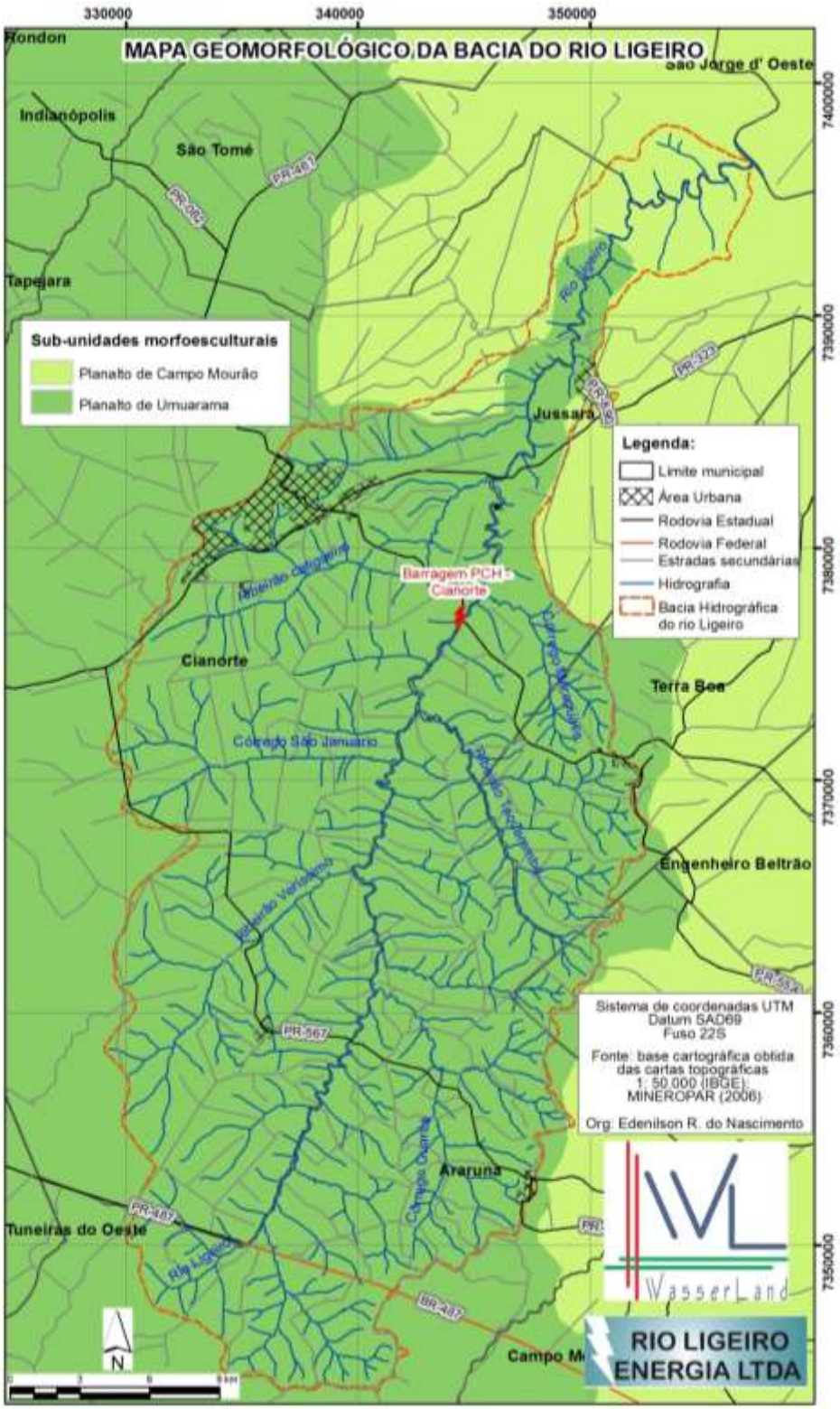


Figura 6.32 - Mapa geomorfológico da bacia do rio Ligeiro. Fonte: Santos et al. (2006).

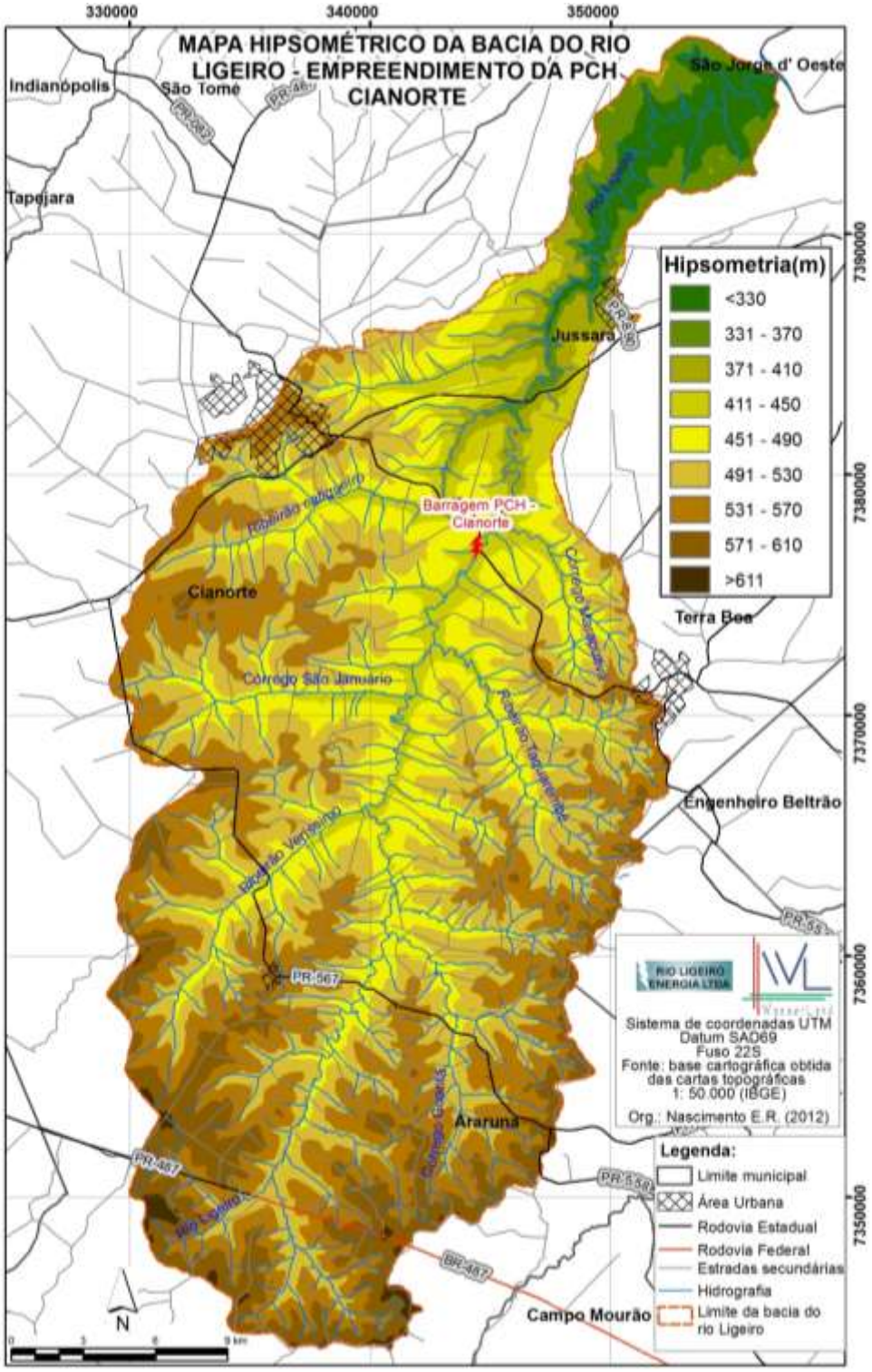


Figura 6.33 - Mapa de hipsometria na área de influência indireta da PCH Cianorte. Fonte: adaptado de IBGE (2005).

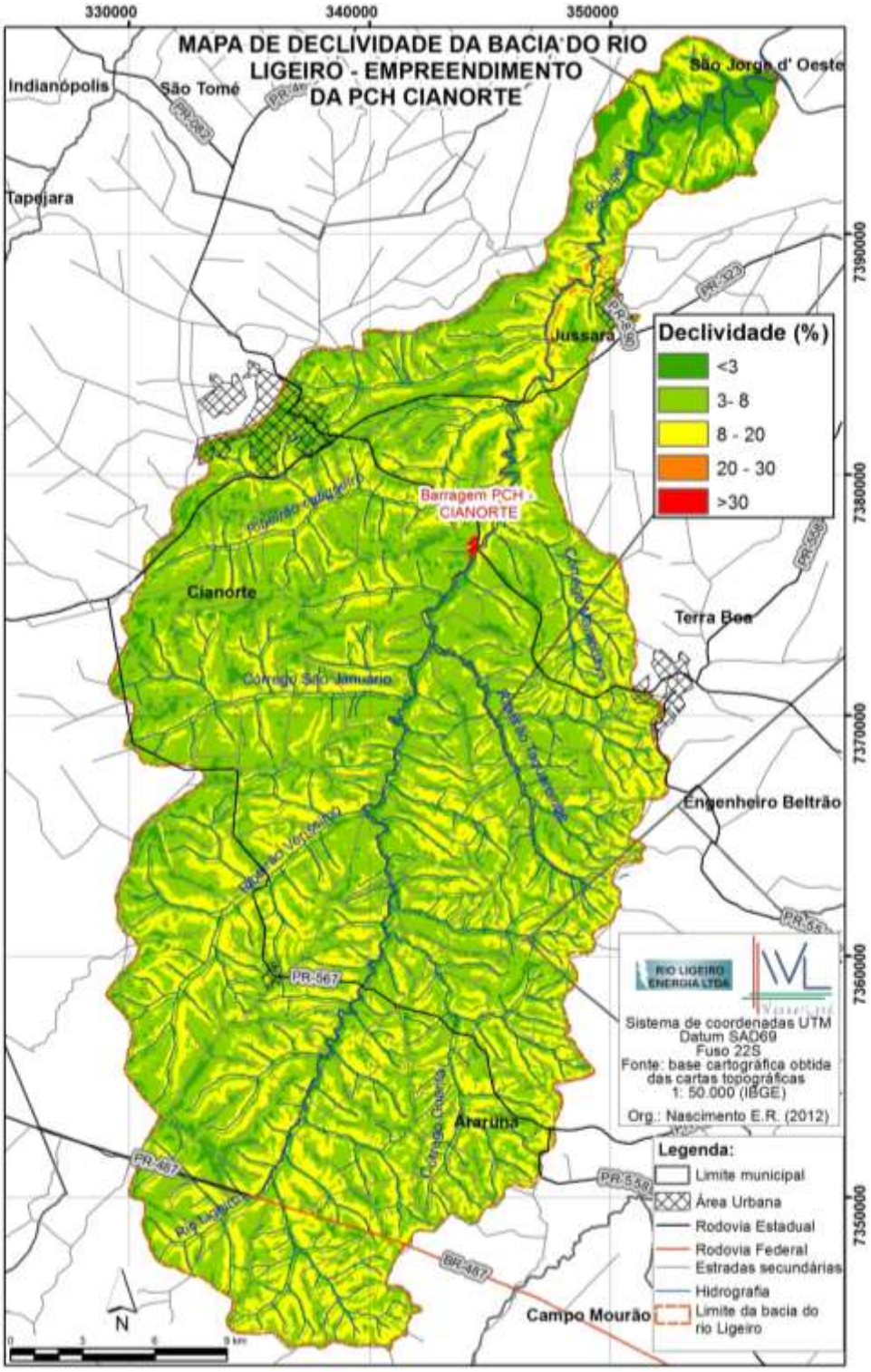


Figura 6.34 - Mapa de classes de declividade da área de influência indireta da PCH Cianorte. Fonte: adaptado de IBGE (2005).

Tabela 6.3 - Área (ha) e porcentagem das classes hipsométricas na Área de Influência Indireta da PCH Cianorte.

Classe hipsométrica	Área (ha)	Área (%)
<330	2800,44	3,61
331-37o	3120,75	4,03
371-410	2882,43	3,72
411-450	8083,89	10,43
451-490	11821,23	15,25
491-530	14919,66	19,25
531-570	16075,83	20,74
571-610	11589,84	14,95
>611	6216,93	8,02

Tabela 6.4 - Área (ha) e porcentagem das classes de declividade existentes na Área de Influência Indireta da PCH Cianorte.

Classe de declividade [1]	Área (ha)	Área (%)
Plano (abaixo de 3%)	15119,31	19,51
Suave ondulado (entre 3 e 8%)	21880,71	28,23
Ondulado (entre 8 e 20%)	23257,08	30,00
Forte ondulado (entre 20 e 45%)	17253,90	22,26

Nota: [1]As classes de declividade são baseadas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).



Figura 6.35 - Relevo plano a suave ondulado que se sobressai na All da PCH Cianorte, na bacia hidrográfica do rio Ligeiro. Ponto 401. Coordenadas UTM 344596 e 7375884, Fuso 22 K.

As atividades antrópicas são variadas, mais notadamente relativas à silvicultura, plantação de mandioca, de soja e de cana-de-açúcar. Diferentemente dos outros dois terços do rio, neste há poucas áreas destinadas à pastagem, com o relevo mais íngreme.

6.3.6. Aspectos geomorfológicos da Área de Influência Direta (AID) da PCH Cianorte

A AID da PCH Cianorte possui cotas que variam desde 371 até 530 m (Tabela 6.5), com relevo suave ondulado e plano predominando, mas ocorrendo também relevo ondulado a forte ondulado, principalmente na área do canal de desvio. O grau de entalhamento do vale neste terço superior do rio Ligeiro onde se localiza a PCH faz com que o rio escoe mais encaixado na área próxima ao canal de desvio (Figura 6.36), com relativa energia e formando corredeiras (Figura 6.37) e uma considerável queda de água aproximadamente 150 m a jusante do barramento.

Tabela 6.5 - Área (ha) e porcentagem das classes hipsométricas na Área de Influência Direta da PCH Cianorte.

Classe hipsométrica	Área (ha)	Área (%)
371-410	242,00	16,05839416
411-450	715,00	47,44525547
451-490	550,00	36,49635036

Na Figura 6.39 apresenta-se o mapa geomorfológico da AID da PCH Cianorte.



Figura 6.36 - Aspecto do rio Ligeiro, escoando relativamente encaixado na área próxima ao canal de desvio na AID da PCH Cianorte. Ponto 405. Coordenadas UTM 345909 e 7378940, Fuso 22 K.



Figura 6.37 - Aspecto do rio Ligeiro, escoando relativamente encaixado na área próxima ao canal de desvio na AID da PCH Cianorte. Ponto 456. Coordenadas UTM 345003 e 7377627, Fuso 22 K.

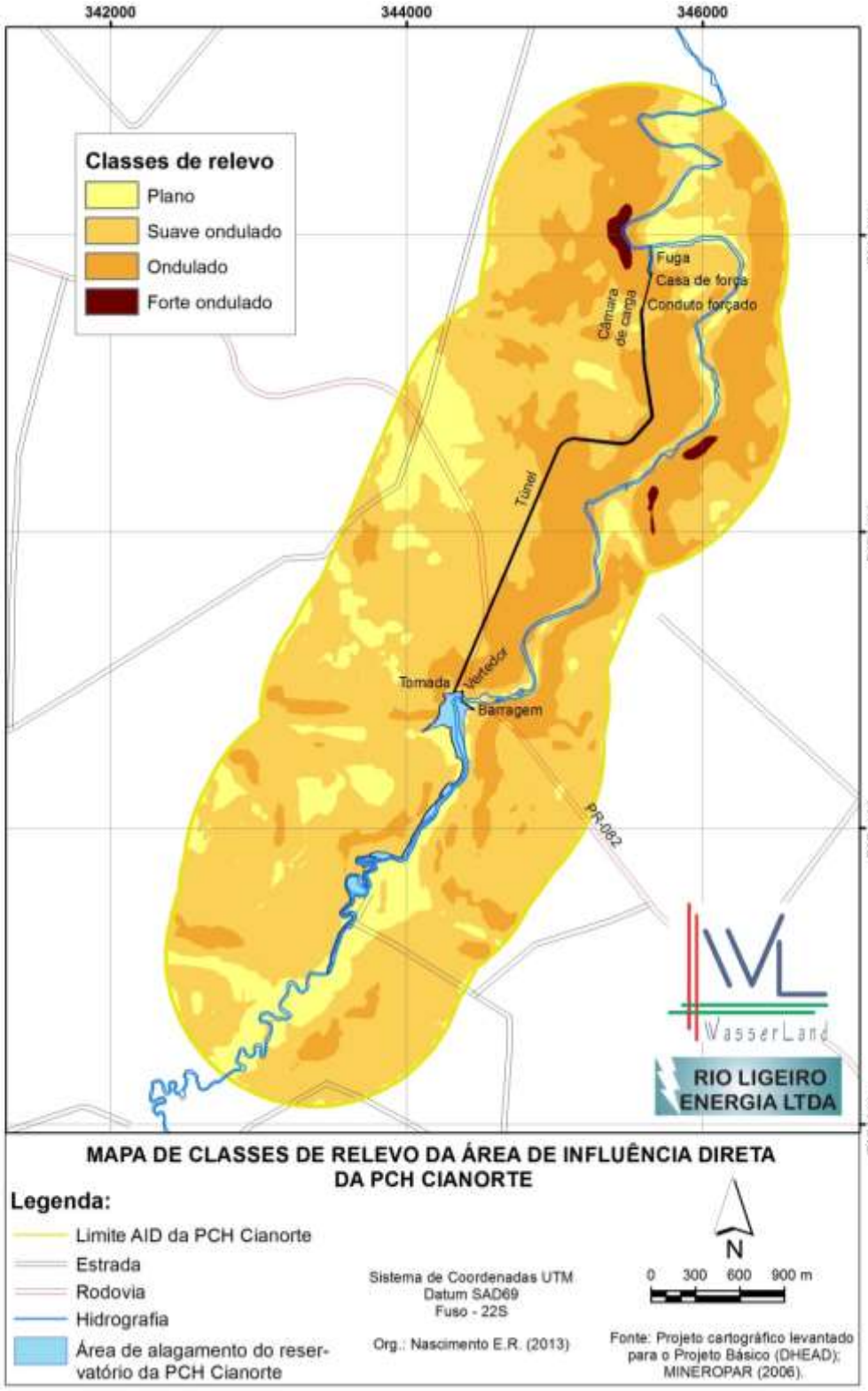


Figura 6.38 - Mapa de classes de relevo da AID da PCH Cianorte. Fonte: adaptado de IBGE (2005).

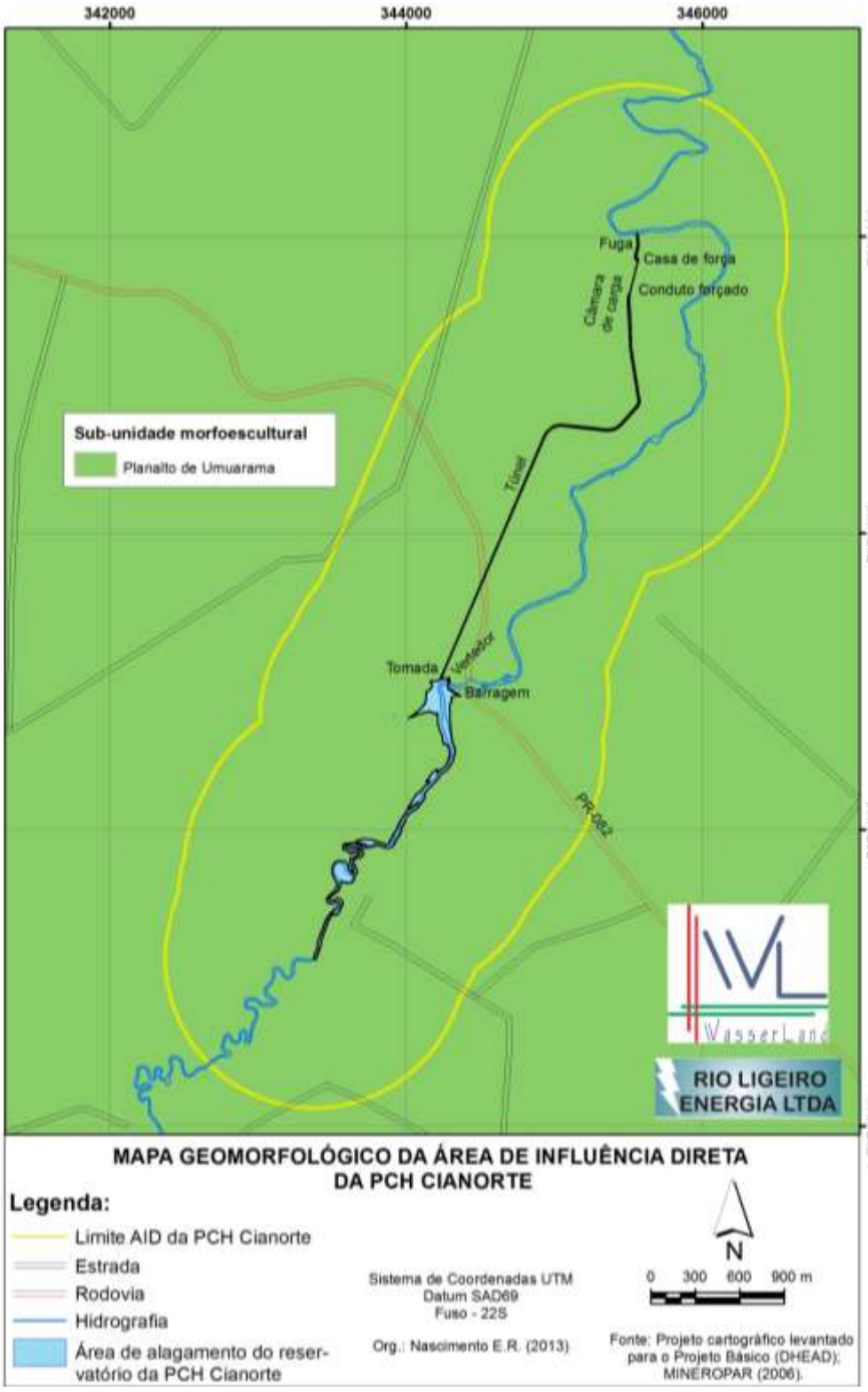


Figura 6.39 - Mapa geomorfológico da AID da PCH Cianorte. Fonte: Santos et al. (2006).

O grau predominante de declividade na AID da PCH refere-se a valores entre 3 e 8% de inclinação (Tabela 6.6), e está associado ao relevo suave ondulado, que corresponde a 57,49% da área. A classe de relevo ondulado com valores entre 8 e 20% de inclinação representa 29,08% da área, principalmente nas proximidades da área do túnel e canal de desvio (Figura 6.38). Valores abaixo de 3% de inclinação (plano) encontram-se preferencialmente nas cotas mais elevadas, sendo que classe forte ondulado está representada em pequena proporção principalmente nas imediações do canal de desvio e área do barramento representando 8,46% da área (Figura 6.38).

Tabela 6.6 - Área (ha) e porcentagem das classes de declividade existentes na Área de Influência Direta da PCH Cianorte.

Classe de declividade [1]	Área (ha)	Área (%)
Plano (abaixo de 3%)	227	15,1
Suave ondulado (entre 3 e 8%)	874	58,0
Ondulado (entre 8 e 20%)	398	26,4
Forte ondulado (entre 20 e 45%)	8	0,54

Nota: [1]As classes de declividade são baseadas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

Com relação ao uso da terra, a AID possui cultivos variados (soja, cana-de-açúcar, milho, etc.) de forma restrita.

6.3.7. Aspectos geológico-geomorfológicos da área diretamente afetada (ADA) da PCH Cianorte

A ADA é constituída pela área de construção do barramento, do túnel e canal de adução e da casa de força da PCH. O canal de adução será viabilizado em parte por canal a céu aberto e em parte por túnel, de forma que parte do acesso até a casa de força será subterrâneo.

Algumas nascentes de água existentes em meia encosta são captadas por agricultores, nas proximidades da ADA Cianorte. Por serem surgências de água, com vazões que variam muito pouco ao longo do tempo hidrológico, é possível que sejam oriundas de aquíferos profundos. Dessa forma, existe a possibilidade de que as obras

no túnel e canal de adução causem alteração na dinâmica das águas subsuperficiais (como as nascentes existentes) é muito pequena. Esse caso somente pode ocorrer, se, porventura, o canal venha a interceptar o sistema de fraturas que interliga o aquífero profundo com a surgência de água em superfície. Para tanto, deve-se programar um monitoramento da vazão das nascentes.

O acesso e movimentação ao local é feito por estradas rurais planejadas para viabilizar o plantio, cultivo e escoamento da produção agropecuária, cujas modificações são relativas à necessidade de transporte de máquinas e materiais destinados à obra.

A AID abrange na sua totalidade rochas básicas da Formação Serra Geral, mais notadamente basaltos de cor cinza a cinza escuro, representados pela zona intermediária de derrame. Sua presença é constante no leito fluvial (Figura 6.40).



Figura 6.40 - Queda d'água que ocorre aproximadamente 150 m abaixo do local do barramento da PCH Cianorte, atestando a presença de substrato basáltico. Ponto 445. Coordenadas UTM 344474 e 7377043, Fuso 22 K.

O relevo da ADA é predominantemente ondulado, principalmente ao longo do eixo do rio Ligeiro, e secundariamente suave ondulado na área onde o rio corre menos encaixado. O local de barramento será assentado sobre rocha basáltica aflorante ou com espessura de solo não significativa, na el. 359,10 m, com vale fluvial

fechado e sem planície fluvial expressiva (Figura 6.41 e 6.42), somente diques marginais.



Figura 6.41 - Aspecto da margem do rio Ligeiro no eixo do barramento da PCH Cianorte. Ponto 645. Coordenadas UTM 344326 e 7377042, Fuso 22 K.



Figura 6.42 - Trecho do rio Ligeiro no eixo do barramento da PCH Cianorte. Ponto 440. Coordenadas UTM 344328 e 7377063, Fuso 22 K.

6.4. CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS E USO DA TERRA

6.4.1. Contexto pedológico do estado do Paraná

Segundo Soil Taxonomy (1975) citado por IBGE (2007) O solo é “a coletividade de indivíduos naturais, na superfície da terra, eventualmente modificado ou mesmo construído pelo homem, contendo matéria orgânica viva e servindo ou sendo capaz de servir à sustentação de plantas ao ar livre. Em sua parte superior, limita-se com o ar atmosférico ou águas rasas. Lateralmente, limita-se gradualmente com rocha consolidada ou parcialmente desintegrada, água profunda ou gelo. O limite inferior é talvez o mais difícil de definir. Mas, o que é reconhecido como solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações de clima, organismos, material originário e relevo, através do tempo”.

O conhecimento do solo local é de importância na atuação de diversos profissionais envolvidos em estudos ambientais e de engenharia, tais como Engenheiros Civis, Biólogos, Agrônomos, Engenheiros Florestais, Geógrafos, Geólogos, dentre outros, cada qual dentro de suas respectivas especificidades e necessidades.

A classificação pedológica nacional vigente consiste numa evolução do antigo sistema americano, formulado por Baldwin, Kellogg e Thorp (1938), modificada por Thorp e Smith (1949). Esta classificação, que veio a ser nacionalizada, tem sua base fundada, em essência, nos conceitos centrais daquele sistema americano, contando, porém, com o amparo complementar de exposições elucidativas de conceitos e critérios, como foram proporcionados por algumas obras-chave. Os conceitos centrais do antigo sistema americano formam a base da atual classificação brasileira transmudada, cuja esquematização atual descende de modificações de critérios, alteração de conceitos, criação de classes novas, desmembramento de algumas classes originais e formalização de reconhecimento de subclasses de natureza transicional ou intermediárias (IBGE, 2007).

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2006) é um sistema taxonômico de classificação de solos, sendo multicategórico (6 níveis categóricos). As categorias do sistema são: ordem, subordem, grande grupo, subgrupo,

família e série. As categorias dividem-se em classes, que são separadas de acordo com características diferenciais (horizontes diagnósticos e atributos diagnósticos).

No primeiro nível categórico do SiBCS existem 13 ordens, as quais são separadas pela presença ou ausência de atributos, horizontes diagnósticos ou propriedades que são características passíveis de serem identificadas no campo, mostrando diferenças no tipo e grau de desenvolvimento de um conjunto de processos que atuaram na formação do solo. As 13 ordens são: Organossolos, Neossolos, Vertissolos, Espodossolos, Planossolos, Gleissolos, Latossolos, Chernossolos, Cambissolos, Plintossolos, Luvissolos, Nitossolos, Argissolos. Estas ordens dividem-se em subordens, grandes grupos e subgrupos no SiBCS.

Segundo o ITCG (2008), no Paraná ocorrem as seguintes ordens: Organossolos, Neossolos, Espodossolos, Gleissolos, Latossolos, Chernossolos, Cambissolos, Nitossolos e Argissolos, sendo que na área de estudo (bacia do rio Ligeiro) predominam Latossolos, Argissolos e Nitossolos (Figura 6.43).

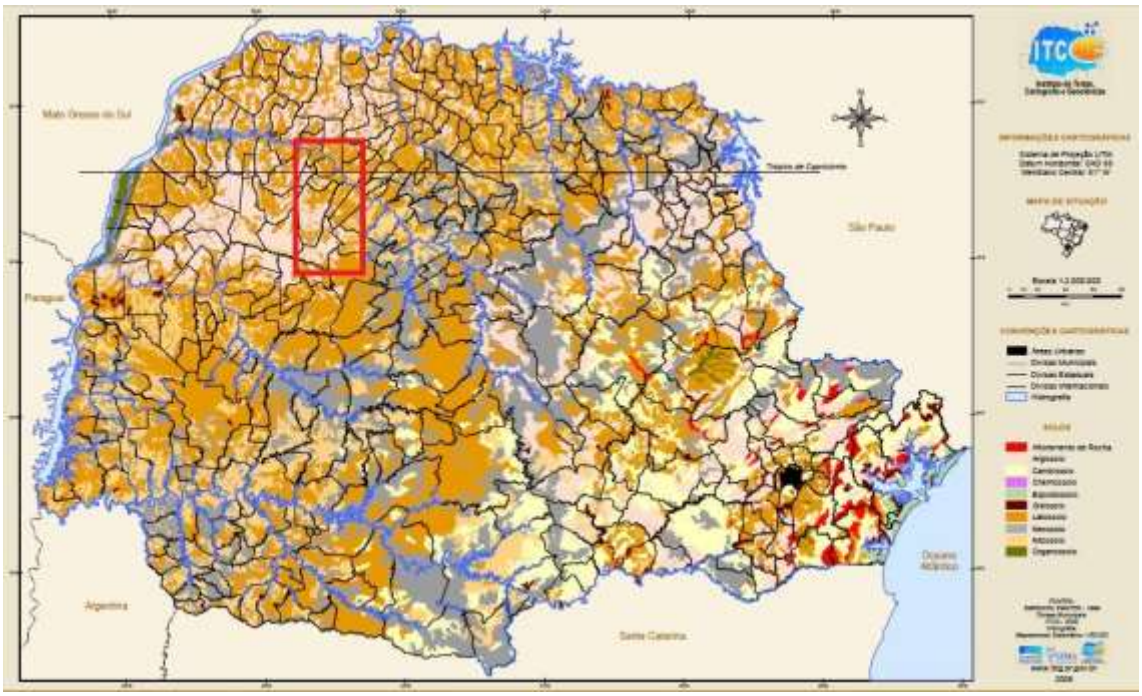


Figura 6.43 - Mapa esquemático de solos do estado do Paraná, com destaque para a localização aproximada da área de estudo. Fonte: ITCG (2008).

No estado do Paraná há levantamentos de reconhecimento de solos de todo o estado na escala 1:600.000 (EMBRAPA, 1984). Anteriormente também foi realizado o Levantamento de Reconhecimento de Solos da Região Noroeste do Estado do Paraná, que envolve a área de estudo na escala 1:300.000 (BRASIL, 1970).

Posteriormente a legenda destes levantamentos foi atualizada (BHERING e SANTOS, 2008), com novos mapas na escala de 1:600.000 e 1:250.000, nos quais os solos já se encontram caracterizados até o nível de subgrupo com base na versão mais recente do Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (EMBRAPA, 2006).

6.4.2. Aspectos pedológicos da Área de Influência Indireta (AII)

A Figura 6.44 apresenta o recorte das Folhas SF.22-Y-C MIR-495 e SF.22-Y-D MIR-496 da Carta de Solos do Estado do Paraná (legenda atualizada) (SANTOS et al., 2008a,b), apresentando a Área de Influência Indireta (bacia do rio Ligeiro).

Com base nas informações da Carta de Solos do Estado do Paraná (Escala 1:250.000) as unidades de mapeamento de solos existentes na Área de Influência Indireta (AII), com suas respectivas áreas e porcentagens, estão descritas na Tabela 6.7. Nesta Tabela, de forma concordante com ITCG (2008), as principais ordens de solos encontradas na AII são Latossolos, Argissolos e Nitossolos.

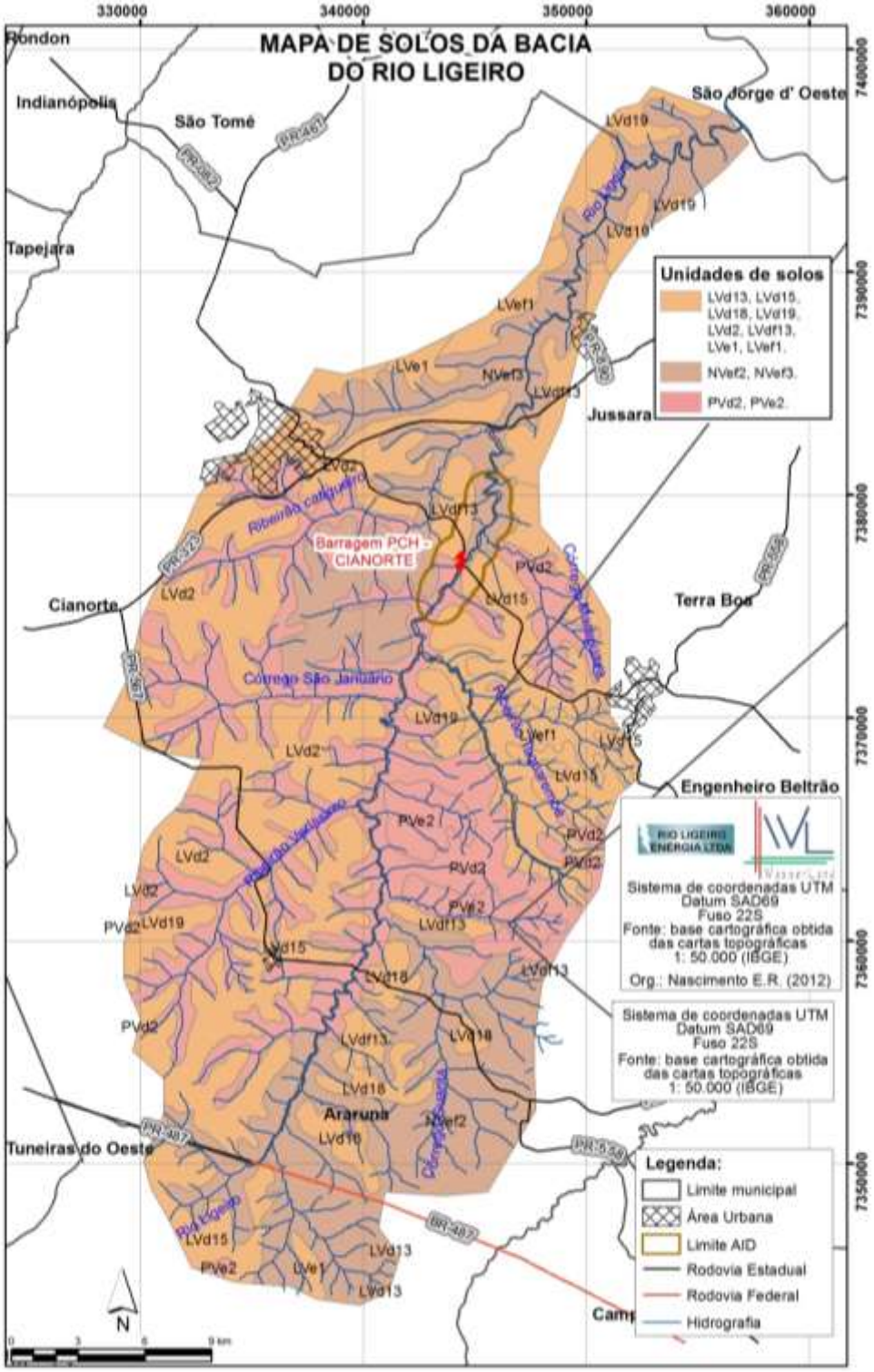


Figura 6.44 - Recorte das Folhas SF.22-Y-C MIR-496 e SF.22-Y-D MIR-495 da Carta de Solos do Estado do Paraná (legenda atualizada) (SANTOS et al., 2008a,b), apresentando a Área de Influência Indireta da PCH Cianorte.

Tabela 6.7 - Área (ha) e porcentagem das unidades de mapeamento de solos existentes na Área de Influência Indireta da PCH Cianorte.

Sigla	Unidade de Mapeamento	Área (ha)	Área (%)
LVd13	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura média, A moderado, álico, fase floresta subtropical subperenifólia, relevo suave ondulado	44,45	0,06
LVd15	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura média, A moderado, álico, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado	11046,67	14,21
LVd19	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura média, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado e plano	2887,54	3,71
LVd2	Associação de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico úmbrico + NITOSSOLO HÁPLICO Distrófico úmbrico, ambos textura argilosa, álicos, fase floresta subtropical perenifólia relevo suave ondulado	10954,24	14,09
LVd18	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado e plano	1954,08	2,51
LVe1	LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado	604,93	0,78
LVdf13	LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical perenifólia, relevo suave ondulado	2531,03	3,26
LVef1	LATOSSOLO VERMELHO Eutroférrico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical perenifólia relevo suave ondulado	4307,75	5,54
PVd2	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura arenosa/média, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado	20712,70	26,65
PVe2	ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abrúptico, textura arenosa/média, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado	2098,02	2,70
NVef2	NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical perenifólia, relevo ondulado	12191,00	15,68
NVef3	NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado e ondulado	10498,24	13,51

Fonte: adaptado de Bhering e Santos (2008).

Se observa pela Tabela 6.7 que, na AII há predomínio de unidades de mapeamento simples (PVd2, PVe2, LVdf13, LVef1, LVe1, LVd13, LVd15, LVd18, LVd19, NVef2 e NVef3) e apenas uma unidade de mapeamento composta (LVd2). Todavia, deve ser destacado que, mesmo nas unidades de mapeamento simples, podem ocorrer inclusões de outras classes taxonômicas de solos ou tipos de terrenos

(como afloramentos de rocha ou áreas urbanas). Segundo EMBRAPA (1995) no mínimo 70% dos pedons em cada delineação devem corresponder à classe taxonômica que lhe dá nome, porém a área restante pode corresponder a inclusões.

Pela análise da Figura 6.44 se observa que os Argissolos Vermelhos e Nitossolos Vermelhos, ocorrem predominantemente mais próximos em relação ao leito do rio Ligeiro e seus afluentes principais, que correspondem às áreas de relevo mais movimentado. Os Argissolos Vermelhos ocorrem predominantemente ao sul da bacia, enquanto os Nitossolos tem maior frequência no sudeste e norte da bacia.

Por outro lado os Latossolos Vermelhos ocorrem predominantemente nas áreas menos dissecadas da paisagem, em interflúvios mais amplos, com baixa densidade de drenagem. Em alguns casos os Latossolos ocorrem em associação com Nitossolos Háplicos (unidade de mapeamento LVd2).

6.4.2.1. Latossolos Vermelhos

Os solos da AID atualmente descritos como Latossolos Vermelhos (EMBRAPA, 2006) eram anteriormente classificados (BRASIL, 1970; EMBRAPA, 1984) como Latossolos Vermelho-Escuros e Latossolos Roxos. Os solos anteriormente descritos como Latossolos Vermelho-Escuros correspondem aproximadamente aos atuais Latossolos Vermelhos Distróficos, enquanto os solos anteriormente descritos como Latossolos Roxos correspondem aproximadamente aos atuais Latossolos Vermelhos Distroférricos e Eutroférricos.

Segundo EMBRAPA (1984) os solos anteriormente denominados de Latossolos Vermelho-Escuros eram minerais, com B latossólico, de textura argilosa ou média, ricos em sesquióxidos, porém com teores de óxidos de ferro, titânio e manganês menores que os antigos Latossolos Roxos. Ainda segundo EMBRAPA (1984) os antigos Latossolos Vermelho-Escuros são solos muito profundos, com espessura do *sólum* superior a 3 m, muito porosos e permeáveis, acentuadamente a fortemente drenados quando de textura média, preponderantemente álicos e distróficos. São também indicadas como características marcantes destes solos os baixos teores de

silte e a baixa relação silte/argila, com horizonte B com cores com valor nunca superior a 4 e cromas podendo chegar até 8.

Estas características, descritas acimas por EMBRAPA (1984), foram percebidos no perfil de solo, localizado na unidade de mapeamento LVd15, que está ilustrado nas Figuras 6.45 e 6.46 e cujos dados analíticos constam na Tabela 6.8.



Figura 6.45 - Perfil de solo encontrado na unidade de mapeamento LVd15, localizado em Terra Boa (PR), na rodovia PR 082 em direção a Cianorte. Coordenadas UTM 348718 e 7370979 (Fuso 22 K). Ponto 298.



Figura 6.46 - Paisagem de ocorrência do perfil de solo encontrado na unidade de mapeamento LVd15, localizado em Terra Boa (PR), na rodovia PR 082 em direção a Cianorte. Coordenadas UTM 348718 e 7370979 (Fuso 22 K). Ponto 298.

Tabela 6.8 - Dados analíticos de um perfil de solo encontrado na unidade de mapeamento LVd15, localizado em Terra Boa (PR), na rodovia PR 082 em direção a Cianorte. Coordenadas UTM 348718 e 7370979 (Fuso 22 K). Ponto 298.

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor úmida	Estrutura
A	0-40	Bruno avermelhado (2,5YR 4/4)	Moderada pequena blocos subangulares e pequena granular
B	40-240^{+}	Vermelho (2,5YR 4/6)	Moderada grande blocos subangulares

Horizonte	Profundidade	Areia	Silte	Argila	Textura	Relação silte/argila
	cm	g/kg				
A	0-40	730	70	200	Franco-argilo-arenosa	0,35
B	40-240^{+}	626	49	325	Franco-argilo-arenosa	0,15

Relação textural (B/A) = 1,6

Horizonte	Profundidade	pH em $CaCl_2$	Índice SMP	Al^{+3}	H+Al	Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^{+}
	(cm)			$cmol_c/dm^3$				
A	0-40	3,8	6,7	0,8	3,0	1,3	0,2	0,11
B	40-240^{+}	3,5	6,2	1,2	4,3	0,2	0,1	0,04

Horizonte	Profundidade	SB	T	Ativ. arg.	P	C	M.O.	Ca/Mg
	(cm)	$cmol_c/dm^3$			mg/dm^3	g/dm^3		
A	0-40	1,61	4,61	23	1,2	15,3	26,4	6,5
B	40-240^{+}	0,34	4,64	14	0,7	9,6	16,6	2,0

Horizonte	Profundidade	Saturação por bases (V)	Saturação por alumínio (m)
	(cm)	%	%
A	0-40	35	33
B	40-240^{+}	7	78

Observações: SB = soma de bases; T= capacidade de troca de cátions a pH 7,0; Ativ. arg. = CTC da fração argila ($cmol_c/dm^3$ argila). Análises granulométricas realizadas no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal do Paraná (Curitiba, PR), conforme a metodologia descrita em Embrapa (1997). Análises químicas realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal do Paraná (Curitiba, PR), conforme a metodologia descrita em Marques e Motta (2003).

Os dados analíticos descritos para o solo na Tabela 6.8 (espessura, cor, estrutura, relação silte/argila, atividade da argila, etc.) são compatíveis com a atual de classificação de Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2006), conforme consta na Figura 6.44 (unidade de mapeamento LVd15). Observa-se pela Tabela 6.8 que este solo, em sua condição natural apresenta baixa fertilidade natural (elevada acidez e saturação por alumínio, e baixa saturação por bases). Porém, deve ser ressaltado que, em geral, este solo encontra-se em atividade de produção agrícola intensiva (principalmente lavouras de grãos) e deve estar, em grande parte, corrigido em relação a sua acidez e teores de macronutrientes.

Na Tabela 6.9 constam alguns dados analíticos de um perfil de Latossolo descrito em EMBRAPA (1984), que está localizado dentro ou muito próximo da AII (não há descrição das coordenadas do perfil na referida bibliografia).

Tabela 6.9 - Alguns dados analíticos de um perfil de solo descrito por EMBRAPA (1984, p. 175-177) na rodovia PR 323 entre Cianorte e Cruzeiro do Oeste a 12 km de Cianorte (PR).

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor úmida	Estrutura
A	0-5	Vermelho escuro (2,5 YR 3/2)	Fraca pequena e média granular
AB	5-25	Bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4)	
BA	25-50		Forte ultrapequena granular com aspecto de maciça porosa
B_1	50-115		
B_2	115-195$^+$	Vermelho escuro (2,5 YR 3/4)	

Horizonte	Profundidade	Areia	Silte	Argila	Textura	Relação silte/argila
	cm	g/kg				
A	0-5	800	60	140	Franco arenosa	0,42
AB	5-25	850	40	110	Areia franca	0,36
BA	25-50	860	30	110	Areia franca	0,274
B_1	50-115	840	30	130	Areia franca	0,23
B_2	115-195$^+$	800	40	160	Franco arenoso	0,25

Horizonte	Profundidade	pH em H_2O	pH em KCl	Al^{+3}	H^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^+
	(cm)			$cmol_c/kg$				
A	0-5	5,8	4,9	0,0	2,4	2,1	1,1	0,59
AB	5-25	4,9	3,9	0,6	1,5	0,7		0,10
BA	25-50	4,8	3,9	0,7	1,0	0,6		0,05
B_1	50-115	4,9	4,1	1,0	1,1	0,3		0,03
B_2	115-195$^+$	5,2	4,1	0,7	0,2	0,3		0,03

Horizonte	Profundidade	SB	T	P	C	N	Fe_2O_3 (g/kg)	Ki
	(cm)	$cmol_c/kg$		mg/kg	g/kg			
A	0-5	3,9	6,3	9	11,8	1,0	20	2,07
AB	5-25	0,9	3,0	1	4,5	0,3	18	1,95
BA	25-50	0,7	2,4	1	2,7	0,2	19	1,94
B_1	50-115	0,4	2,5	1	2,6	0,2	23	1,89
B_2	115-195$^+$	0,5	1,4	1	1,4	0,1	28	1,92

Atividade da argila (B_2) = 8,75 $cmol_c$/kg argila

Horizonte	Profundidade	Saturação por bases (V)	Saturação por alumínio (m)
	(cm)	%	%
A	0-5	62	0
AB	5-25	30	40
BA	25-50	29	50
B_1	50-115	16	71
B_2	115-195$^+$	36	58

Observações: SB = soma de bases; T= capacidade de troca de cátions a pH 7,0. A nomenclatura de horizontes foi atualizada conforme SANTOS et al. (2005). Não há descrição de coordenadas na citada bibliografia.

O perfil descrito na Tabela 6.9 se enquadra na atual classificação de Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2006), compatível com as unidades de mapeamento LVd15 e LVd13 (Figura 6.44).

As Figuras 6.47 e 6.48 apresentam outras paisagens de ocorrência de Latossolos Vermelhos Distróficos típicos, de textura média, observadas na bacia do rio Ligeiro durante o trabalho de campo.

Através das Figuras 6.47 e 6.48 pode-se observar que as áreas nas quais há predominância de Latosssolos Vermelhos Distróficos típicos de textura média (unidades de mapeamento LVd13, LVd15, LVd19) os relevos são plano a suave ondulados, utilizados predominantemente com culturas agrícolas (soja, mandioca, etc.) ou pastagens.



Figura 6.47 - Paisagens de ocorrência da unidade de mapeamento LVd15, no município de Cianorte (PR), entre a rodovia BR 487 e a localidade de São Lourenço, com cultivo de mandioca (esquerda) e pastagens (direita). Coordenadas UTM 333737 e 7351162 (esquerda) e 331681 e 7353191 (direita) (Fuso 22 K). Pontos 270 (esquerda) e 274 (direita).



Figura 6.48 - Paisagem de ocorrência da unidade de mapeamento LVd15, no município de Jussara (PR), na rodovia PR 082 entre Terra Boa e Cianorte, cultivada com soja. Coordenadas UTM 346891 e 7373198 (Fuso 22 K). Ponto 299.

As áreas da unidade de mapeamento LVd15 (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura média, A moderado, álico, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado) correspondem a 14,21% da AII (Tabela 6.7) e estão localizadas principalmente no sudoeste da bacia (entre as localidades de São Lourenço e Nova Brasília) e nas proximidades de Terra Boa. A unidade mapeamento LVd19 (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura média, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado e plano) corresponde a 3,71% da AII (Tabela 6.7), ocorrendo nas cabeceiras do ribeirão Veríssimo, no vale do ribeirão Taquarembé, e no final da bacia do rio Ligeiro. A unidade de mapeamento LVd13 (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura média, A moderado, álico, fase floresta subtropical subperenifólia, relevo suave ondulado) corresponde a apenas 0,06% da AII (Tabela 6.7), localizada nas cabeceiras do córrego Quarenta e Um no sul da bacia do rio Ligeiro.

Apesar do relevo suave ondulado, os solos das áreas das unidades de mapeamento LVd13, LVd15 e LV19 possuem elevado teor de areia (Tabelas 6.8 e 6.9),

o que favorece a ocorrência de erosão entre sulcos (Figura 6.47) ou em até em sulcos, e o consequente assoreamento dos corpos d´água. Quando sujeitos ao decapeamento do terreno estes solos são muito sujeitos à erosão (Figura 6.46). Estes aspectos podem ser considerados desfavoráveis à operação e vida útil das PCHs projetadas no inventário do rio Ligeiro (DESIGN HEAD, 2010), especialmente aquelas situadas a montante na bacia, o que é o caso da PCH Cianorte, que se localiza próximo das áreas de Latossolos Vermelhos Distróficos típicos com textura média.

Nas lavouras e pastagens observou-se, no trabalho de campo, pequena ou nenhuma medida para contenção destes processos erosivos. Nas estradas rurais ainda se notou a presença de obras como terraços e caixas de contenção visando minimizar o problema (Figura 6.49), em algumas regiões da bacia.



Figura 6.49 - Aspecto de obras de conservação de estradas rurais (terraços e caixas de contenção) em área da unidade de mapeamento LVd15, no município de Cianorte (PR), entre a rodovia BR 487 e a localidade de São Lourenço. Coordenadas UTM 331690 e 7353581 (esquerda) e 333269 e 7352009 (direita) (Fuso 22 K). Pontos 275 (esquerda) e 272 (direita).

Outro grupo de Latossolos Vermelhos muito comuns na AII são aqueles com textura argilosa, mas com teores de Fe_2O_3 inferiores a 180 g/kg, representados pelas unidades de mapeamento LVd2, LVd18 e LVe1. As Figuras 6.50 a 6.52 ilustram perfis e paisagens de ocorrência, encontrados nestas unidades de mapeamento de solos.



Figura 6.50 - Perfil de solo observado na área da unidade de mapeamento LVd2, localizado no município de Cianorte (PR), na rodovia PR 082 próximo ao trevo com a rodovia PR 323. Coordenadas UTM 339198 e 7381493 (Fuso 22 K). Ponto 034.



Figura 6.51 - Paisagem de ocorrência da unidade de mapeamento LVd2, localizado no município de Cianorte (PR), na rodovia PR 082 próximo ao trevo com a rodovia PR 323. Coordenadas UTM 339198 e 7381493 (Fuso 22 K). Ponto 034.



Figura 6.52 - Perfil de solo observado na área da unidade de mapeamento LVd2, localizado em Cianorte (PR), na rodovia PR 323 em direção a Jussara. Coordenadas UTM 344938 e 7383230 (Fuso 22 K). Ponto 303.

A unidade mapeamento LVd2 (Associação de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico úmbrico + NITOSSOLO HÁPLICO Distrófico úmbrico, ambos textura argilosa, álicos, fase floresta subtropical perenifólia relevo suave ondulado) corresponde a 14,09% da AII (Tabela 6.7), ocorrendo nos interflúvios da porção oeste da bacia do rio Ligeiro. As áreas da unidade de mapeamento LVd18 (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado e plano) correspondem a 2,51% da AII (Tabela 6.7) e estão localizadas principalmente no sudeste da bacia. A unidade de mapeamento LVe1 (LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado) corresponde a apenas 0,78% da AII (Tabela 6.7), com duas pequenas ocorrências no sul e no norte da bacia. De modo geral as áreas de Latossolos Vermelhos de textura argilosa apresentam menores riscos de erosão. A maior parte da área urbana de Cianorte (que é a maior cidade da AII) está assentada sobre a unidade de mapeamento LVd2 (Figura 6.53).



Figura 6.53 - Paisagens da área urbana e industrial do município de Cianorte, localizada sobre a unidade de mapeamento LVd2. Coordenadas UTM 335968 e 7382868 (esquerda) 340770 e 7382717 (direita) (Fuso 22 K).

O último grupo de Latossolos Vermelhos existentes na AII são aqueles com textura argilosa e com teores de Fe_2O_3 entre 180 e 360 g/kg, representados pelas unidades de mapeamento LVdf13 e LVef1. As Figuras 6.54 a 6.56 ilustram perfis e paisagens de ocorrência destas unidades de mapeamento de solos.



Figura 6.54 - Perfil de solo observado na área da unidade de mapeamento LVdf13, localizado no município de Cianorte (PR), na rodovia PR 082 em direção a Terra Boa. Coordenadas UTM 343334 e 7378977 (Fuso 22 K). Ponto 302.



Figura 6.55 - Paisagem observada na área da unidade de mapeamento LVdf13, localizada no município de Cianorte (PR), na rodovia PR 082 em direção a Terra Boa, cultivada com soja. Coordenadas UTM 343334 e 7378977 (Fuso 22 K). Ponto 302.



Figura 6.56 - Paisagem observada na área da unidade de mapeamento LVdf13, localizada em área rural ao norte da sede do município de Jussara (PR). No lado esquerdo se observa uma área de preservação, e no lado direito o cultivo com soja. Coordenadas UTM 350450 e 7389460 (Fuso 22 K). Ponto 344.

A unidade mapeamento LVdf13 (LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical perenifólia, relevo suave

ondulado) corresponde a 3,26% da AII (Tabela 6.7) e as áreas da unidade de mapeamento LVef1 (LATOSSOLO VERMELHO Eutroférrico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical perenifólia relevo suave ondulado) correspondem a 5,54% da AII (Tabela 6.7).

Os solos das unidades de mapeamento LVdf13 e LVef1 correspondem aos solos classificados em levantamentos mais antigos (BRASIL, 1970; EMBRAPA, 1984) como Latossolos Roxos.

Segundo EMBRAPA (1984) os solos anteriormente denominados de Latossolos Roxos são minerais, não hidromórficos, com horizonte B latossólico, formados à partir de rochas eruptivas básicas, muito profundos (normalmente mais de 3 m de espessura), porosos, muito friáveis, acentuadamente drenados, com argila de baixa capacidade de troca de cátions, coloração uniforme ao longo do perfil, textura muito argilosa, e atração magnética pelo imã comum. Ainda, segundo EMBRAPA (1984), estes solos são muito resistentes à erosão em condições naturais. Porém, após serem colocados em cultivo, a susceptibilidade destes solos à erosão pode variar em função do declive, comprimento da pendente, tipo de manejo, tempo de utilização e espécie de cultura.

6.4.2.2. Argissolos Vermelhos

Os Argissolos Vermelhos encontrados na AII eram anteriormente denominados de Podzólicos Vermelho Amarelos, os quais, segundo EMBRAPA (1984) no estado do Paraná são solos minerais, com horizonte B textural e sequência de horizontes A-Bt-C, com eventual presença de horizonte E, com textura variando de arenosa/média a média/muito argilosa.

Segundo EMBRAPA (1984) os solos desta classe derivados de arenitos geralmente não apresentam baixo grau de floculação nos horizontes superficiais, associada a mudança textural que, muitas vezes, chega a ser abrupta. Este fato, associado à situação topográfica em que podem ocorrer estes solos propicia ou favorece uma erosão que, em certos casos, pode se tornar catastrófica.

Na bacia estudada estes solos ocorrem predominantemente na porção intermediária da bacia, nos vales abertos do rio Ligeiro e seus afluentes (Figura 6.44).

Segundo Sá e Caviglione (1999) a região do Arenito Caiuá apresenta solos com alta suscetibilidade à erosão que, devido a sua fragilidade e manejo, encontram-se em adiantado grau de degradação física e química com níveis críticos de matéria orgânica.

Deve ser destacado que, no trabalho de campo realizado na bacia, em muitos casos o horizonte A do solo já se encontrava erodido, com exposição do horizonte B em posição superficial. A perda do horizonte A era decorrente do intensivo uso, principalmente com pastagens, que caracterizou a região por muitos anos. A Figura 6.57 ilustra uma condição de uso inadequado com pastagens que levou à perda dos horizontes superficiais do solo. Por este motivo não foi possível encontrar perfis de solo com características típicas de Argissolo Vermelho pois, em geral, os horizontes BA ou B já se encontravam expostos à superfície do terreno.



Figura 6.57 - Paisagem de ocorrência da unidade de mapeamento PVd2, localizada no município de Peabiru (PR), na estrada entre Araruna e Terra Boa, ocupada com pastagens degradadas, na qual se observa o processo de perda acentuada dos horizontes superficiais do solo. Coordenadas UTM 348673 e 7360066 (Fuso 22 K). Ponto 293.

Na Tabela 6.10 constam alguns dados analíticos de um perfil de Argissolo descrito em EMBRAPA (1984), o qual está localizado próximo da AII, no município de Tapejara (não há descrição das coordenadas do perfil na referida bibliografia).

Tabela 6.10 - Alguns dados analíticos de um perfil de solo descrito por EMBRAPA (1984, p. 514-516) na estrada de Tapejara para Tuneiras do Oeste, a 2 km de Tapejara (PR).

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor úmida	Estrutura
A_1	0-20	Bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3,5/4)	Grãos simples
A_2	20-60	Bruno avermelhado (5 YR 4/4)	
BAt	60-100	Bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4)	Fraca pequena e média blocos subangulares e grãos simples
B_1t	100-140	Bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/5)	Moderada pequena e média blocos subangulares
B_2t	147-210	Vermelho escuro (2,5 YR 3/6)	
BC	210-280	Vermelho escuro (2,5 YR 3,5/6)	Não foi descrita

Horizonte	Profundidade	Areia	Silte	Argila	Textura	Relação silte/argila
	cm	g/kg				
A_1	0-20	880	70	50	Areia	1,4
A_2	20-60	890	70	40	Areia	1,75
BAt	60-100	780	80	140	Franco arenosa	0,57
B_1t	100-140	670	30	300	Franco argilo arenosa	0,10
B_2t	147-210	680	50	270	Franco argilo arenosa	0,19
BC	210-280	740	110	150	Franco arenosa	0,73

Relação textural (B/A) = 5,3

Horizonte	Profundidade	pH em H_2O	pH em KCl	Al^{+3}	H^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^+
	(cm)			$cmol_c/kg$				
A_1	0-20	5,9	4,1	0,2	1,4	0,9		0,06
A_2	20-60	5,6	4,6	0,0	1,0	0,7		0,04
BAt	60-100	6,3	4,6	0,0	1,4	1,6	0,3	0,04
B_1t	100-140	5,3	4,8	0,9	1,8	1,4	0,8	0,07
B_2t	147-210	4,9	3,6	1,7	1,7	0,6	0,5	0,07
BC	210-280	4,6	3,6	1,8	0,9	0,7	0,8	0,04

Horizonte	Profundidade	SB	T	P	C	N	Fe_2O_3	Ki
	(cm)	$cmol_c/kg$		mg/kg	g/kg		(g/kg)	
A_1	0-20	1,0	2,6	1	3,0	0,5	20	2,38
A_2	20-60	0,8	1,8	1	1,4	0,2	20	2,31
BAt	60-100	2,0	3,4	1	1,7	0,3	28	2,10
B_1t	100-140	2,3	5,0	1	2,2	0,4	44	2,04
B_2t	147-210	1,2	4,6	1	1,9	0,3	47	2,07
BC	210-280	1,6	4,3	1	0,7	0,2	32	2,20

Atividade da argila (B_1) = 16,7 $cmol_c/kg$ argila

Horizonte	Profundidade	Saturação por bases (V)	Saturação por alumínio (m)
	(cm)	%	%
A_1	0-20	38	17
A_2	20-60	44	0
BAt	60-100	59	0
B_1t	100-140	46	28
B_2t	147-210	26	59
BC	210-280	37	53

Observações: SB = soma de bases; T= capacidade de troca de cátions a pH 7,0. A nomenclatura de horizontes foi atualizada conforme SANTOS et al. (2005). Não há descrição de coordenadas na citada bibliografia. Na descrição do perfil é indicada a presença de uma linha de pedras ou concreções na profundidade de 140-147 cm.

O perfil descrito na Tabela 6.10 se enquadra na atual classificação como Argissolo Vermelho Distrófico arênico (EMBRAPA, 2006), o qual apresenta muita semelhança aos solos das atuais unidade de mapeamento PVd2 e PVe2 (Figura 6.43).

As Figuras 6.58 a 6.60 apresentam outras paisagens de ocorrência de Argissolos Vermelhos, de textura média, observadas na bacia do rio Ligeiro durante o trabalho de campo.



Figura 6.58 - Paisagem de ocorrência da unidade de mapeamento PVd2, localizada no município de Cianorte (PR), a sudoeste da localidade de São Lourenço. Coordenadas UTM 333201 e 7355995 (Fuso 22 K). Ponto 278.



Figura 6.59 - Paisagem de ocorrência da unidade de mapeamento PVd2, localizada no município de Peabiru (PR), na estrada entre Araruna e Terra Boa, cultivada com mandioca. Coordenadas UTM 349731 e 7361156 (Fuso 22 K). Ponto 294.



Figura 6.60 - Paisagem de ocorrência da unidade de mapeamento PVd2, localizada no município de Peabiru (PR), na estrada entre Araruna e Terra Boa. Coordenadas UTM 348191 e 7359315 (Fuso 22 K). Ponto 292.

Percebe-se nas Figuras 6.59 e 6.60 a ocorrência comum de processos de erosão entre sulcos e em sulcos nas áreas da unidade de mapeamento PVd2 e PVe2, em consequência dos elevados teores de areia observados nestes solos (suave ondulado a ondulado), bem como da declividade, em geral maior do que nas áreas de Latossolos anteriormente descritos (plano a suave ondulado).

As áreas correspondentes a unidades de mapeamento com predominância de Argissolos (PVd2 e PVe2) são utilizadas com culturas agrícolas ou pastagens e encontram-se, em geral, em condições ruins de conservação. Observou-se, em vários locais da bacia, que estes solos apresentam-se em geral ocupados com cultivo de soja, mandioca, cana-de-açúcar ou pastagens. Em muitas áreas se observou ausência ou insuficiência de práticas de conservação de solo, para fazer frente ao elevado risco de erosão existente nestes solos, e consequente assoreamento dos corpos d´água. Este

aspecto configura um aspecto relevante no projeto de futuras PCHs no rio Ligeiro, em especial aquelas situadas em cotas a montante, conforme definido no Inventário Hidrelétrico do rio Ligeiro (DESIGN HEAD, 2010), como é o caso da PCH Cianorte.

A unidade mapeamento PVd2 (ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura arenosa/média, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado) corresponde a 26,65% da AII (Tabela 6.7), enquanto as áreas da unidade de mapeamento PVe2 (ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abrúptico, textura arenosa/média, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado) correspondem a 2,70% da AII (Tabela 6.7). Ambas as unidades de mapeamento estão localizadas principalmente nos vales abertos do rio Ligeiro e seus afluentes no terço médio da bacia.

6.4.2.3. Nitossolos Vermelhos

Com relação aos Nitossolos Vermelhos mapeamento na AII por SANTOS et al. (2008a,b) deve-se distinguir as duas unidades de mapeamento existentes, pois observou-se à campo muita diferença entre as mesmas.

A unidade de mapeamento NVef2 (NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical perenifólia, relevo ondulado) situa-se nas partes mais dissecadas do sudeste da bacia do rio Ligeiro. Esta unidade de mapeamento era originalmente descrita por BRASIL (1970) como PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO abrúptico textura média fase floresta tropical subperenifólia relevo ondulado e suave ondulado (PE4), e por EMBRAPA (1984) como PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb abrúptico A moderado textura arenosa/média fase floresta tropical subperenifólia relevo ondulado (PE2).

Já a unidade de mapeamento NVef3 (NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado e ondulado) situa-se nas partes mais dissecadas da metade norte da bacia do rio Ligeiro. Esta unidade de mapeamento era originalmente descrita por BRASIL (1970) como TERRA ROXA ESTRUTURADA EUTRÓFICA orto textura argilosa fase floresta

subperenifólia relevo suave ondulado e ondulado (Tre), e por EMBRAPA (1984) como TERRA ROXA ESTRUTURADA EUTRÓFICA A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado e ondulado (TRe3).

Nota-se maior concordância entre os levantamentos antigos (BRASIL, 1970; EMBRAPA, 1984) e o atual mapa de solos (SANTOS et al., 2008a,b) para a unidade de mapeamento NVef3. Por outro lado, para a unidade de mapeamento NVef2 há maior discordância entre os levantamentos anteriores e o mapa atual. No levantamento de campo realizado para a execução do RAS da PCH Cianorte também se observou esta discordância, na medida em que os solos existentes na unidade de mapeamento NVef2 em geral apresentavam maior teor de areia do que aqueles observados na unidade NVef3. As Figuras 6.61 a 6.66 apresentam perfis e paisagens de ocorrência da unidade de mapeamento NVef2 observadas na bacia do rio Ligeiro, a qual corresponde a 15,68% da AII da PCH Cianorte. Através destas Figuras pode-se observar que a maior parte da área desta unidade de mapeamento encontra-se ocupada com culturas agrícolas (principalmente soja).



Figura 6.61 - Perfil de solo encontrado na unidade de mapeamento NVef2, localizado no município de Araruna (PR), ao lado da rodovia BR 487 próximo à localidade de Nova Brasília, cultivada com soja. Há a presença de compactação (“pé de grade”) a 10 cm da superfície do solo. Coordenadas UTM 336350 e 7349669 (Fuso 22 K). Ponto 266.



Figura 6.62 - Paisagem de ocorrência da unidade de mapeamento NVef2, localizada no município de Araruna (PR), ao lado da rodovia BR 487 próximo à localidade de Nova Brasília. Coordenadas UTM 336350 e 7349669 (Fuso 22 K). Ponto 266.



Figura 6.63 - Perfil de solo encontrado na unidade de mapeamento NVef2, localizado no município de Araruna (PR), ao lado da rodovia PR 567 em direção a São Lourenço. Coordenadas UTM 342729 e 7357558 (Fuso 22 K). Ponto 284.



Figura 6.64 - Paisagem de ocorrência da unidade de mapeamento NVef2, localizada no município de Araruna (PR), ao lado da rodovia PR 567 em direção a São Lourenço. Coordenadas UTM 342729 e 7357558 (Fuso 22 K). Ponto 284.



Figura 6.65 - Perfil de solo encontrado na unidade de mapeamento NVef2, localizado no município de Araruna (PR), ao lado da rodovia PR 567 em direção a São Lourenço. Coordenadas UTM 345465 e 7353993 (Fuso 22 K). Ponto 285.



Figura 6.66 - Paisagem de ocorrência da unidade de mapeamento NVef2, localizada no município de Araruna (PR) na estrada em direção a Terra Boa. Coordenadas UTM 348352 e 7356306 (Fuso 22 K). Ponto 289.

Em algumas áreas inseridas dentro da unidade de mapeamento NVef2 observou-se a presença de solos com elevados teores de areia (Figuras 6.67 e 6.68 e Tabela 6.11), indicando que possivelmente há a necessidade de refinamento dos limites desta unidade de mapeamento em relação à unidade PVd2. Estas possíveis inclusões representam maior risco de erosão, devido aos elevados teores de areia encontrados (Tabela 6.11) nestes solos. Deve ser ressaltado, no entanto, que Santos et al. (2008a,b) foi obtido à partir de levantamentos de reconhecimento, não havendo levantamentos semidetalhados ou detalhados da área de estudo.



Figura 6.67 - Paisagem que está geograficamente inserida na unidade de mapeamento NVef2, localizada no município de Araruna (PR), na estrada em direção a Terra Boa, utilizado com cafeicultura e pastagens. Coordenadas UTM 348090 e 7354777 (Fuso 22 K). Ponto 288.



Figura 6.68 - Perfil de solo que está geograficamente inserido na unidade de mapeamento NVef2, localizado no município de Araruna (PR), na estrada em direção a Terra Boa. Coordenadas UTM 348351 e 7356307 (Fuso 22 K). Ponto 290.

Tabela 6.11 - Dados analíticos de um perfil de solo que está geograficamente inserido na unidade de mapeamento NVef2, localizado no município de Araruna (PR), na estrada em direção a Terra Boa. Coordenadas 348351 e 7356307 (Fuso 22 K). Ponto 290.

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor úmida	Estrutura
A	0-15	Vermelho (2,5YR 4/6)	Moderada média a grande blocos subangulares e grãos simples
B	15-200^{+}	Vermelho (2,5YR 4/8)	Forte grande a muito grande blocos subangulares

Horizonte	Profundidade	Areia	Silte	Argila	Textura	Relação silte/argila
	cm	g/kg				
A	0-15	812	13	175	Franco-arenosa	0,07
B	15-200^{+}	731	69	200	Franco-argilo-arenosa	0,35

Horizonte	Profundidade	pH em $CaCl_2$	Índice SMP	Al^{+3}	H+Al	Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^{+}
	(cm)			$cmol_c/dm^3$				
A	0-15	4,1	5,6	1,6	6,7	0,7	0,1	0,04
B	15-200^{+}	3,8	4,8	3,8	12,1	1,1	0,2	0,05

Horizonte	Profundidade	SB	T	Ativ. arg.	P	C	M.O.	Ca/Mg
	(cm)	$cmol_c/dm^3$			mg/dm^3	g/dm^3		
A	0-15	0,84	7,54	43	2,4	23,2	40,0	7,0
B	15-200^{+}	1,35	13,45	67	1,7	36,3	62,4	5,5

Horizonte	Profundidade	Saturação por bases (V)	Saturação por alumínio (m)
	(cm)	%	%
A	0-15	11	66
B	15-200^{+}	10	74

Observações: SB = soma de bases; T= capacidade de troca de cátions a pH 7,0; Ativ. arg. = CTC da fração argila ($cmol_c/dm^3$ argila). Análises granulométricas realizadas no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal do Paraná (Curitiba, PR), conforme a metodologia descrita em Embrapa (1997). Análises químicas realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal do Paraná (Curitiba, PR), conforme a metodologia descrita em Marques e Motta (2003).

Os solos situados na unidade de mapeamento NVef3 apresentam maior relevância para o presente trabalho por estarem situados mais próximos da PCH Cianorte, correspondendo a 13,51% da AII.

As Figuras 6.69 a 6.71 apresentam paisagens de ocorrência da unidade de mapeamento NVef3 na AII da PCH Cianorte. Observa-se nestas Figuras que esta unidade de mapeamento ocorre em áreas com relevo mais movimentado (chegando a ser ondulado), e tendo várias áreas de preservação ainda conservadas em seus limites.



Figura 6.69 - Paisagem de ocorrência da unidade de mapeamento NVef3, ao lado da rodovia PR 082, divisa do municípios de Cianorte e Jussara (PR). Coordenadas UTM 344414 e 7377009 (Fuso 22 K). Ponto 300.



Figura 6.70 - Paisagem de ocorrência da unidade de mapeamento NVef3, ao lado da rodovia PR 323, na divisa do municípios de Cianorte e Jussara (PR). Coordenadas UTM 346394 e 7383032 (Fuso 22 K). Ponto 304.



Figura 6.71 - Paisagem observada na área da unidade de mapeamento NVef3, localizada em área rural ao norte da sede do município de Jussara (PR), utilizada com pastagens. Coordenadas UTM 349387 e 7388998 (Fuso 22 K). Ponto 342.

6.4.3. Aspectos pedológicos da Influência Direta (AID) e da Área Diretamente Afetada (ADA)

A Figura 6.72 apresenta o recorte das Folhas SF.22-Y-C MIR-495 e SF.22-Y-D MIR-496 da Carta de Solos do Estado do Paraná (legenda atualizada) (SANTOS et al., 2008a,b), apresentando a Área de Influência Direta da PCH Cianorte. A Tabela 6.12 apresenta a proporção de cada unidade de mapeamento na AID da PCH Cianorte.

As Figuras 6.73 a 6.75 ilustram a distribuição das unidades de mapeamento de solo predominantes na paisagem da AID da PCH Cianorte.

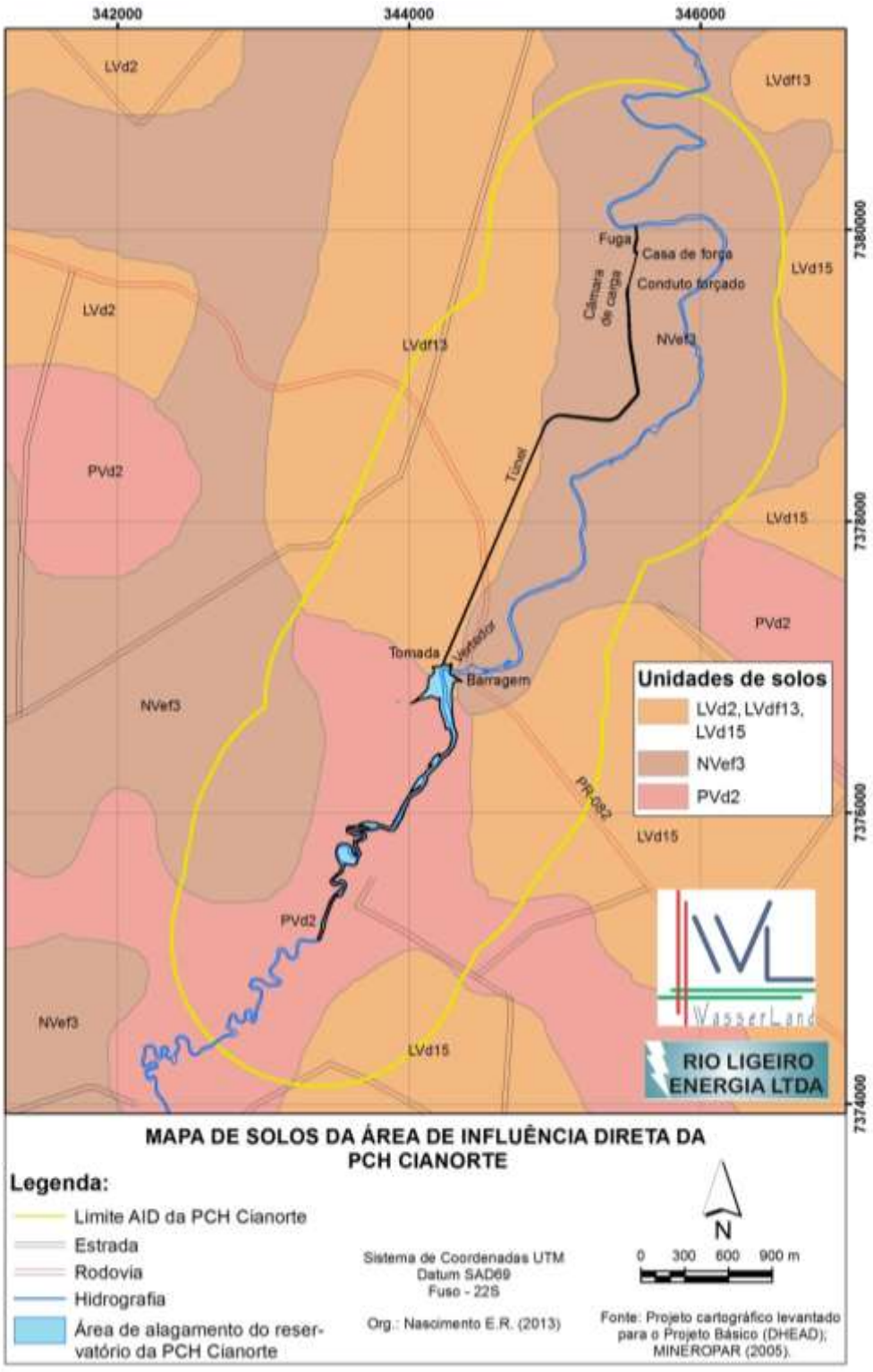


Figura 6.72 - Recorte das Folhas SF.22-Y-C MIR-495 e SF.22-Y-D MIR-496 da Carta de Solos do Estado do Paraná (legenda atualizada) (SANTOS et al., 2008a,b), apresentando a Área de Influência Direta da PCH Cianorte.

Tabela 6.12 - Área (ha) e porcentagem das unidades de mapeamento de solos existentes na Área de Influência Direta da PCH Cianorte.

SIGLA	UNIDADE DE MAPEAMENTO	Área (ha)	Área (%)
NVef3	NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado e ondulado	650	43,13
LVdf13	LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical perenifólia, relevo suave ondulado	300	19,91
LVd15	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura média, A moderado, álico, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado	200	13,27
PVd2	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura arenosa/média, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado	357	23,69

Fonte: adaptado de Bhering e Santos (2008).

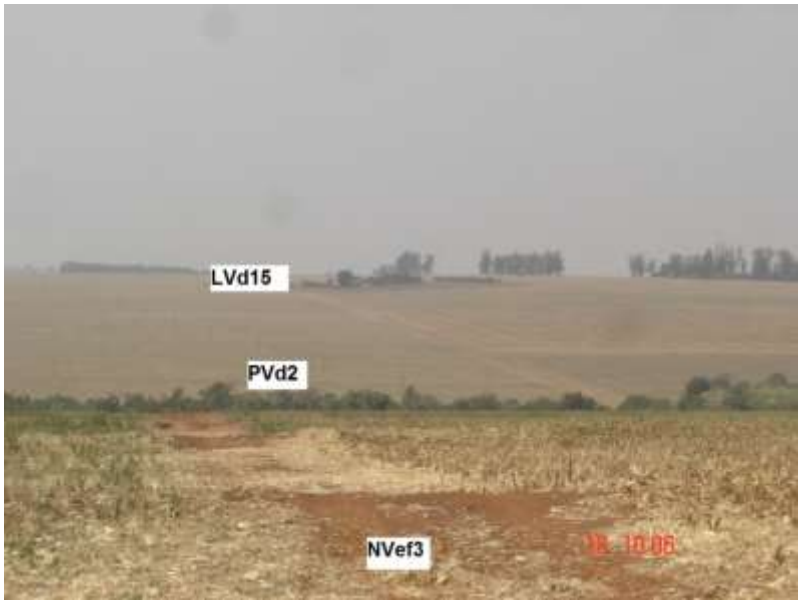


Figura 6.73 - Paisagem da porção meridional da AID da PCH Cianorte na qual estão indicadas as unidades de mapeamento de solos, na divisa dos municípios de Cianorte e Jussara (PR). Ponto da foto 419. Coordenadas UTM 343074 e 7376132 (Fuso 22 K).

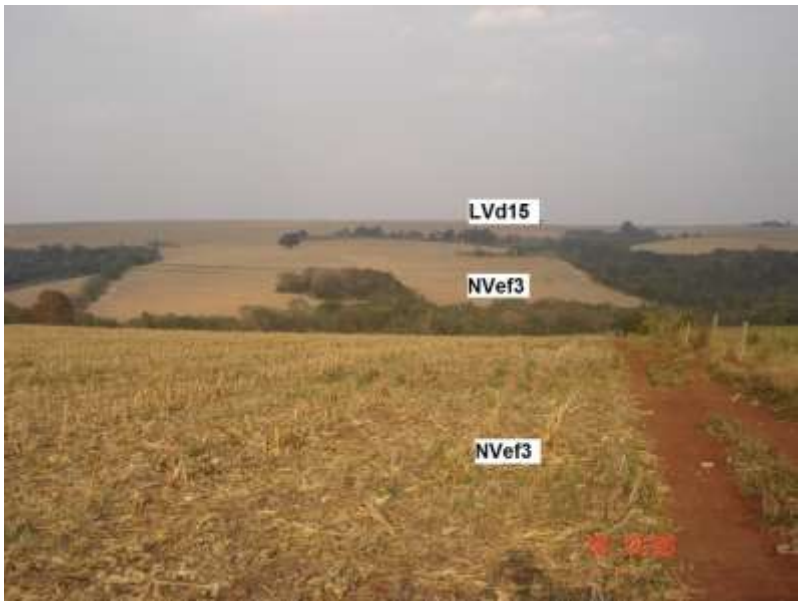


Figura 6.74 - Paisagem na AID da PCH Cianorte, na área do canal adutor, na qual estão indicadas as unidades de mapeamento de solos, na divisa dos municípios de Cianorte e Jussara (PR). Ponto da foto 474. Coordenadas UTM 345387 e 7379286 (Fuso 22 K).

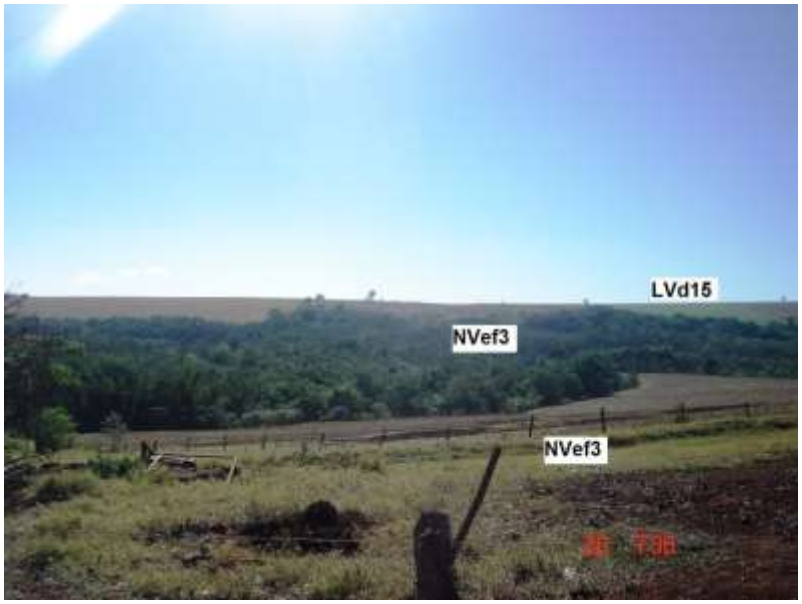


Figura 6.75 - Paisagem da porção setentrional da AID da PCH Cianorte na qual estão indicadas as unidades de mapeamento de solos, na divisa dos municípios de Cianorte e Jussara (PR). Ponto da foto 606. Coordenadas UTM 345281 e 7380714 (Fuso 22 K).

As Figuras 6.73 a 6.75 permitem observar que as áreas da unidade de mapeamento LVd15 estão situadas na partes mais altas e menos dissecadas da

paisagem, enquanto as unidades de mapeamento NVef3 e PVd2 estão situadas mais próximas do vale do rio Ligeiro e de seu afluente na AID, o córrego Marapuava.

Observa-se na Figura 6.72 e Tabela 6.12 que a unidade de mapeamento predominante na AID é a NVef3 (NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado e ondulado), a qual corresponde a 43,13% da AID (Tabela 6.12).

As Tabelas 6.13 e 6.14 contém dados analíticos de perfis de solo, localizados na unidade de mapeamento NVef3, que estão ilustrados nas Figuras 6.76 a 6.78.

Tabela 6.13 - Dados de um Nitossolo Vermelho encontrado na unidade de mapeamento NVef3, localizado nas proximidades da casa de força da PCH Cianorte, no município de Jussara (PR). Ponto 378. Coordenadas UTM 346473 e 7380409 (Fuso 22 K).

Horizonte	Descrição morfológica
Ap	0-10 cm, vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido) e vermelho (10R 4/8, seco); franco argilo arenosa; forte pequena a média blocos subangulares e muito pequena granular; ligeiramente dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa.
Bt	10-60^{+}, vermelho escuro acinzentado (10R 3/3, úmido) e vermelho escuro (10R 3/6, seco); argila; forte grande a muito grande blocos subangulares; cerosidade moderada e abundante; dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Horizonte	Profundidade	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
	cm	g/kg				
Ap	0-10	200	430	60	310	0,19
Bt	10-60^{+}	320	100	140	440	0,32

Relação textural (B/A) = 1,4

Horizonte	Profundidade	pH em H_2O	pH em $CaCl_2$	Al^{+3}	H+Al	Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^{+}
	(cm)			$cmol_c/dm^3$				
Ap	0-10	5,9	5,3	0,0	3,42	4,05	1,19	0,41
Bt	10-60^{+}	5,7	5,1	0,0	3,55	3,95	0,72	0,15

Horizonte	Profundidade	SB	T	Ativ. arg.	P	C	M.O.	Ca/Mg
	(cm)	$cmol_c/dm^3$			mg/dm^3	g/dm^3		
Ap	0-10	5,65	9,07	29,2	10,85	11,72	20,21	3,41
Bt	10-60^{+}	4,83	8,38	19,0	1,42	5,31	9,16	5,47

Horizonte	Profundidade	Saturação por bases (V)	Saturação por alumínio (m)
	(cm)	%	%
Ap	0-10	62,3	0,0
Bt	10-60^{+}	57,6	0,0

Observações: SB = soma de bases; T= capacidade de troca de cátions a pH 7,0; Ativ. arg. = CTC da fração argila ($cmol_c/dm^3$ argila). Análises químicas realizadas no Laboratório Rural de Maringá (Maringá, PR), conforme a metodologia descrita em Pavan et al. (1992).



Figura 6.76 - Perfil de Nitossolo Vermelho Eutroférrico encontrado na unidade de mapeamento NVef3, localizado em Jussara (PR), na AID da PCH Cianorte. Ponto 378. Coordenadas UTM 346473 e 7380409 (Fuso 22 K).



Figura 6.77 - Paisagem de ocorrência do perfil de Nitossolo Vermelho encontrado na AID da PCH Cianorte, localizado em Jussara (PR). Ponto 378. Coordenadas UTM 346473 e 7380409 (Fuso 22 K).

Tabela 6.14 - Dados de um solo encontrado na unidade de mapeamento NVef3, localizado nas proximidades do reservatório da PCH Cianorte, no município de Cianorte (PR). Ponto 413. Coordenadas UTM 343994 e 7376959 (Fuso 22 K).

Horizonte	Descrição morfológica
A	0-20 cm, vermelho escuro (10R 3/6, úmido) e vermelho (10R 4/8, seco); argilo arenosa; forte média a grande blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa.
Bt	20-120^{+}, vermelho escuro (10R 3/6, úmido) e vermelho (10R 4/6, seco); argila; forte grande blocos angulares; cerosidade moderada e comum; dura, firme, plástica e ligeiramente pegajosa.

Horizonte	Profundidade	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Relação silte/argila
	cm	g/kg				
A	0-20	410	110	80	400	0,2
Bt	20-120^{+}	310	60	100	530	0,2

Relação textural (B/A) = 1,3

Horizonte	Profundidade	pH em H_2O	pH em $CaCl_2$	Al^{+3}	H+Al	Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^{+}
	(cm)			$cmol_c/dm^3$				
A	0-20	6,8	6,0	0,00	3,18	8,72	1,40	0,18
Bt	20-120^{+}	7,2	6,4	0,00	2,45	4,11	0,89	0,03

Horizonte	Profundidade	SB	T	Ativ. arg.	P	C	M.O.	Ca/Mg
	(cm)	$cmol_c/dm^3$			mg/dm^3	g/dm^3		
Ap	0-20	10,30	13,48	25,4	2,22	25,15	43,36	6,22
Bt	20-120^{+}	5,03	7,48	14,1	0,89	4,71	8,12	4,60

Horizonte	Profundidade	Saturação por bases (V)	Saturação por alumínio (m)
	(cm)	%	%
A	0-20	76,42	0,00
Bt	20-120^{+}	67,24	0,00

Observações: SB = soma de bases; T= capacidade de troca de cátions a pH 7,0; Ativ. arg. = CTC da fração argila ($cmol_c/dm^3$ argila). Análises químicas realizadas no Laboratório Rural de Maringá (Maringá, PR), conforme a metodologia descrita em Pavan et al. (1992).



Figura 6.78 - Perfil de solo encontrado na unidade de mapeamento NVef3, localizado nas proximidades do reservatório da PCH Cianorte, no município de Cianorte (PR). Ponto 413. Coordenadas UTM 343994 e 7376959 (Fuso 22 K).

Os solos da unidade de mapeamento NVef3 apresentam relevo suave ondulado a ondulado, e uso com agricultura (principalmente soja, milho e cana-de-açúcar) ou áreas de preservação. De modo geral são solos profundos a pouco profundos. Um aspecto favorável à revegetação das áreas de APP do reservatório e das áreas que forem degradadas na ADA é o fato destes solos estarem mapeados como eutróficos, indicando boa fertilidade natural.

Embora os Nitossolos sejam os solos predominantes na unidade de mapeamento NVef3, também há ocorrência de outras classes de solos. Segundo EMBRAPA (1984, p. 346-347), além dos Nitossolos, também podem ocorrer, como inclusões dentro da unidade de mapeamento NVef3, os Latossolos Vermelhos Férricos, Chernossolos Argilúvicos, Neossolos Litólicos e Gleissolos.

Deve ser observado que, no trecho do rio Ligeiro inserido na unidade de mapeamento NVef3 na AID, o mesmo se encontrava bastante encaixado, com reduzida

ocorrência de Gleissolos, sendo mais comum a existência de eventuais Neossolos Flúvicos nas margens do rio.

Na AID da PCH Cianorte há poucas áreas de relevo forte ondulado, onde normalmente se encontram os Neossolos Litólicos (Figura 6.79) ou Neossolos Regolíticos.



Figura 6.79 - Perfil de Neossolo Litólico encontrado na unidade de mapeamento NVef3, localizado nas proximidades do túnel adutor da PCH Cianorte, no município de Cianorte (PR). Ponto 454. Coordenadas UTM 345120 e 7377749 (Fuso 22 K).

A Figura 6.80 apresenta a paisagem de ocorrência da unidade de mapeamento LVdf13 (LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical perenifólia, relevo suave ondulado) na AID da PCH Cianorte.



Figura 6.80 - Área de ocorrência da unidade de mapeamento LVdf13 observada na AID da PCH Cianorte, no município de Cianorte (PR). Ponto 458. Coordenadas UTM 344214 e 7378620 (Fuso 22 K).

Em geral a unidade de mapeamento LVdf13 está localizada nas cotas mais elevadas da paisagem, nas posições menos dissecadas do terreno e corresponde a 19,91% da AID (Tabela 6.12). São, em geral, solos muito profundos, argilosos e bem drenados, e localizados mais distantes da área de alagamento ou da área de futuras obras na construção da PCH. A maior parte das áreas da unidade de mapeamento LVdf13, dentro da AID, já estão utilizadas com cultivos agrícolas anuais (principalmente soja ou milho). O empreendimento não deve ter expressivo impacto sobre os solos da unidade de mapeamento LVdf13 na AID, pois já se encontram em geral em plena atividade agrícola, e apenas vias de acesso podem eventualmente cruzar esta unidade de mapeamento.

Foi observado no trabalho de campo, no entanto, que na AID da PCH Cianorte, as porções em cotas mais elevadas desta paisagem, dentro da unidade de mapeamento LVdf13, apresentam solos com maior teor de areia (Figura 6.81), que poderiam ser enquadrados como Latossolos Vermelhos com textura média, que corresponderiam à unidade de mapeamento LVd15.



Figura 6.81 - Área situada dentro da unidade de mapeamento LVdf13, mas que nitidamente apresenta maior teor de areia observada na AID da PCH Cianorte, no município de Cianorte (PR). Ponto 408. Coordenadas UTM 343987 e 7378470 (Fuso 22 K).

A unidade de mapeamento LVd15 (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura média, A moderado, álico, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado) ocorre em 13,27% da AID da PCH Cianorte, principalmente no município de Jussara da AID. A Figura 6.82 apresenta a paisagem de ocorrência desta unidade de mapeamento.

Os solos da unidade de mapeamento LVd15 estão localizados nas cotas mais elevadas da paisagem, nas posições menos dissecadas do terreno. São, em geral, solos muito profundos, porém de textura média e bem drenados, e localizados mais distantes da área de alagamento ou da área de futuras obras na construção da PCH. Devido à textura mais arenosa, são solos mais susceptíveis à erosão entre sulcos (laminar), conforme foi constatado no trabalho de campo. A maior parte das áreas da unidade de mapeamento LVd15, dentro da AID, já estão utilizadas com cultivos agrícolas anuais (principalmente cana-de-açúcar). O empreendimento não deve ter expressivo impacto sobre os solos da unidade de mapeamento LVd15, pois já se encontram em geral em plena atividade agrícola, e não é previsto nenhuma obra ou

deslocamento para as obras da PCH Cianorte passando por esta unidade de mapeamento.



Figura 6.82 - Área de ocorrência da unidade de mapeamento LVd15 observada na AID da PCH Cianorte, no município de Jussara (PR). Ponto 402. Coordenadas UTM 344656 e 7376053 (Fuso 22 K).

A unidade de mapeamento PVd2 (ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura arenosa/média, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado) ocorre em 23,69% da AID da PCH Cianorte, principalmente nas cotas mais baixas da porção meridional da AID (Figura 6.83). Devido à proximidade do reservatório da PCH Cianorte e os teores de areia destes solos, estas áreas constituem em condição de maior risco de erosão (Figura 6.84), e possibilidade de contribuição para ao assoreamento do reservatório, devendo o PACUERA prever a necessidade de implantação de APP no entorno.



Figura 6.83 - Área de ocorrência da unidade de mapeamento PVd2 observada nas imediações da AID da PCH Cianorte, próximo ao Córrego Marapuava, no município de Jussara (PR). Ponto da foto 388. Coordenadas UTM 347494 e 7376633 (Fuso 22 K).



Figura 6.84 - Área de ocorrência de erosão na unidade de mapeamento PVd2 observada nas proximidades da AID da PCH Cianorte, nas imediações do Córrego Marapuava, no município de Jussara (PR). Ponto 388. Coordenadas UTM 347494 e 7376633 (Fuso 22 K).

Dentro da ADA do reservatório da PCH Cianorte também foi constada a existência de pequenas áreas de Organossolos (Figura 6.85), as quais, ao serem

inundadas, podem contribuir para reduzir a qualidade da água do reservatório, por constituírem fonte de matéria orgânica para decomposição.



Figura 6.85 - Área de ocorrência de Organossolo na ADA do reservatório da PCH Cianorte. Ponto 396. Coordenadas UTM 343522 e 7375320 (Fuso 22 K).

Nas margens do rio Ligeiro na ADA do reservatório da PCH Cianorte também são encontrados solos com caráter flúvico (Figuras 6.86 e 6.87), como Neossolos Flúvicos e Cambissolos Flúvicos. Ressalta-se que estes solos são mais frágeis, devido à diferença de textura entre suas camadas, demandando especial atenção no programa ambiental que avalie a estabilidade das margens do futuro reservatório.



Figura 6.86 - Paisagem de ocorrência de solo com caráter flúvico na AID do reservatório da PCH Cianorte. Ponto 398. Coordenadas UTM 343705 e 7375586 (Fuso 22 K).



Figura 6.87 - Solo com caráter flúvico na ADA do reservatório da PCH Cianorte. Ponto 397. Coordenadas UTM 343590 e 7375517 (Fuso 22 K).

6.4.4. Uso do solo na Influência Indireta (AII) e da Área de Influência Direta (AID)

Com base na interpretação da carta imagem do satélite Landsat 5TM da bacia do rio Ligeiro (Figura 6.88), foi elaborado o mapa de classes de uso da terra (Figura 6.89). A Tabela 6.15 apresenta as áreas e porcentagem das classes de uso da terra na AII da PCH Cianorte.

Tabela 6.15 - Área (ha) e porcentagem das classes de uso da terra na Área de Influência Indireta da PCH Cianorte.

Classe de uso da terra	Área (ha)	Área (%)
Vegetação nativa	13493	17,34
Silvicultura	1109	1,43
Área urbana	1629	2,09
Agropecuária	61592	79,14

Fonte: Interpretação composição RGB das bandas 5, 4 e 3 do satélite Landsat TM5 imageado em 2010.

Conforme a Tabela 6.15, observa-se que apenas 17,34% das terras da AII é constituída por áreas de vegetação nativa. A maior parte desta se concentra nas margens do rio Ligeiro e seus afluentes. Este é um aspecto favorável ao empreendimento, pois contribui para reduzir processos de assoreamento e contaminação das águas do rio Ligeiro por atividades agrícolas ou urbanas, reduzindo eventuais problemas no corpo hídrico do reservatório. Também se destacam dois fragmentos de maior expressão (embora isolados) representados pelo Parque Municipal Cinturão Verde em Cianorte e as áreas de reserva legal da Cia. Melhoramentos localizadas principalmente nas proximidades da ponte da rodovia PR 082 e da foz do rio Ligeiro.

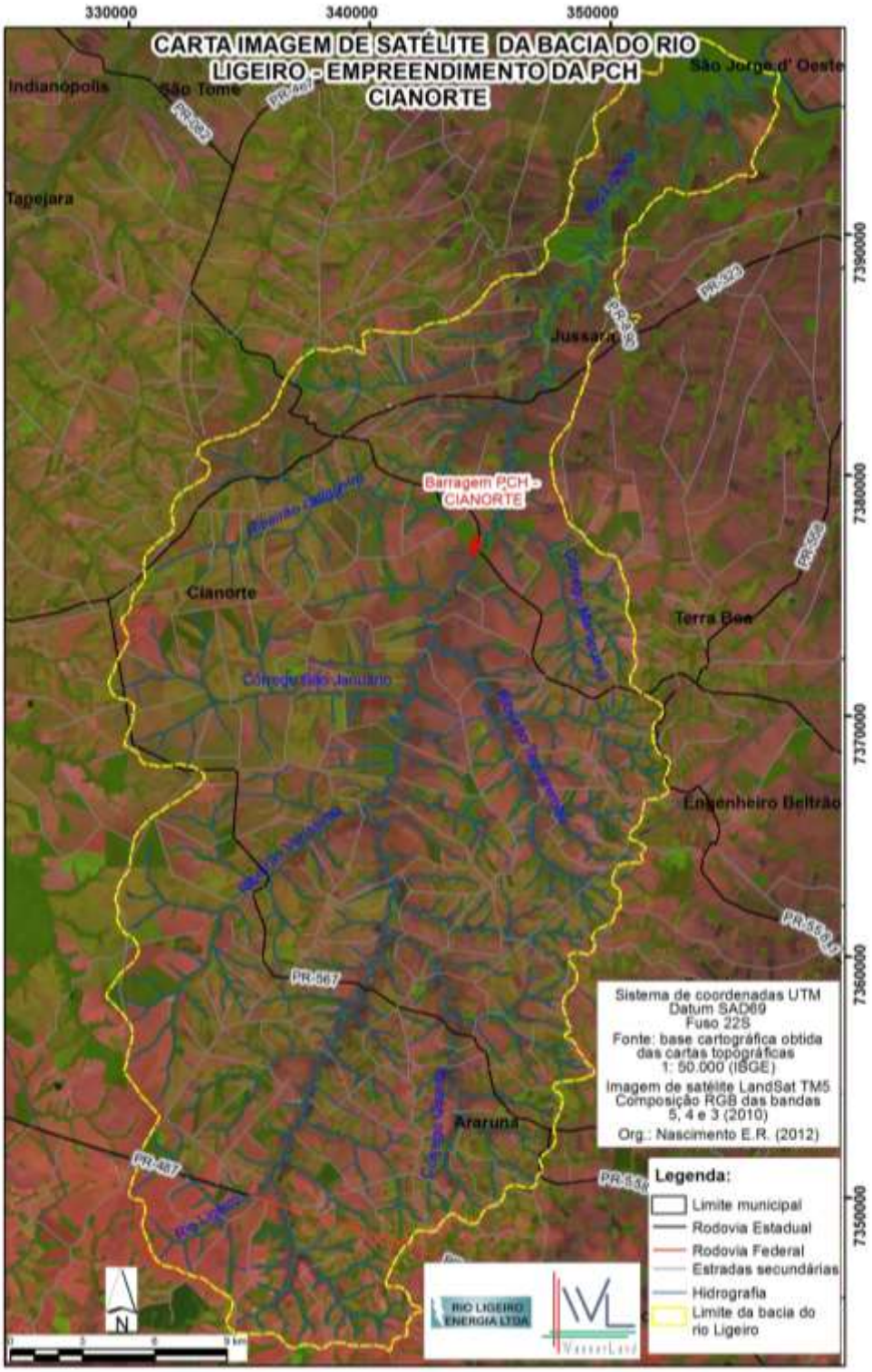


Figura 6.88 - Carta imagem da bacia do rio Ligeiro obtida da composição RGB das bandas 5, 4 e 3 do satélite Landsat TM5 imageado em 2010.

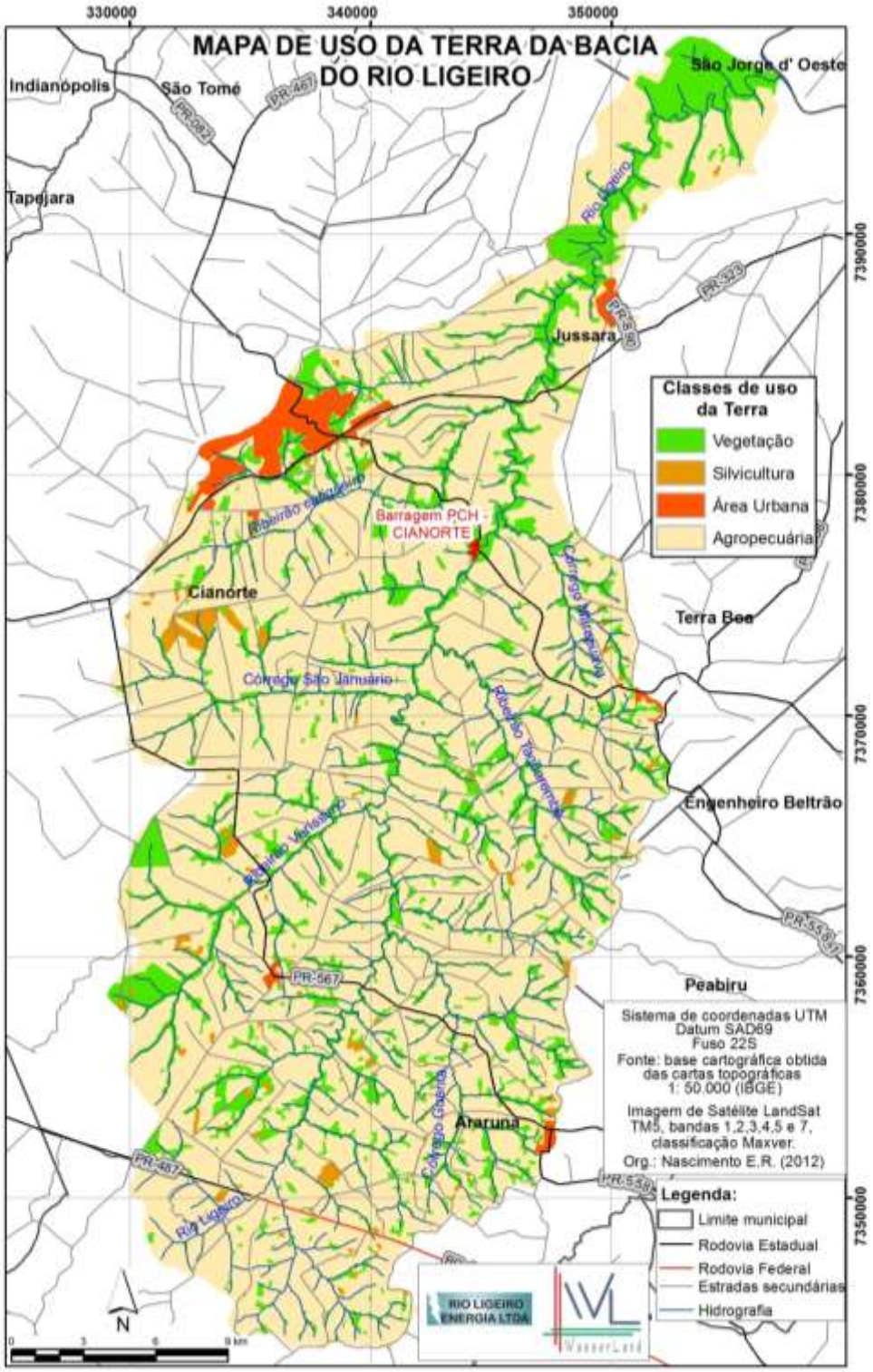


Figura 6.89 - Mapa de classes de uso da terra na bacia do rio Ligeiro, obtido pela interpretação da imagem do satélite Landsat TM5 imageado em 2010.

Dentro da AII da PCH Cianorte as áreas de culturas temporárias e pastagens plantadas correspondem a 79,14%, com predominância das culturas temporárias, como soja, milho, cana-de-açúcar e mandioca, conforme observado no trabalho de campo.

As áreas de silvicultura (predominantemente *Eucalyptus* sp.) são reduzidas na AII correspondendo a apenas 1,43% da área total.

As áreas urbanas representam 2,09% da AII, e correspondem principalmente a parte das aglomerações urbanas de Cianorte, Jussara, Terra Boa e Araruna. Nenhuma destas áreas urbanas se situa diretamente nas margens do rio Ligeiro. Contudo, efluentes provenientes destas áreas acabam atingindo o rio Ligeiro através de seus afluentes, principalmente o rio Catingueiro que drena grande parte da malha urbana de Cianorte, cuja foz situa-se a jusante da casa de força da PCH Cianorte. Além das sedes municipais, também há outras aglomerações urbanas, na AII da PCH Cianorte, que correspondem às sedes dos distritos de São Lourenço (município de Cianorte) e Nova Brasília (município de Araruna).

A maior parte da AID da PCH Cianorte é utilizada com culturas temporárias e pastagens (Tabela 6.16), correspondendo a 67,09% da área. Não há nenhuma área urbana na AID desta PCH. As áreas de floresta correspondem a 32,91% da AID, ocorrendo predominantemente próximo ao rio Ligeiro no fundo do vale e na área de reserva legal da Cia. Melhoramentos (Figura 6.90).

Tabela 6.16 - Área (ha) e porcentagem das classes de uso da terra na Área de Influência Direta da PCH Cianorte.

Classe de uso da terra	Área (ha)	Área (%)
Floresta	496	32,91
Agropecuária	1011	67,09

Fonte: Interpretação composição RGB das bandas 5, 4 e 3 do satélite Landsat TM5 imageado em 2010.



Figura 6.90 - Área de floresta (ao fundo) da Cia. Melhoramentos na AID da PCH Cianorte, na margem esquerda do rio Ligeiro. Ponto 411. Coordenadas UTM 343898 e 7376729, Fuso 22 K.

As áreas de uso agropecuário na AID da PCH Cianorte correspondem, predominantemente a plantios de culturas temporárias (soja, milho, cana-de-açúcar e trigo) (Figura 6.91) e, em menor proporção a áreas de pastagem. As pastagens (Figura 6.92), em geral, ocupam as cotas mais elevadas da paisagem, pois, segundo os moradores, a quantidade de areia é maior nestes solos.

Em relação à ADA, as áreas de alagamento da PCH Cianorte correspondem, em quase sua totalidade, a áreas de cobertura nativa, em diversos estádios de regeneração. As áreas de canal adutor e condutor forçado correspondem, principalmente, a áreas de lavoura temporária e pastagem.

O uso da terra na área de APP depende da largura a ser adotada pelo órgão licenciador, tendo em vista que pode variar de 30 a 100 m, conforme a Resolução 302 do CONAMA. Quanto maior for esta faixa, maior o impacto que tenderá a ter sobre os agricultores lindeiros ao reservatório, pois tende a ocupar maior faixa de áreas de agricultura temporária.



Figura 6.91 - Área de cultivos temporários na AID da PCH Cianorte, na margem direita do rio Ligeiro. Ponto 393. Coordenadas UTM 344018 e 7374766, Fuso 22 K.



Figura 6.92 - Área de pastagem na AID da PCH Cianorte, na margem esquerda do rio Ligeiro. Ponto 450. Coordenadas UTM 344676 e 7378180, Fuso 22 K.

6.5. CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

6.5.1. Contexto hidrográfico regional

Em conformidade com a Resolução 32 de 15 de outubro de 2003 (BRASIL, 2003), do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, a bacia do rio Ligeiro está inserida no contexto da região hidrográfica do Paraná, a qual é constituída pela bacia do rio Paraná em território nacional abrange a bacia hidrográfica do rio Paraná (Figura 6.93). Esta bacia abrange uma área de 879.860 km², distribuídos em sete unidades da federação (Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e o Distrito Federal). A bacia do Paraná é a região mais industrializada e urbanizada do país. Nela reside quase um terço da população brasileira, destacando-se como principais aglomerados urbanos as regiões metropolitanas de São Paulo, Campinas e de Curitiba. Trata-se da bacia hidrográfica com a maior capacidade instalada de energia elétrica do país e também a de maior demanda.

O rio Ligeiro, dentro da Região Hidrográfica do Paraná, está inserido na sub-bacia do rio Ivaí (Figura 6.94), que é uma das dezesseis bacias hidrográfias existentes no estado do Paraná. O rio Ivaí (Figura 6.95) percorre 680 km até desaguar no rio Paraná, sendo que sua bacia cobre uma área total de 36.540 km^2, com cerca de 19% da área e 12% da população (1.229.767 habitantes) do estado (SEMA, 2010a).

Tendo em vista a gestão dos recursos hídricos, juntamente com os critérios fisiográficos e as características socioeconômicas e de uso e ocupação do solo, as bacias hidrográficas do estado do Paraná foram subdivididas e/ou agrupadas, resultando em doze Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos, de acordo com a Resolução 49/2006 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Paraná: Litorânea, Alto Iguaçu/Ribeira, Médio Iguaçu, Baixo Iguaçu, Itararé/Cinzas/Paranapanema I e II, Alto Tibagi, Baixo Tibagi, Pirapó/Paranapanema III e IV, Alto Ivaí, Baixo Ivaí/Paraná I, Piquiri/Paraná II, Paraná III (Figura 6.96) (SEMA, 2010a). A bacia do rio Ligeiro está inserida na Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos do “Baixo Ivaí/Paraná I”.

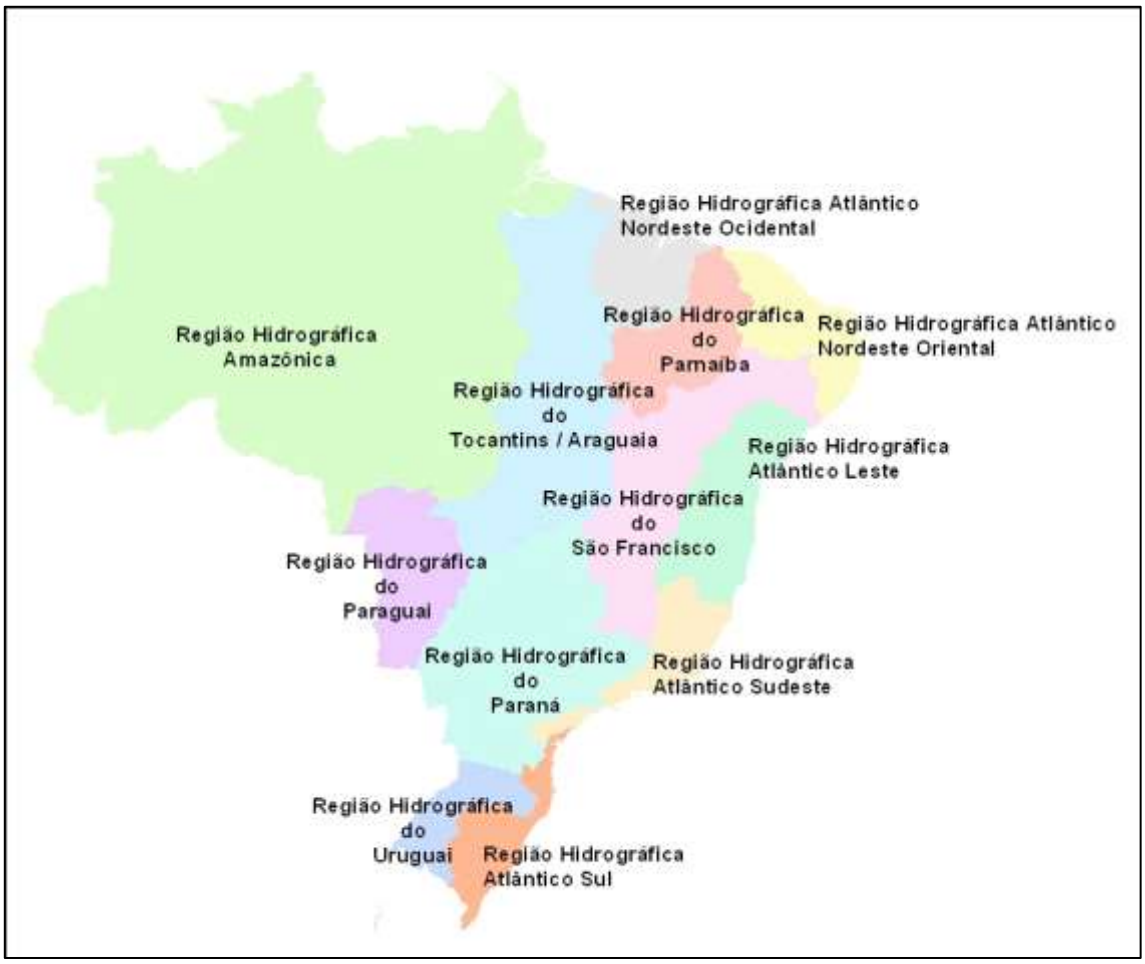


Figura 6.93 - Regiões hidrográficas do Brasil em conformidade com a Resolução 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2003).



Figura 6.94 - Representação das bacias hidrográficas do estado do Paraná, na qual se observa a bacia do rio Ivaí. Fonte: SEMA (2010a).



Figura 6.95 - Aspecto do rio Ivaí, visto da ponte rodoferroviária da PR 323, na divisa dos municípios de Doutor Camargo e Terra Boa (PR). Coordenadas UTM 367027 e 7392248, Fuso 22 K.



Figura 6.96 - Representação das unidades hidrográficas de gerenciamento de recursos hídricos do estado do Paraná, na qual se observa a unidade Baixo Ivaí/Paraná I. Fonte: SEMA (2010a).

No estado do Paraná há algumas bacias com comitês de bacia implantados. O Comitê da bacia do Baixo Ivaí/Paraná 1 foi instituído pela Resolução 62/2010 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Paraná, e cuja composição foi aprovada pela Resolução 63/2010 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Paraná.

Com relação aos recursos hídricos subsuperficiais, para facilitar o estudo das águas subterrâneas o Brasil foi dividido em regiões homogêneas, formando dez províncias hidrogeológicas. Os limites dessas províncias não coincidem necessariamente com os das bacias hidrográficas. Estas províncias são regiões onde os sistemas aquíferos apresentam condições semelhantes de armazenamento, circulação e qualidade de água. A área deste estudo está inserida na província hidrológica do Paraná (Figura 6.97).

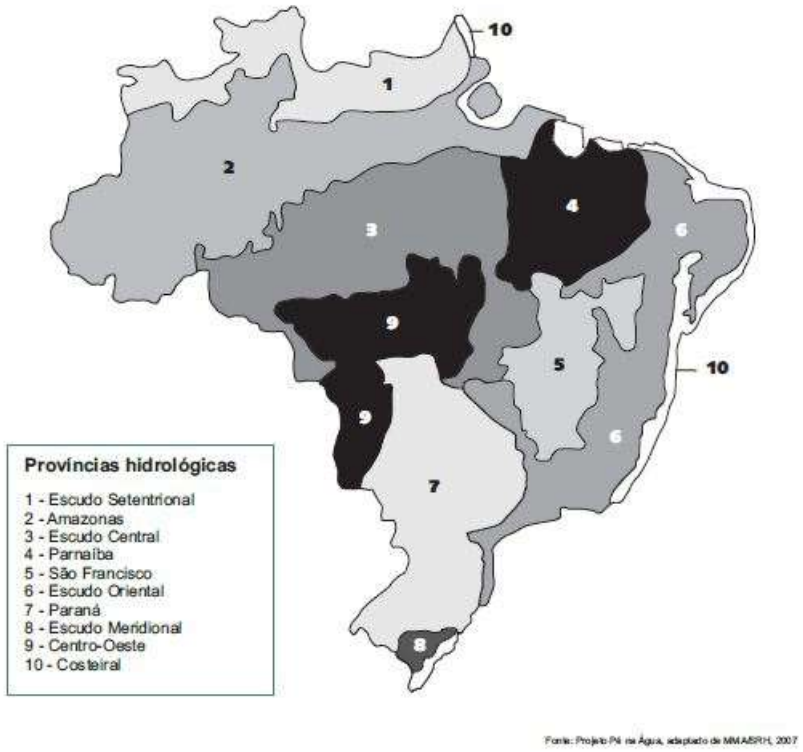


Figura 6.97 - Províncias hidrogeológicas do Brasil. Fonte: Projeto Pé na Água, adaptado de adaptado de MMA/SRH (2007).

As unidades aquíferas presentes no estado do Paraná estão apresentadas com as denominações: Pré-Cambriana, Karst, Paleozóica Inferior, Paleozóica Média-Superior, Paleozóica Superior, Guarani, Serra Geral Norte e Sul, Caiuá, Guabirotuba e Costeira, em razão da consagração destes termos na comunidade hidrogeológica do Paraná (Figura 6.98) (SEMA, 2010b). A bacia do rio Ivaí abrange áreas dentro das unidades aquíferas Paleozóica Superior, Guarani, Serra Geral Norte e Caiuá.

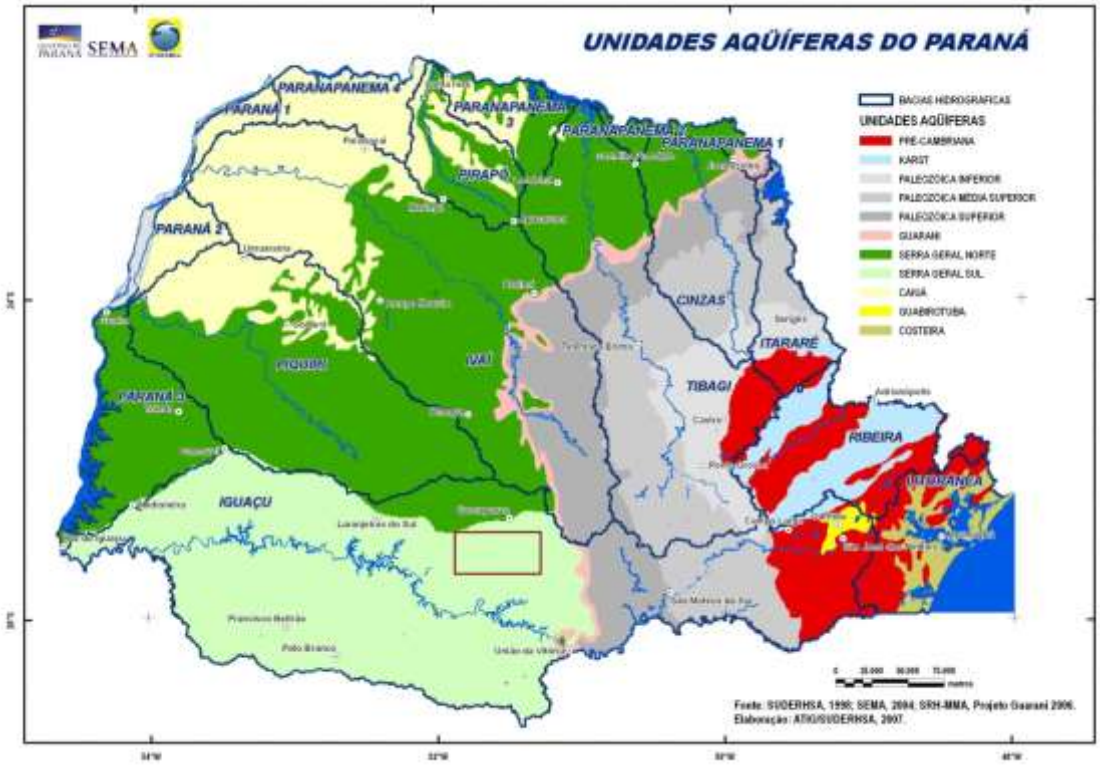


Figura 6.98 - Unidades aquíferas do estado do Paraná. Fonte: SUDERHSA (1998). Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/DADOS%20ESPACIAIS/Unidades_Aquiferas_A4.jpg>.

O rio Ligeiro está inserido nas unidades aquíferas Serra Geral Norte (Figura 6.99) e Caiuá (Figura 6.100).

Segundo SEMA (2010b), na bacia do rio Ivaí, a Formação Serra Geral Norte possui vazão média é de 9,8 m^3/h. As entradas de água estão associadas com os sistemas de descontinuidades geológicas e com a presença de zonas vesiculares. Embora estejam registradas entradas de água até a profundidade de 150 m, é no intervalo entre 30 e 90 m que se encontra o maior percentual das ocorrências (80%). A profundidade média das entradas de água é de 70 m. Quanto mais profundo os níveis produtores, a partir dos 90 m, menores as correspondentes vazões.

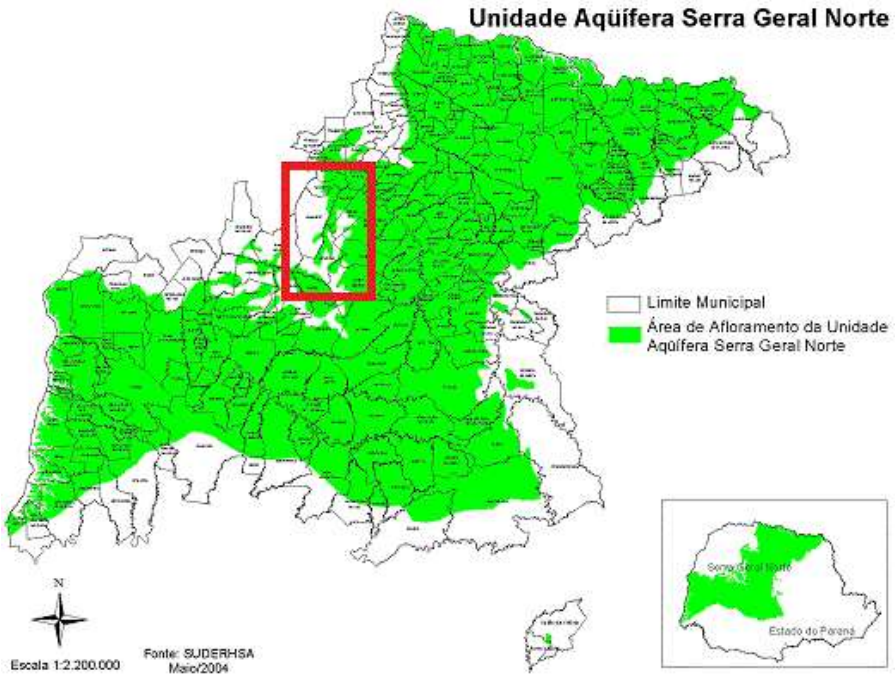


Figura 6.99 - Unidade aquífera Serra Geral Norte, com destaque para a localização aproximada da área de estudo. Fonte: SUDERHSA (2004). Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=59>

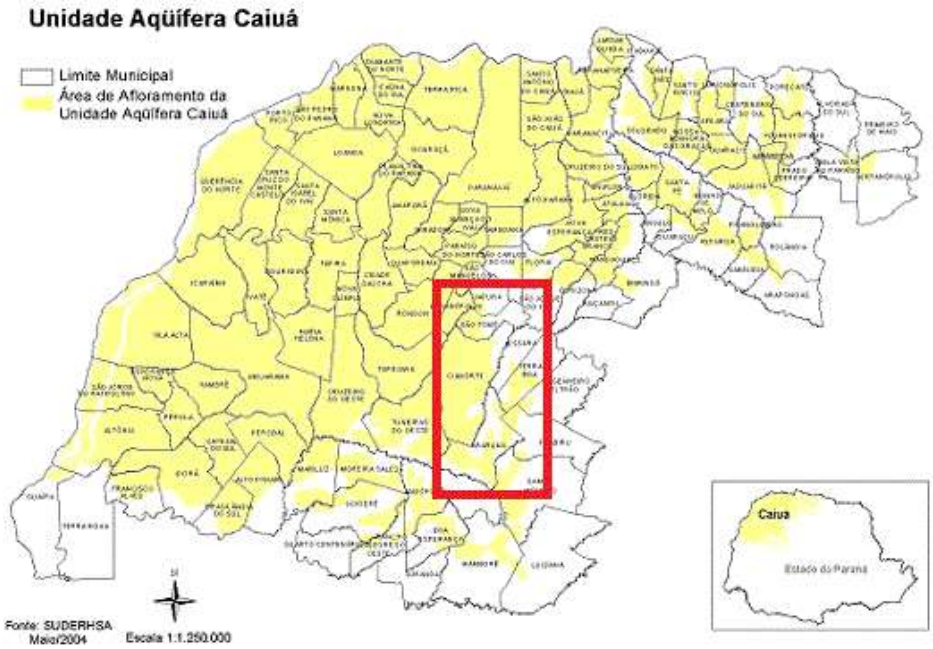


Figura 6.100 - Unidade aquífera Caiuá, com destaque para a localização aproximada da área de estudo. Fonte: SUDERHSA (2004). Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=59>

Segundo SEMA (2010b) o aquífero Caiuá é representado, predominantemente, por arenitos finos a médios com um teor de até 30% de matriz síltico-argilosa e com cimento limonítico e carbonático, intercalados por camadas de siltitos e argilitos. A profundidade dos poços perfurados nesse aquífero é, em geral, limitada a 150 m, sendo a vazão média dos poços perfurados na ordem de 6,6 m^3/h. É importante destacar a importância do Caiuá para a região em termos de abastecimento público, uma vez que cerca de 80% da população que vive sobre este aquífero é abastecida com águas deste reservatório subterrâneo. O limite do Caiuá, ao norte, é feito pelo rio Paranapanema, e sua extensão corresponde a região de solos arenosos onde o rio Ivaí adentra até o rio Paraná. O limite sul localiza-se, exatamente, no ponto de descarga do rio Piquiri no rio Paraná.

6.5.2. Contexto hidrográfico local

A Figura 6.101 apresenta a localização da PCH Cianorte no contexto hidrográfico local e regional.

As Figuras 6.102 a 6.109 apresentam aspectos do rio Ligeiro ao longo do seu curso. Percebe-se, ao longo do curso o aumento de seu volume, bem como a presença de muitos saltos e cachoeiras, intercalados com remansos. Destaca-se a cachoeira situada próximo à ponte da rodovia PR 082 (Figura 6.105), logo a jusante do barramento da PCH Cianorte, a qual impede o fluxo migratório da ictiofauna para montante desta. Nestas Figuras também se observa o incremento da turbidez do rio Ligeiro ao longo de seu curso.

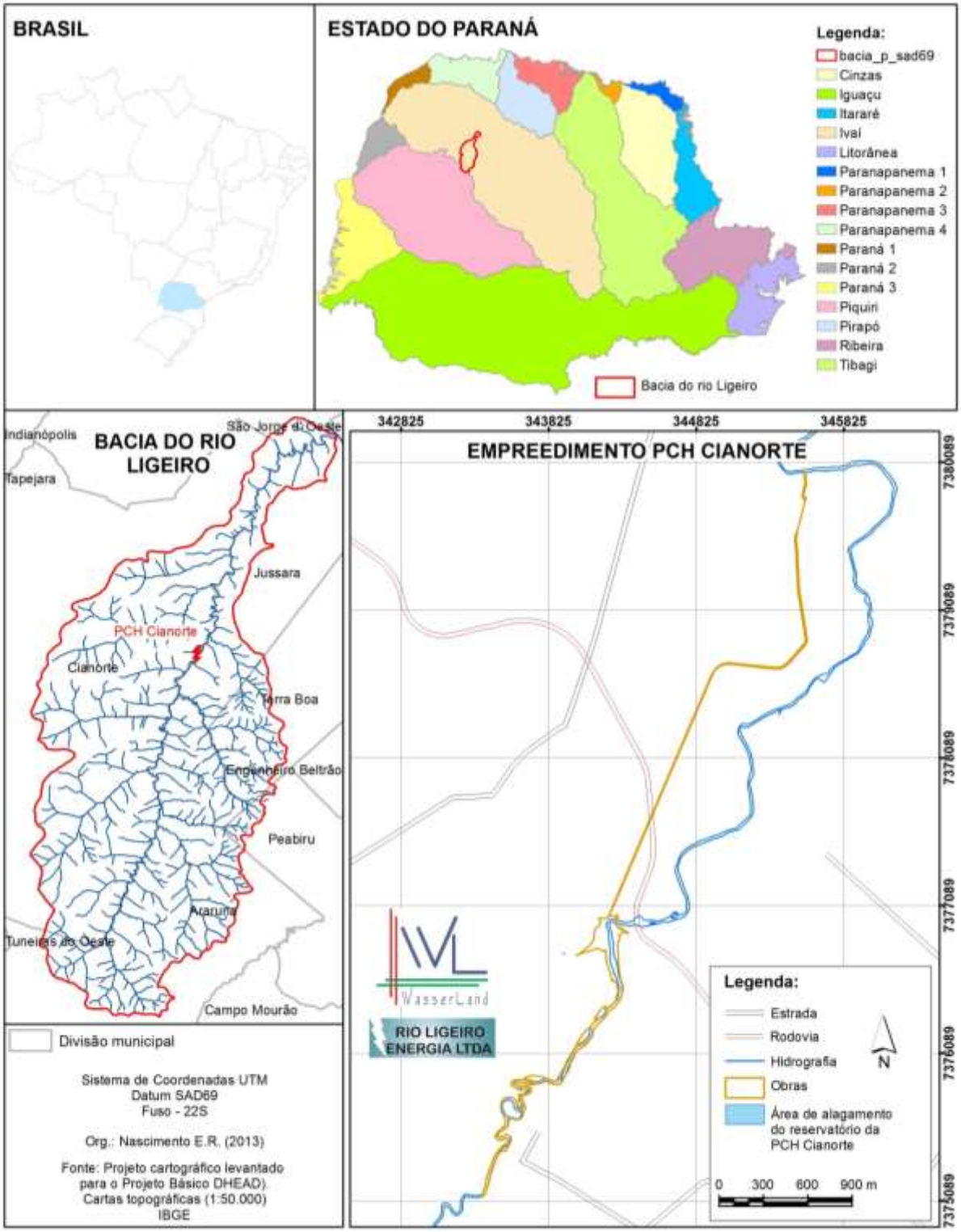


Figura 6.101 - Localização da PCH Cianorte no contexto hidrográfico local e regional.



Figura 6.102 - Paisagem do rio Ligeiro próximo à sua nascente, ao lado da rodovia BR 487, na localidade de Nova Brasília, divisa dos municípios de Cianorte e Araruna (PR). Local de coleta de amostra de água. Ponto 268. Coordenadas UTM 335721 e 7349803 (Fuso 22 K).



Figura 6.103 - Paisagem do rio Ligeiro ao lado da rodovia PR 567, na divisa dos municípios de Cianorte e Araruna (PR). Ponto 282. Coordenadas UTM 339718 e 7358730 (Fuso 22 K).



Figura 6.104 - Paisagem do rio Ligeiro próximo à ponte da rodovia PR 082, na divisa dos municípios de Cianorte e Jussara (PR). Local do barramento da PCH Cianorte e ponto de coleta de amostra de água. Ponto 645. Coordenadas UTM 344326 e 7377042 (Fuso 22 K).



Figura 6.105 - Cachoeira situada no rio Ligeiro próximo à ponte da rodovia PR 082, a jusante do barramento da PCH Cianorte, na divisa dos municípios de Cianorte e Jussara (PR). Ponto 445. Coordenadas UTM 344474 e 7377043 (Fuso 22 K).



Figura 6.106 - Paisagem do rio Ligeiro entre as rodovias PR 082 e PR 323, na divisa dos municípios de Cianorte e Jussara (PR). Local de coleta de amostra de água. Ponto 643. Coordenadas UTM 346236 e 7382078 (Fuso 22 K).



Figura 6.107 - Paisagem do rio Ligeiro sob a ponte da rodovia PR 323, na divisa dos municípios de Cianorte e Jussara (PR). Local de coleta de amostra de água. Ponto 304. Coordenadas UTM 346394 e 7383032 (Fuso 22 K).



Figura 6.108 - Paisagem do rio Ligeiro próximo à ponte ferroviária entre os municípios de Cianorte e Jussara (PR). Ponto 312. Coordenadas UTM 347272 e 7385277 (Fuso 22 K).



Figura 6.109 - Paisagem do rio Ligeiro, próximo à ponte que liga a sede urbana de Jussara ao distrito de Vidigal (município de Cianorte) (PR). Local de coleta de amostra de água. Ponto 647. Coordenadas UTM 349432 e 7388982 (Fuso 22 K).

6.5.2.1. Potamografia

O rio Ligeiro nasce no divisor de águas entre as sub-bacias do rio Ivaí e Piquiri. Apresenta um comprimento total de 89 km e sua área de drenagem na foz é de 782 km², podendo ser considerado um rio de pequeno porte. O curso do rio Ligeiro desenvolve-se no sentido nordeste, até atingir sua foz no rio Ivaí.

O rio Ligeiro recebe contribuição de vários riachos menores. Pela margem direita dois afluentes se destacam o ribeirão Taquarembe e o córrego Quarenta e Um. Já pela margem esquerda, os contribuintes são: o rio Cristalina, o Córrego São Januário e ribeirão Veríssimo (Figura 6.110).

O padrão determinante da rede de drenagem é dentrítico, composto por ramificações que guardam um grau de paralelismo condicionado pela tectônica local.

Seu curso d'água nasce no município de Araruna, e divide território dos municípios Jussara (margem direita) de Cianorte e São Tomé (margem esquerda).

Ao longo do seu curso, sempre com boa declividade, corre sobre substrato geológico de rochas basálticas. A bacia possui relevo ondulado e solos relativamente espessos, de consistência argilo-arenosa, devido à influência da formação geológica Caiuá. O grau de antropismo na bacia é elevado, mas as margens são bem protegidas.

No trecho estudado o rio Ligeiro apresenta um caimento de 162 m em 42 km, o que se reflete em uma declividade média de 3,85 m/km, suficiente para o aproveitamento hidroenergético.

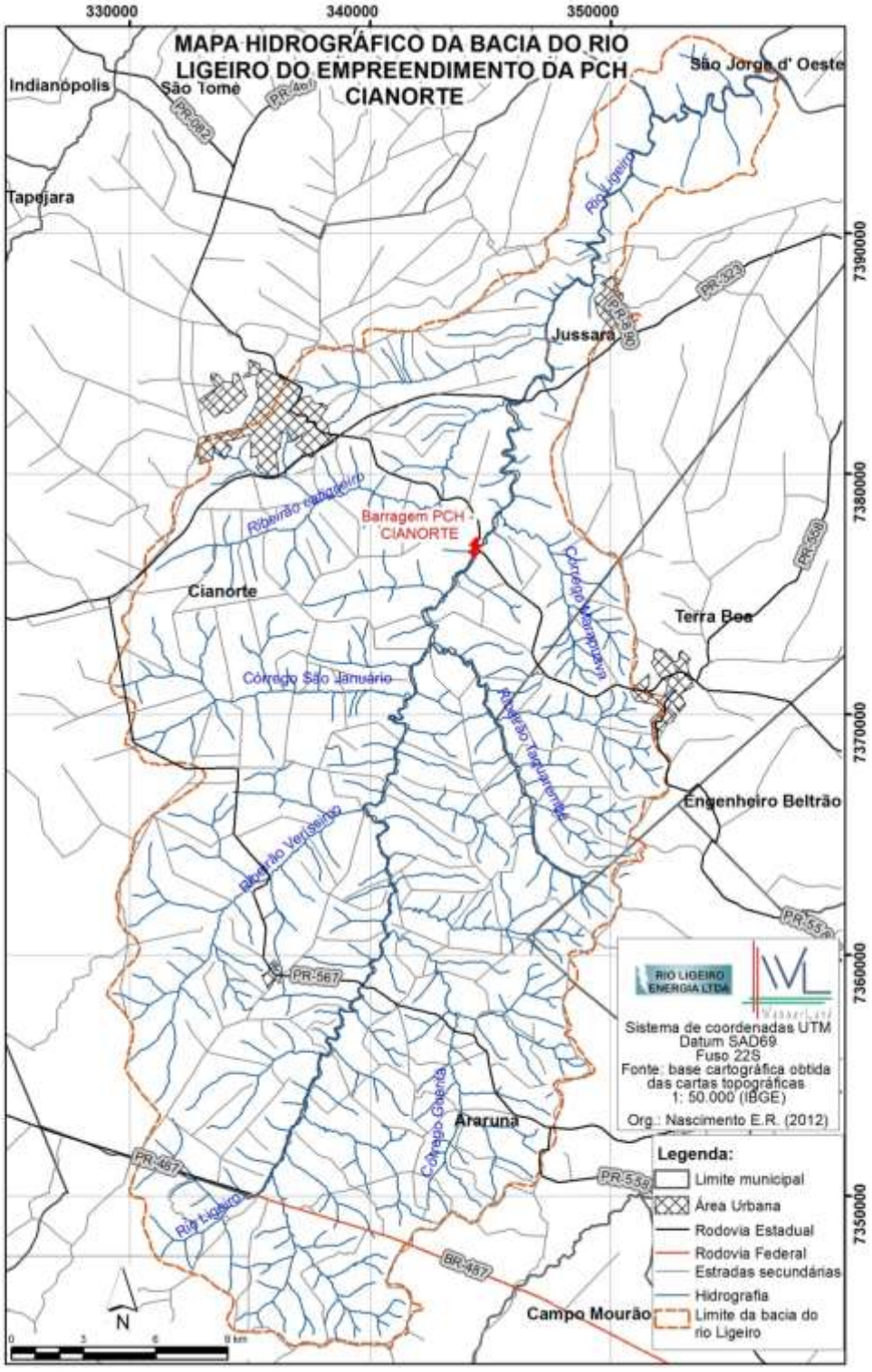


Figura 6.110 - Mapa hidrográfico da bacia do rio Ligeiro, com indicação de seus principais afluentes, com destaque para a localização da futura PCH Cianorte.

6.5.2.2. Índices físicos da bacia

6.5.2.2.1. Tempo de concentração

Mede o tempo que leva para que toda bacia contribua para o escoamento superficial na seção considerada, onde L é a extensão do rio (km) e H é o desnível bruto total (m).

$$T_C = (0,87*L^3/H)^{0,385} = (0,87 * 90^3 / 289)^{0,385} = 19,34 \text{ h}$$

6.5.2.2.2. Área de drenagem

A área de drenagem é a superfície plana confinada por um contorno divisor topográfico que contribui para o escoamento superficial de uma seção fluvial denominada exutório.

O total do volume escoado durante um ciclo hidrológico depende do regime de precipitação e da área de drenagem que sofre influência dos seguintes elementos: configuração topográfica; formato e extensão; cobertura vegetal; constituição geológica.

Os divisores são as cristas das elevações do terreno que separam duas bacias adjacentes e formam uma linha fechada que cruza ortogonalmente as curvas de níveis da base cartográfica de referência.

A utilização de recursos de planimetria do AUTOCAD, apoiada na cartografia oficial (Escala - 1:50.000 / DSG), possibilitou a quantificação de uma drenagem total de 782 km², ao qual está associado um perímetro de 157,5 km.

6.5.2.2.3. Forma da bacia

É avaliada pela utilização dos conceitos que buscam comparar a bacia com formas geométricas mais comuns de forma a inferir algumas tendências de comportamento hidrológico.

Largura Média (L): fornece uma tendência de geometria, pelo quociente entre a área de drenagem (A) e a distância plena desenvolvida pelo rio da cabeceira à foz (D).

$$L = A/D = 782/90 = 8,7 \text{ km}$$

Coeficiente de Compacidade ou Índice de Gravelius (Kc): quociente obtido da relação entre o perímetro e a circunferência de área igual à da bacia. Quanto mais ele se aproximar do valor unitário, mais a forma da bacia se aproxima de um círculo. Assim sendo haverá uma tendências de que haja picos expressivos de enchente.

$$K_c = 0,28\ P / (A)^{1/2} = 0,28 \times 157,5 / (782)^{1/2} = 1,58$$

Tabela 6.17 - Classificação do coeficiente de compacidade.

INTERVALO (k_c)	CLASSIFICAÇÃO
1,0 – 1,2	Ocorrência de cheia
1,2 – 1,5	Situação média
> 1,5	Baixa propensão

Fator de Forma (Kf): relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia, indicando tendência de picos de cheia, para valores que, crescentemente, aproximam-se da unidade. À medida que o formato se aproxime de um quadrado esta situação mais se evidencia.

Um fator de forma menor que a unidade indica drenagem estreita e longa, propiciando a ocorrência de picos de enchente de pequena grandeza em face da menor possibilidade de que chuvas intensas ocorram, simultaneamente, sobre a região com tal característica.

$$K_f = A/D^2 = 782/90^2 = 0,10$$

Tabela 6.18 - Classificação do fator de forma.

INTERVALO (kf)	CLASSIFICAÇÃO
0,8 – 1,0	Ocorrência de cheia
0,5 – 0,8	Situação média
> 0,5	Baixa propensão

6.5.2.2.4. Sistema de drenagem da bacia

Extensão Média do Escoamento Superficial (l): é um índice que reflete a distância média em que o excedente da precipitação percorre, em linha reta, sobre os terrenos até atingir a calha de qualquer curso d'água inserido na unidade hidrográfica.

$$l = A / 4\ L = 782\ km^2 / 4 \times 90\ km = 2,17\ km$$

Sinuosidade do curso d'água (S_{in}): é um parâmetro de controle da velocidade de escoamento e quanto mais próximo da unidade, menor é o tempo de propagação da onda de cheia ao longo da calha do rio.

$$(S_{in}) = L / L_t = 89 / 56 = 1,59$$

Onde: L = (comprimento do rio principal); L_t = comprimento do talvegue

6.5.2.2.5. Variável de relevo da bacia

Declividade da bacia (S_1): influi na velocidade do escoamento, interferindo, portanto na magnitude do pico de enchente, além de influenciar na dinâmica da infiltração e na erosão dos solos.

$$(S_1) = \Delta\ H/L = 289 / 89 = 3,25\ m/km$$

6.5.3. Estudo de vazões médias, máximas e mínimas

Para elaboração dos estudos Hidrológicos foram colhidas informações de várias fontes, entidades relacionadas a seguir:

- ANEEL – Boletins das estações fluviométricas e pluviométricas;
- ANA – Sistema de Dados Hidrometereológicos – Hidroweb (fevereiro/2013);
- CEHPAR – Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza (UFPR/COPEL) - Projeto HG77 – Estudos de regionalização de vazões para o Estado do Paraná;
- SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento do Estado do Paraná (atualmente Instituto das Águas do Paraná);
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia;
- Relatório Hidrológico do Estudo de Inventário Hidrelétrico do rio Ligeiro.

Em pesquisa especifica no banco de dados hidrológicos da ANA revelou que o rio Ligeiro possui histórico de postos fluviométricos instalados, apesar destas séries apresentarem em geral dados fragmentados.

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

Estudos de regionalização são recomendados quando há pouca disponibilidade de informações no local de interesse e principalmente na caracterização de eventos extremos, já que estes consideram dados inclusive na região de contorno da bacia, possibilitando a modelagem adequada destes fenômenos.

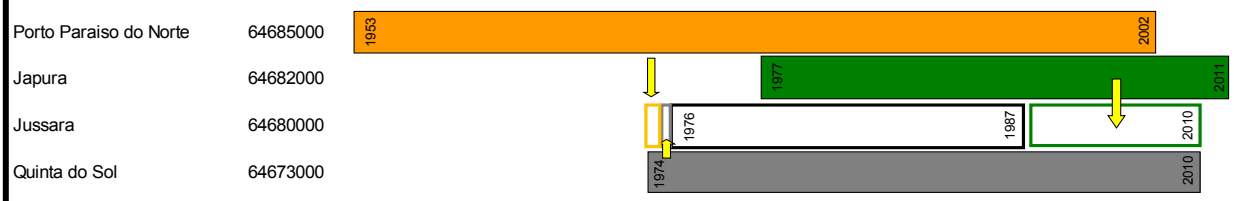
Após consulta aos postos constantes do boletim fluviométrico, foram selecionados inicialmente cinco estações fluviométricas com base em critérios de: proximidade; período disponível; área de drenagem compatível; características físicas (geologia, relevo, declividade, cobertura vegetal); qualidade dos dados.

Disponibilidade de Dados hidrológicos nas proximidades da bacia do rio Ligeiro

Posto selecionado	codigo	rio	AD	AD	AD	início	fim	período	entidade	lat	long
	DNAAE		Inventário	P. B.				anos			
			km²	km²	%						
Porto Paraiso do Norte	64685000	Rio Ivai	28427	28400	-0,1%	abr-53	nov-02	49	ANEEL	23 19	52 40
Japura	64682000	Rio dos Indios	807	818	1,4%	jan-77	dez-11	33	ANEEL	24 47	52 37
Jussara	64680000	Rio Ligeiro	727	725	-0,3%	ago-76	out-87	11	ANEEL	23 37	52 28
Quinta do Sol	64673000	Rio Mourão	1534	1530	-0,3%	set-74	dez-10	36	ANEEL	23 49	52 11

O Posto Jussara é o local onde deseja-se complementar informações hidrológicas.

Visualisação gráfica dos períodos comuns para estabelecimento das correlações.



A partir das **vazões específicas** dos postos considerados será complementada a série do rio Ligeiro

Figura 6.111 - Disponibilidade de dados - estações fluviométricas selecionadas.

A estação a ser tomada como base dos estudos hidrológicos seria aquela existente no rio Ligeiro, estação Jussara (64680000) a qual teve seus dados recentemente atualizados através da revisão de sua curva chave pela ANA.

Em pesquisa realizada no portal Hidroweb (ANA) no ano de 2013 verificou-se que houve ajustes e atualizações na série de vazões das estações selecionadas. As áreas de drenagem dos postos também sofreram ajustes, mas em termos gerais estes não foram significativos.

Ainda assim, foram considerados todos os dados atualmente válidos conforme obtido junto ao portal hidrológico Hidroweb (fevereiro/2013).

Optou-se por empregar o projeto HG77 (CEHPAR) para determinações das vazões de estiagem. Para a estimativa das vazões máximas optou-se por observar os dados diários da estação Japura (64682000).

Já para os cálculos energéticos foi utilizada uma série de vazões médias mensais a partir da estação existente no próprio rio Ligeiro, complementadas por outras estações após o estabelecimento de correlações.

6.5.3.1. Estudo anteriores

Os estudos hidrológicos anteriores executados para o rio Ligeiro foram desenvolvidos no sentido de fornecer elementos para a determinação energética dos estudos de inventário hidrelétrico cuja base de dados hidrológica foi a mesma utilizada no projeto básico. Afora estas ocasiões não foram constatados estudos anteriores no rio Ligeiro.

6.5.3.2. Consistência dos dados hidrológicos

As Tabelas 6.19 a 6.22 apresentam as séries de vazões das estações selecionadas consideradas para a elaboração do estudo de correlação interpostos.

Tabela 6.19 - Série de vazões estação Jussara (ANA), obtido e atualizado em fev/2013.

SÉRIE HISTÓRICA DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s) ESTAÇÃO JUSSARA											**AD=**	725	km²
ANO	**JAN**	**FEV**	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**	**OUT**	**NOV**	**DEZ**	**média**
1976								19,90	17,93	17,20	21,27	20,54	**19,4**
1977	29,99	26,61	21,36	16,82	13,47	13,90	11,40	9,51	9,53	9,32	13,75	27,71	**16,9**
1978	15,01	10,58	9,90	7,85	6,95	6,28	9,71	6,61	11,49	6,53	8,05	7,37	**8,9**
1979	7,71	11,01	8,14	7,17	11,21	7,15	7,36	6,85	16,18	15,08	15,01	20,45	**11,1**
1980	14,99	17,76	20,15	17,89	19,02	16,31	16,07	14,62	13,85	13,25	12,12	14,97	**15,9**
1981	18,84	17,73	14,19	14,75	12,00	12,80	10,23	9,00	7,87	13,65	9,54	25,55	**13,8**
1982	15,34	14,52	10,36	9,54	7,16	20,69	19,86	16,04	13,25	15,03	21,80	26,81	**15,9**
1983	22,19		35,40	26,58	30,69	44,86		24,63	27,98	27,10	23,53	21,47	**28,4**
1984	18,32	14,22	11,86	11,51	12,81	9,71	8,73	7,23	9,42	10,62	13,17	21,84	**12,5**
1985	13,47	12,73	11,66	12,16				10,11	10,32	8,74	7,32	7,39	**10,4**
1986	7,66	9,79	8,83	6,94	13,90	10,66	9,12	12,41	9,84	8,31	6,91	8,61	**9,4**
1987	8,34	13,74	9,27	9,72	16,67	14,22	12,89	12,11	11,82	13,98			**12,3**
MED	**15,6**	**14,9**	**14,6**	**12,8**	**14,4**	**15,7**	**11,7**	**12,4**	**13,3**	**13,2**	**13,9**	**18,4**	**14,24**
MAX	**30,0**	**26,6**	**35,4**	**26,6**	**30,7**	**44,9**	**19,9**	**24,6**	**28,0**	**27,1**	**23,5**	**27,7**	**44,9**
MIN	**7,7**	**9,8**	**8,1**	**6,9**	**6,9**	**6,3**	**7,4**	**6,6**	**7,9**	**6,5**	**6,9**	**7,4**	**6,3**

Tabela 6.20 - Série de vazões estação Japura (ANA), obtido e atualizado em fev/2013.

SÉRIE HISTÓRICA DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s) - ESTAÇÃO JAPURA (64682000)											**AD=**	818	km²
ANO	**JAN**	**FEV**	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**	**OUT**	**NOV**	**DEZ**	**média**
1977	33,3	26,4	21,3	19,7	17,0	18,0	16,0	13,0	13,1	13,0	16,8	20,8	**19,0**
1978	15,3	11,1	11,9	10,3	8,9	9,3	14,7	10,0	14,5	9,1	11,2	10,5	**11,4**
1979	9,8	11,3	9,6	8,6	16,0	10,6	10,2	10,0	17,7	13,5	15,5	22,7	**12,9**
1980	18,0	17,5	23,3	19,9	20,3	18,1	20,3	19,3	19,1	17,8	15,5	18,5	**19,0**
1981	19,8	19,9	18,9	18,1	18,8	19,2	15,4	14,4	12,8	15,6	11,2	30,9	**17,9**
1982	19,3	17,5	14,0	10,9	9,8	20,8	19,7	16,9	13,5	16,9	19,1	33,1	**17,6**
1983	25,6	23,4	38,1		33,9	50,5	40,5	30,4	40,9			26,1	**34,4**
1984	22,2	20,8	18,3	18,5	19,3	18,8	17,5	17,9	18,7	21,2	19,6	25,2	**19,8**
1985	24,1	19,9	16,8	17,9	23,0	20,7	19,5	16,1	15,5	14,9	11,5	10,9	**17,6**
1986	10,2	13,6	12,9	10,0	19,4	12,7	10,8	17,1	13,2	10,7	8,3	12,3	**12,6**
1987	14,1	14,2	9,4	9,2	22,1	19,2	17,7	13,7	13,5	12,5	23,2	16,4	**15,4**
1988	13,6	17,6	12,1	12,8	16,5	16,8	14,5	11,8	10,5	10,6	11,1	8,1	**13,0**
1989	16,1	18,8	15,6	15,8	13,0	11,9	11,2	17,0	29,6	16,6	14,2	12,3	**16,0**
1990	25,9	11,2	13,0	12,3	16,0	12,9	15,1	18,4	24,5	28,7	20,9	18,3	**18,1**
1991	16,6	20,4	17,1	14,9	13,7	15,5	13,0	12,2	11,3	12,3	10,9	20,6	**14,9**
1992	11,3	10,9	15,2	20,3	41,9	30,7	24,9	21,3	22,4	22,4	22,5	19,0	**21,9**
1993	20,5	20,7	18,1	15,3	16,8	18,9	16,5	14,7	17,1	22,8	17,9	18,9	**18,2**
1994	16,8	17,8	16,8	12,5	14,7	18,7	21,2	15,4	13,1	13,0	14,3	10,4	**15,4**
1995	25,9	18,9	14,4	14,5	12,6	12,3	11,3	8,5	12,2	20,5	12,2	11,6	**14,6**
1996	15,5	19,1	14,0	12,3	10,6	9,5	7,7	7,4	8,5	14,8	19,5	15,8	**12,9**
1997	24,2	37,8	22,9	17,5	15,4	24,8	18,0	14,7	16,9	21,2	24,7	23,2	**21,8**
1998	17,6	23,1	19,6	37,3	29,3	23,0	18,8	21,1	25,7	33,1	21,0	19,4	**24,1**
1999	20,2	21,2	16,7	14,8	22,0	19,4	20,1	15,5	13,9	13,3	12,8	12,8	**16,9**
2000	11,6	16,8	15,0	11,4	10,9	12,0	12,3	16,6	28,5	18,4	15,9	17,3	**15,5**
2001	18,0	19,1	14,6	12,7	12,3	12,8	12,5	11,3	11,9	11,1	9,7	15,8	**13,5**
2002	15,6	14,6	11,1	8,3	22,3	14,3	13,0	11,7	13,7	11,6	15,1	21,5	**14,4**
2003	20,9	18,7	16,4	15,8	13,1	13,2	11,6	10,8	9,4	10,1	8,7	13,0	**13,5**
2004	12,9	11,7	11,1	10,0	19,0	19,6	21,0	15,3	13,3	21,5	25,7	19,5	**16,7**
2005	28,8	19,5	15,9	14,6	13,2	12,8	11,4	9,9	13,2	19,4	15,1	12,9	**15,6**
2006	12,9						8,7	7,5	9,7	8,5	8,9	14,6	**10,1**
2007	23,1	17,1	13,5	12,1	11,1	9,2	11,6	9,2	8,4	7,9	12,3	10,2	**12,1**
2008	11,2	9,7	10,4	9,0	8,5	8,4	7,3	16,8	10,0	11,0	13,0	8,0	**10,3**
2009	12,2	10,3	9,0			8,1	9,5	8,4	9,7	21,3	14,8	19,5	**12,3**
2010	19,8	19,1	18,0	13,6	14,0	11,8	10,7	9,5	8,9	12,6	11,2	13,9	**13,6**
2011	13,2	22,9	14,5	17,2	12,3	10,9	14,8	15,3	11,1	13,5	14,6	10,7	**14,2**
MED	**18,2**	**18,0**	**15,9**	**14,6**	**17,2**	**16,6**	**15,4**	**14,3**	**15,6**	**15,9**	**15,3**	**17,0**	**16,2**
MAX	**33,3**	**37,8**	**38,1**	**37,3**	**41,9**	**50,5**	**40,5**	**30,4**	**40,9**	**33,1**	**25,7**	**33,1**	**50,5**
MIN	**9,8**	**9,7**	**9,0**	**8,3**	**8,5**	**8,1**	**7,3**	**7,4**	**8,4**	**7,9**	**8,3**	**8,0**	**7,3**

13,2	Extendido via regeneração da curva chave através das cotas da Estação Japura.

Tabela 6.21 - Série de vazões estação Quinta do Sol (ANA), obtido e atualizado em fev/2013.

SÉRIE HISTÓRICA DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s) ESTAÇÃO QUINTA DO SOL											**AD=**	1.530	km²
ANO	**JAN**	**FEV**	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**	**OUT**	**NOV**	**DEZ**	**média**
1974									27,15	30,91	34,67	33,67	**31,6**
1975	32,05	42,28	33,37	30,15	26,84	23,69	24,03	20,34	19,27	44,19	32,57	46,77	**31,3**
1976	42,38	38,19	31,79	28,79	27,28	37,59	26,77	31,18	23,55	23,01	29,64	43,37	**32,0**
1977	67,56	47,27	34,31	28,74	22,07	27,44	24,60	14,89	17,02	15,60	24,86	44,24	**30,7**
1978	28,11	18,31	17,58	13,21	10,17	8,27	17,52	17,74	30,78	14,12	13,10	15,87	**17,1**
1979	18,12	21,73	20,97	16,88	33,79	26,78	25,86	33,08	48,57	42,08	40,05	51,87	**31,6**
1980	39,60	40,62	48,27	36,02	42,27	34,67	35,72	28,30	24,26	22,11	18,68	39,86	**34,2**
1981	48,62	36,17	28,27	29,75	22,85	22,33	19,80	22,90	12,95	34,06	21,77	39,60	**28,3**
1982	33,30	28,25	15,47	13,15	12,21	44,57	59,14	38,51	25,74	46,39	67,84	74,14	**38,2**
1983	44,79	40,63	91,12	59,65	88,26	119,47	74,63	46,01	107,26	78,50	63,10	44,60	**71,5**
1984	36,37	34,50	31,48	25,52	29,22	25,99	19,56	19,53	31,88	23,79	24,60	43,98	**28,9**
1985	33,42	33,17	28,44	32,70	61,55	43,58	36,13	26,92	27,21	19,42	12,53	8,89	**30,3**
1986	7,07	17,20	14,70	18,56	42,64	31,52	28,26	38,42	24,84	17,18	18,96	25,65	**23,7**
1987	19,66	47,54	26,76	22,36	41,89	38,26	34,66	27,19	25,88	23,39	44,26	37,25	**32,4**
1988	31,79	33,63	20,61	20,67	45,86	44,03	32,14	27,94	23,45	14,60	9,90	8,31	**26,1**
1989	30,70	34,75	39,09	25,45	28,94	22,78	23,68	36,77	55,52	40,20	35,74	31,45	**33,8**
1990	61,55	37,74	38,16	28,36	28,81	31,60	45,55	46,90	68,11	73,76	51,94	40,89	**46,1**
1991	32,44	31,91	33,38	17,01	15,65	18,10	14,74	15,39	14,43	20,27	21,83	28,78	**22,0**
1992	21,86	26,55	23,44	29,96	98,52	64,13	45,37	38,62	37,91	42,82	41,23	32,45	**41,9**
1993	42,77	37,15	18,54	18,38	25,31	33,00	26,36	24,56	37,34	63,83			**32,7**
1994	39,70	43,75	38,52	34,15	37,48	57,97	58,30	37,95	28,48	27,50	26,23	22,65	**37,7**
1995	64,08	43,38	32,94	32,70	29,01	34,00	26,72	18,87	25,91	41,27	31,54	28,17	**34,0**
1996	45,49	41,50	37,34	31,43	28,22	28,15	11,90	9,13	12,11	24,36	44,67	51,75	**30,5**
1997	62,84	88,53	45,38	34,07	30,78	52,80	39,04	32,67	40,10	43,98	61,28	46,95	**48,2**
1998	40,01	40,16	38,12	94,19	68,64	50,40	38,46	41,33	71,32	80,36	51,65	39,31	**54,5**
1999	32,04	40,95	33,65	31,14	28,71	34,59	43,63	31,97	28,85	16,51	14,32	14,21	**29,2**
2000	13,80	27,59	17,67	14,66	10,87	13,71	16,00	26,81	53,14	44,07	44,26	39,32	**26,8**
2001	47,48	46,50	44,61	36,95	34,12	33,65	22,76	27,77	23,96	21,63	22,22	31,20	**32,7**
2002	42,88	41,72	29,22	25,95	55,06	41,99	35,18	34,08	31,67	28,15	40,42	50,31	**38,1**
2003	47,04	49,52	42,16	41,09	34,29	32,71	25,91	19,90	17,91	17,82	22,52	32,39	**31,9**
2004	25,43	26,61	17,83	19,20	42,84	47,48	41,54	31,72		52,72	55,20	43,76	**36,8**
2005	49,91	35,49	32,93	29,24	19,65	17,65	17,02	14,29	17,86	59,19	45,76	31,50	**30,9**
2006	25,33	27,38	32,22	34,21	31,14	24,23	18,19	14,23	22,30	21,27	18,28	31,19	**25,0**
2007	53,57	49,28	46,96	37,95	34,50	30,49	31,94	25,94	19,23	11,82	25,13	21,26	**32,3**
2008	21,08	18,58	22,37	9,98	12,28	9,78	11,24	53,34	27,11	30,43	39,87	19,79	**23,0**
2009	26,38	27,60	23,94	13,02	19,95	22,85	43,15	46,46	66,37	87,03			**37,7**
2010	69,05	70,67	52,56	44,56	43,33	34,81	29,96	29,05	21,51	26,26	18,96	50,82	**41,0**
MED	**38,3**	**38,0**	**32,9**	**29,4**	**35,1**	**35,1**	**31,3**	**29,2**	**33,1**	**35,8**	**33,4**	**35,6**	**33,94**
MAX	**69,1**	**88,5**	**91,1**	**94,2**	**98,5**	**119,5**	**74,6**	**53,3**	**107,3**	**87,0**	**67,8**	**74,1**	**119,5**
MIN	**7,1**	**17,2**	**14,7**	**10,0**	**10,2**	**8,3**	**11,2**	**9,1**	**12,1**	**11,8**	**9,9**	**8,3**	**7,1**

Tabela 6.22 - Série de vazões estação Porto Paraíso do Norte (ANA), obtido e atualizado em fev/2013.

SÉRIE HISTÓRICA DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s) ESTAÇÃO PORTO PARAISO DO NORTE											AD=	28.400	km²
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	média
1953				268,00	344,01	263,00	130,00	86,40	334,00	750,00	708,00	336,00	358
1954	490,00	232,00	360,00	175,00	1338,00	1045,00	493,00	239,00	184,00	372,00	276,00	116,00	443
1955	125,00	74,00	137,00	156,00	237,00	1245,00	1169,00	596,00	541,00	205,00	398,00	204,00	424
1956	240,00	192,00	137,00	456,00	935,00	1028,00	655,00	971,00	460,00	276,00	180,00	138,00	472
1957	295,00	620,00	217,00	189,00	161,00	168,00	861,00	1306,00	2008,00	817,00	652,00	718,00	668
1958	318,00	205,00	370,00	204,00	240,00	330,00	188,00	178,00	775,00	424,00	609,00	581,00	369
1959	499,00	780,00	277,00	199,00	211,00	183,00	123,00	141,00	144,00	169,00	137,00	92,50	246
1960	154,00	262,00	129,00	193,00	291,00	412,00	226,00	600,00	271,00	589,00	456,00	218,00	317
1961	247,00	279,00	622,00	1262,00	729,00	584,00	279,00	176,00	266,00	307,00	930,00	499,00	515
1962	213,00	314,00	486,00	177,00	158,00	190,00	120,00	112,00	338,00	930,00	432,00	337,00	317
1963	616,00	507,00	633,00	522,00	218,00	157,00	126,00	95,00	89,20	509,00	1099,00	523,00	425
1964	277,00	582,00	298,00	367,00	298,00	404,00	441,00	707,00	476,00	272,00	257,00	566,00	412
1965	474,00	1035,00	861,00	622,00	1743,00	688,00	1008,00	576,00	313,00	1091,00	665,00	1024,00	842
1966	751,00	840,00	501,00	271,00	231,00	170,00	215,00	121,00	262,00	590,00	478,00	326,00	396
1967	440,00	415,00	507,00	178,00	106,00	302,00	411,00	198,00	208,00	171,00	166,00	308,00	284
1968	649,00	294,00	261,00	233,00	211,00	151,00	119,00	147,00	89,70	269,00	320,00	217,00	247
1969	316,00	236,00	174,00	232,00	259,00	905,00	380,00	205,00	177,00	1130,00	853,00	316,00	432
1970	402,00	319,00	394,00	273,00	426,00	745,00	727,00	227,00	484,00	599,00	240,00	828,00	472
1971	1571,00	621,00	590,00	415,00	807,00	1023,00	901,00	502,00	516,00	491,00	243,00	449,00	677
1972	648,00	1235,00	541,00	555,00	251,00	219,00	613,00	728,00	947,00	1726,00	818,00	664,00	745
1973	865,00	749,00	518,00	281,00	356,00	752,00	773,00	588,00	666,00	989,00	494,00	413,00	620
1974	961,00	657,00	517,00	302,00	241,00	642,00	356,00	275,00	502,00	697,00	601,00	512,00	522
1975	548,00	761,00	527,00	292,00	257,00	291,00	297,00	389,00	267,00	1065,00	736,00	1265,00	558
1976	1152,00	879,00	513,00	407,00	528,00	1191,00	410,00	761,00	725,00	526,00	703,00	1059,00	738
1977	1300,00	866,00	461,00	513,00	253,00	458,00	311,00	198,00	205,00	318,00	375,00	789,00	504
1978	277,00	174,00	222,00	132,00	133,00	147,00	755,00	474,00	783,00	239,00	309,00	274,00	327
1979	213,00	304,00	221,00	141,00	809,00	242,00	217,00	521,00	1254,00	1003,00	968,00	829,00	560
1980	775,00	624,00	988,00	659,00	711,00	572,00	809,00	719,00	1134,00	796,00	512,00	1051,00	779
1981	1006,00	783,00	552,00	501,00	484,00	414,00	339,00	293,00	251,00	762,00	586,00	1390,00	613
1982	693,00	514,00	406,00	307,00	267,00	1547,00	1540,00	650,00	406,00	1083,00	1899,00	1437,00	896
1983	711,00	600,00	1623,00	1011,00	1929,00	2708,00	1598,00	509,00	1406,00	1190,00	790,00	484,00	1213
1984	378,00	484,00	280,00	484,00	618,00	362,00	277,00	372,00	608,00	426,00	580,00	1017,16	491
1985	422,00	366,00	451,00	736,00	855,00	326,00	359,00	219,00	221,00	148,00	153,00	111,00	364
1986	123,00	540,00	512,00	388,00	999,00	472,00	237,00	696,00	316,00	246,00	205,00	564,00	442
1987	342,00	1256,00	288,00	318,00	1807,00	860,00	510,00	302,00	253,00	275,00	712,00	372,00	608
1988	333,00	396,00	380,00	346,00	1102,00	780,00	349,00	218,00	168,00	170,00	133,00	374,00	396
1989	1000,00	1141,00	654,00	435,00	635,00	285,00	404,00	866,00	1139,00	538,00	343,00	283,00	644
1990	1928,00	420,00	331,00	303,00	538,00	630,00	1236,00	954,00	1328,00	1380,00	648,00	382,00	840
1991	259,00	310,00	274,00	202,00	182,00	383,00	312,00	270,00	146,00	494,00	315,00	605,00	313
1992	259,00	238,00	574,00	842,00	1999,00	1449,00	678,00	566,00	645,00	797,00	573,00	400,00	752
1993	489,00	727,00	395,00	418,00	596,00	803,00	561,00	383,00	692,00	1505,00	372,00	643,00	632
1994	609,00	956,00	482,00	365,00	510,00	1067,00	1050,00	436,00	246,00	266,00	310,00	260,00	546
1995	1798,00	762,00	474,00	523,00	290,00	328,00	578,00	217,00	382,00	1156,00	611,00	327,00	621
1996	924,00	709,00	875,00	474,00	245,00	208,00	197,00	167,00	351,00	797,00	691,00	875,00	543
1997	1296,00	1923,00	591,00	315,00	243,00	899,00	756,00	376,00	573,00	1096,00	1425,00	880,00	864
1998	689,00	715,00	1168,00	2213,00	1101,00	667,00	482,00	754,00	1398,00	2045,00	529,00	346,00	1009
1999	481,00	796,00	436,00	430,00	629,00	801,00	916,00	305,00	291,00	196,00	156,00	168,00	467
2000	209,00	708,00	384,00	199,00	135,00	206,00	387,00	522,00	1413,00	812,00	465,00	504,00	495
2001	890,00	1187,00	530,00	336,00	391,00	577,00	492,00	339,00	413,00	887,00	384,00	460,00	574
2002	705,00	549,00	288,00	169,00	626,00	370,00	255,00	317,00	649,00	451,00	709,00		463
MED	619,6	615,0	477,8	419,8	573,3	613,0	532,5	431,3	554,3	680,8	544,1	541,5	550
MAX	1928,0	1923,0	1623,0	2213,0	1999,0	2708,0	1598,0	1306,0	2008,0	2045,0	1899,0	1437,0	2708
MIN	123,0	74,0	129,0	132,0	106,0	147,0	119,0	86,4	89,2	148,0	133,0	92,5	74

A fim de verificar a confiabilidade das informações hidrológicas das estações selecionadas, foram conduzidas pesquisas nos registros de medições de descarga com o intuito de se avaliar as tendências vazão x cota de cada estação selecionada.

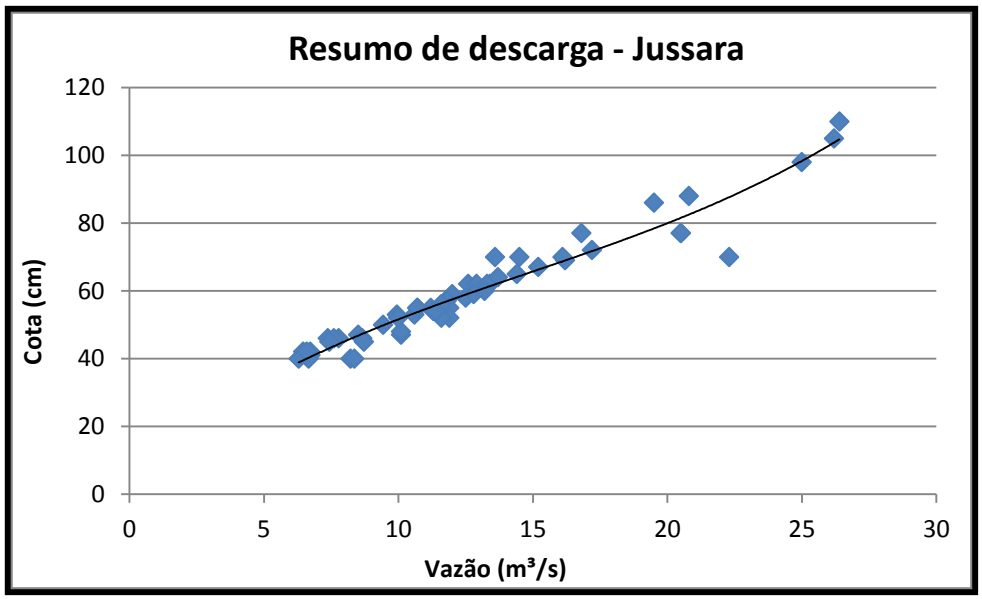


Figura 6.112 - Resumo das medições de descarga líquida da estação Jussara.

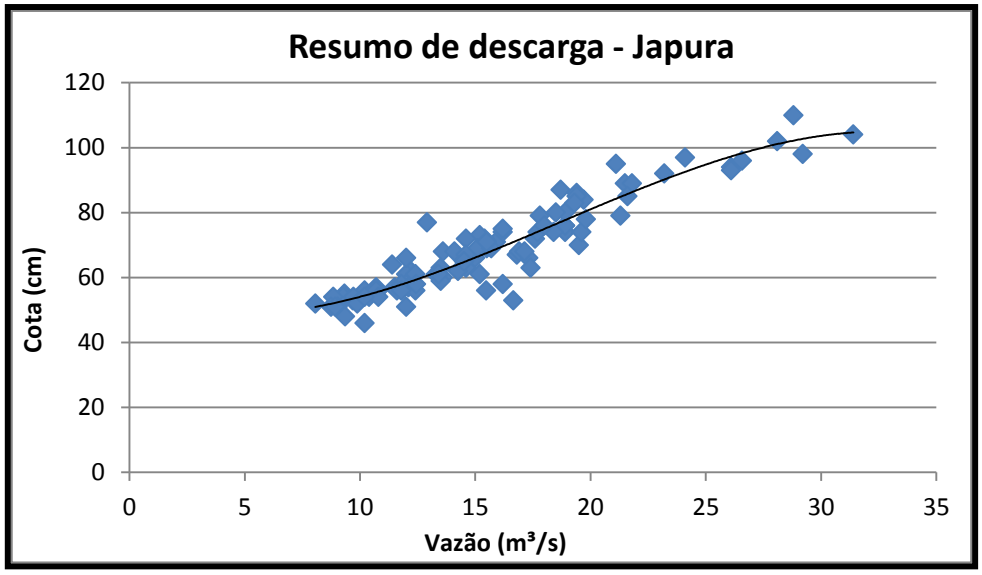


Figura 6.113 - Resumo das medições de descarga líquida da estação Japura.

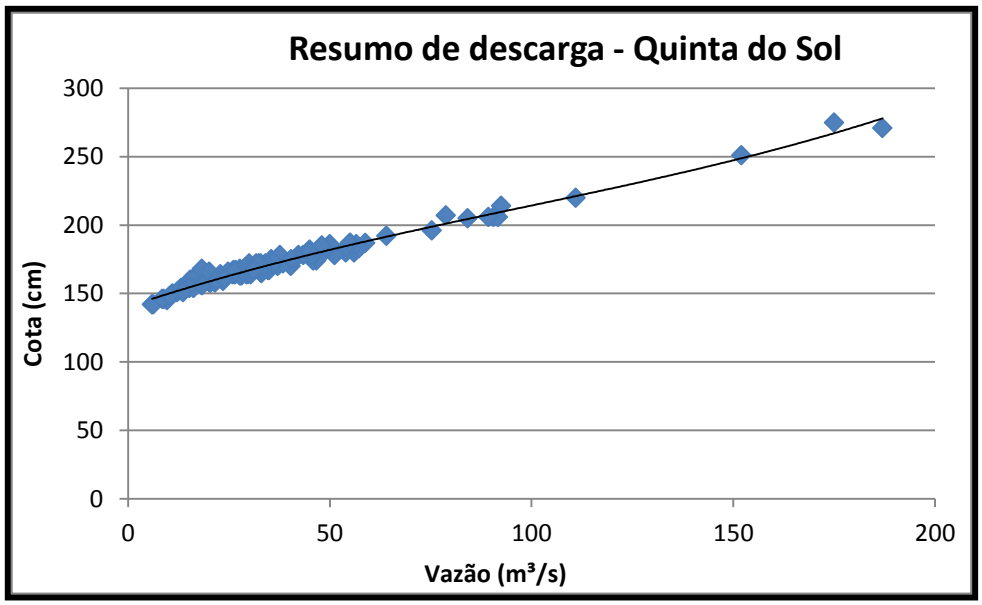


Figura 6.114 - Resumo das medições de descarga líquida da estação Quinta do Sol.

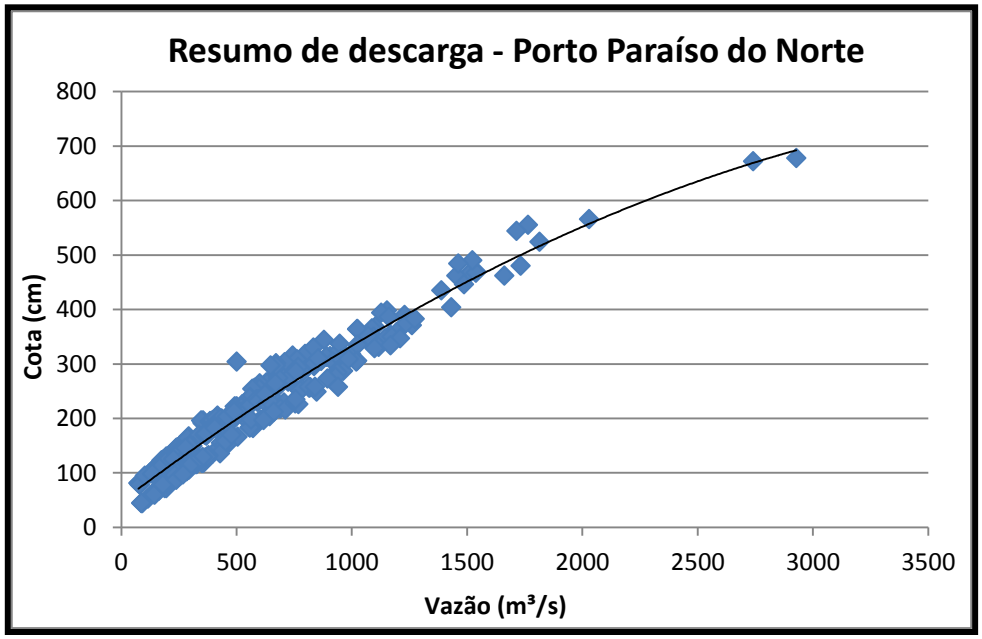


Figura 6.115 - Resumo das medições de descarga líquida da estação Porto Paraíso do Norte.

Verifica-se que as estações selecionadas para compor a base do estudo apresentam curvas chaves estáveis e bem definidas, com boa amplitude de calibração e períodos de observação suficientemente extensos.

6.5.3.3. Metodologia para obtenção da série de vazões médias mensais do eixo

Para finalidade de análise energética buscou-se obter a série de vazões médias mensais para o eixo de estudo, a partir das informações disponíveis nos postos pré-selecionados.

Conforme comentado existe boa disponibilidade de informações hidrológicas tanto no rio Ligeiro quanto nos rios vizinhos da região do estudo. Vale destacar que as estações selecionadas estão inseridas dentro de regiões relativamente próximas e de características geomorfológicas semelhantes à bacia hidrográfica do rio Ligeiro.

A partir da série básica dos postos existentes, buscou-se inicialmente comparar os fragmentos de séries simultâneas, calculando-se em planilha Excel os coeficientes de correlação, avaliando a qualidade dos dados e ajustes.

Desta maneira foi possível estender a série original do posto Jussara, do período original de 11 anos para um período total de 38 anos (jan/1974 a dez/2011). A estação Jussara (64680000) possui seção de medição instalada no rio Ligeiro, área de drenagem igual a 725 km² e foi operada historicamente pela SUDERHSA atualmente Instituto de Águas do Paraná.

Este é o posto que melhor representa as condições do rio Ligeiro por sua seção de medição estar contida no próprio rio e em ponto imediatamente a jusante do conjunto de usinas propostas com área de drenagem pouco superior a dos eixos de interesse o que possibilita uma extrapolação direta das informações resultantes para a estação base.

A hipótese básica lançada foi de que a vazões médias mensais específicas do rio Ligeiro no eixo de referência com 546 km² (estação Jussara), será determinada em princípio a partir dos dados disponíveis nesta mesma estação e posteriormente serão complementadas a partir das estações vizinhas, pela consideração de suas vazões específicas médias mensais e prioritariamente utilizando-se dos ajustes com melhores coeficientes de correlação.

Todos os rios / postos considerados drenam uma região bastante homogênea em termos de relevo, solo, geologia e também quanto ao aspecto

ocupação do solo. Estas conclusões são assumidas devido à análise dos estudos de regionalização e também à avaliação aprofundada do projetista no âmbito desta bacia.

Justifica-se tal premissa devido: a) A maioria dos postos estarem localizados próximos a região da bacia do rio Ligeiro; b) Na micro região da bacia, onde se situam os postos acima, a configuração climática apresenta pouca variação, com pequenas diferenças de pluviosidade ocorrendo no sentido leste – oeste e expressas particularmente pela pequena variação da vazão específica entre postos.

A vazão média mensal dos outros eixos de interesse no rio Ligeiro seria desta forma igual ao produto da **vazão específica** determinada pelos procedimentos acima, pela área de drenagem local em km².

Optou-se por não considerar estudos de correção da vazão específica devido à inexistência de estações fluviométricas com área de drenagem compatível para tal analise, nem mesmo há evidências que revelem o aumento de produtibilidade hídrica na cabeceira do rio.

Portanto optou-se por fazer a transferência dos dados do eixo de referencia da estação base complementada para o eixo da usina pela simples relação entre as áreas de drenagem.

A Figura 6.116 apresenta as correlações calculadas interpostos e, em sequência, a série de vazão média mensal específica em l/s/km² obtida para o posto base complementada, considerada válida para todo o rio Ligeiro.

AJUSTE LINEAR - RIO DOS INDIOS - RIO LIGEIRO			
y = 0,9816x - 1,7236			
data	série Japura	série original Jussara	série ajustada
jan/77	**40,75**	**41,37**	38,27
fev/77	**32,28**	**36,70**	29,96
mar/77	**26,03**	**29,46**	23,83
abr/77	**24,04**	**23,20**	21,88
mai/77	**20,74**	**18,58**	18,63
jun/77	**21,95**	**19,18**	19,83
jul/77	**19,56**	**15,72**	17,48
ago/77	**15,94**	**13,12**	13,92
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
out/86	**13,10**	**11,46**	11,14
nov/86	**10,18**	**9,53**	8,27
dez/86	**15,00**	**11,87**	13,00
jan/87	**17,27**	**11,50**	15,23
fev/87	**17,33**	**18,95**	15,29
mar/87	**11,43**	**12,79**	9,50
abr/87	**11,21**	**13,41**	9,28
mai/87	**26,96**	**22,99**	24,74
jun/87	**23,43**	**19,61**	21,28
jul/87	**21,60**	**17,78**	19,48
ago/87	**16,69**	**16,71**	14,66
set/87	**16,47**	**16,30**	14,45
out/87	15,27	19,28	13,27
média	**21,07**	**18,96**	**18,96**
erro %			**0%**



Figura 6.116 - Correlações entre as estações fluviométricas selecionadas.

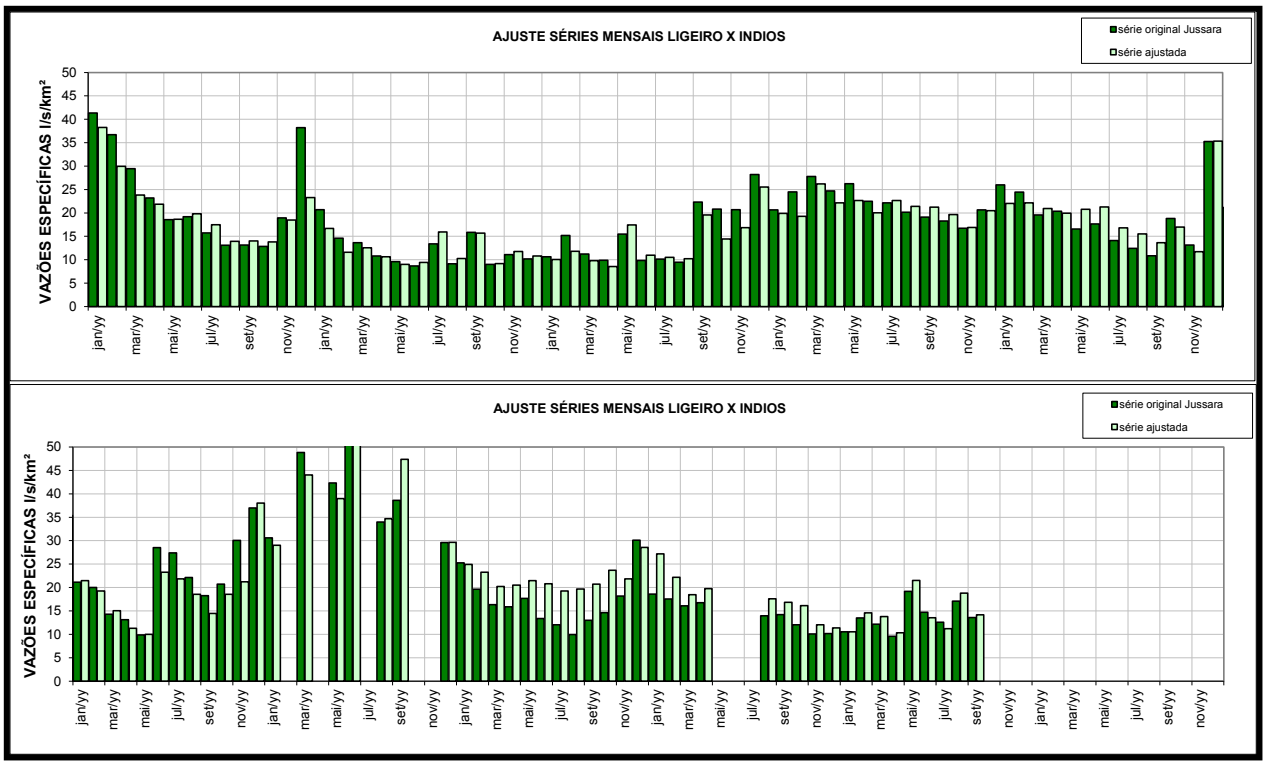


Figura 6.117 - Correlações entre as estações fluviométricas selecionadas.

AJUSTE LINEAR - QUINTA DO SOL - JUSSARA			
y = 0,6697x + 5,4406			
data	série Quinta do Sol	série original Jussara.	série ajustada
ago/76	20,38	**27,45**	19,09
set/76	15,39	**24,74**	15,75
out/76	15,04	**23,73**	15,51
nov/76	19,37	**29,33**	18,41
dez/76	28,34	**28,32**	24,42
jan/77	44,16	**41,37**	35,01
fev/77	30,89	**36,70**	26,13
mar/77	22,42	**29,46**	20,46
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
out/86	11,23	**11,46**	12,96
nov/86	12,39	**9,53**	13,74
dez/86	16,77	**11,87**	16,67
jan/87	12,85	**11,50**	14,05
fev/87	31,07	**18,95**	26,25
mar/87	17,49	**12,79**	17,15
abr/87	14,61	**13,41**	15,23
mai/87	27,38	**22,99**	23,77
jun/87	25,01	**19,61**	22,19
jul/87	22,66	**17,78**	20,61
ago/87	17,77	**16,71**	17,34
set/87	16,92	**16,30**	16,77
out/87	**15,29**	19,28	15,68
média	21,20	**19,64**	**19,64**
erro %			**0,0%**

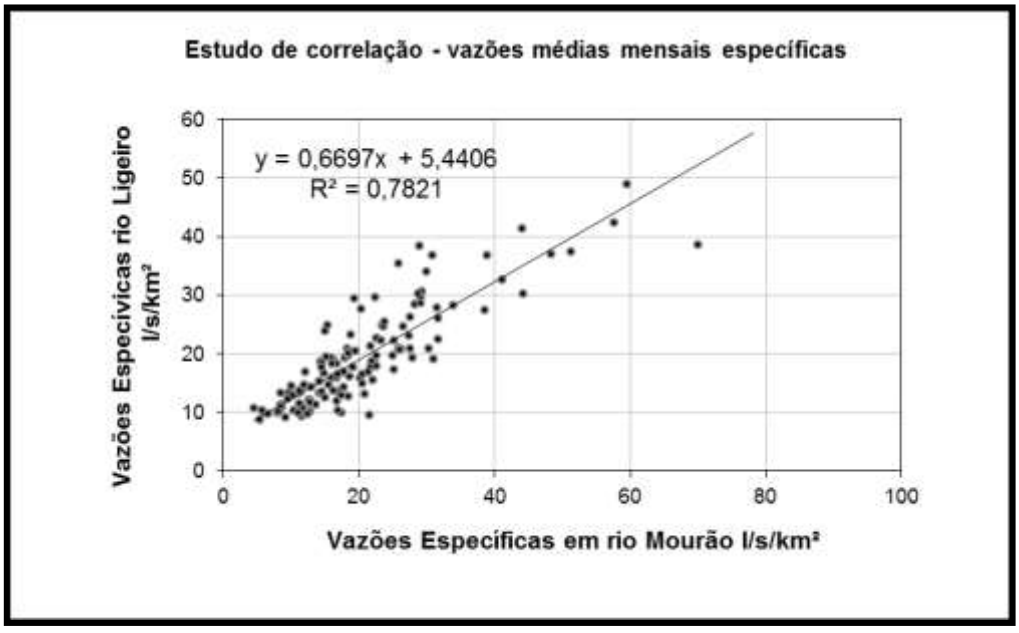


Figura 6.118 - Correlações entre as estações fluviométricas selecionadas.

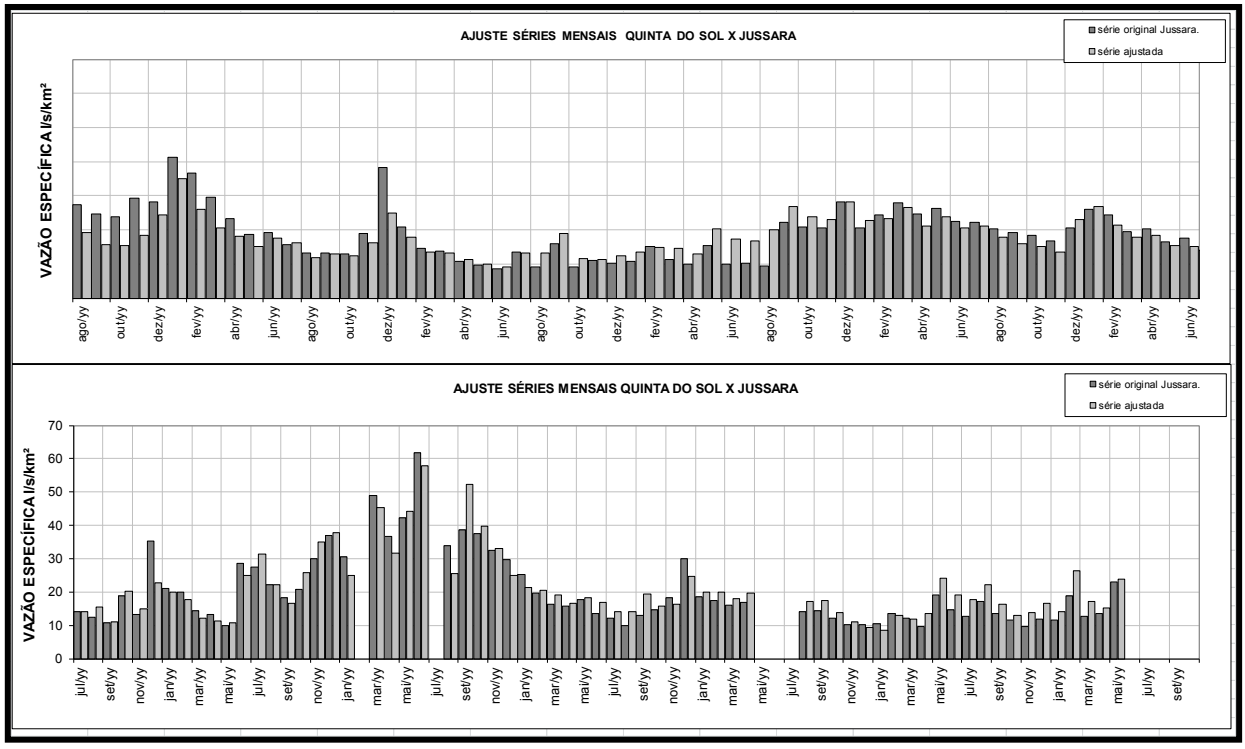


Figura 6.119 - Correlações entre as estações fluviométricas selecionadas.

AJUSTE LINEAR - IVAI - LIGEIRO			
y = 0,4663x + 9,4712			
data	série Porto Paraiso	série original Jussara	série ajustada Jussara
ago/76	**26,80**	**27,45**	21,97
set/76	**25,53**	**24,74**	21,37
out/76	**18,52**	**23,73**	18,11
nov/76	**24,75**	**29,33**	21,01
dez/76	**37,29**	**28,32**	26,86
jan/77	**45,77**	**41,37**	30,82
fev/77	**30,49**	**36,70**	23,69
mar/77	**16,23**	**29,46**	17,04
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
out/86	**8,66**	**11,46**	13,51
nov/86	**7,22**	**9,53**	12,84
dez/86	**19,86**	**11,87**	18,73
jan/87	**12,04**	**11,50**	15,09
fev/87	**44,23**	**18,95**	30,09
mar/87	**10,14**	**12,79**	14,20
abr/87	**11,20**	**13,41**	14,69
mai/87	**63,63**	**22,99**	39,14
jun/87	**30,28**	**19,61**	23,59
jul/87	**17,96**	**17,78**	17,84
ago/87	**10,63**	**16,71**	14,43
set/87	**8,91**	**16,30**	13,63
out/87	9,68	19,28	13,99
média	**21,81**	**19,64**	**19,64**
erro %			**0%**

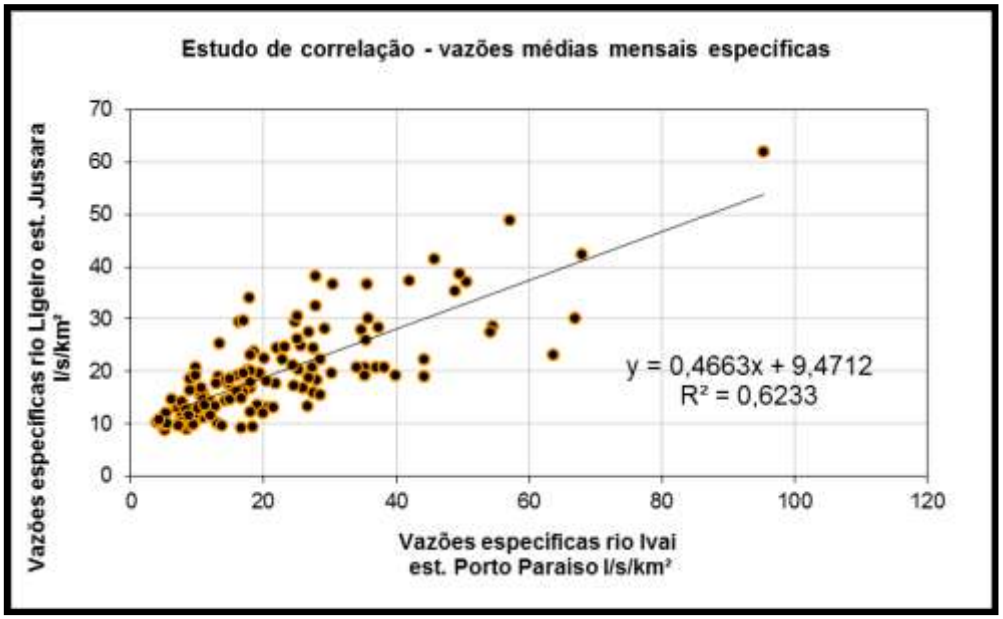


Figura 6.120 - Correlações entre as estações fluviométricas selecionadas.

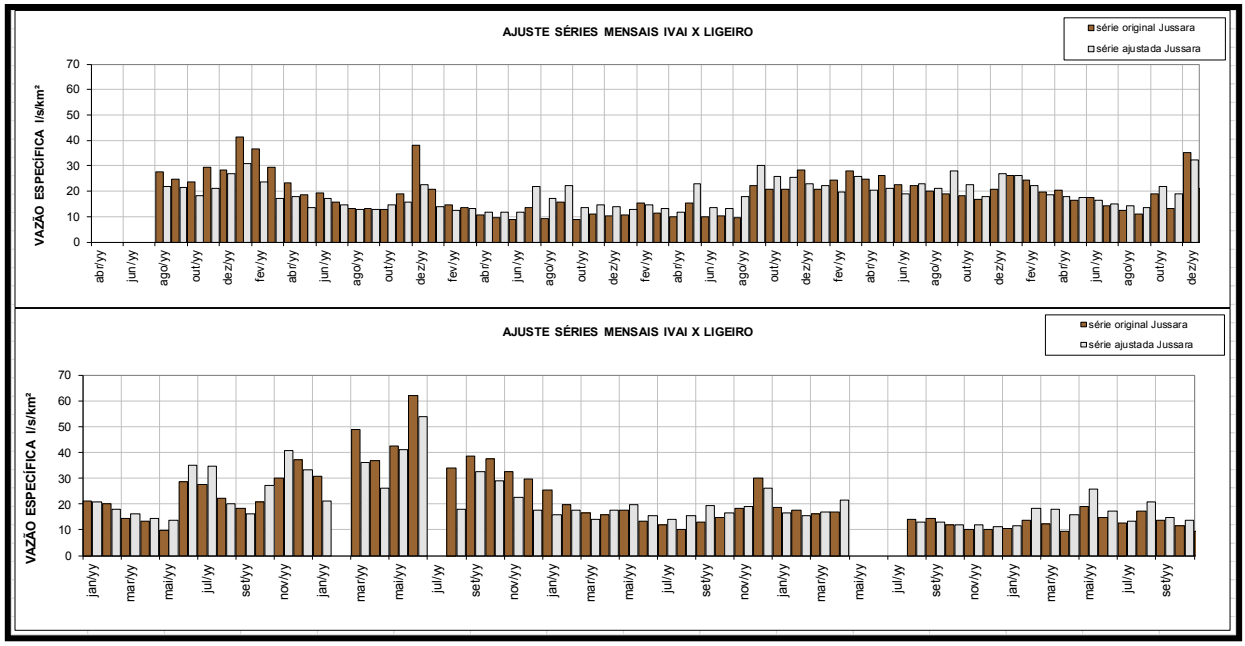


Figura 6.121 - Correlações entre as estações fluviométricas selecionadas.

As conclusões que foram possíveis tirar destas comparações foram as seguintes:

a) Considerando que os dados das estações Japura e Jussara, em período comum, resultaram em um grau de correlação satisfatório de 0,83, utilizou-se os dados de Japura para estender prioritariamente a série de Jussara de novembro/1987 até dezembro/2011, além de algumas falhas na estação base no seu período de observação original.

b) Como segunda melhor possibilidade de complementação, coloca-se o ajuste entre as estações Jussara (rio Ligeiro) e Quinta do Sol (rio Mourão), com coeficiente e correlação 0,78. Esta estação permite estender dados à estação Jussara no período de setembro/1974 a outubro/1987.

c) Em seguida observa-se um ajuste com boa tendência central entre as estações Jussara e Porto Paraíso do Norte (rio Ivaí) sendo que, apesar da diferença de tamanho acentuada entre as bacias em comparação, o rio Ligeiro é tributário desta estação. Assim, apesar do coeficiente de correlação apresentar-se algo menor, 0,62, a

correlação é ainda válida, para compor os oito meses de falhas do ano de 1974 entre janeiro e outubro.

Através das considerações e ajustes acima expostos, foi possível preencher as falhas de observação do posto Jussara (64680000), bem como estender a série de vazões médias mensais, completando um período de 38 anos de dados. O tamanho da amostra é considerado suficiente para uma análise energética segura.

A série obtida, conforme demonstrado apresenta uma tendência de erro médio nulo, mas a dispersão em torno da equação de correlação é inevitável devido às diferenças naturais de pluviosidade que naturalmente ocorrem entre as bacias. A vazão específica média de longo período resultou 17,9l/s/km² a partir das equações acima estabelecidas, valor compatível com a vazão média regional no mapa de isolinhas da SUDERHSA.

A Tabela 6.23 apresenta a série de vazões específicas médias mensais em l/s/km² válida para a estação Jussara complementada (64680000) e assumida como a correta para o rio Ligeiro.

Tabela 6.23 - Série de vazões médias mensais específicas em l/s/km² complementadas para o rio Ligeiro.

Série de vazões médias mensais ESPECÍFICAS complementada para o rio Ligeiro - l/s/km²													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	média
1974	25,25	20,26	17,96	14,43	13,43	20,01	15,32	13,99	17,32	18,97	20,61	20,18	18,1
1975	19,47	23,95	20,05	18,64	17,19	15,81	15,96	14,34	13,88	24,78	19,70	25,91	19,1
1976	23,99	22,16	19,36	18,04	17,38	21,89	17,16	27,45	24,74	23,73	29,33	28,32	22,8
1977	41,37	36,70	29,46	23,20	18,58	19,18	15,72	13,12	13,15	12,85	18,96	38,22	23,4
1978	20,71	14,59	13,65	10,82	9,58	8,67	13,39	9,12	15,85	9,01	11,11	10,17	12,2
1979	10,64	15,19	11,23	9,90	15,47	9,86	10,15	9,45	22,32	20,80	20,70	28,21	15,3
1980	20,67	24,49	27,79	24,68	26,23	22,50	22,16	20,16	19,10	18,28	16,72	20,65	22,0
1981	25,98	24,46	19,58	20,34	16,55	17,65	14,11	12,41	10,85	18,83	13,16	35,24	19,1
1982	21,15	20,02	14,29	13,15	9,88	28,53	27,39	22,13	18,27	20,73	30,08	36,97	21,9
1983	30,61	26,37	48,83	36,66	42,33	61,88	46,86	33,98	38,59	37,38	32,46	29,62	38,8
1984	25,27	19,62	16,36	15,87	17,67	13,39	12,04	9,97	13,00	14,66	18,17	30,12	17,2
1985	18,58	17,56	16,08	16,77	25,92	23,10	21,66	13,95	14,24	12,06	10,09	10,19	16,7
1986	10,57	13,51	12,19	9,57	19,17	14,71	12,57	17,11	13,57	11,46	9,53	11,87	13,0
1987	11,50	18,95	12,79	13,41	22,99	19,61	17,78	16,71	16,30	19,28	26,13	17,91	17,8
1988	14,57	19,43	12,76	13,68	18,11	18,40	15,71	12,41	10,84	11,03	11,56	8,04	13,9
1989	17,56	20,83	16,98	17,18	13,89	12,53	11,68	18,71	33,77	18,22	15,32	13,08	17,5
1990	29,35	11,72	13,88	13,07	17,46	13,72	16,42	20,39	27,65	32,75	23,38	20,23	20,0
1991	18,24	22,70	18,83	16,10	14,68	16,86	13,92	12,87	11,88	13,00	11,32	23,01	16,1
1992	11,87	11,41	16,53	22,66	48,52	35,11	28,17	23,83	25,17	25,19	25,27	21,06	24,6
1993	22,83	23,06	20,04	16,68	18,39	20,95	18,13	15,97	18,83	25,61	19,71	20,93	20,1
1994	18,45	19,68	18,46	13,23	15,86	20,74	23,70	16,75	13,99	13,86	15,38	10,78	16,7
1995	29,37	20,96	15,56	15,72	13,42	13,06	11,88	8,48	12,92	22,84	12,92	12,24	15,8
1996	16,93	21,16	15,05	13,08	10,98	9,69	7,55	7,15	8,47	16,08	21,67	17,29	13,8
1997	27,31	43,62	25,73	19,29	16,74	27,98	19,89	15,88	18,60	23,73	27,89	26,11	24,4
1998	19,38	25,96	21,75	42,98	33,45	25,86	20,85	23,59	29,16	37,98	23,47	21,55	27,2
1999	22,50	23,74	18,28	16,04	24,70	21,50	22,40	16,87	14,92	14,26	13,62	13,58	18,5
2000	12,21	18,42	16,23	11,90	11,31	12,65	13,03	18,16	32,47	20,34	17,39	19,06	16,9
2001	19,83	21,16	15,84	13,51	13,06	13,64	13,32	11,87	12,51	11,59	9,97	17,21	14,5
2002	16,98	15,85	11,54	8,21	25,04	15,45	13,87	12,29	14,76	12,16	16,45	24,03	15,6
2003	23,32	20,73	17,90	17,24	13,96	14,11	12,19	11,21	9,55	10,36	8,67	13,87	14,4
2004	13,78	12,26	11,55	10,29	21,09	21,82	23,43	16,58	14,18	24,06	29,14	21,63	18,3
2005	32,78	21,63	17,39	15,79	14,07	13,68	11,90	10,10	14,16	21,60	16,44	13,82	16,9
2006	13,74	12,52	12,01	10,94	9,47	8,78	8,71	7,33	9,88	8,50	8,99	15,74	10,6
2007	26,05	18,74	14,45	12,83	11,54	9,36	12,16	9,35	8,36	7,74	13,03	10,54	12,8
2008	11,72	9,92	10,71	9,12	8,45	8,35	6,99	18,45	10,32	11,47	13,86	7,87	10,6
2009	12,92	10,64	9,09	14,92	30,68	7,96	9,67	8,32	9,94	23,86	16,05	21,66	14,6
2010	22,09	21,24	19,92	14,59	15,08	12,43	11,07	9,65	8,96	13,41	11,67	14,91	14,6
2011	14,09	25,74	15,63	18,90	13,09	11,37	16,08	16,58	11,64	14,53	15,74	11,11	15,4
MED	20,4	20,3	17,5	16,4	18,6	18,0	16,4	15,2	16,7	18,3	17,8	19,6	17,9
MAX	41,4	43,6	48,8	43,0	48,5	61,9	46,9	34,0	38,6	38,0	32,5	38,2	61,9
MIN	10,6	9,9	9,1	8,2	8,4	8,0	7,0	7,1	8,4	7,7	8,7	7,9	7,0

Tabela 6.24 - Legenda fonte de extensão da série de vazões.

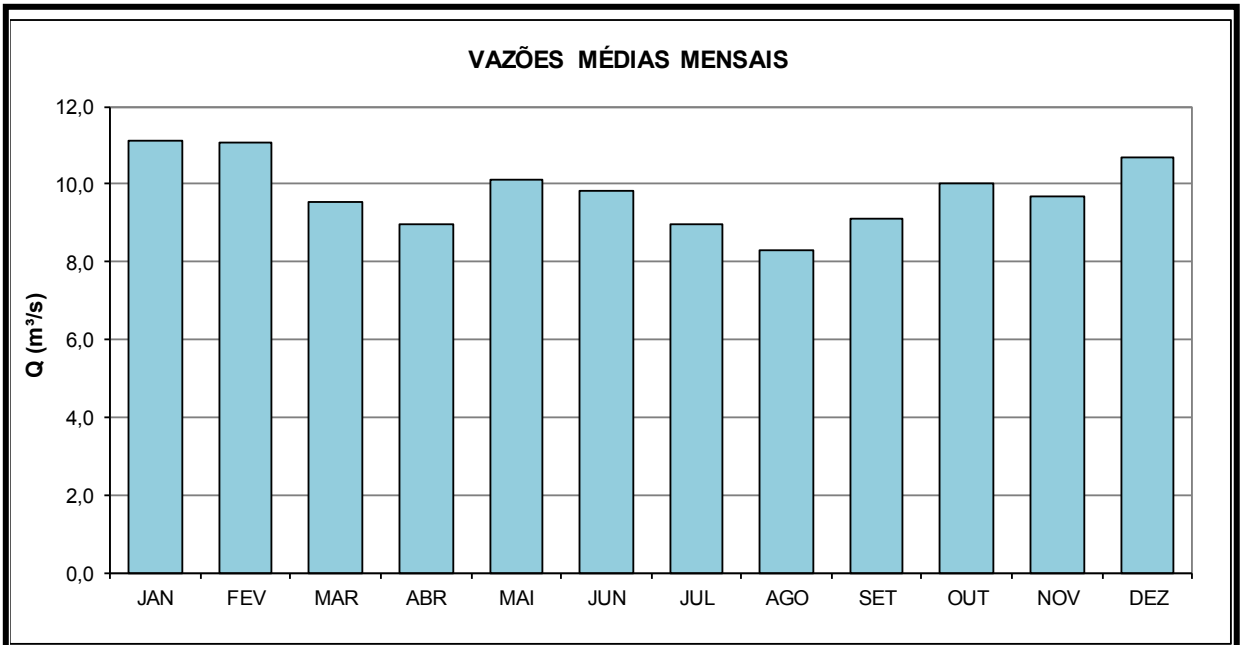
8,7	Complementada a partir Estação Quinta do Sol - Rio Mourão
7,9	Complementada a partir Estação Porto Paraíso do Norte - Rio Ivaí
11,81	Complementada a partir Estação Japurá - Rio dos Índios
7,69	Dados estendidos via curva chave e leitura da régua.
11,0	Observada Posto Jussara

A Tabela 6.25 apresenta a série de vazões médias mensais representativas do eixo da Jussara, em m³/s.

Tabela 6.25 - Série de vazões médias mensais PCH Cianorte (m³/s).

SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS EIXO: PCH CIANORTE											AD =	546	km²
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MEDIA
1974	13,8	11,1	9,8	7,9	7,3	10,9	8,4	7,6	9,5	10,4	11,3	11,0	**9,9**
1975	10,6	13,1	10,9	10,2	9,4	8,6	8,7	7,8	7,6	13,5	10,8	14,1	**10,5**
1976	13,1	12,1	10,6	9,9	9,5	12,0	9,4	15,0	13,5	13,0	16,0	15,5	**12,4**
1977	22,6	20,0	16,1	12,7	10,1	10,5	8,6	7,2	7,2	7,0	10,4	20,9	**12,8**
1978	11,3	8,0	7,5	5,9	5,2	4,7	7,3	5,0	8,7	4,9	6,1	5,6	**6,7**
1979	5,8	8,3	6,1	5,4	8,4	5,4	5,5	5,2	12,2	11,4	11,3	15,4	**8,4**
1980	11,3	13,4	15,2	13,5	14,3	12,3	12,1	11,0	10,4	10,0	9,1	11,3	**12,0**
1981	14,2	13,4	10,7	11,1	9,0	9,6	7,7	6,8	5,9	10,3	7,2	19,2	**10,4**
1982	11,6	10,9	7,8	7,2	5,4	15,6	15,0	12,1	10,0	11,3	16,4	20,2	**11,9**
1983	16,7	14,4	26,7	20,0	23,1	33,8	25,6	18,6	21,1	20,4	17,7	16,2	**21,2**
1984	13,8	10,7	8,9	8,7	9,6	7,3	6,6	5,4	7,1	8,0	9,9	16,4	**9,4**
1985	10,1	9,6	8,8	9,2	14,2	12,6	11,8	7,6	7,8	6,6	5,5	5,6	**9,1**
1986	5,8	7,4	6,7	5,2	10,5	8,0	6,9	9,3	7,4	6,3	5,2	6,5	**7,1**
1987	6,3	10,3	7,0	7,3	12,6	10,7	9,7	9,1	8,9	10,5	14,3	9,8	**9,7**
1988	8,0	10,6	7,0	7,5	9,9	10,0	8,6	6,8	5,9	6,0	6,3	4,4	**7,6**
1989	9,6	11,4	9,3	9,4	7,6	6,8	6,4	10,2	18,4	9,9	8,4	7,1	**9,5**
1990	16,0	6,4	7,6	7,1	9,5	7,5	9,0	11,1	15,1	17,9	12,8	11,0	**10,9**
1991	10,0	12,4	10,3	8,8	8,0	9,2	7,6	7,0	6,5	7,1	6,2	12,6	**8,8**
1992	6,5	6,2	9,0	12,4	26,5	19,2	15,4	13,0	13,7	13,8	13,8	11,5	**13,4**
1993	12,5	12,6	10,9	9,1	10,0	11,4	9,9	8,7	10,3	14,0	10,8	11,4	**11,0**
1994	10,1	10,7	10,1	7,2	8,7	11,3	12,9	9,1	7,6	7,6	8,4	5,9	**9,1**
1995	16,0	11,4	8,5	8,6	7,3	7,1	6,5	4,6	7,1	12,5	7,1	6,7	**8,6**
1996	9,2	11,6	8,2	7,1	6,0	5,3	4,1	3,9	4,6	8,8	11,8	9,4	**7,5**
1997	14,9	23,8	14,1	10,5	9,1	15,3	10,9	8,7	10,2	13,0	15,2	14,3	**13,3**
1998	10,6	14,2	11,9	23,5	18,3	14,1	11,4	12,9	15,9	20,7	12,8	11,8	**14,8**
1999	12,3	13,0	10,0	8,8	13,5	11,7	12,2	9,2	8,1	7,8	7,4	7,4	**10,1**
2000	6,7	10,1	8,9	6,5	6,2	6,9	7,1	9,9	17,7	11,1	9,5	10,4	**9,2**
2001	10,8	11,6	8,6	7,4	7,1	7,4	7,3	6,5	6,8	6,3	5,4	9,4	**7,9**
2002	9,3	8,7	6,3	4,5	13,7	8,4	7,6	6,7	8,1	6,6	9,0	13,1	**8,5**
2003	12,7	11,3	9,8	9,4	7,6	7,7	6,7	6,1	5,2	5,7	4,7	7,6	**7,9**
2004	7,5	6,7	6,3	5,6	11,5	11,9	12,8	9,1	7,7	13,1	15,9	11,8	**10,0**
2005	17,9	11,8	9,5	8,6	7,7	7,5	6,5	5,5	7,7	11,8	9,0	7,5	**9,3**
2006	7,5	6,8	6,6	6,0	5,2	4,8	4,8	4,0	5,4	4,6	4,9	8,6	**5,8**
2007	14,2	10,2	7,9	7,0	6,3	5,1	6,6	5,1	4,6	4,2	7,1	5,8	**7,0**
2008	6,4	5,4	5,8	5,0	4,6	4,6	3,8	10,1	5,6	6,3	7,6	4,3	**5,8**
2009	7,1	5,8	5,0	8,1	16,7	4,3	5,3	4,5	5,4	13,0	8,8	11,8	**8,0**
2010	12,1	11,6	10,9	8,0	8,2	6,8	6,0	5,3	4,9	7,3	6,4	8,1	**8,0**
2011	7,7	14,1	8,5	10,3	7,1	6,2	8,8	9,1	6,4	7,9	8,6	6,1	**8,4**
MD	**11,1**	**11,1**	**9,6**	**9,0**	**10,1**	**9,8**	**9,0**	**8,3**	**9,1**	**10,0**	**9,7**	**10,7**	**9,8**
MX	**22,6**	**23,8**	**26,7**	**23,5**	**26,5**	**33,8**	**25,6**	**18,6**	**21,1**	**20,7**	**17,7**	**20,9**	**33,8**
MN	**5,8**	**5,4**	**5,0**	**4,5**	**4,6**	**4,3**	**3,8**	**3,9**	**4,6**	**4,2**	**4,7**	**4,3**	**3,8**

A Figura 6.122 apresenta o comportamento do rio Ligeiro no eixo da PCH Cianorte seu regime anual, com tendência de picos de vazão média mensal nos meses de verão de dezembro, janeiro e fevereiro.



SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS EIXO: PCH CIANORTE — BACIA (km²) 546

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MEDIA
MD	11,1	11,1	9,6	9,0	10,1	9,8	9,0	8,3	9,1	10,0	9,7	10,7	9,8
MX	22,6	23,8	26,7	23,5	26,5	33,8	25,6	18,6	21,1	20,7	17,7	20,9	33,8
MN	5,8	5,4	5,0	4,5	4,6	4,3	3,8	3,9	4,6	4,2	4,7	4,3	3,82

Figura 6.122 - Vazões médias mensais PCH Cianorte (546 km²).

A visualização gráfica da série mensal apresentada permite inferir que o comportamento do rio Ligeiro segue uma tendência similar a da variação da precipitação mensal na bacia.

As séries originais foram obtidas dos sistemas de bancos de dados da ANA.

6.5.3.4. Curva de permanência de vazões

A curva de permanência relaciona a vazão de um rio em determinada seção e a probabilidade de ocorrerem vazões maiores ou iguais ao valor da ordenada. Esta curva pode ser estabelecida com base em valores diários, mensais ou até mesmo anuais.

A curva de permanência de vazões é um instrumento útil na determinação da energia gerada onde se pode estabelecer uma correlação direta entre um determinado

valor de vazão ou **potência** e a sua **disponibilidade** (quantos dias por ano devem ocorrer valores de vazão/potência iguais ou superiores a um determinado valor).

Com a integração da curva de permanência de potências pode ser obtida a curva de motorização do aproveitamento, demonstrando a energia associada a cada potência instalada.

Na prática é calculada uma série de potências truncadas no patamar de cada potência instalada e calculada sua média, que é o valor da energia média gerada, procedimento este repetido para diversos truncamentos ou potencias instaladas. Alerta-se que os cálculos energéticos consideram diretamente as séries mensais.

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

A curva de permanência de vazões também pode ser obtida por métodos estatísticos de ajustes, via técnicas de regionalização de vazões.

A Figura 6.123 apresenta a curva de permanência de vazões médias mensais calculada sobre a amostra complementada válida para o eixo de referência da PCH Cianorte.

CURVA DE PERMANÊNCIA MENSAL PCH CIANORTE **AD= 546 km²**

Tempo	Vazão Média
5	17,7
10	14,7
15	13,4
20	12,5
25	11,6
30	11,1
35	10,5
40	10,0
45	9,5
50	9,0
55	8,6
60	8,0
65	7,6
70	7,3
75	7,0
80	6,5
85	6,1
90	5,5
95	5,0
100	3,8

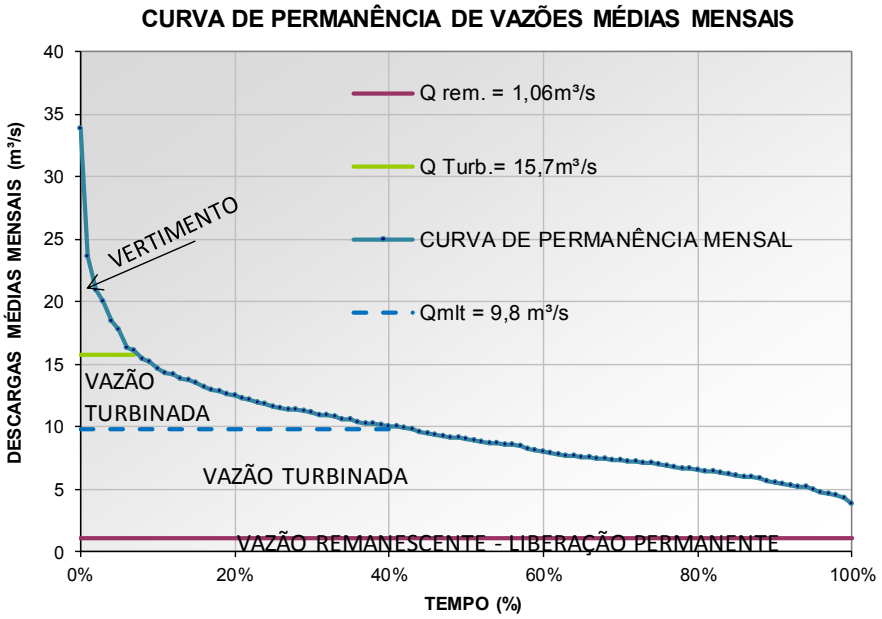


Figura 6.123 - Curva de permanência de vazões médias mensais.

6.5.3.5. Estudo das cheias

As cheias incidentes numa bacia hidrográfica são variáveis estatísticas que devem ser avaliadas criteriosamente para os cálculos de capacidade de escoamento dos órgãos extravasores, na definição de cotas de segurança da barragem e do piso dos geradores.

O comportamento de uma bacia frente às variações de vazões depende diretamente da extensão da zona sujeita à precipitação, ocasionando o escoamento superficial que se desloca água abaixo, mantendo relação direta com a declividade e o tempo de concentração.

Os aspectos morfológicos, a natureza da vegetação, as características geológicas, a temperatura, a magnitude e a duração das precipitações bem como as ações antrópicas de uso e ocupação de solos delimitam o conjunto mais evidente das variáveis responsáveis pelo fenômeno das cheias.

Esses fatores, tão numerosos e diversos, evidenciam a impossibilidade de expressar analiticamente todas as relações entre variáveis que, para uma dada situação de projeto, possibilite fazer inferências, visando a estimar o montante escoado.

A escolha das variáveis explicativas depende do tipo de informação disponível na bacia. A inexistência de dados medidos continuamente é um limitador que induz a utilização de formulações analíticas, tal como os modelos hidrológicos, em obras de pequena magnitude. As observações subsidiam a estimação estatística, por intermédio das distribuições clássicas.

Para o caso do rio Ligeiro optou-se por adotar a base de dados com 34 anos de observações diárias no posto Japura (64682000) justamente devido ao seu maior período de observação quando comparado com a estação Jussara. Em termos de área de drenagem, ela é compatível com o local da usina e, portanto que pode ser tomada como base amostral de um estudo de cheias.

Desta amostra são tomados os valores máximos de cada ano e sobre estes foram aplicados os algoritmo de Gumbel. Os valores de vazões de enchente foram calculados a principio no eixo de referência da estação para diversos tempos de recorrência, e são apresentados na sequência.

As recomendações contidas no documento “Diretrizes para Elaboração de Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas” (ELETROBRAS, 2000) preconizam a aplicação do ajuste de Gumbel quando o coeficiente de assimetria determinado para a amostra resultar inferior a 1,5.

Como o coeficiente de assimetria obtido foi -0,73 recomenda-se a adoção da distribuição de Gumbel conforme metodologia.

Os valores apresentados na Figura 6.124 representam os montantes de vazão máximas esperadas para o eixo da estação base dos cálculos.

VAZÕES MÁXIMAS - ESTAÇÃO JAPURA (64682000) - AD=807km²

Ad	818 km²
TR [anos]	Estação Japura
2	50 m³/s
5	68 m³/s
10	80 m³/s
20	91 m³/s
25	95 m³/s
50	106 m³/s
100	117 m³/s
200	128 m³/s
500	143 m³/s
1000	154 m³/s
10000	190 m³/s

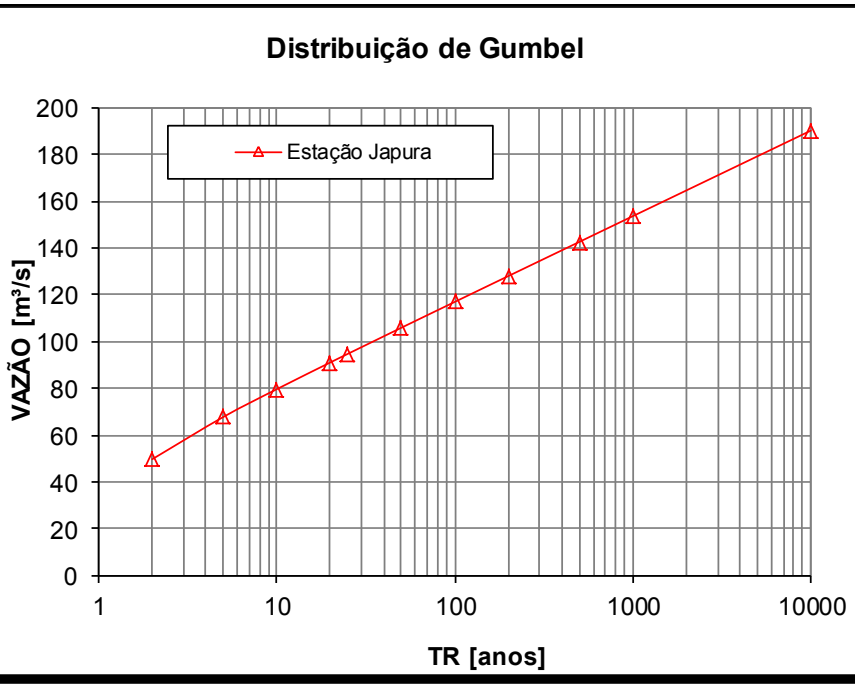


Figura 6.124 - Vazões máximas método de Gumbel no eixo da estação Japura.

Os valores adotados foram transladados para o eixo da PCH Cianorte e ainda foram majorados de modo a representar o pico da onda de cheia ou vazão máxima instantânea.

Este procedimento foi incorporado à determinação das vazões máximas consideradas pelo ajuste de Fuller que atua de modo inversamente proporcional à área de drenagem local. A Figura 6.125 representa as condições de cheia já transferidas para o eixo da PCH Cianorte.

VAZÕES MÁXIMAS - PCH CIANORTE

Ad = 546 km²

TR [anos]	Vazões Máximas	Vazões Instantâneas Fuller
2	33 m³/s	46 m³/s
5	45 m³/s	63 m³/s
10	53 m³/s	74 m³/s
20	61 m³/s	85 m³/s
25	63 m³/s	89 m³/s
50	71 m³/s	99 m³/s
100	78 m³/s	109 m³/s
200	85 m³/s	120 m³/s
500	95 m³/s	133 m³/s
1000	103 m³/s	144 m³/s
10000	127 m³/s	178 m³/s

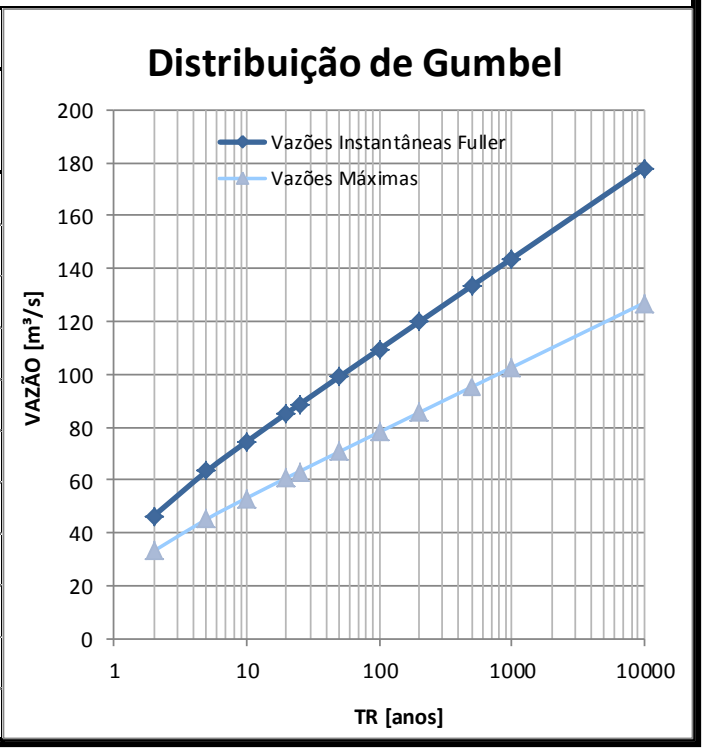


Figura 6.125 - Vazões máximas e máximas instantâneas esperadas para PCH Cianorte.

O vertedouro da usina foi dimensionado para comprimento de soleira livre e passagem da cheia milenar, atendendo, porém a cheia decamilenar dentro do *free board* considerado. Foi também avaliada a capacidade máxima de vertimento assim como as alturas de lâminas d'água sobre o vertedor em diversos regimes de descarga.

6.5.3.6. Vazões de estiagem e determinação da vazão remanescente

Este parâmetro, em função da valorização dos aspectos ambientais e de utilização de água para outros usos, adquiriu especial importância mesmo considerando que a geração de energia hidrelétrica enquadra-se na categoria não consultiva dos recursos hídricos, sendo esta uma opção de energia limpa e renovável. A definição desse parâmetro hoje é de responsabilidade dos órgãos ambientais e depende, entre outros aspectos, das seguintes configurações:

a) Tipo de arranjo: Nesse caso se verifica a restituição das vazões ocorre junto ao barramento ou se a casa de força encontra-se deslocada da barragem o que significa que existirá um trecho de rio que deverá ser irrigado com um montante de vazão impedindo seu completo ensecamento e mantendo as condições ambientais adequadas para a preservação da biota;

b) Tipo de reservatório: Além da configuração do arranjo das usinas, concomitantemente deverão ser observadas as características do reservatório (fio d'água ou de regularização). A superposição, por exemplo, de um reservatório a fio d'água associado a um arranjo com restituição das vazões junto ao barramento, pode demandar a manutenção de uma vazão remanescente apenas durante o período de enchimento do reservatório.

Enfim, independentemente das possíveis associações de arranjo para cada empreendimento, o que existe de concreto é que a vazão mínima residual é um dado que deve ser incorporado nas proposições básicas de planejamento da exploração dos potenciais hidráulicos das bacias hidrográficas. Esta vazão remanescente (ou ecológica) liberada permanentemente a jusante do barramento pode seguir diversos critérios que dependem dos órgãos licenciadores de emissão de outorgas de uso da água.

Constata-se que o critério da determinação da vazão de estiagem em função de um percentual do $Q_{7,10}$ foi historicamente o mais utilizado, principalmente na região sul, para a determinação do valor de vazão residual. Outros licenciamentos ambientais no estado do Paraná têm como referência o valor de 50% do $Q_{7,10.}$

A definição da vazão mínima ($Q_{7,10}$), com duração de sete dias consecutivos e recorrência de 10 anos, é feita por metodologias estatísticas que se apoiam em médias móveis. Do processamento e seleção dos dados, verifica-se que os eventos críticos em termos de disponibilidade hídrica ocorrem com maior frequência nos meses de julho e agosto.

A Figura 6.126 apresenta o cálculo da vazão mínima prevista, para diversos tempos de retorno, obtido do modelo hidrológico desenvolvido pelo CEHPAR para o estado do Paraná e intitulado HG77.

VAZÕES MÍNIMAS OBTIDAS POR REGIONALIZAÇÃO - ESTAÇÃO BASE JUSSARA RIO LIGEIRO (725km²)

AJUSTE	WEIBULL	LOG PEARSON III	LOG NORMAL III
TR anos	Q 7,TR	Q 7,TR	Q 7,TR
2	**4,44**	4,56	4,55
5	**3,21**	3,27	3,26
10	**2,83**	2,75	2,75
25	**2,59**	2,29	2,30
50	**2,50**	2,04	2,06
100	**2,44**	1,84	1,86

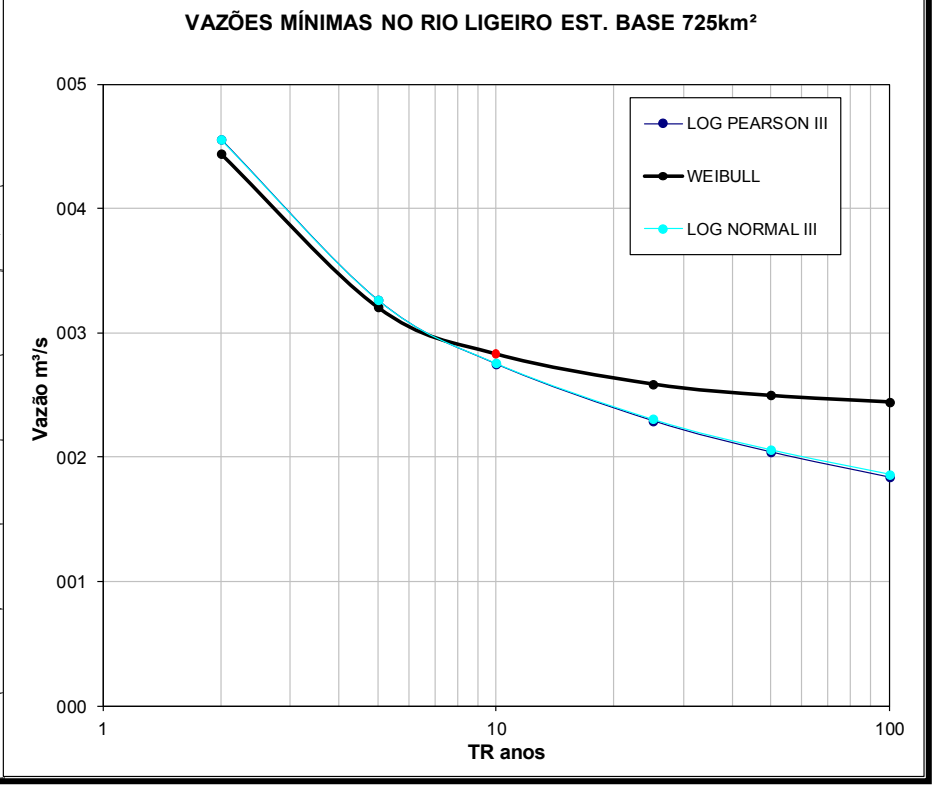


Figura 6.126 - Determinação da vazão de estiagem no eixo da estação Jussara – rio Ligeiro (HG77).

Inicialmente foram determinadas as vazões de estiagem para o eixo de referencia da estação base Jussara (725 km²) situada no próprio rio Ligeiro e posteriormente transferido para o eixo da usina da PCH Cianorte (546 km²) por simples relação entre as áreas de drenagem.

Neste caso o valor da Q7,10 para o eixo da usina resultou no valor de 2,30 m³/s. Sendo assim considerou-se a liberação permanente no trecho de rio ensecado de:

50% $Q_{7,10}$ =1,06 m³/s.

A vazão remanescente pode ser arbitrada de modo diferenciado dependendo da regulamentação adotada no âmbito de cada estado da Federação. Some-se a isso o fato de que existem vários critérios indicativos para o caso.

Cabe mencionar que um valor elevado de vazão remanescente acaba por agregar menor benefício energético ao empreendimento. Em outro aspecto a vazão remanescente tem que ser suficiente à manutenção da biota no trecho ensecado que no caso da PCH Cianorte é de 5,00 km.

Os vertimentos ocasionais também promovem renovações no regime contribuindo para garantia de condições mínimas ambientais e descargas esporádicas de sedimentos.

Portanto acredita-se que tal valor de vazão remanescente proposto inicialmente apoiado no critério 50% $Q_{7,10}$, no caso 1,06 m³/s, aponte para um equilíbrio entre o uso energético e a amortização dos impactos inevitáveis de um empreendimento com estas características e as questões ambientais envolvidas.

6.6. BIBLIOGRAFIA CITADA

BHERING, S.B.; SANTOS, H.G. (Eds.). **Mapa de solos do estado do Paraná**: legenda atualizada. Rio de Janeiro: EMBRAPA Florestas, EMBRAPA Solos, Instituto Agronômico do Paraná, 2008. 74 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Pesquisas e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. **Levantamento de reconhecimento dos solos do noroeste do estado do Paraná**. Rio de Janeiro, 1970. 104 p.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução 32 de 15 de outubro de 2003. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 dez. 2003. Seção 1, p. 142.

CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD Rom.

DESIGN HEAD. **Estudo de inventário hidrelétrico. Rio Ligeiro. Bacia do rio Paraná**. Revisão 1. Jussara: Design Head Engenharia e Construtora, 2010.

ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Diretrizes para projetos e estudos de pequenas centrais hidrelétricas**. Rio de Janeiro, 2000. 458 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1995. 101 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento de solos do estado do Paraná**. Londrina: IAPAR: Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1984. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 27. IAPAR. Boletim Técnico, 16.)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.

FERNANDES, L.A. **A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP)**: os grupos Bauru e Caiuá. São Paulo, 1992. 129p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

FERNANDES, L.A.; COIMBRA, A. M. O Grupo Caiuá (Ks): Revisão estratigráfica e contexto deposicional. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 24, n. 3, p. 164-176, 1994.

FULFARO, J.; BARCELOS, J.H. Fase Rifte na Bacia do Paraná: a Formação Caiuá. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3., Rio Claro, 1991. **Resumos Estendidos**... Rio Claro: UNESP/SBG, 1991. p. 85.

GRIMM, A.M. Clima da região sul do Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J.; DIAS, M.A.F.S. (Orgs.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 259-275.

IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico de pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 323 p. (IBGE. Manuais Técnicos em Geociências, 04).

ITCG. Instituto de Terras Cartografia e Geociências. **Solos – estado do Paraná**. Curitiba, 2008. 1 mapa. Escala 1:2.000.000.

LEINZ, V. et al. **Geologia geral**. 8. ed. São Paulo: Editora Nacional, 1981.

LICHT, O.A.B. **A geoquímica multilementar na gestão ambiental: Identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da paisgem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no Estado do Paraná, Brasil**. Curitiba, 2001. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná.

MAACK, R R. **Geografia física do estado do Paraná.** 2. ed. Curitiba: Ed. Olympio, 1981.

MARQUES, R.; MOTTA, A.C.V. Análise química do solo para fins de fertilidade. In: LIMA, M.R. (Org.) et al. **Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícolas**. 2. ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2003. p. 81-102.

MILANI, E.J.; FRANÇA, A.B.; SCHNEIDER, R. Bacia do Paraná. **Boletim de. Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 69-82, 1994.

MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A. **Atlas geológico do estado do Paraná**. Curitiba, 2001. 116 p.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F. de; ZEMPULSKI, H. da C. ; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. 40 p. (IAPAR. Circular, 76).

PICCIRILLO, E.M.; MELFI, A.J. **The mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1988. 600 p.

POPP, J.H., BIGARELLA, J.J. Formações cenozóicas do noroeste do Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, n. 47, 1975.

RÜEGG, N.A. **Modelos de variação química na província basáltica do Brasil meridional: características de teor, distribuição geográfica e diferenciação**. São Paulo, 1975. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

SÁ, J.P.G.; CAVIGLIONE, J.H. **Arenito Caiuá**: capacidade de lotação das pastagens. Londrina: IAPAR, 1999. (IAPAR. Informe de Pesquisa, 132).

SANTOS, H.G. et al. **Carta de solos do estado do Paraná. Legenda atualizada. Folha SF.22-Y-C MIR – 495**. Curitiba: EMBRAPA Florestas; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2008a. 1 mapa. Escala 1:250.000.

SANTOS, H.G. et al. **Carta de solos do estado do Paraná. Legenda atualizada. Folha SF.22-Y-D MIR – 496**. Curitiba: EMBRAPA Florestas; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2008b. 1 mapa. Escala 1:250.000.

SANTOS, J.L.S.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N.E.; FIORI, A.P.; SILVEIRA, C.T.; SILVA, J.M.F.; ROSS, J.L.S. Mapeamento geomorfológico do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 7, n. 2, p. 3-12, 2006.

SANTOS, R.D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: SBCS, 2005. 92 p.

SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Bacias hidrográficas do Paraná**: série histórica. Curitiba, 2010a. 138 p.

SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto das Águas do Paraná. **Elaboração do plano estadual de recursos hídricos**. Produto 1.2. Parte B. Diagnóstico das disponibilidades hídricas subterrâneas. Revisão Final. Curitiba, 2010b. 144 p.

SUDERHSA. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Atlas de recursos hídricos do estado do Paraná**. Curitiba: SUDERHSA, 1998.

WASHBURNE, C.W. Petroleum geology of the state of São Paulo, Brasil. São Paulo: Comissão Geográfica e Geológica, 1930. 282 p. (Boletim, 22).

ZALÁN, P.V. et al. Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná, In: SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1987. **Atas**... Curitiba: SBG, 1987. p. 441-473.