

Capítulo 4



Avaliação do Meio Físico

4 AVALIAÇÃO DO MEIO FÍSICO

4.1 Introdução

Assim como os capítulos Avaliação do Meio Biótico (biodiversidade) e Avaliação do Meio Antrópico (ocupação humana) foram subdivididos em vários temas, também este capítulo será apresentado em diversos sub-capítulos. Cada um destes sub-temas está intrinsecamente relacionado ao outro. Juntos irão compor o diagnóstico e a caracterização da base física do PETAR e seu entorno, onde se estabelece toda a cadeia da vida silvestre protegida no Parque, onde se desenvolvem as atividades humanas e onde, ao longos de milhares de anos, as cavernas foram se desenvolvendo, compondo o rico e abundante patrimônio espeleológico.

O primeiro sub-capítulo apresentado é sobre o Clima. Na sequência vêm: Recursos Hídricos, Geologia, Relevo, Áreas Cársticas, Solos, Terrenos e Patrimônio Espeleológico.

Os textos foram redigidos por especialistas em suas respectivas áreas, cada qual com suas abordagens e seus estilos redacionais. A intenção é oferecer elementos para uma melhor compreensão dos processos físicos relacionados ao Parque, estimulando tanto o leitor que tem em seu repertório os elementos para análise de tais processos, quanto o leitor leigo, apesar da grande complexidade dos temas.

Conforme descrição no capítulo Metodologia, os diagnósticos realizados representam a base para a elaboração do zoneamento e dos programas de gestão e para um melhor entendimento da avaliação do meio físico, estes capítulos – zoneamento e programas de gestão - devem também ser consultados, assim como os capítulos correspondentes nos planos de manejo dos demais parques do contínuo ecológico – PE Carlos Botelho (São Paulo, 2008) e PE Intervales (São Paulo, 2009) – e os Planos de Manejo Espeleológico (São Paulo, 2010).

Vale, ainda, destacar que atenção especial foi dada à elaboração dos mapas. A escolha foi trabalhar com a escala 1:50.000. Ocorre que as bases originais utilizadas, muitas vezes, foram produzidas em outras escalas, tendo de ser ajustadas, conforme o tema. O resultado é que elementos constatados a campo não estão presentes no mapa, como exemplo, a base geológica, que inclui todas as rochas carbonáticas na escala 1:50.000, mas não identificou alguns corpos menores existentes, que apareceriam em uma escala maior.

Clima

Neste capítulo, a abordagem sobre o clima é regional. O enfoque se dá sobre a “fachada sul oriental do Brasil de Sudeste”, com características subtropicais e condições de umidade permanente; se comparada à região norte do estado, apresenta clima mais frio.

As variações topográficas da região possibilitam a diversificação de climas locais: a faixa costeira é a mais úmida, sobretudo aquela das vertentes diretamente expostas aos

fluxos atmosféricos oceânicos; uma faixa menos úmida ocorre ao longo do curso do rio Ribeira de Iguape e a umidade volta a aumentar na escarpa da serra de Paranapiacaba.

Com relação aos ventos, a topografia do Vale do Ribeira de Iguape deve promover reduções na velocidade e alterar as direções predominantes.

Os dados coletados nas estações meteorológicas indicam que a estação quente e chuvosa dura habitualmente de outubro a abril, enquanto a estação menos chuvosa e mais fria ocorre de maio a setembro. Nos meses de outono-inverno são freqüentes resfriamentos mais fortes relacionados às invasões polares podendo fazer as temperaturas nas áreas mais elevadas serem inferiores a 10°C.

Em função dos altos valores de precipitação pluviométrica, análises e projeções para os usos da área devem ser cuidadosamente feitos, principalmente na estação chuvosa, pois podem implicar em riscos à vida, tais como os movimentos de massa, as inundações e enchentes, sendo importante o controle e monitoramento da visitação nas áreas mais susceptíveis a estes processos.

A Figura 10 (anexa) traz o mapa com as unidades climáticas do alto e médio vale do Rio Ribeira de Iguape. Note-se que as cavernas que recebem visitação no PETAR também estão localizadas neste mapa.

Recursos Hídricos

A abordagem sobre os recursos hídricos é planetária, nacional, estadual, regional e local. Destacam-se a importância da água como elemento vital, a coleção de políticas públicas e legislações referentes à água como recurso e portanto com foco para os usos, as instâncias de gestão deste recurso e a necessidade de um maior conhecimento sobre as características dos corpos d'água do PETAR, de todo contínuo ecológico e de toda a bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape.

Os recursos hídricos, no que tange aos procedimentos de gestão, conservação e manejo adequado, asseguram a sustentabilidade para a sobrevivência de todos os seres. A água, tal qual o ar, em seu movimento, não permite ações locais desconectadas de suas fronteiras geográficas. Somente ações amplas e trans-fronteiriças poderão garantir a preservação da qualidade das águas por uma área maior e, portanto, possibilitar a implantação dos verdadeiros planos de “manejo integrado”.

O aumento pela demanda de água com qualidade tornou-se extremamente dependente do crescimento populacional, pois a expansão das áreas urbanas limita a recarga dos aquíferos e compromete o balanço natural, com um conseqüente impacto negativo nos padrões de qualidade e na biodiversidade.

Este sub-capítulo demonstra a grande importância da evolução do conceito de gestão compartilhada dos recursos hídricos, mas também deixa claro que, no âmbito do Parque e do próprio contínuo ecológico de Paranapiacaba, este tema está muito aquém do que deveria, inclusive em função da exaltação às águas subterrâneas, presente na legislação,

desde os primeiros diplomas elaborados: tal exaltação apenas tangencia as questões relacionadas à conservação das águas sob o enfoque do patrimônio espeleológico.

O sub-capítulo sobre áreas cársticas destaca esta questão:

“Localizado na margem esquerda do médio a alto curso do rio Ribeira, o PETAR é drenado pelas bacias dos rios Betari, Iporanga e Pilões, que tem suas nascentes na borda do Planalto Atlântico, entre 900 e 1100 m de altitude, atingindo o Ribeira entre 80 e 70 m. Pelo fato destas bacias drenarem a Serrania do Ribeira, os rios apresentam vales encaixados e perfis longitudinais de alto a médio gradiente, localmente encachoeirados. Os terrenos cársticos inseridos nesta faixa serrana se destacam pelos altos gradientes hidráulicos e significativa recarga alóctone (Karmann e Ferrari, 2002).” (ver Figura 9. Localização das principais sub-bacias hidrográficas do PETAR)

Importante também enfatizar a correlação deste tema com o desenvolvimento do sub-capítulo sobre fauna, mais especificamente sobre peixes, do capítulo Avaliação do Meio Biótico.

O destaque na avaliação da abundância das espécies de peixes (foram registradas 67 espécies para o PETAR) recai sobre as micro-bacias aqui citadas - dos rios Betari, Iporanga e Pilões. Além da distribuição por micro-bacias, as comunidades de peixes também variam ao longo dos cursos dos rios. As cabeceiras são formadas por pequenos riachos que brotam nas partes altas dos terrenos íngremes das serras e montanhas. A turbulência aumenta a concentração de oxigênio dissolvido na água e o sombreamento provocado pela vegetação ripária impede a insolação e por isto a temperatura da água é baixa. Nos trechos superiores dos riachos verifica-se também que as corredeiras alternam com áreas de poças e pequenos remansos. À medida que suas águas descem, juntam -se com a de outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios. Esses rios continuam seus trajetos recebendo águas de outros tributários, formando rios cada vez maiores. Nos trechos inferiores, surgem as planícies de inundação, com outros tipos de habitats tais como as calhas dos rios, os lagos marginais e as várzeas (Barrella et al., 2000).

Para a gestão eficiente dos recursos hídricos faz-se necessário o investimento em ações de análise e monitoramento da qualidade da água. No âmbito deste Plano de Manejo foram realizados estudos, com coleta de amostras em vários corpos d'água no PETAR. Em paralelo a este sub-capítulo, o referido estudo está apresentado no Anexo 7. Avaliação da qualidade ambiental das águas do PETAR, com descrições detalhadas e incluindo planilhas de resultados das análises químicas em localidades no interior e entorno do Parque.

Em complementações aos estudos realizados em 2010 foram sistematizados trabalhos que não haviam sido localizados à época: levantamento de resíduos de pesticidas no interior do PETAR, realizado entre 1998 e 2000, e levantamento da comunidade de invertebrados aquáticos e qualidade da água dos rios Betari e Iporanga, realizado em 2013.

Geologia

A abordagem sobre a geologia é regional e local, com descrição das formações geológicas presentes no PETAR e entorno.

Considerando-se que um dos principais atributos ambientais do PETAR são as cavernas, as informações sobre Geologia são de fundamental importância. As rochas carbonáticas são as que dão origem às cavernas, também constituem os bens minerais mais explorados da região; a adequação com a mineração é necessária para minimização de conflitos (este tema será tratado em detalhe em outros capítulos neste Plano de Manejo).

No desenvolvimento do capítulo se verá que a maior parte das rochas carbonáticas com grande potencial para a indústria cimenteira localizam-se na região sul do Estado de São Paulo, no Vale do Ribeira. Grande parte dessas reservas minerais, com composições mais calcíticas, encontram-se em áreas protegidas, como no PE Intervalles, Mosaico das UC de Jacupiranga e PETAR; as unidades carbonáticas que ocorrem em áreas sem restrição ambiental, apresentam composições mais dolomíticas ou silicosas, o que representa menor qualidade no produto final.

Na abetura do sub-capítulo Geologia está destacado que “*serão apresentadas as características geológicas da área do PETAR e sua Zona de Amortecimento, com uma descrição das unidades geológicas sob o ponto de vista da estratigrafia e litologia, com a indicação da mineralogia, composição e de suas características estruturais.*”

A litologia refere-se aos tipos de rochas e a estratigrafia às relações entre as diferentes litologias ao longo do tempo geológico.

A denominação das unidades geológicas compostas de rochas sedimentares e metasedimentares segue as denominações estratigráficas, que as define as unidades principais em grupo e formação, termos que serão frequentemente encontrados no texto. Também serão encontrados os termos que abarcam as unidades ígneas como complexos e corpos, ou denominações de unidades geotectônicas como faixas de dobramento e domínio, diques, além de outros.

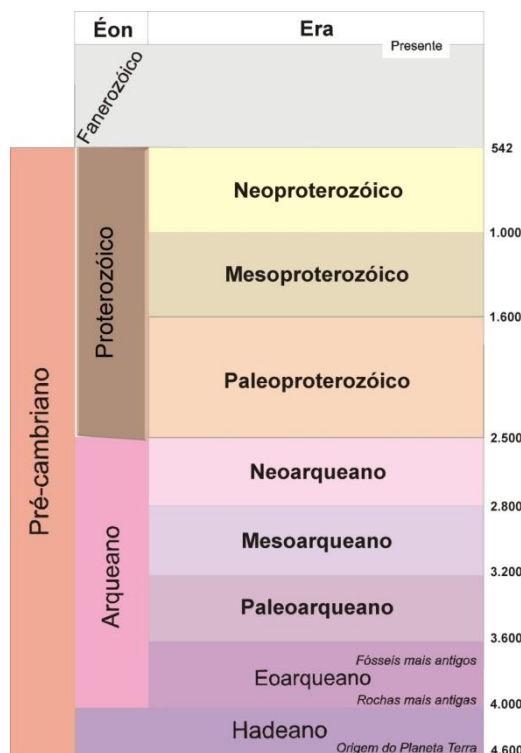
Outro conceito utilizado em Geologia e largamente referido no texto é o de tempo geológico. Através de pesquisas das rochas e dos fósseis, cientistas calculam que a Terra tenha aproximadamente 4,6 bilhões de anos, e durante todo esse período ela passou por grandes transformações. As diferentes fases do tempo geológico a determinados intervalos de tempo, divididos em éons, eras e períodos (entre outras subdivisões menores). A passagem dos diferentes períodos de tempo foi estabelecida através de mudanças abruptas no planeta, sendo, portanto, classificadas em quatro intervalos principais: Hadeano, Arqueano, Proterozóico e Fanerozóico. As rochas que compõem grande parte do PETAR e entorno são de idade Arqueana e Proterozóica²⁷.

A figura a seguir traz o tempo geológico e suas principais subdivisões.

²⁷

Arqueano: intervalo do tempo geológico de 4.000 a 2.500 milhões de anos. Proterozóico: intervalo do tempo geológico de 2.500 a 542 milhões de anos.

Figura 8. Escala geológica do tempo simplificada, mostrando as principais subdivisões do pré-cambriano (idades em milhões de anos)



(Adaptado da carta estratigráfica internacional da ICS, 2008 - disponível em: <http://www.stratigraphy.org/cheu.pdf>).

Relevo

A abordagem sobre o relevo é regional e local, com descrição das formações de relevo no PETAR e área de entorno.

Em qualquer lugar da superfície terrestre, as formas do relevo vão variar conforme a unidade geológica (ou unidade litoestratigráfica) de origem. Os agentes modeladores do relevo podem ser internos (quando agem de dentro para fora da Terra), como os terremotos e vulcões, ou agentes modeladores externos (quando ocorrem de fora para dentro da superfície terrestre), como as chuvas (ação pluviométrica), os mares (ação marítimica), os rios (ação fluviométrica ou hidrométrica), e os processos de interferência humana (ação antrópica). Os tipos de relevo são o resultado destas ações conjugadas, no decorrer de milhões de anos.

Portanto, a ordem de apresentação deste sub-capítulo não é aleatória. Os relevos estão intimamente ligados ao clima, à água e à geologia. Além disso, a caracterização de cada um dos tipos de relevo que ocorrem no PETAR e entorno e o destaque sobre o denominado Planalto Cárstico do Vale do Ribeira, subsidiam os sub-capítulos que vem a seguir, relativos especificamente às cavernas: áreas cárticas e patrimônio espeleológico.

O Mapa de Unidades de Relevo do Brasil (IBGE, 2006) indica três grandes classes: planaltos, planícies e depressões, que são subdivididas em unidades. Como se verá no sub-capítulo, a região do PETAR ocupa trechos das unidades Serra do Mar e Planalto de Paranapiacaba (ver Figura 26. Unidades de relevo que ocorrem nas imediações do PETAR) e os estudos elaborados para este Plano de Manejo delimitaram vinte tipos de relevo, que são apresentados na Tabela 30 e no mapa “Geomorfologia do PETAR e da Área de Entorno”.

“Os relevos da Serrania do Ribeira constituem terrenos muito sensíveis à interferência devido à inclinação acentuada de suas encostas e a intensidade dos processos erosivos, de modo que as interferências antrópicas tendem a diminuir as suas condições de estabilidade, intensificando os movimentos de massa e a ação erosiva das drenagens serranas”.

O Planalto Cárstico do Vale do Ribeira é um relevo residual cuja origem esta associada aos processos de deformação da antiga superfície erosiva que nivela o Planalto Atlântico. Essas deformações provocaram desníveis da ordem de 100 a 300 m, com relação ao Planalto de Guapiara... ...No relevo de Morrotes e Morros cársticos a atuação dos processos de carbonatação, dissolução e de entalhe fluvial, foram intensos a partir do Mioceno e durante o Quaternário, à medida que estão condicionadas ao nível de base regional, que é dado pelo Rio Ribeira de Iguape, e pelo nível do mar. Nesse sentido é importante salientar que durante o ultimo glacial o nível do mar esteve a - 100 m favorecendo assim um entalhe superficial e subterrâneo profundo do relevo... ...Esses condicionantes neotectônicos teriam favorecido a formação de cavernas com salões em vários níveis, a formação de abismos e de vales profundos, que caracterizam esses relevos, que apresentam processos de intemperismo bioquímico, dissolução e carbonatação generalizados e de alta intensidade, associados à erosão laminar e em sulcos, movimentos de massa do tipo: rastejo, escorregamentos planar, queda de blocos e abatimentos que são freqüentes de média intensidade.”

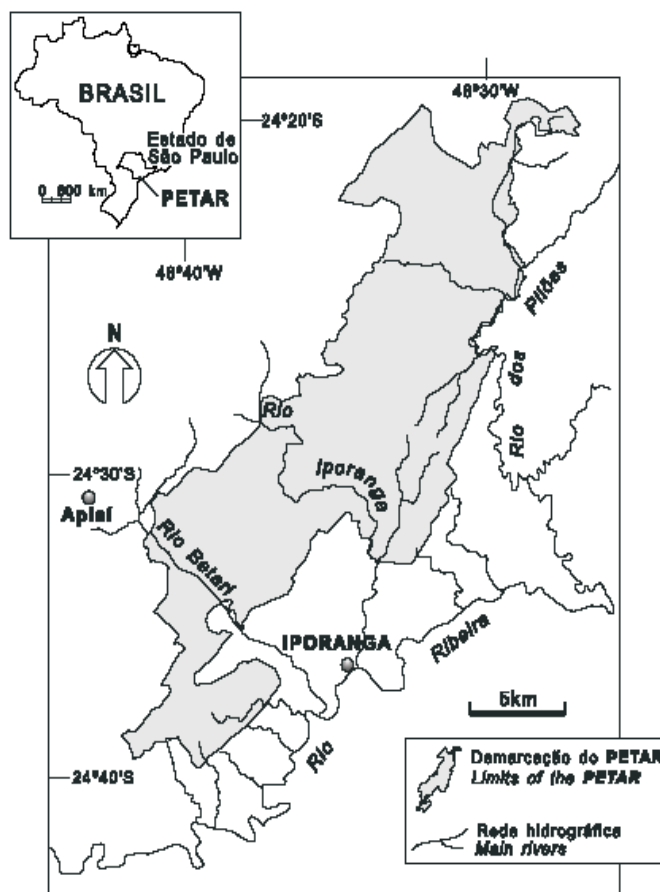
Áreas Cársticas

A abordagem sobre as áreas cársticas é local; são apresentadas descrições das áreas cársticas identificadas no PETAR, a maioria agrupada por bacias hidrográficas (ver Tabela 17. Sistemas cársticos do PETAR, distribuídos por bacias hidrográficas e os mapas “Depressões Fechadas e Localização das Áreas Cársticas Agrupadas por Bacias” e “Hipsometria com a Localização das Áreas Cársticas (Mapa 7)”.

O texto destaca que a região é marcada por um exuberante patrimônio geomorfológico e espeleológico, com feições típicas, como carste poligonal, cones e canions cársticos, vales fluviais profundos, escarpamentos rochosos com pórticos de cavernas, sistemas de drenagem subterrânea com grande variedade espeleomorfológica e cavernas com sítios paleontológicos do Quaternário (Karmann e Ferrari, 2002).

Como já foi dito, o Parque é drenado pelas bacias dos rios Betari, Iporanga e Pilões (Figura 9).

Figura 9. Localização das principais sub-bacias hidrográficas do PETAR



Fonte: (Karmann e Ferrari, 2002).

O rio Betari é um belo exemplo do comportamento hidráulico das drenagens principais da área: alto gradiente e capacidade erosiva com vales fechados nas rochas não carbonáticas e baixos gradientes com vales alargados e planícies de agradação, quando cruza as superfícies carbonáticas, como por exemplo, o Planalto do Lajeado.

As características morfológicas do setor nordeste do PETAR, que engloba as bacias dos rios Iporanga e Pilões, são semelhantes às identificadas no setor sudeste, que engloba a bacia do rio Betari (Ferrari et. al., 1999), com exceção dos canyons cársticos, não incidentes no setor sudeste. Como exemplo de canyons cársticos ressalta-se o vale do rio Temimina, associado à caverna homônima, um vale de vertentes abruptas, que após percorrer aproximadamente 2 km, termina em um sumidouro junto à caverna.

O texto apresenta um trabalho inédito, de grande relevância para a caracterização ambiental do Parque. Estão descritos 22 sistemas cársticos, conforme a tabela apresentada a seguir:

Tabela 17. Sistemas cársticos do PETAR, distribuídos por bacias hidrográficas

Bacias Hidrográficas	Sistemas Cársticos
Bacia do Rio Betari	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carste Areias - Córrego Fundo ▪ Carste Alambari - Ouro Grosso ▪ Carste Santana - Zezo - Grilo ▪ Carste Couto - Morro Preto ▪ Carste Água Suja ▪ Carste Alto Betari
Bacia do Rio Iporanga	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carste Manduri ▪ Carste Onça Parda - Vargem Grande ▪ Carste Caboclos - Casa de Pedra ▪ Carste Marginal ▪ Carste da Cachimba
Bacia do Ribeirão Pescaria	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carste Temimina-Pescaria
Bacia Córrego da Campina	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carste do Buenos ▪ Carste Três Amigos ▪ Carste Bananeira Preta ▪ Carste do Areado ▪ Carste Bulhas d'Água ▪ Carste Xuxuzeiro ▪ Carste do Ribeirão Grande
Bacia do Rio Ribeira	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carste de Bombas ▪ Carste Cutia ▪ Relevos Cársticos da Falha da Figueira

Neste sub-capítulo são oferecidas, também, informações fundamentais para a definição dos compartimentos da Zona de Amortecimento do PETAR (ver capítulo Zoneamento) e as respectivas recomendações acerca de atividades de potencial impacto ambiental e de áreas a serem incorporadas ao Parque:

“Grande parte da recarga dos sistemas encontra-se fora dos limites do PETAR, fato que pode comprometer as fontes cársticas do Bairro da Serra e as condições ambientais nas cavernas associadas. Dado o relevo acidentado nas áreas de recarga, o desenvolvimento de atividades agropecuárias pode aumentar o fluxo de sedimentos no interior das cavernas, provocando o assoreamento de rotas de fluxo e a contaminação por fertilizantes e defensivos. Cabe destacar que o sistema de cavernas Areias abriga importante população de bagres cegos, que pode ser diretamente afetada por alterações na zona de recarga. Recomenda-se que nesta área os limites do PETAR sejam expandidos para coincidir com os limites das zonas de recarga, avançando para os divisores da Serra da Biquinha e Serra da Anta Gorda.”

“Testes quantitativos com traçadores realizados por Genthner et al. (2003) no sistema Areias mostram que contaminantes injetados na zona de contato com a Serra da Anta Gorda deslocam-se no sistema com velocidade média variável de 300 a 770 m/h (a velocidade está diretamente relacionada à vazão do sistema), e chegam na ressurgência das Areias (Bairro da Serra) em poucas horas (9 h durante uma chuva e 18 h em situação de estiagem).... Outros resultados obtidos pela autora mostraram que contaminantes carregados para sumidouros no sopé da Serra da Boa Vista chegam à ressurgência do Grilo após 48 horas, e à ressurgência do Zezo após 51 horas. Contaminantes injetados no setor entre a Serra da Araponga e o divisor de calcário alcançaram a ressurgência do Grilo após 69 dias, e a da caverna de Santana após 74 dias.”

Solos

A abordagem sobre os solos é regional e local, mas traz o mapa dos solos do Estado de São Paulo como referência aos mapas de solos do Vale do Ribeira e do PETAR e entorno.

“O solo é resultado de mudanças ocorridas nas rochas, mudanças estas que ocorrem com o passar do tempo, sendo que as condições climáticas e a presença de seres vivos são os principais responsáveis pela transformação da rocha e a formação do solo. Sua existência depende de cinco variáveis independentes são elas: clima, tempo, organismos vivos, relevo e material originário.”

A partir da classificação dos principais tipos de solo do PETAR, sua aptidão física e capacidade de uso (ver Tabela 38), com suporte dos dados levantados em campo, foram mapeadas 31 unidades de solo, sendo algumas simples e outras compostas por associações de elementos, contempladas no mapa “Solos do PETAR e Área de Entorno”.

“Para Castro (2004) os solos do PETAR são característicos de Mata Atlântica, ou seja, ácidos e de baixa fertilidade, agravados pela alta declividade, apresentam pouca profundidade, sendo destinados à conservação e preservação da fauna e flora silvestres. Esta situação é amenizada pela presença natural do calcário, representando algumas manchas pontuais de maior fertilidade em áreas mais planas. A caracterização do solo do Vale do Ribeira reflete suas particularidades climáticas, o relevo plano de várzeas ou acidentado em rochas cristalinas.”

As áreas de fragilidade ambiental constituem um tópico bastante desenvolvido neste sub-capítulo e aprofundado no sub-capítulo seguinte, Terrenos, o que em muito colaborou para o estabelecimento dos compartimentos da Zona de Amortecimento (ver capítulo Zoneamento).

A textura do solo é um elemento importante na estabilidade e na morfodinâmica de uma área. Assim, textura mais grossa implica em maior desagregação, menor estabilidade e capacidade de arraste maior, enquanto que os materiais mais finos são mais estáveis.

A Tabela 46 descreve a fragilidade do PETAR e entorno quanto aos elementos do meio físico com ênfase nos solos. Atributos como lençol freático próximo à superfície, pouca profundidade efetiva do solo e relevo com inclinação acentuada configuram um “alto grau de fragilidade, na medida em que qualquer uso nessas áreas pode acarretar prejuízos à conservação do solo e à recuperação da cobertura vegetal natural, possibilitando o aparecimento de processos erosivos dos solos e o assoreamento de nascentes e canais fluviais”

Importante, também, o destaque para o trabalho conjunto das equipes que desenvolveram as análises dos temas de meio físico e meio biótico. Assim como a abordagem sobre os cursos d’água é fundamental para as análises da biodiversidade dos peixes, o entendimento sobre os solos é fundamental para a caracterização da floresta. No capítulo sobre caracterização da vegetação temos:

“Os solos calcários são mais férteis, mas pouco profundos e dão origem a florestas com estrutura e composição florística diferentes do padrão encontrado sobre os solos mais ácidos,

menos férteis e com maiores teores de alumínio, característicos das encostas da Serra do Mar (Aidar et al. 2001; Godoy 2001), conferindo ao PETAR, juntamente com o PE Intervales, certa peculiaridade em relação a outras UC da Serra do Mar e de Paranapiacaba. ...Em diversos trechos do PETAR são encontrados afloramentos rochosos com lapies, feições que se formam por processos de dissolução das rochas carbonáticas e ocorrem nos relevos de Morros e Morrotes cársticos, os quais têm seu desenvolvimento associado à presença de rochas carbonáticas (Winge 2001). Nestes trechos as árvores se fixam diretamente sobre as rochas (rupícolas) ou nas fendas entre as mesmas (saxícolas). Trata-se então de um ambiente único no Parque, pois a água disponível para as plantas é proveniente da água de percolação, nos dias em que ocorre precipitação, ou da umidade relativa do ar proveniente de neblina.”

Terrenos

A abordagem sobre os terrenos é regional e local. O enfoque deste sub-capítulo está totalmente voltado às análises dos demais temas descritos para a classificação da fragilidade do PETAR e entorno.

Assim, o conceito de “terrenos” está relacionados a parâmetros ambientais: substrato rochoso, relevo, solos e seus recursos, na dinâmica superficial, e nas potencialidades e fragilidades dos diferentes terrenos. O conceito de terreno compreende também as características e atributos da vegetação.

A conclusão geral é a de que o Parque e sua Zona de Amortecimento exigem cuidados especiais pois situam-se, em quase sua totalidade, em terrenos frágeis a muito frágeis quanto aos aspectos do meio físico, principalmente quando se pensa em abastecimento de lençol d’água e aquíferos, devido aos terrenos cársticos que o envolvem.

A tabela a seguir traz um resumo da descrição das unidades de terreno identificadas nos estudos para este Plano de Manejo e a classificação do seu grau de fragilidade.

Tabela 18. Síntese da fragilidade dos terrenos e do sistema cárstico do PETAR

Síntese da fragilidade dos terrenos e do sistema cárstico do PETAR	
Unidade de Terreno 1	Montanhosos e Escarpados
Localização	Maior parte do PETAR e sua área de entorno a leste e sudeste do Parque, na Serrania do Ribeira
Grau de fragilidade	Muito Alta
Atributos	Inclinação acentuada de suas encostas, a erodibilidade dos solos de alteração, e a intensidade dos processos erosivos, principalmente aqueles relacionadas a movimentos de massa do tipo escorregamentos planares e quedas de blocos
Unidade de Terreno 2	Amorreados Cársticos
Localização	Planalto Cárstico do Vale do Ribeira, tem ampla distribuição dentro do PETAR, ocorrem também na área de entorno
Grau de fragilidade	Susceptibilidade Muito Alta
Atributos	Esses terrenos cujos atributos estão diretamente ligados a presença de rochas carbonáticas (mármore e dolomitos) e aos relevos de Morrotes e Morros cársticos constituem o grande patrimônio paisagístico e espeleológico do PETAR, pela grande quantidade de cavernas, dolinas, abismos alcantilados e abruptos, e de afloramentos rochosos com lapíes. Frágil equilíbrio dinâmico, onde as pequenas alterações nos terrenos ou no escoamento das águas superficiais e subterrâneas podem alterar seu desenvolvimento com reflexos diretos nas condições bióticas desses ambientes
Unidade de Terreno 3	Amorreados Íngremes
Localização	Serrania do Ribeira, ocorrem principalmente na área de entorno, ocorrendo apenas em pequeno trecho no extremo sul do PETAR, no vale do Córrego Bombas
Grau de fragilidade	Susceptibilidade Alta
Atributos	Inclinação acentuada de suas encostas, a erodibilidade dos solos de alteração, e a intensidade dos processos erosivos, principalmente aqueles relacionadas a movimentos de massa do tipo escorregamentos planares e quedas de blocos, sejam eles naturais ou induzidos pela interferência antrópica, que é mais frequente nesses terrenos
Unidade de Terreno 4	Amorreados
Localização	Grande parte da área de entorno a oeste do Parque no Planalto de Guapiara, ocorrendo no PETAR apenas uma pequena área no extremo norte do Parque
Grau de fragilidade	Susceptibilidade Alta
Atributos	Erodibilidade dos solos de alteração, à inclinação acentuada de suas encostas, e a intensidade dos processos erosivos, associados ao escoamento superficial das águas e a movimentos de massa do tipo rastejo e escorregamentos planares
Unidade de Terreno 5	Morrotes
Localização	Parte noroeste do PETAR, nas nascentes do córrego da Campina e Ribeirão Temimina, no Planalto de Guapiara e ao longo dos vales do córrego Ribeirãozinho e do rio dos Pilões, na Serrania do Ribeira. Na área de entorno esses terrenos têm ampla distribuição
Grau de fragilidade	Susceptibilidade Moderada
Atributos	Erodibilidade dos solos de alteração, e localmente à inclinação acentuada de suas encostas

Unidade de Terreno 6	Cones de Dejeção e Corpos de Tálus
Localização	PETAR e na área de entorno, fazendo parte da Serrania do Ribeira
Grau de fragilidade	Susceptibilidade Alta
Atributos	Inclinação de suas encostas, a erodibilidade dos solos, e a ocorrência de rastejo e pequenos escorregamentos planares
Unidade de Terreno 7	Terraços
Localização	essencialmente na área de entorno, ao longo do rio Ribeira, no sopé dos terrenos Montanhosos e Escarpados ou Amorreiros Íngremes
Grau de fragilidade	Baixa Susceptibilidade
Atributos	Esses terrenos apresentam relevos planos e ondulados, levemente inclinados em direção ao rio, com processos de erosão laminar, em sulcos e entalhe fluvial ocasional e de baixa intensidade e sendo geralmente são aptos à ocupação antrópica
Unidade de Terreno 8	Planície Fluvial
Localização	PETAR e na área de entorno, fazendo parte do Planalto de Guapiara e da Serrania do Ribeira.
Grau de fragilidade	Alta Susceptibilidade
Atributos	De modo geral esses terrenos constituem Áreas de Preservação Permanente; as interferências antropicas geralmente provocam assoreamentos, aterramento de nascentes e destruição da mata ciliar.
Unidade de Terreno 9	Sistema Aquífero Cárstico (ver mapa "Fragilidade Geoambiental do PETAR e Área de Entorno")
Localização	Área de ocorrência das rochas carbonáticas, no limite das bacias hidrográficas de contribuição do cárste e na direção de fluxo do escoamento superficial na área cárstica
Grau de fragilidade	Muito Alta
Atributos	Falta de filtração de água no aquífero, pelo fato das águas superficiais e subterrâneas serem conectadas diretamente; colapso da superfície, inundações em dolinas; risco de contaminações subterrâneas severas, e interferência com comunidades bióticas; risco de contaminantes fluírem diretamente para o aquífero, sem diluição ou filtragem; problemas complexos para remediação do aquífero

4.2 Clima

4.2.1 O Clima Regional

O PETAR está localizado no trecho sul do Estado de São Paulo. Esta posição na fachada sul oriental do Brasil de Sudeste confere-lhe característica climática zonal típica dos climas controlados por massas tropicais e polares (Monteiro, 1973).

Segundo a classificação de Monteiro (1973) a área está situada no clima regional subtropical permanente úmido controlado por massas tropicais e polares marítimas. O critério para definição deste clima regional, segundo Monteiro (op.cit.) foi baseado na frequência de atuação das massas de ar envolvidas na circulação regional do Estado de São Paulo. Nesta unidade regional a Massa Polar Atlântica atua durante mais de 60% do tempo, em oposição aos 40% da Massa Tropical Atlântica. A maior frequência dos sistemas extratropicais (anticlones e frente polar) e, sobretudo, a maior atividade frontal neste trecho do Estado conferem a esta área características subtropicais e condição de umidade permanente.

Comparando-se este trecho em análise com o Litoral Norte do Estado, nota-se que este último está menos sujeito à participação das massas polares (cerca de 30 a 40% de participação anual), portanto com invasões de ar frio menos frequentes que os setores central e meridional do território paulista (Monteiro, 1973).

O trecho sul do Estado apresenta uma maior variação espacial da pluviosidade se comparada ao litoral norte, já que a distância da serra de Paranapiacaba da linha de costa, o vale do rio Ribeira de Iguape e os pequenos maciços e serras isoladas criam diferentes condições para a variação da chuva neste espaço. A faixa mais úmida da costa, sobretudo aquela das vertentes diretamente expostas aos fluxos atmosféricos oceânicos, cede lugar a uma faixa menos úmida ao longo do curso do rio Ribeira de Iguape, voltando a aumentar na escarpa da serra de Paranapiacaba. As variações topográficas possibilitam a diversificação de climas locais (Monteiro, 1973).

Gutjahr (1993) propôs uma compartimentação pluviométrica da bacia do Rio Ribeira de Iguape, baseada em critérios climatológicos e geográficos identificando unidades de climas locais com base nos dados pluviométricos, detalhando para este trecho do Estado de São Paulo a classificação de Monteiro (1973). Entretanto, outros parâmetros climáticos, tais como a temperatura e evaporação não foram utilizados. Essa compartimentação, por sua vez, ajudou no detalhamento da estrutura pluvial do vale do Ribeira.

Visando caracterizar o ritmo sazonal médio dos principais atributos climáticos, utilizou-se a Estação Meteorológica de Cananéia, que apresenta a série de dados meteorológicos mais longa e consistente na região do Vale do Ribeira. Apesar de ela estar relativamente distante (cerca de 40 km) da área deste estudo, o ritmo sazonal é semelhante ao que será descrito com base nos dados desta estação. Na Tabela 19 foram sintetizados os dados de Cananéia.

Tabela 19. Normais Climatológicas (1956 – 1997) de Cananéia

Meses	Pres atm (hPa)	Temperatura (°C)						Chuva (mm)			Evap. total (mm)	Umd. relativa (%)	Insolação (horas/dia)	Rad. solar (cal.cm ⁻² .dia ⁻¹)
		md max	max abs	md min	min abs	md comp	T. água	Total mensal	Max. Mensal	Max. Diária				
jan	1012,2	29,5	39,9	22,4	15,7	24,9	27,5	311,2	892,5	362,2	162,7	87	3,2	403,5
fev	1013,1	29,9	40,5	22,7	18,0	25,2	27,9	318,3	966,8	248,6	141,8	88	5,3	383,1
mar	1014,3	28,8	37,1	21,9	14,2	24,4	27,2	328,9	617,3	303,1	146,2	88	4,9	328,5
abr	1016,2	27,1	36,5	20,0	9,5	22,5	25,4	219,1	491,7	409,3	128,0	88	5,0	276,4
mai	1018,2	24,8	33,5	17,7	6,5	20,2	23,1	154,3	453,2	185,8	111,3	89	5,1	226,3
jun	1019,7	23,0	32,3	15,6	5,0	18,3	20,8	112,1	341,3	156,5	99,7	88	4,7	193,9
jul	1021,0	22,4	33,9	15,1	2,4	17,8	19,2	90,5	246,5	123,6	103,1	88	4,7	202,1
ago	1019,9	22,5	35,4	15,6	5,0	18,1	19,1	73,7	194,8	148,3	114,2	88	4,1	227,2
set	1018,6	22,9	38,3	16,8	8,1	18,9	19,3	132,9	293,6	91,3	119,4	89	3,1	245,1
out	1016,3	24,6	38,4	18,5	9,0	20,7	21,7	160,9	328,9	72,2	143,7	88	3,6	308,4
nov	1014,2	26,4	38,4	19,9	12,1	22,3	24,2	162,7	480,3	113,7	165,1	87	3,6	373,9
dez	1012,7	28,2	39,3	21,5	14,5	24,0	25,8	213,2	534,4	191,0	165,6	86	4,6	382,1
ano	1016,5	25,8	40,5	19,0	2,4	21,4	23,4	2277,8	966,8	409,3	1600,8	88	4,3	295,8

Fonte: Estação meteorológica de Cananéia (23°00'09"S; 47°55'06"W; Alt. 3m), Instituto Oceanográfico - USP.

A partir desta tabela nota-se que a estação quente e chuvosa dura habitualmente de outubro a abril, com um regime de pressões atmosféricas mais baixas (entre 1012 e 1016 hPa), enquanto a estação menos chuvosa e mais fria ocorre de maio a setembro, decorrente da maior frequência de sistemas anticiclônicos (polares e tropicais Atlânticos), com pressões mais altas (de 1021 a 1018).

Nos meses de outono-inverno são frequentes resfriamentos mais fortes relacionados às invasões polares podendo fazer as temperaturas (ao nível do mar) serem inferiores a 10°C. Nas áreas mais elevadas essa redução é ainda maior. O menor valor registrado nesta série de 41 anos em Cananéia foi 2,4°C. As máximas absolutas podem ser altas, atingindo (no nível do mar) mais de 38°C.

Devido à proximidade do oceano e das trajetórias mais comuns e frequentes dos sistemas ciclônicos decorrentes das ondulações da Frente Polar Atlântica essa área está sujeita a impactos pluviométricos elevados. Nota-se que o máximo mensal registrado em Cananéia atingiu 966,8 mm (fevereiro de 1960), e o máximo precipitado em 24 horas foi 409,3 mm (abril de 1973). Esses valores devem ser guardados durante as análises e projeções para os usos da área, pois podem implicar em riscos à vida, decorrentes dos processos derivados da precipitação pluviométrica, tais como os movimentos de massa, as inundações e enchentes. Seria interessante que as áreas mais susceptíveis a estes processos fossem restringidas à visitação, principalmente na estação chuvosa, quando a probabilidade de ocorrência de chuvas intensas é maior.

Valores de evaporação, apesar de consideráveis, são inferiores à pluviosidade mensal, indicando que há excedente hídrico na maioria dos meses. Apenas no inverno os valores se aproximam, indicando um baixo ou nulo excedente hídrico. O excedente hídrico elevado característico dessa área mantém o solo permanentemente saturado, sendo um dos condicionantes para os movimentos de massa.

A proximidade com o oceano quente, topografia dissecada e passagens frontais frequentes produzem elevados valores de nebulosidade, que reduzem a insolação (número de horas de brilho solar - sunshine bright) com um total médio de 4,3 horas por dia. Em alguns meses a insolação atinge a média de 3,1 horas/dia. Assim como a insolação a radiação solar também apresenta valores relativamente baixos, com mínimos de 193,9 cal.cm-2.dia-1 (junho). O máximo de radiação solar ocorre em

janeiro, com 403,5 cal.cm-2.dia-1. Ainda em função destes controles climáticos (proximidade com o oceano, massas de ar atlânticas, ciclones e frentes polares) a umidade relativa é elevada (88% na média anual).

Segundo Libault (1976) os ventos predominantes são SE (55% do ano), S (25%), E (15%) e W (5%). Esse padrão é decorrente da frequência dos sistemas anticiclônicos (polares e tropicais). As calmarias (ventos inferiores a 1m.s-1) são mais frequentes no outono-inverno, controlando de 20 a 40% do tempo. Já na primavera-verão elas diminuem a frequência para 10 a 20%. Entretanto, a topografia do vale do Ribeira de Iguape deve promover reduções na velocidade e alterar as direções predominantes. Provavelmente os fluxos de E-NE e SW-W devem ser canalizados pelo vale e terem sua velocidade aumentada, mas não representam problemas do ponto de vista do manejo de áreas naturais.

4.2.2 Os Climas Locais e Mesoclimas

Para este trabalho foi realizado o mapeamento das unidades climáticas locais e meso. A delimitação dessas unidades foi feita a partir do cruzamento da estrutura espacial da temperatura e da evapotranspiração (Estrutura térmica/energética) e da estrutura espacial da chuva e do excedente hídrico (Estrutura hídrica). Nesse sentido, e para se chegar aos climas locais e mesoclimas, foram produzidos mapas médios mensais e anual de pluviosidade, temperatura, evapotranspiração, deficiência e excedente hídrico, e armazenamento de água no solo para um solo teórico com capacidade de armazenamento de 150 mm. Todos os mapas, à exceção de pluviosidade, foram feitos a partir de Equações Ortogonais Empíricas (EOF) que respeitam a variabilidade espacial do atributo climático mapeado. Para chuva, devido à inexistência de uma equação que defina sua variação espacial e dependência clara com os controles climáticos, foi utilizado como método de interpolação a krigagem. Maiores detalhes sobre a metodologia de mapeamento a partir de EOFs utilizada podem ser encontrados em Armani *et al.* (2007).

Todo o mapeamento de unidades climáticas foi feito em ambiente digital com cruzamento e operações numéricas entre os mapas dos atributos climáticos citados anteriormente. Desta forma, a classificação dos climas foi feita com uma precisão de 90x90 metros (dimensão de cada célula), sendo que os critérios para definição de cada unidade foram quantitativos e qualitativos, sempre sendo levada em consideração a experiência do pesquisador para a definição dos climas locais e mesoclimas.

Foram utilizados dados de precipitação do DAEE-CTH para a normal climatológica 1961-1990 com reanálise do NCEP, consistidos com o software ANUSPLIN a partir de modelos de regressão múltipla com a altitude, latitude e longitude (distância do oceano). A temperatura foi obtida a partir das equações de regressão múltipla em função da altitude e latitude para o Estado de São Paulo proposta por Pinto *et al.* (1972). Os cálculos do balanço hídrico foram realizados a partir da metodologia proposta do Thornthwaite e Matter (1955) apud Sentelhas *et al.* (2000) totalmente calculado por álgebra de mapas conforme desenvolvido por Armani *et al.* (2007).

Conforme pode ser observado na Figura 10, foram identificados três climas locais na área de interesse neste estudo, a saber:

- I – Clima Subtropical Superúmido da Serra André Lopes e do Jaguari;
- II – Clima Subtropical Úmido do Vale do Rio Ribeira de Iguape;
- III – Clima Subtropical Úmido da Serra de Paranapiacaba e Planalto Atlântico.

Figura 10. a) Unidades climáticas do alto e médio vale do Rio Ribeira de Iguape; b) legenda do mapa (apresentada em arquivo anexo e ao final deste capítulo)

O primeiro clima local (I) está relacionado às Serras do André Lopes e do Jaguari, compreendendo os setores mais elevados do trecho sul da área. Trata-se de um clima subtropical superúmido devido à maior proximidade com o oceano e ao relevo serrano, com altitudes variando em torno de 1.300 a 600 metros, recebendo maior influência oceânica, com temperaturas e evapotranspiração relativamente mais baixas devido ao efeito da altitude.

Esta unidade climática se subdivide em três mesoclimas conforme a distância do oceano aumenta e as altitudes diminuem para o interior do vale do Ribeira. As vertentes a sotavento das Serras do André Lopes e Jaguari promovem o efeito Föhn (Föhn - sombra de chuva) pela compressão adiabática que os ventos úmidos do oceano são submetidos ao transporem as serras e adentrarem ao vale do rio Ribeira de Iguape. Desta forma, a Unidade IF2 é a mais úmida e que recebe maior influência oceânica e maiores excedentes hídricos, sendo que a unidade IE3 já apresenta reduções nas precipitações e excedentes hídricos, sendo que essas características se acentuam na unidade ID3. Esse movimento de redução das chuvas conforme se aumenta a distância do oceano e diminuição da altitude também são acompanhados por um aumento nas temperaturas e evaporação, reduzindo os excedentes hídricos. Mesmo assim, essas áreas são aquelas que têm mais água disponível na superfície da área mapeada. Essa disponibilidade de água é importante de ser considerada para o manejo. Os impactos pluviométricos mais intensos são preferencialmente habituais neste clima local, principalmente no mesoclima IF2. É neste clima local que estão localizadas as grutas Capelinha (mesoclima IF2) e Caverna do Diabo²⁸ (mesoclima ID3), sendo que atenção deve ser dada aos processos hidrológicos (derivados de impactos pluviométricos) que possam interferir na visita dessas cavernas e que possam causar riscos aos visitantes. Processos de movimentos de massa também podem ser facilitados quando os impactos pluviométricos ocorrem.

O clima local II (Clima subtropical úmido do vale do Ribeira de Iguape) compreende os trechos rebaixados do vale do rio Ribeira de Iguape, com elevada umidade devido à proximidade com o oceano, mas temperaturas mais elevadas devidos às baixas altitudes (<500 metros). Essas condições criam menores excedentes hídricos e impactos pluviométricos menos intensos que nos climas locais I e III. Entretanto os processos hidrológicos respondem aos impactos pluviométricos mais intensos que ocorrem nas

²⁸

Grutas localizadas no PE Rio do Turvo e PE Caverna do Diabo, respectivamente.

áreas mais elevadas das serras de Paranapiacaba, André Lopes e Jaguari, já que toda a água precipitada nas áreas elevadas da bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape drenam para o fundo de vale. Assim, aquilo que acontece de impacto pluviométrico nos topos se transforma em impacto hidrológico neste clima local do vale, mesmo com reduções nas chuvas características desta área. Isso não significa que este seja um local seco. Na realidade ainda é um clima com bastante umidade, tanto pela posição próxima ao litoral banhado por águas quentes, como pelas passagens frontais frequentes.

A temperatura e evaporação foi o critério que delimitação dos mesoclimas. As planícies, terraços e baixas colinas do rio Ribeira de Iguape formam o mesoclima IIC6, que apresentam as maiores temperaturas e evaporação da área e um dos menores excedentes hídricos. Distanciando-se das planícies em direção às bordas das serras está o mesoclima IIC5, cujas temperaturas apresentam uma ligeira redução em relação ao mesoclimas das planícies e terraços. Os excedentes hídricos aumentam ligeiramente. É nesta unidade climática que estão localizadas a maioria das cavernas deste estudo. Aqui os fluxos de água na superfície tendem a ser mais rápidos quando as chuvas ocorrem nas serras que contornam este clima local. A velocidade dos fluxos é bastante intensa e está relacionada às características físicas da bacia de drenagem, principalmente a declividade das áreas de serra, e da intensidade da chuva que ocorre nas unidades climáticas lindeiras.

Este clima local (II) é o mais densamente ocupado e que concentra maiores atividades econômicas, sociais e turísticas de toda a área mapeada. A topografia de menores amplitudes altimétricas e menores declividades favoreceram a ocupação desta área. Como o regime hídrico do Rio Ribeira de Iguape responde ao regime pluviométrico dos climas Locais I e III frequentes problemas de cheias deste rio são enfrentados pela população local.

O clima local III, denominado de Clima Subtropical Úmido da Serra de Paranapiacaba e Planalto Atlântico compreende as médias e altas vertentes da escarpa da Serra de Paranapiacaba, bem como as áreas mais elevadas e o reverso do Planalto Atlântico. A topografia dissecada da escarpa da serra, que apresenta no geral uma direta exposição aos ventos úmidos do oceano, cria condições para impactos pluviométricos mensais e totais de 24 horas relativamente elevados, devido à descompressão adiabática que o ar proveniente do oceano quente sofre ao ascender às vertentes da serra. Esse efeito é potencializado nas passagens frontais, principalmente quando os ciclones extratropicais se deslocam mais próximos à costa, acarretando em eventos de elevada concentração pluviométrica em um curto espaço de tempo. A redução da temperatura do ar com a altitude neste trecho colabora para aumentar o excedente hídrico, que alimentará o escoamento, tanto superficial, mas principalmente de base dos rios que drenam para o vale do rio Ribeira, bem como aqueles que drenam para a vertente continental do Planalto Atlântico (bacia do Paranapanema). Essas são as principais características do mesoclima IIIC4 e IIIB1. Essas áreas são as mais elevadas e relativamente próximas do oceano, ressaltando o potencial hídrico dessas áreas. Já nos mesoclimas IIIB3 e IIIA5, apesar das altitudes serem relativamente elevadas (entre 600 e 800 metros), a redução dos totais de chuva (função da maior distância do oceano e da compressão adiabática

que o ar proveniente do oceano sofre com a diminuição progressiva das altitudes no reverso do Planalto Atlântico) promove a ocorrência de pequenas deficiências hídricas em alguns meses do outono e inverno. Essa deficiência hídrica é pequena (da ordem de 3 mm) em alguns trechos da unidade IIIA5, podendo ser considerada insignificante. Apesar desta deficiência hídrica este clima ainda é caracterizado como úmido, mas é diferenciando-se das outras unidades climáticas da área de estudo que não apresentam nenhuma deficiência hídrica.

4.3 Recursos Hídricos

A água representa insumo fundamental à vida, configurando elemento insubstituível em diversas atividades humanas. A disponibilidade de recursos hídricos e a sua qualidade configuram-se como grandes preocupações da sociedade atual. Apesar de possuir, na natureza, um ciclo equilibrado de renovação e sustentação, sem qualquer intervenção humana, as perspectivas atuais de uso e qualidade desse recurso para um futuro próximo são preocupantes, principalmente em razão da falta de equilíbrio entre a necessidade de consumo e a compreensão dos fenômenos naturais (Cotrim, 2006).

No ciclo hidrológico, muitos são os atores e os compartimentos que abrigam a totalidade de água no planeta Terra ($\sim 1.400.000 \times 1.015$ kg), os quais mantêm uma dinâmica em que cerca de 2,5% referem-se à água doce, que representa o potencial para uso humano, reconhecido como “recursos hídricos”.

O ciclo hidrológico resulta de movimentos regidos pelas propriedades físico-químicas da água em sintonia com a qualidade do solo, ocupação, permeabilidade, cobertura vegetal, utilização socioeconômica, perda para a atmosfera, recepção em precipitação, o declive das bacias hidrográficas, entre outros.

Este ciclo está totalmente amarrado a um conjunto de condições que podem ser resumidas em três importantes aspectos: i) de onde vem o recurso (entradas), ii) como é metabolizado (qualidade inicial – transformações e qualidade final) e, iii) como é exportado para os outros domínios. Estes aspectos também correspondem a questões básicas para o sucesso de qualquer ação que visa à preservação de um ambiente e mostra a necessidade de integração de informações, que levam à adoção de um tratamento além das fronteiras próximas e em nível cada vez mais amplo de abrangência e conhecimento.

O gerenciamento dos recursos hídricos tem focado tradicionalmente as necessidades humanas para usos domésticos, industriais e na agricultura. Para Codd (2000), a qualidade de água pode ser definida como capacidade dessa substância em sustentar vários usos ou processos, sendo influenciada por uma larga escala de fatores ambientais (biológico, geológico, hidrológico, meteorológico e topográfico).

O Brasil possui aproximadamente 12% da água doce disponível, em nível mundial e 53% da água doce do continente sul americano.

4.3.1 Gestão dos Recursos Hídricos

O primeiro documento relativo à gestão dos recursos hídricos no Brasil foi o Código das Águas, editado em 1934. Ao longo das décadas que se sucederam e principalmente a partir da década de 50, em função da política desenvolvimentista "a qualquer custo", os recursos hídricos foram utilizados insustentavelmente. Em meados da década de 80, lentamente, deu-se início a elaboração das políticas estaduais e nacional de recursos hídricos, bem como do sistema nacional de gerenciamento dos recursos hídricos.

Em 08 de janeiro de 1997 foi publicada a Lei nº 9.433, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos - SNGRH. Nas palavras de Freitas (2000, p.66, opus.cit Henkes, 2003): *"a Lei nº 9.433, configura um marco que reflete uma profunda mudança valorativa no que se refere aos usos múltiplos da água, às prioridades desses usos, ao seu valor econômico, à sua finitude e à participação popular na sua gestão"*

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) é o órgão mais expressivo da hierarquia do SINGRH, de caráter normativo e deliberativo, com atribuições de promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estadual e dos setores usuários. Contudo, os Conselhos Estaduais e os Comitês de Bacia são também instâncias fundamentais para a implementação da política de recursos hídricos, em todos os níveis.

Dentre os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos indicados na Lei nº 9.433/97, estão os planos de recursos hídricos. Assim, o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabelece um pacto em torno da gestão sustentável das águas no país e do fortalecimento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Os planos de recursos hídricos serão elaborados por bacia, por estado e para o país. No entanto, é fundamental o plano de bacia, haja vista que a partir deste será elaborado o estadual, e da articulação dos planos estaduais será criado o plano nacional. O Plano Estadual não irá planejar somente para os limites políticos do Estado, mas para a realidade de todas as suas bacias e sub-bacias hidrográficas, levando em conta suas relações hídricas com outros estados brasileiros e até com os países vizinhos, se for o caso (Henkes, 2003).

No Estado de São Paulo, no que concerne aos regulamentos de uso dos recursos hídricos de seus domínios, a legislação tem servido de base para a União e também a outros Estados. A Lei Estadual nº 7.663, que regulamenta o artigo 205 da Constituição Estadual, instituindo o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dispondo sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, foi sancionada em 30 de dezembro de 1991, ou seja, antes da legislação nacional (<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh>).

Foi justamente esta Lei Estadual nº 7.663/91 que instituiu os 22 Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH) de São Paulo. Os comitês são órgãos colegiados, tripartites, formados por representantes da sociedade civil, municípios e órgãos estaduais, que tem a função de deliberar sobre o gerenciamento dos recursos hídricos de uma Bacia Hidrográfica e elaborar seus planos de bacia.

Figura 11. Unidades hidrográficas de gerenciamento de recursos hídricos (UGRHI)

Fonte: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh>

Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI



4.3.2 Qualidade Ambiental das Águas

A Política Nacional de Recursos Hídricos, em conformidade com a Política Nacional do Meio Ambiente, recomenda a adoção de medidas sistemáticas de avaliação da qualidade ambiental das águas. Alguns instrumentos jurídicos, editados antes e após a PNRH, estabelecem os parâmetros de qualidade da água. Na atualidade, a legislação mais importante, é a Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005, que “Dispõe sobre a **classificação dos corpos de água** e diretrizes ambientais para o seu **enquadramento**, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”.

O artigo 1 da Resolução CONAMA n° 357, define enquadramento como o “estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo” e classificação como a “qualificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade) atuais e futuros”.

O enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação; o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade.

O enquadramento dos corpos de água dar-se-á de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, sendo que o enquadramento do corpo hídrico será definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos. O enquadramento das águas doces destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral é o de classe especial. (ver Tabela 20. Classificação dos corpos d'água segundo Resolução CONAMA n° 357/2005)

A classificação dos corpos de água representa o instrumento que deve ser utilizado para avaliar a evolução da qualidade das águas, a partir de um conjunto de condições e padrões de qualidade necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros, de forma a facilitar a fixação e controle de metas de enquadramento, visando atingir gradativamente os objetivos propostos.

O teor de sais é o primeiro parâmetro avaliado para caracterizar as águas doces, salobras e salinas. A Resolução CONAMA n° 357/05, aponta águas doces com <5% de sais, salobras entre 5 e 30% de sais e as salinas com valores iguais ou maiores de 30% de sais.

Considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água, as condições e padrões de lançamento de efluentes estabelecidos na Resolução CONAMA n° 357 incluem as medições e avaliações de turbidez, pH, oxigênio dissolvido (OD), matéria orgânica que

pode ser avaliada pela demanda bioquímica de oxigênio (DBO), a quantidade de nutrientes que, em excesso levam à eutrofização, outras substâncias potencialmente tóxicas como: elementos traço²⁹, pesticidas, óleos, hidrocarbonetos de petróleo, além dos teores em coliformes totais e fecais.

O estudo dos componentes físicos e químicos tradicionais da água, conforme citados anteriormente, permitem um tipo de caracterização da qualidade da água como recurso hídrico e também como provedor da cadeia alimentar. No caso da cadeia alimentar, o estudo dos nutrientes define como os elementos essenciais envolvidos no processo de formação de matéria orgânica dos seres vivos influenciam os sistemas aquáticos. Os elementos que estão dissolvidos na água e que podem potencialmente ser assimiláveis são: nitrogênio (N) e fósforo (P).

Os componentes nitrogenados e fosfatados sinalizam os status do ciclo biogeoquímico da matéria orgânica, sendo que também podem sinalizar influências antrópicas. Os valores de concentração dos elementos traços podem auxiliar a identificação dos principais processos de contaminação de origem antrópica. Aspectos físicos como turbidez e salinidade classificam a qualidade da água. Os teores de gás oxigênio e seu consumo na coluna d' água são um importante sinalizador de processos que ocorrem no corpo hídrico, indicando a qualidade da carga de matéria que estão recebendo como aporte e como o sistema está metabolizando o material. Os componentes biológicos como a presença acentuada de coliformes totais e fecais, associados aos demais fatores, podem sinalizar a qualidade do recurso para o consumo e contato humano.

No âmbito da implantação do PNRH, estabeleceu-se a Portaria nº 518/04, do Ministério da Saúde, propondo limites para a radioatividade em concordância com padrões de potabilidade, devendo assim, a água potável destinada ao consumo humano satisfazer os limites de detecção sugeridos na mesma. Quando esses limites são ultrapassados, deve-se verificar os limites estabelecidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), CNEN NN 3.01/05. Dos elementos radioativos existentes, os de maior interesse do ponto de vista de risco à saúde são o rádio (Ra), o radônio (Rn) e o urânio (U).

Os isótopos³⁰ pertencentes à série do urânio, que podem ocasionar um risco à saúde devido a sua presença na água destinada ao consumo humano, são o ²³⁸U, ²³⁴U, ²²⁶Ra e ²²²Rn. Além destes radionuclídeos³¹, o ²²⁸Ra, que ocorre na série do tório, também pode ser encontrado na água potável e é considerado muito importante do ponto de vista radiológico. Os demais radionuclídeos presentes nas séries radioativas naturais, tem sido detectados em concentrações muito baixas na água potável.

A importância científica do estudo de determinação dos isótopos naturais de Ra, deriva das aplicações potenciais como traçadores dos mecanismos de transferência rocha-água

²⁹ Aquele cuja concentração é encontrada em níveis inferiores a 1 ppb (parte por bilhão), como é o caso dos metais chumbo, do zinco e do cádmio, que foram os elementos traços aqui estudados (Colling *et al.*, 2002).

³⁰ Isótopos são elementos químicos com o mesmo número de prótons e diferentes números de nêutrons no seu núcleo (Atkins, 2006).

³¹ Radionuclídeo ou Radioisótopo é a denominação para os isótopos que contêm uma combinação instável de prótons e nêutrons (Karp, 2005).

e do transporte de vários constituintes em aquíferos. Geralmente, as razões de atividade $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ na água subterrânea, estão relacionadas às razões de atividade Th/U presentes na rocha hospedeira. Este parâmetro é um indicador das características do aquífero e das reações físicas e químicas que ocorrem no sistema rocha-água.

A ocorrência dos isótopos naturais de Ra em águas superficiais e subterrâneas é governada pelo comportamento físico e químico do urânio, do tório e do rádio, nos aquíferos e depósitos superficiais.

Considerando ainda os termos da Convenção de Estocolmo, que trata dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs, ratificada pelos Decretos nº 204, de 7 de maio de 2004 e nº 5472 de 20 de junho de 2005, as condições e padrões de qualidade de água também pressupõe a não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido (Resolução Conama nº 357, 2005).

Embora os pesticidas sejam aplicados sobre organismos-alvo, podem causar efeitos deletérios sobre organismos e áreas não alvos (Elfvendahl, 2000). A Convenção de Estocolmo reconhece que os poluentes orgânicos persistentes têm propriedades tóxicas, são resistentes à degradação, se bioacumulam, são transportados pelo ar, pela água e pelas espécies migratórias através das fronteiras internacionais e depositados distantes do local de sua liberação, onde se acumulam em ecossistemas terrestres e aquáticos.

Desta forma, é necessário também avaliar se a biota aquática está sendo exposta a pesticidas e se é detectada a bioacumulação de tais substâncias nocivas.

As ferramentas para avaliação da qualidade dos corpos hídricos estão disponíveis e regulamentadas, mas a ação para identificar os agentes que desqualificam esses corpos hídricos e pontos onde eles estão ocorrendo de modo indesejado, constitui a chave para o bom manejo. O “quintal do vizinho” também é de interesse quando se trata de salvaguardar a qualidade de um recurso que não tem fronteiras e que circula no âmbito de um grandioso ciclo hidrológico.

Como subsídio à avaliação do meio físico, no âmbito deste Plano de Manejo, as águas do PETAR foram avaliadas, a partir de pontos de coleta no interior e entorno do Parque. Os dados obtidos estão apresentados no Anexo 7.

Como complementação aos dados levantados em 2010, foi acrescentado um novo tópico a este plano de manejo, que trata, também da qualidade ambiental das águas no interior do PETAR (tópico 5.3.5).

Tabela 20 Classificação dos corpos d'água segundo Resolução CONAMA nº 357/2005

Capítulo II - Da Classificação dos Corpos de Água - seção I
<p>Das Águas Doces</p> <p>Art. 4º As águas doces são classificadas em:</p> <p>I - classe especial: águas destinadas:</p> <ul style="list-style-type: none">a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral. <p>II - classe 1: águas que podem ser destinadas:</p> <ul style="list-style-type: none">a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;b) à proteção das comunidades aquáticas;c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; ee) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. <p>III - classe 2: águas que podem ser destinadas:</p> <ul style="list-style-type: none">a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;b) à proteção das comunidades aquáticas;c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; ee) à aquicultura e à atividade de pesca. <p>IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:</p> <ul style="list-style-type: none">a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;c) à pesca amadora;d) à recreação de contato secundário; ee) à dessedentação de animais. <p>V - classe 4: águas que podem ser destinadas:</p> <ul style="list-style-type: none">a) à navegação; eb) à harmonia paisagística. <p>Art. 32. Nas águas de classe especial é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados.</p> <p>§ 1º Nas demais classes de água, o lançamento de efluentes deverá, simultaneamente:</p> <ul style="list-style-type: none">I - atender às condições e padrões de lançamento de efluentes;II - não ocasionar a ultrapassagem das condições e padrões de qualidade de água, estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência; eIII - atender a outras exigências aplicáveis. <p>§ 2º No corpo de água em processo de recuperação, o lançamento de efluentes observará as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final.</p>

4.3.3 Gestão Regional dos Recursos Hídricos

O PETAR está inserido na UGRHI II e parte de sua Zona de Amortecimento encontra-se na UGRHI I4. A Figura 12 indica a localização da bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape ao sul do Estado de São Paulo, numa extensão de 17.067,92 km². Limita-se a sudoeste com o Estado do Paraná, ao norte com as UGRHI I4, do Alto Paranapanema e I0, do Sorocaba e Médio Tietê, a nordeste com as UGRHI 6, do Alto Tietê e 7, da Baixada Santista, e a leste com o Oceano Atlântico (CBH-RB Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul - Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI II, 2000).

A UGRHI II é composta por 23 municípios: Apiaí, Barra do Chapéu, Barra do Turvo, Cajati, Cananéia, Eldorado, Iguape, Ilha Comprida, Iporanga, Itaóca, Itapirapuã Paulista, Itariri, Jacupiranga, Juquiá, Juquitiba, Miracatu, Pariquera-Açú, Pedro de Toledo,

Registro, Ribeira, São Lourenço da Serra, Sete Barras, Tapiraí (CBH-RB, 2013 e Fundação SOS Mata Atlântica, 2002).

Uma grande parte da bacia do Ribeira de Iguape encontra-se no Estado do Paraná, juntamente com a nascente do Ribeira de Iguape e muitos de seus afluentes de sua parte superior. Muitas das ações de gerenciamento dos recursos hídricos, como a recuperação da qualidade da água e o planejamento de sua utilização dependem de ações realizadas na bacia do Ribeira de Iguape na sua porção paranaense, sendo assim necessária uma atuação interestadual integrada (CBH, 2013).

Esta unidade de gerenciamento divide-se em 13 sub-bacias de acordo com as áreas de drenagem: Alto Ribeira; Baixo Ribeira; Rio Ribeira de Iguape; Alto Juquiá; Médio Juquiá; Baixo Juquiá; Rio São Lourenço; Rio Itariri, Rio Una da Aldeia; Rio Pardo; Rio Jacupiranga; Vertente Marítima Norte; e Vertente Marítima Sul (CETESB, 2008).

Esta UGRHI é composta por uma extensa e rica malha hidrográfica. Desta extensa hidrografia, apenas os rios Itapirapuã, Pardo e Ribeira de Iguape são de domínio da União. Todos os demais são de domínio do Estado (CBH-RB, 2008).

Os municípios que compõem o Parque estão localizados nas sub-bacias do Alto Ribeira e Baixo Ribeira; as duas sub-bacias somam uma área de drenagem de 4.897,07 km², equivalente a 28% do total drenado da Bacia do Rio Ribeira de Iguape e Litoral Sul. A Tabela 21 indica a área de drenagem de cada sub-bacia e seus municípios e a Figura 13 A indica a porcentagem referida a cada área.

A UGRHI 14 é composta por 37 municípios: Angatuba, Arandu, Barão de Antonina, Bernardino de Campos, Bom Sucesso de Itararé, Buri, Campina do Monte Alegre, Capão Bonito, Cerqueira Cesar, Coronel Macedo, Fartura, **Guapiara**, Guareí, Ipaussu, Itaberá, Itaí, Itapetininga, Itapeva, Itaporanga, Itararé, Itatinga, Manduri, Nova Campina, Paranapanema, Pilar do Sul, Piraju, **Ribeirão Branco**, **Ribeirão Grande**, Riversul, São Miguel Arcanjo, Sarutaiá, Taguaí, Taquarituba, Taquarivaí, Tapiraí, Tejupá, Timburi (CBH-RB, 2013).

Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema é considerada Região de Conservação pelas suas características de possuir importante acervo ambiental preservado. Dispõe ainda de extraordinário potencial agropecuário, turístico, hídrico e energético.

A preservação dos recursos hídricos é a base para orientar as atividades econômicas de forma sustentável, recuperando e respeitando o importante patrimônio natural.

Esta unidade de gerenciamento divide-se em 16 sub-bacias de acordo com as áreas de drenagem: Baixo Itararé; Rio Verde; Alto Itararé; Rio Paranapanema Inferior; Baixo Taquari; Alto Taquari; Ribeirão da Posse, Rio Paranapanema; Rios Guareí, Jacu, Santo Inácio, Paranapanema; Baixo Apiaí-Guaçu; Rio Apiaí-Mirim; Alto Apiaí-Guaçu; Baixo Itapetininga; Alto Itapetininga; Rio Parapitanga, Paranapanema; Rio das Almas; Rio Turvo, Paranapanema Superior.

Esta UGRHI é também composta por uma extensa e rica malha hidrográfica. Os principais cursos d'água são o Rio Paranapanema, Rio Apiaí-Guaçu, Rio Taquari, Rio Itapetininga, Rio Verde, Rio Capivari, Rio Itararé e Ribeirão das Almas. No território

da bacia, encontram-se os reservatórios Boa Vista, Jurumirim, Piraju e Chavantes (CBH – ALPA, 2008).

Os municípios que compõem o Parque estão localizados nas sub-bacias do Rio Apiaí-Mirim e Alto Taquari; as duas sub-bacias somam uma área de drenagem de 3.311,69 km², equivalente a 14,69% do total drenando da Bacia do Alto Paranapanema. A Tabela 22 indica a área de drenagem de cada sub-bacia e seus municípios e a Figura 14 indica a porcentagem referida a cada área.

O instrumento de gestão dos recursos hídricos regionais é o Plano de Bacia, mencionado na Lei Estadual nº 7.663/91, em seu Artigo 29, Parágrafo 1º, Inciso I, “é um instrumento de planejamento dinâmico, numa visão de curto, médio e longo prazo, definido nos diversos cenários possíveis, de forma a permitir uma gestão compartilhada do uso integrado dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos”.

Ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul, instalado em 13 de janeiro de 1.996 e ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema, instalado em 17 de maio de 1.996, competem gerenciar os recursos hídricos das bacias. Tais Comitês são responsáveis pela elaboração dos Planos de Bacia, atualizados quadrienalmente, com base nos diagnósticos das bacias definindo diretrizes gerais visando ao desenvolvimento local e regional, e às metas para se atingir índices progressivos de recuperação, preservação e conservação dos recursos hídricos das bacias hidrográficas.

Figura 12. Localização das Bacias Hidrográficas em São Paulo, com destaque para as Bacias do Ribeira de Iguape e Alto Paranapanema



Fonte: Mapas ZNC, 2010

Figura 13. Distribuição, em porcentagem, da drenagem das sub-bacias da UGRHI-11, sendo as duas maiores pertencentes aos municípios que abrangem a área do PETAR

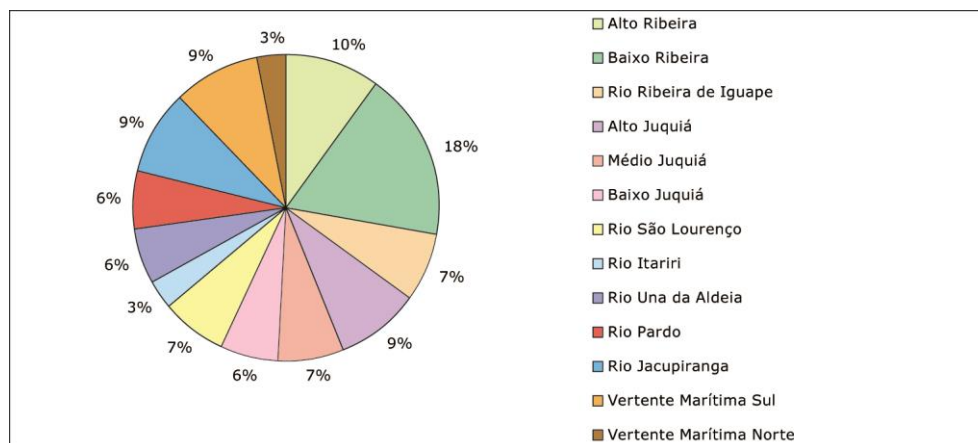


Figura 14. Distribuição, em porcentagem, da drenagem das sub-bacias da UGRHI-14, sendo as duas maiores pertencentes aos municípios que abrangem a área do PETAR

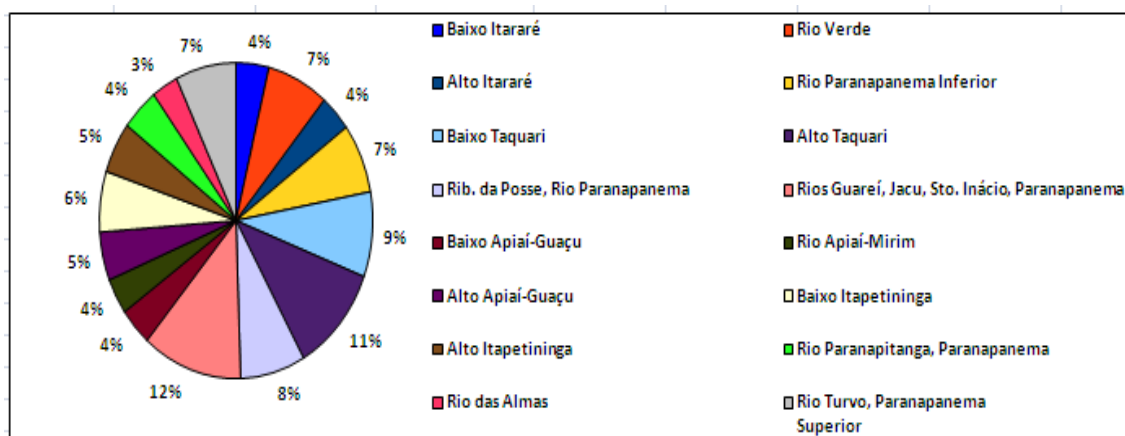


Tabela 21. Divisão das sub-bacias e suas áreas de drenagem da UGRHI 11

Sub Bacia	Área de Drenagem (km²)	Municípios
Alto Ribeira	1.781,44	Barra do Chapéu, Itapirapuã, Apiaí, Itaoca, Iporanga e Ribeira
Baixo Ribeira	3.115,63	Apiaí, Iporanga, Eldorado e Sete Barras
Rio Ribeira de Iguape	1.184,94	Registro, Pariquera-Açú, Iguape
Alto Juquiá	1.493,46	São Lourenço da Serra, Juquitiba, Tapiraí

▪Médio Juquiá	1.166,59	Tapiraí, Juquiá, Miracatu
▪Baixo Juquiá	1.059,20	Juquiá, Tapiraí, Sete Barra
▪Rio São Lourenço	1.240,80	Miracatu, Pedro de Toledo, Juquiá
▪Rio Itariri	511,83	Itariri, Pedro de Toledo
▪Rio Una da Aldeia	950,42	Iguape
▪Rio Pardo	1.082,03	Barra do Turvo
▪Rio Jacupiranga	1.469,93	Jacupiranga, Cajati, Registro, Parquera-Açú
▪Vertente Marítima Sul	1.544,15	Cananéia, Ilha Comprida
▪Vertente Marítima Norte	539,67	Iguape
Área total	17.140,09	

Tabela 22. Divisão das sub-bacias e suas áreas de drenagem da UGRHI 14

Sub-bacia	Área de drenagem (km²)	Municípios
▪Baixo Itararé	872,43	Fartura, Timburi, Taguaí, Sarutaiá, Coronel Macedo
▪Rio Verde	1.645,39	Barão de Antonina, Itaporanga, Riversul, Coronel Macedo, Itararé, Itaberá
▪Alto Itararé	848,64	Itararé, Riversul, Itaporanga, Bom Sucesso de Itararé, Barão de Antonina
▪Rio Paranapanema Inferior	1.608,26	Ipaussu, Sarutaiá, Piraju, Manduri, Bernardino de Campos, Timburi, Tejupá
▪Baixo Taquari	1.963,55	Tejupá, Itai, Itaberá, Taquarituba, Coronel Macedo
▪Alto Taquari	2.483,36	Itaberá, Itapeva, Nova Campina, Ribeirão Branco, Bom Sucesso de Itararé
▪Rib. da Posse/ Rio Paranapanema	1.734,18	Arandu, Itai, Paranapanema
▪Rios Guareí, Jacu, Sto. Inácio, Paranapanema	2.668,17	Guareí, Angatuba, Paranapanema
▪Baixo Apiaí-Guaçu	879,49	Buri, Taquarivaí
▪Rio Apiaí-Mirim	828,33	Guapiara, Capão Bonito
▪Alto Apiaí-Guaçu	1.118,48	Ribeirão Branco, Itapeva, Taquarivaí
▪Baixo Itapetininga	1.400,78	Itapetininga, Angatuba, Campinada Monte Alegre
▪Alto Itapetininga	1.182,44	Pilar do Sul, Itapetininga, São Miguel Arcanjo

▪Rio Paranapitanga, Paranapanema	995,80	Campina do Monte Alegre, Capão Bonito, Buri
▪Rio das Almas	701,15	Capão Bonito, Ribeirão Grande
▪Rio Turvo, Paranapanema Superior	1.617,16	São Miguel Arcanjo, Capão Bonito
Área Total	22.547,61	

As informações gerais disponíveis nos relatórios elaborados pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul e do Alto Paranapanema, referem-se aos municípios, não havendo, ainda destaques para as especificidades dos recursos hídricos na região do PETAR e entorno.

4.3.4 Qualidade Ambiental das Águas no PETAR

Os pontos de coleta de água no interior do Parque foram selecionados conforme as possibilidades de acesso e o interesse de uso público. As análises aplicadas restringiram-se aos procedimentos que puderam ser realizados em condições laboratoriais provisórias, montadas no próprio Parque e, também, àquelas que podiam ser processadas em amostras preservadas e transportadas para análise em São Paulo (laboratórios do Instituto Oceanográfico da USP), respeitadas as condições possíveis de coleta da água.

Foram incluídos pontos de coleta nas áreas de entorno, visando subsídios para as recomendações para a Zona de Amortecimento (ver capítulo Zoneamento). Equacionar a distribuição de água necessária para atender a demanda humana e concomitantemente manter e preservar as funções químicas, físicas e biológicas dos ecossistemas e dos seres vivos integrados é um desafio que muito dependerá das práticas sustentáveis e do gerenciamento do recurso hídrico (Silva, 2008).

O Anexo 7 traz a descrição integral de todo o trabalho realizado. A seguir está o Mapa 3. Localização dos Pontos de Amostragem.

Para todos os parâmetros analisados observa-se a boa qualidade hídrica perante as normatizações vigentes. Contudo, uma das amostras, coletadas no entorno do Parque recebeu a classificação com nível 3; é preciso dar-se maior importância ao monitoramento para esta área (Rio Ribeira, em Iproanga) (ver Mapa 4. Classificação dos Pontos Amostrados (CONAMA 35705 e 39608).

Possivelmente, em função de todos os cursos d'água amostrados estarem localizados em áreas de alto índice pluviométrico e recarga constante dos aquíferos, haja uma maior renovação das águas, com a conseqüente diluição dos compostos químicos avaliados, mesmo havendo pontos de enriquecimento natural de alguns componentes e por parte de pequenas contribuições antrópicas ao longo de alguns cursos de água.

O isótopo natural de chumbo, o ^{210}Pb encontra-se normalmente associado ao mineral de chumbo estável (galena) e pode se dispersar no ambiente. As concentrações de ^{210}Pb no minério de chumbo variam de 0,06 Bq $^{210}\text{Pb}/\text{g}$ de chumbo a 18,6 Bq $^{210}\text{Pb}/\text{g}$ de chumbo (UNSCEAR, 1988).

Além da mineração, o uso de fertilizantes fosfatados na agricultura também tem sido apontado como fonte potencial do aumento das concentrações de ^{226}Ra e ^{228}Ra na água e alimentos, pois ambos radionuclídeos estão presentes nas rochas fosfatadas empregadas na fabricação destes insumos.

Desta forma, enfatiza-se a probabilidade de remobilização de elementos-traço e de radioisótopos das pilhas de resíduo e dos fertilizantes agrícolas, com conseqüente reflexo na qualidade dos recursos hídricos e seu acúmulo nos organismos aquáticos.

No caso dos isótopos de ^{226}Ra e ^{228}Ra , os níveis obtidos podem ser classificados como naturais nas águas do PETAR, sendo considerados valores *background*. Portanto, considerando o critério de presença de minerais de Urânio (U) e de Tório (Th) e também, quanto à radioatividade natural, a Unidade de Conservação não se mostra impactada por atividades antrópicas.

Assim, considerando-se as concentrações de ^{226}Ra e ^{228}Ra obtidas no estudo realizado, o PETAR pode ser classificado com média fragilidade e suscetibilidade ambiental, pois existem zonas de interface sujeitas à pressão ambiental, com potencial de causar impacto no meio hídrico e comunidade aquática.

A continuidade do monitoramento também deve ser recomendada para as avaliações das atividades de ^{226}Ra e ^{228}Ra , muito solúveis, especialmente em zonas de interface com áreas sujeitas à pressão ambiental, como o caso de áreas que ainda apresentam indícios da disposição de resíduos oriundos da atividade de mineração. Nestes locais, a disposição dos resíduos feita de maneira aleatória e inadequada no solo, expostos ao intemperismo, deixam resíduos passíveis de serem transportados pelo sistema hídrico.

Foi observado que os sistemas fluviais superficiais e subterrâneos constituem-se sempre em unidades de extrema fragilidade por tratar-se de sistemas de interface com o relevo, a vegetação, o solo, o clima e a biota. Mas o aspecto de fluxo das águas merece maior destaque, pois há uma continuidade do sistema hídrico tanto considerando a alimentação das bacias a montante, como as suas saídas à jusante, resultando em um produto de ações em uma macro-zona e não só, revelando o produto de ações locais, na área do PETAR.

Seguindo o estudo das “Unidades Hidro-Geomorfológicas” para subsidiar o Plano de Manejo do PETAR, foram estabelecidos dois níveis de prioridade para conservação e, consequentemente, para o estabelecimento do Zoneamento. Estes níveis têm como base a potencial fragilidade da qualidade do recurso hídrico *per si*, considerando os parâmetros físicos e químicos da água, e também, o seu significado para manutenção da diversidade ambiental no âmbito ecológico de micro e macro ecológico, pois se trata da preservação de um patrimônio mundial.

O estabelecimento das zonas de prioridade máxima e de alta prioridade quanto à conservação e manejo deve estar associado às intervenções que tenham potencial para alterar taxas, balanços e qualidade físico-química dos recursos hídricos.

Há necessidade de proteção não só das cabeceiras do sistema hídrico, mas também dos cursos que drenam para o PETAR, cuidando das ocupações que ocorrem em seus domínios e nos ambientes contíguos ao Parque, pois há um fluxo contínuo para o

sistema hídrico cuja qualidade depende, não só da qualidade registrada no território do PETAR mas também nos domínios adjacentes. De forma que ações de preservação e manejo devem ultrapassar as fronteiras do Parque e serem tratadas no formato de macro-zoneamento e planejamento integrado com outras unidades de conservação, núcleos socioeconômicos e culturais da região.

Em complementação aos estudos realizados no âmbito do plano de manejo, em 2009/2010, um novo tópico foi criado, a seguir, para abrigar a síntese de dois textos que demonstram os impactos das atividades do entorno sobre a qualidade das águas do PETAR. São dois trabalhos de fundamental importância, que abordam temas prioritários para reflexão e debate, relativos à zona de amortecimento da UC.

O primeiro foi elaborado por técnicos da Cetesb, em 2013, contendo análises físicas, químicas, microbiológicas e ecotoxicológicas realizadas nas águas superficiais dos rios Betari e Iporanga.

O segundo é o resultado do trabalho de um grupo de autores, referente a diversas coletas realizadas no PETAR, entre 1998 e 2000, contendo análises sobre resíduos de pesticidas. Foram desenvolvidos materiais de diferentes naturezas, incluindo uma dissertação de mestrado³².

Embora ambos estudos refiram-se também a dados coletados entre 1998 e 2000, não haviam sido detectados entre as bibliografias de referência para o plano de manejo, em 2009/2010. Entretanto, os resultados apresentados mostram-se absolutamente importantes para a discussão acerca das atividades na zona de amortecimento e futuros estudos, bem como para o início de processos de monitoramento. Os estudos são focados nos efeitos de metais pesados e pesticidas, tendo sido aplicados em diferentes níveis de organização biológica.

4.3.5 Complementação de dados e informações sobre a qualidade ambiental das águas no PETAR

4.3.5.1 Síntese dos resultados obtidos para o rio Betari e Iporanga em área do PETAR na atividade “Adequação de metodologia de avaliação de impacto de atividade de ecoturismo utilizando dados de bentos ribeirinhos”

O estudo foi desenvolvido pela CETESB, no âmbito do Projeto "Atualização e Aperfeiçoamento de Metodologias Analíticas" e está apresentado, na íntegra, no Anexo 7³³.

³² Elfvendahl, S. 2000. Detection of Pesticide Residues in Rivers of an Atlantic Rain Forest Reserve in Brazil. MSc Thesis. Report 2000:10. Department of Environmental Assessment, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. www.ma.slu.se/IMA/Publikationer/ref_examensarbeten.html

³³ Informação Técnica n° 08/ELHC/ELTA/2014; Processo SMA n° 260108 – 005.512/2014; Resultados obtidos para o rio Betari e Iporanga em área do PETAR na atividade “Adequação de metodologia de avaliação de impacto de atividade de ecoturismo utilizando dados de bentos ribeirinho” do projeto “Atualização e Aperfeiçoamento de metodologias Analíticas (O.S. 12202400)”. CETESB 2014

As coletas foram realizadas em 2013, no período de inverno/seco (agosto) em dois pontos localizados nos rios Betari (24° 32'47,09"S – 48°40'59,71"W) e Iporanga (24° 30'49,28"S – 48°34'56,02"W), dentro do PETAR nas águas superficiais dos rios Betari e Iporanga.

Com relação à qualidade da água foram analisadas variáveis em campo (condutividade, oxigênio dissolvido, pH e temperaturas do ar e da água) e coletadas amostras de água superficial para análise em laboratórios de variáveis físicas e químicas (alcalinidade, ortofosfato, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrogênio kjeldahl, nitrato, nitrito, nitrogênio orgânico, sólidos dissolvidos totais, turbidez, ferro e manganês), microbiológicas (coliformes termotolerantes) e ecotoxicológicas (toxicidade com *Ceriodaphnia dubia*). Também foram realizadas análises de concentrações dos metais cádmio (Cd), cobre (Cu), chumbo (Pb) e níquel (Ni) em organismos bentônicos (ver também Capítulo 5. Avaliação Meio Biótico - Macro invertebrados aquáticos e 5.3.4. Recomendações para Diminuição dos Vetores de Pressão).

Conforme demonstra a Tabela 23 e de acordo com a análise realizada pelos autores, todos os resultados mostraram que ambos os rios, nos pontos amostrais localizados dentro do PETAR, encontram-se em condições naturais.

Salientam que os valores elevados de pH (alcalino) e condutividade (>200µS/cm) são comuns para as regiões do Vale do Ribeira com solos cársticos e não são considerados indicadores de presença de poluentes (CETESB, 2014).

Tabela 23. Resultados físicos, químicos, microbiológicos e ecotoxicidade para águas superficiais dos rios Betari e Iporanga em 2013

Parâmetros	Rio Betari	Rio Iporanga
Chuvas	Não	Não
Temperatura do ar (°C)	22,4	23
Salinidade %	-	-
Coloração	Incolor	Incolor
Condutividade (µS/cm)	154	123
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	8,27	8,99
pH	8,23	8,29
Temperatura da água (°C)	17,8	17,3
Alcalinidade total CaCO ₃ (mg/L)	73,5	56,5
Fosfato orto (mg/L)	0,02	0,007
Fosfato total (mg/L)	<0,02	0,04
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	0,11	<0,10
Nitrogênio kjeldahl (mg/L)	<0,50	<0,50
Nitrogênio nitrato (mg/L)	0,43	0,41
Nitrogênio nitrito (mg/L)	<0,10	<0,10
Nitrogênio orgânico (mg/L)	<0,50	<0,50
Ferro total (mg/L)	0,11	<0,10

Parâmetros	Rio Betari	Rio Iporanga
Manganês total (mg/L)	<0,01	<0,01
Sólidos dissolvidos fixos (mg/L)	<100	<100
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	106	<100
Sólidos dissolvidos voláteis (mg/L)	<100	<100
Turbidez (UNT)	<1	<1
Coliformes termotolerantes (UFC/100ml)	19	13
Toxicidade (Ceriodaphnia dubia)	NT	NT

NT = não tóxica

Por outro lado, a Tabela 24 apresenta as não conformidades (NC) em relação aos metais pesados e os meses de sua ocorrência, detectados entre 2008 e 2012 pela rede de monitoramento da CETESB no ponto BETA 02900 (próximo à foz do rio Betari).

Tabela 24 Não conformidades observadas no ponto BETA02900 da rede de monitoramento da CETESB. N=número total de medidas e %NC=frequência de ocorrência das não conformidades

	Conama 357/05 classe 2	2008	2009	2010	2011	2012	2013	N	%NC
pH	6 a 9	mar e mai		mar				36	8,3
		5,5		2,1					
Al dissolvido (mg/L)			Jul		Jul			30	6,7
	<0,1		0,15		0,24				
Cd (mg/L)						Jan e mai		30	6,7
	<0,001					0,002 e 0,0023			
Cr (mg/L)						mai		30	3,3
	<0,05					0,065			
Cu dissolvido (mg/L)		Mai			Jul			30	6,7
	<0,009	0,04			0,016				
Hg (mg/L)		Jul						30	3,3
	<0,0002	0,004							
Pb (mg/L)					mai	mai		30	6,7
	<0,01				0,012	0,011			
Zn (mg/L)		Mai						30	3,3
	<0,18	0,3							
DBO (mg/L)		Jan e mar		Jan, mar e nov				36	13,9
	<5	14 e 16		11, 9 e 13					
P (mg/L)		Jan e mar		Jan e mar		mar	mai	36	16,7
	<0,1	1 e 0,11		2,1 e 0,37		0,103	0,2		
Coliformes (UFC/100mL)		Jan		mar			Jan	36	8,3
	<1000	1040		2400			1640		
Ecotoxicidade Ceriodaphnia dubia		Jan e set	Set			Jan e Jul	Jul e nov	30	23,3
	NT	CR e CR	CR			CR e CR	CR e CR		

	Conama 357/05 classe 2	2008	2009	2010	2011	2012	2013	N	%NC
Chuvas (24h)		set	Jan, mai e set	Jan, mar, mai, set e nov	mar	nov	Jan, mar, mai e nov		

De acordo com os autores, a ecotoxicidade foi a variável que mais frequentemente ultrapassou os critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/02, com toxicidade crônica em 23,3% das amostras (CETESB 2014). Este resultado parece estar relacionado às chuvas no período anterior de 24h ou à época chuvosa, indicando que uma das vias de entrada do contaminante para o rio poderia ser o escoamento superficial. A presença de metais pesados acima dos valores preconizados pela Resolução, sejam aqueles detectados esporadicamente ou ainda outros não medidos neste estudo, ajudam a explicar essa toxicidade elevada, a qual pode estar prejudicando a biota do rio Betari (CETESB 2014).

Além disso, o fósforo e DBO, as duas variáveis com maior frequência de ocorrência de valores acima dos padrões de qualidade, são decorrentes das atividades agrícolas no entorno da bacia e/ou esgotos domésticos produzidos, por exemplo, no bairro da Serra (CETESB 2014).

Outro resultado importante foi a constatação dos impactos advindos da atividade de mineração de chumbo na região, mesmo após a desativação das empresas em 1995, corroborando trabalhos anteriores.

De acordo com o histórico levantado pelos autores (CETESB 2014), os dados da CETESB coletados em 1990-1991 mostraram que o rio Furnas drenava para o rio Betari, inclusive para dentro do PETAR, trazendo altas cargas de arsênico e chumbo, os quais se acumularam na ictiofauna, principalmente em cascudos, bagres e mandis. Mesmo após a desativação das mineradoras da região, os sedimentos ainda se apresentaram de forte (rio Betari) a muito forte (rio Furnas) contaminados por chumbo nos anos 2000, quando, nesses mesmos locais, ainda foi detectada contaminação por zinco (Furnas e Betari), arsênico (Betari) e cádmio (Furnas). Dados levantados entre 1998 e 2000 indicaram concentrações de Zn, Pb, Ag e Cd, nos sedimentos do rio Furnas, superiores aos padrões para efeito deletério e background, além de efeitos crônicos em Siluriformes (bagres e cascudos) devido ao chumbo com alterações nos indicadores da comunidades íctia. Efeito similar foi detectado nos sedimentos e ictiofauna do rio Betari, em trecho após a confluência com o rio Furnas. Neste caso, a fonte de contaminantes eram as pilhas de rejeitos da antiga mina da Companhia Argentífera Furnas.

Por fim, outro estudo realizado em 2011 para averiguar a presença de As, Cd e Pb em amostras de água, sedimentos e sangue de peixes em dois pontos do rio Betari (a jusante e a montante da entrada do rio Furnas) não detectou contaminação de água, mas sim em sedimento e sangue de cascudos (*Hypostomus interruptus*) (ver Capítulo 5.

Avaliação do Meio Biótico, Caracterização da Fauna, 5.3.4. Recomendações para Diminuição dos Vetores de Pressão).

4.3.5.2 Síntese dos resultados obtidos no estudo "Detecção de resíduos de pesticidas em rios dentro de Unidade de Conservação de Floresta Atlântica"³⁴

O estudo detectou a presença de resíduos de pesticidas em corpos d'água e rios que cruzam o PETAR, bem como em sedimentos e amostras de músculo de duas espécies de peixes, em coletas realizadas entre 1998 e 2000. Os principais resultados estão apresentados a seguir e o trabalho, na íntegra, no Anexo 7 (complemento).

As amostras foram coletadas em sete locais³⁵:

- Córrego de Furnas (B4),
- Rio Betari (B9),
- Rio Iporanga (I2 e I4),
- Córrego de Soares (I5), Córrego Preto (P5) e
- Rio Pilões (P9).

As letras B, I e P referem-se às bacias do Betari, Iporanga e Pilões.

As coletas de amostras ocorreram na estação chuvosa em Novembro de 1998, Março de 1999 e Janeiro de 2000. É esperado um maior uso de pesticidas na estação chuvosa, pois é a época de cultivo da maioria dos produtos plantados na região.

As amostras de água (volume 2L), duas réplicas por local, foram coletadas usando garrafas de polipropileno. Para as amostras de 1998 e 1999 e para P5 em 2000 apenas uma amostra foi coletada. As amostras foram estocadas a -18°C até a análise. As amostras de sedimento (20g) foram coletadas com frasco de polipropileno em todos os locais em Janeiro de 2000, e estocados a -18°C para análise. Duas espécies de bagre (Ordem Siluriformes), *Rhamdioglanis frenatus* (Fam. Pimelodidae) e *Isbrueckerichthys* sp. (Fam. Loricariidae), foram coletados com auxílio de um equipamento de eletrochoque em Janeiro de 2000.

R. frenatus pode ser encontrado em uma variedade de microhabitats e sua dieta é baseada em insetos, crustáceos e ocasionalmente peixes. *Isbrueckerichthys* sp. é uma espécie bentônica de águas lóticis (i.e. águas correntes) e se alimenta de microalgas encontradas sobre rochas, brotos e galhos de plantas submersas, ingerindo grandes quantidades de sedimentos.

Amostras de tecido muscular foram estocadas em nitrogênio líquido até extração em laboratório. Para a espécie *R. frenatus* foi extraído o tecido muscular de 1 indivíduo por local. Quanto à espécie *Isbrueckerichthys*, devido ao pequeno tamanho da espécie, amostras de 4 indivíduos foram agrupadas antes da homogeneização e extração, representando assim uma só amostra (nota: no local B4 apenas 2 indivíduos de *Isbrueckerichthys* sp. foram coletados e agrupados em uma única amostra). Todas as amostras foram analisadas na Universidade Sueca de Ciências da Agricultura.

³⁴ Moraes R, Elfvendahl S, Kylin H, et al. Pesticide residues in rivers of a Brazilian Rain Forest Reserve: assessing potential concern for effects on aquatic life and human health. *Ambio* 2003 Jun; 32(4):258-63. O artigo foi traduzido e sintetizado por técnicos da FF e gentilmente revisado pela autora, R. Moraes.

³⁵ No Anexo 7 (complemento), a Figura 1 mostra mapa esquemático do PETAR com os limites das principais bacias e a localização dos locais de amostragem.

Avaliação do impacto potencial sobre a fauna aquática e consumo humano

Quocientes de Perigo (QP) foram calculados para água, sedimento e tecido de peixe para avaliar os efeitos potenciais sobre peixes e efeitos de consumo de água e peixe por pessoas.

Para os efeitos sobre peixes, QP foi definido como $MCAM / (LC_{50} / 100)$, onde :

- MCAM é a Maior Concentração Ambiental Medida e
- CL_{50} é a Concentração Letal média (isto é, a concentração para a qual morrem 50% dos indivíduos expostos)

O CL_{50} foi o menor valor CL_{50} 96 horas (Concentração Letal média – exposição de 96 horas) para peixe encontrado na literatura.

O CL_{50} foi dividido por um fator 100 a fim de se extrapolar dados de CL_{50} de curta duração (testes em laboratório) para exposição de longa-duração (semelhantes às quais os peixes dos rios do PETAR estariam expostos).

Cálculos semelhantes foram realizados para amostras de sedimentos e tecidos de peixes, mas em vez de $CL_{50} / 100$, foram usados Níveis de Efeitos Prováveis (NEP) para sedimentos e Limiar de Concentração de Efeito (LCE) para tecidos relacionados a efeitos sobre sobrevivência e crescimento de peixes.

Em todos os casos, QPs acima de 1 indicam preocupação. Para permitir comparações entre locais de coleta, os QPs calculados para todos os pesticidas e resíduos foram somados (ΣQP) para cada local.

Concentrações médias de pesticidas em músculo de peixe também foram comparadas com concentrações Máximas Recomendáveis para Consumo Humano (MRCH).

As concentrações de pesticidas na água foram comparadas com padrões brasileiros e europeus para potabilidade da água (DWQS) e padrões de qualidade da água para proteção da vida aquática.

Os resultados obtidos revelaram resíduos de pesticidas em todas as amostras de água (Tabelas 25 e 26). Um total de 22 pesticidas diferentes foi detectado na água incluindo organofosfatados (OPs), organoclorados (OCs), cloroacetilídeos, triazinonas, entre outros. Oito dos 10 pesticidas foram detectados em amostras de água nos sítios I2, I4, I5, P5 e P9 e cinco ou seis foram encontrados em B9 e B4. As concentrações de heptacloro em B9, I4, I5, P5 e P9, e de malationa em B4, B9, I4, B4 e I5 estavam acima dos padrões estabelecidos para a proteção da vida aquática (Tabela 25).

Relativo aos efeitos sobre a sobrevivência dos peixes, o QP para água estavam acima de 1 em quatro sítios: I2 (deltametrina e permetrina), P5 e I4 (clorpirifos) e P9 (clorpirifos e clorpirifos). A concentração de clorpirifos no local I2 estava maior do que CL_{50} para trutas (Tabela 26). A fim de comparar o efeito potencial entre locais, o QP para todos os pesticidas foram calculados para cada local de coleta. Os ΣQPs mais elevados foram calculados para I2, P9 e P5.

Pesticidas OC³⁶ foram encontrados em todas as amostras de sedimentos analisadas, incluindo *p,p'*-DDT e produtos da sua degradação *p,p'*-DDD e *p,p'*-DDE juntamente com dieldrina, α -HCH e heptacloro (Tabela 27). Além disso, pentaclorobenzeno foi encontrado em B4 e P5. Cinco resíduos diferentes foram encontrados em sedimentos no B4, enquanto apenas 1 ou 2 foram encontrados em outros locais. O valor de QP para as amostras de sedimento foram maiores que 1 no B4 (devido a alta

³⁶ Os pesticidas organoclorados (OC) são compostos lipofílicos altamente persistentes. Na atualidade, estes compostos são usados de forma restrita, principalmente em países em desenvolvimento. Os pesticidas OC são conhecidos interferentes endócrinos, capazes de alterar a homeostase do sistema tireoide, fundamental no desenvolvimento do sistema nervoso central. (<http://brasil.bvs.br/>, consulta em 16maio15)

concentração de dieldrina), I5 e P5 (α -HCH), indicando que a presença de pesticidas em sedimentos desses sítios provavelmente causam efeitos sobre a fauna aquática. Os Σ QPs mais elevados foram calculados para B4.

DDT e seus produtos de degradação DDD e DDE, isômeros de HCH, γ -clordano, e heptacloro foram detectados em amostras de peixes de todos os sítios (Tabela 28). A concentração de tecido desses compostos foi dividida pela concentração de efeito, isto é, a concentração abaixo da qual efeitos deletérios sobre o crescimento e sobrevivência de peixes são provavelmente observados. Os QPs calculados foram abaixo de 1 para ambas as espécies em todos os pontos.

Em todos os locais de coleta, as concentrações de pelo menos dois pesticidas estavam acima das concentrações recomendadas para consumo: no B4 (procloraz e malationa), B9 (clorprofam, malationa e metamitron), I2 (deltametrina, diclorvos e procloraz), I4 (malationa, heptacloro, metazaclor, clorpirifos e metamitron), I5 (heptaclor, clorprofam, propraclor, procloraz, malationa e quinalfos), P5 (heptaclor, propaclor e clorpirifos) e P9 (heptacloro, metazaclor, procloraz e clorpirifos).

A concentração de resíduos de OC em tecido de peixes também foi comparada com concentrações recomendadas para consumo alimentar (Tabela 28). Os níveis medidos de todos os resíduos foram considerados abaixo dos padrões estabelecidos para proteção da saúde humana.

Em resumo, um total de 27 pesticidas e seus metabólitos ou produtos de degradação foram detectados em todos os sítios de coleta e os peixes acumularam alguns dos pesticidas mais persistentes: 22 tipos de resíduos foram detectados na água, sete em sedimentos e músculo de peixe. Dentre os 27 compostos identificados, apenas 13 estavam na lista de pesticidas usados na região de acordo com a Secretaria da Agricultura no Estado de São Paulo (1998) e Secretaria da Saúde. De acordo com a lista oficial disponível, 75 outros tipos de pesticidas podem ser usados no Vale do Ribeira. Outros quatro são regularmente vendidos em lojas locais (comunicação pessoal, agrônomo local, 1998).

As razões pelas quais nem todos esses pesticidas foram detectados ou pelas quais outras substâncias não listadas foram encontradas podem decorrer do fato de: (1) as listas disponíveis não estarem atualizadas, (2) a exclusão de alguns pesticidas das análises devido às dificuldades analíticas, (3) o uso sazonal de alguns produtos, (4) a análise ter sido conduzida na época das chuvas e (5) o período de coleta e o número de amostras reduzido. Neste sentido, uma amostragem semanal da água, cobrindo as diferentes estações do ano, poderia dar um quadro mais fiel da situação.

Pesticidas foram detectados mesmo em locais sem presença de atividades agrícolas ou de assentamentos humanos à montante dos pontos amostrais (ex. I5), indicando que alguns pesticidas são trazidos por via aérea. Fontes possíveis são as regiões menos elevadas do Vale do Ribeira, onde as atividades agrícolas são intensas e próximas às cabeceiras do Rio dos Pilões, onde relativamente extensos cultivos de tomate estão localizados. Contudo, o uso local de pesticidas para agricultura de subsistência e para o controle de vetores de doenças em pequenas vilas não deve ser descartado.

O uso de pesticidas OC para agricultura está restrito desde 1985 de acordo com o Ministério da Saúde. Apenas as autoridades podem fazer uso para o controle de vetores transmissores de doenças, embora haja evidências de uso ilegal. A mistura de DDT e metabólitos é encontrada com frequência em análises de tecidos corporais, assim como foi detectada em muitas das amostras de peixes deste estudo. Nestas amostras, foram encontrados principalmente os produtos de degradação de DDD e DDEA. A soma de todos os resíduos de DDT (Σ DDT) foi usada para a avaliação ecotoxicológica, e a taxa exata de degradação não foi quantificada. O alto nível de *p,p'*-DDT e a presença de *o,p'*-DDT em algumas amostras indicam que há uso recente de DDT na área. Não foi

detectada grande diferença de conteúdo de pesticidas entre as duas espécies de peixes analisadas ou entre os diferentes sítios. Contudo, os pequenos córregos de Furnas (B4) e Soares (I5) parecem estar mais contaminados que outros cursos d'água. *Rhamdioglanis frenatus* no local I5 apresentou níveis mais altos da soma de DDT do que, por exemplo, local B9.

Os níveis de compostos de DDT em peixes no PETAR são semelhantes aos níveis de compostos de DDT detectados em arenques no Mar Báltico no início dos anos 1970. Esses níveis foram relacionados a um baixo sucesso reprodutivo em aves piscívoras. Comparativamente com os níveis de OC detectados em peixes amostrados no lago de Paranoá em Brasília entre 1995-1996, as concentrações nos peixes do PETAR são baixas. Contudo, o entorno do Lago Paranoá é uma área densamente povoada, em comparação às pequenas vilas no PETAR. Uma espécie de bagre predador (*Rhmadia* sp.) capturado em Paranoá na estação chuvosa apresentou níveis médios de DDT de 12,5 µg/kg de músculo, enquanto o conteúdo de DDT em outras espécies variou entre 2,1 a 6,6 µg/kg de músculo.

As concentrações medidas indicam preocupação à preservação da vida aquática. Os organismos não estão apenas expostos a muitos tipos de pesticidas, mas também a outros tipos de contaminantes como metais pesados proveniente das minas de chumbo abandonadas. E interações toxicológicas combinadas e potencializadas podem ocorrer.

Há aproximadamente 15 pequenas vilas dentro ou ao redor do parque (SMAESP, 1991). Os habitantes, bem como os visitantes do parque, dependem dos riachos do PETAR como única fonte de água potável. Os níveis de pesticidas nas amostras de água de todos os sítios também estavam acima da concentração permitida para água potável, indicando um problema potencial para saúde humana.

Dificuldades logísticas limitaram o número de amostras disponíveis neste trabalho e futuros estudos incluindo séries temporais e efeitos de pesticidas em diferentes níveis de organização biológica são recomendados para corroborar o presente estudo.

Tabela 25. As concentrações ambientais mais altas - MCAM de resíduos de organofosfatados (OP) e organoclorados (OC) em córregos e rios (1998–2000), limites ecotoxicológicos (LC50 96 hrs), Guia para preservação da vida aquática (Guidelines for Preservation of Aquatic Life - GPAL) e padrões de qualidade da água (Drinking Water Quality Standards - DWQS). Todas as concentrações em µg L⁻¹. Casos no qual Quocientes de Perigo (QP) foi maior que 1 [MCAM > (LC₅₀ /100)] em negrito.

NB: “-” = guia não disponível; “n.d.” = substância não detectada. Teste para LC₅₀: rainbow trout (r), brook trout (b), guppy (u), blue sunfish (s) and carp (c).

Pesticidas e metabólitos	Tipos de pesticida	MCAM							LC ₅₀ /100	GPAL (39)	DWQS
		B4	B9	I2	I4	I5	P5	P9			
α and γ-Clordano	OC	n.d.	n.d.	Traces	n.d.	n.d.	0.01	traces	r0.029 (14)	0.04 (26)	0.2 (24)
Clorfenvinfos	OP	n.d.	n.d.	n.d.	0.04	n.d.	n.d.	0.05	u0.7 (13)	10 (26)	0.1 (25)
Clorpirifos	OP	n.d.	n.d.	n.d.	0.10	n.d.	0.42	0.54	r0.03 (12)	10 (26)	0.1 (25)
Diclorvos	OP	n.d.	n.d.	0.10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	s9 (12)	10 (26)	0.1 (25)
Dimetoato	OP	0.05	0.07	0.02	0.06	0.04	n.d.	n.d.	u125 (12)	10 (26)	0.1 (25)
Fenitroton	OP	0.06	n.d.	0.06	0.01	0.05	0.05	0.02	b17 (12)	10 (26)	0.1 (25)
Heptacloro	OC	n.d.	0.01	n.d.	0.02	0.02	0.02	0.02	r0.073(12)	0.01 (26)	0.03 (24)
Malation	OP	0.15	0.50	n.d.	1.0	0.23	n.d.	n.d.	r2.9 (12)	0.1 (26)	0.1 (25)
Paration	OP	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.03	n.d.	n.d.	r15 (12)	0.04 (26)	0.1 (25)
Quinalfos	OP	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.25	n.d.	n.d.	c10 (12)	10 (26)	0.1 (25)

Tabela 26 As concentrações ambientais mais altas - MCAM de resíduos de N-trihalometiltio (NT), carbamato (CA), piretroide (PY), benzonitrila (BE), triazinona (TR), cloroacetanilide (CH), azole (AZ), chlorinated bridged diphenyl (CBD) em córregos e rios (1998–2000), Limites ecotoxicológicos (LC50 96 hrs). Guia para preservação da vida aquática (Guidelines for Preservation of Aquatic Life - GPAL) e padrões de qualidade da água (Drinking Water Quality Standards - DWQS). Todas as concentrações em $\mu\text{g L}^{-1}$. Casos no qual Quociente de Perigo (QP) foi maior que 1 [MCAM > (LC₅₀ /100)] em negrito.

NB: “-” = guia não disponível; “n.d.” = substância não detectada.

rainbow trout (r), brook trout (b), fathead minnow (f) and goldfish (g).

Pesticidas e metabólitos	Tipos de pesticidas	MCAM							LC ₅₀ /100	GPAL (39)	DWQS
		B4	B9	I2	I4	I5	P5	P9			
Captan	NT	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.02	b0.34 (12)	–	0.1 (25)
Clorprofame	CA	n.d.	0.30	n.d.	n.d.	0.40	n.d.	n.d.	r30.2 (14)	–	0.1 (25)
Deltametrin	PY	n.d.	n.d.	0.50	n.d.	n.d.	traces	0.04	r0.005 (12)	–	0.1 (25)
Diclobenil and BAM	BE	0.01	n.d.	0.01	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	r49.3 (14)	10 (26)	0.1 (25)
Hexazinone	TR	n.d.	n.d.	n.d.	0.03	n.d.	n.d.	n.d.	f2700 (12)	–	0.1 (25)
Metamitron	TR	0.05	0.19	n.d.	0.20	0.05	n.d.	n.d.	g4000 (12)	–	0.1 (25)
Metazachlor	CH	n.d.	n.d.	n.d.	1.1	n.d.	n.d.	2.2	r40 (15)	–	0.1 (25)
Metribuzin	TR	n.d.	n.d.	0.01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	r760 (12)	–	0.1 (25)
Permetrina	PY	n.d.	n.d.	1.9	n.d.	n.d.	0.10	n.d.	r0.25 (12)	–	20 (24)
Procloraz	AZ	0.24	n.d.	0.14	n.d.	0.42	n.d.	0.35	r10 (12)	–	0.1 (25)
Propachlor	CH	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.30	n.d.	r1.7 (12)	–	0.1 (25)
Tetradifon	CBD	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.02	n.d.	r12 (12)	–	0.1 (25)

Tabela 27 As concentrações ambientais mais altas - MCAM de resíduos de organoclorados (OC) e pentacloronitrobenzeno (PC) em sedimentos de córregos (2000) e Níveis de Efeitos Prováveis (Probable Effect Levels - PELs), acima dos quais efeitos sobre a fauna aquática são mais prováveis de serem observados.

Concentrações em $\mu\text{g kg}^{-1}$ peso seco.

Casos no qual Quociente de Perigo (QP) foi maior que 1 [MCAM > (LC₅₀ / 100)] em negrito.

NB: “-” = guia não disponível; “n.d.” = substância não detectada.

Pesticidas e metabólitos	Tipos de pesticidas	MCAM							PEL
		B4	B9	I2	I4	I5	P5	P9	
Dieldrin	OC	27	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4.30 (19)
Σ DDTs	OC	1.9	1.2	1.1	0.8	0.8	n.d.	13	51,7 (19)
α -HCH	OC	n.d.	n.d.	n.d.	0.4	1.0	1.0	n.d.	0.99 (19)
Heptacloro	OC	0.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2.74 (19)
Quintozene	PC	66	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	27	n.d.	—

Tabela 28. Concentração média (\pm desvio padrão) de resíduos de pesticidas em músculos (ACM) em *Isbrueckerichthys* sp. e *Rhamdioglanis frenatus* e limiar de efeitos de concentração (Threshold Effect Concentrations - TECs) para não efeito sobre sobrevivência e crescimento, com concentrações máximas recomendadas para consumo humano (MRCH). Todas as concentrações em $\mu\text{g kg}^{-1}$ de músculo.

Casos no qual Quociente de Perigo (QP) foi maior que 1 [ACM >TEC] em negrito.

NB: “n.d.” = substância não detectada. Organismos teste para TEC: rainbow trout (r), brook trout (b) and fathead minnow (f).

Pesticidas e metabólitos	Tipos de pesticidas	ACM									TEC (40)	MRCH (41)
		Rhamdioglanis frenatus					Isbrueckerichthys sp.					
		B4	B9	I4	I5	P9	B4	B9	I2	I4		
α-HCH	OC	n.d.	n.d.	n.d.	0.03 (0.02)	0.02 (0.01)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	r42 000 (21)	80 (23)
γ-HCH	OC	0.74 (0.6)	0.14 (0.1)	0.07 (0.2)	1.0 (0.8)	0.42 (0.4)	0.15	0.58 (0.2)	2.1 (1.0)	1.2 (0.3)	b1200 (21)	80 (23)
γ-clordano	OC	1.4 (1.0)	1.0 (0.4)	3.4 (1.6)	1.4 (0.7)	0.79 (0.7)	0.75	0.74 (0.2)	2.1 (1.1)	1.1 (0.3)	2400 (22)	300 (23)
ΣDDTs	OC	0.43 (0.2)	0.28 (0.2)	0.91 (0.8)	1.2 (0.2)	1.3 (0.6)	0.60	0.09 (0.08)	0.49 (0.3)	0.44 (0.1)	b9 (21)	500 (22)
Heptacloro	OC	0.83 (0.5)	0.63 (0.3)	1.0 (0.7)	1.3 (0.6)	1.3 (1.3)	0.35	0.93 (0.2)	2.9 (1.2)	1.4 (0.3)	f17 730 (21)	300 (23)
Nº peixes		8	8	11	7	10	2	10	11	8		
Nº lagoas							1	4	4	4		
Peso Médio (g)		23.4	17.6 (16.7)	11.9 (10.0)	11.8 (9.7)	(10.6)	23.0 (12.3)	4.1 (0.9)	7.0 (2.2)	2.3 (2.0)	5.1 (2.6)	
S.D.peso												

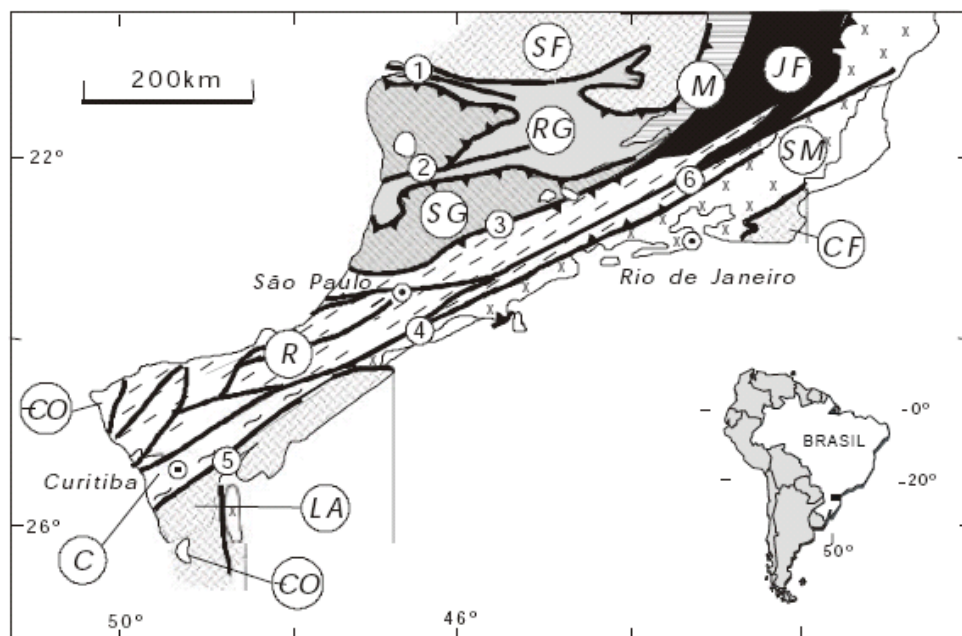
4.4 Geologia

Neste item são apresentadas as características geológicas da área do PETAR e sua Zona de Amortecimento, com uma descrição das unidades geológicas sob o ponto de vista da estratigrafia e litologia, com a indicação da mineralogia, composição e de suas características estruturais.

4.4.1 Geologia Regional

Em um contexto geológico amplo, a área do PETAR e sua Zona de Amortecimento estão inseridas na porção central da Província Mantiqueira (Almeida, 1977), na denominada “Faixa de Dobramentos Ribeira” (Hasui *et al.* 1975) (Figura 15). A Faixa Ribeira é um cinturão de cisalhamento transcorrente, que se estende desde a Bahia até o Uruguai, que articula as interações entre a Faixa Brasília (Província ou Sistema Orogênico Tocantins), o Cráton do São Francisco e uma série de terrenos acrescidos a sul (Campos Neto, 2000).

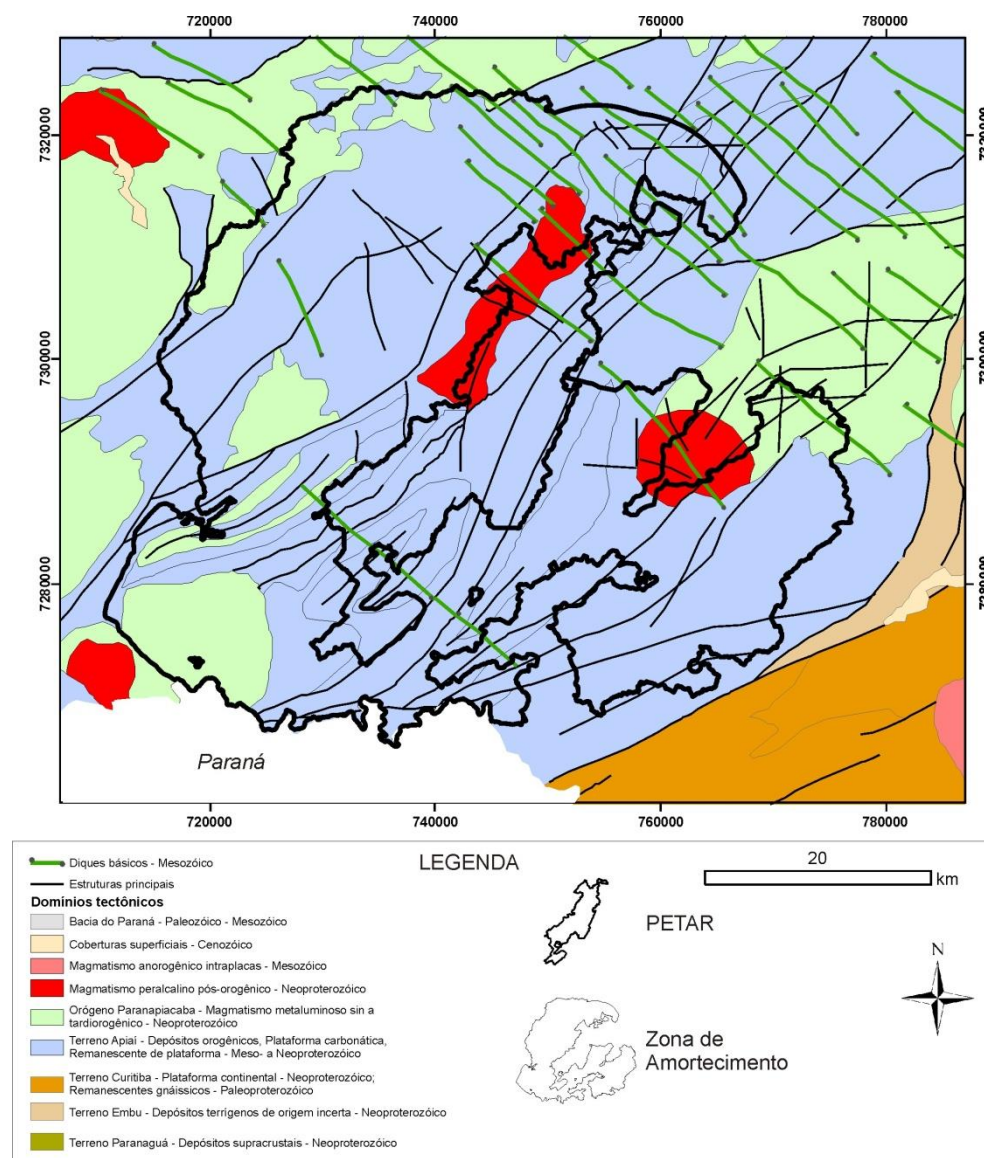
Figura 15. Contexto geológico regional em que está inserida a área do PETAR e sua Zona de Amortecimento



Blocos e fragmento cratônico: (LA) Luís Alves, (CF) Cabo Frio, (SF) São Francisco; Terrenos arqueanos e paleoproterozóicos: (C) Curitiba, (SM) Serra do Mar, (JF) Juiz de Fora, (M) Mantiqueira; Faixas de dobramento meso a neoproterozóicas: (RG) Alto Rio Grande, (R) Ribeira, (SG) Nappe Socorro-Guaxupé; Sequências sedimentares e vulcanossedimentares Cambro-ordovicianas (CO); Zonas de cisalhamento: (1) Campos do Meio, (2) Jacutinga-Ouro Fino, (3) Jundiuvira-Boquira-Rio Preto; (4) Cubatão; (5) Lancinha; (6) Além Paraíba (Campanha & Sadowski 1999).

Esta faixa é recoberta pelas rochas sedimentares da Bacia do Paraná a W e a SW, limitada a NNW pelo Maciço de Guaxupé, a SSE pelo Maciço de Joinville, e para NE transiciona para terrenos de médio a alto grau (Campanha *et al.* 1987). Neste bloco, ocorre predominantemente um conjunto de rochas supracrustais, de grau metamórfico fraco a médio, denominado de Supergrupo Açungui (Campanha *et al.* 1987; Campanha, 1991; Campanha e Sadowski, 1999).

Figura 16. Contexto geológico regional segundo CPRM (2006)

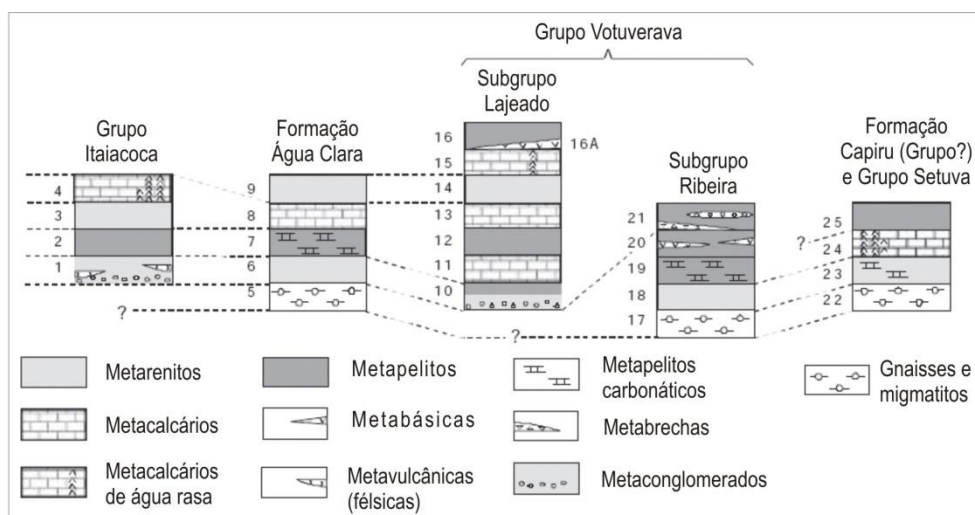


O embasamento das rochas do Supergrupo Açungui é constituído por um conjunto de rochas gnáissico-migmatíticas, com intercalações variadas de metassedimentos, e núcleos charnockíticos maiores mais a sul (Campanha, 2002). Posteriormente aos eventos deformacionais e metamórficos principais, no final do Neoproterozóico e início do Paleozóico (Campanha e Sadowski, 1998),

dos estados de São Paulo e Paraná. Estas falhas podem apresentar rejeitos quilométricos, tornaram tectônicos muitos dos contatos originais, dificultando ainda mais as reconstituições paleogeográficas (Campanha *et al.* 1987), e possivelmente geraram uma série de terrenos distintos (Campanha e Sadowski, 1998).

O Supergrupo Açungui é composto pelas seguintes unidades geológicas: Grupo Itaiacoca, Formação Água Clara, Grupo Votuverava (Subgrupo Lajeado e Subgrupo Ribeira), Formação Capiú e Grupo Setuva (Campanha e Sadowski, 1999) (Figura 17). As rochas do Supergrupo Açungui são intrudidas por um grande número de corpos granitóides de características variadas.

Figura 17. Colunas estratigráficas e tentativas de correlação lateral no Supergrupo Açungui



(1) Formação Bairro da Estiva (Abapã); (2) Formação Água Nova; (3) Formação Serra dos Macacos; (4) Formação Bairro dos Campos; (5) embasamento gnáissico-migmatítico; (6) quartzitos e xistos; (7) sequência calciossilicática; (8) sequência calcária; (9) sequência de meta-arenitos; (Formação Córrego dos Marques); (10) Formação Betari; (11) Formação Bairro da Serra; (12) Formação Água Suja; (13) Formação Mina de Furnas; (14) Formação Serra da Boa Vista; (15) Formação Passa-Vinte; (16) Formação Gorutuba; (16A) Gabro de Apiaí; (17) embasamento gnáissico-migmatítico; (18) Formação Perau, membro quartzítico; (19) Formação Perau, membro calciossilicático (mineralizado); (20) sequência vulcanossedimentar (pelágico – turbidítica); (21) Formação Iporanga; (22) embasamento gnáissico – migmatítico; (23) sequência Morro Grande (= Turvo-Areado?); (24) Sequência Rio Branco; (25) sequência Juruqui (Campanha & Sadowski 1999).

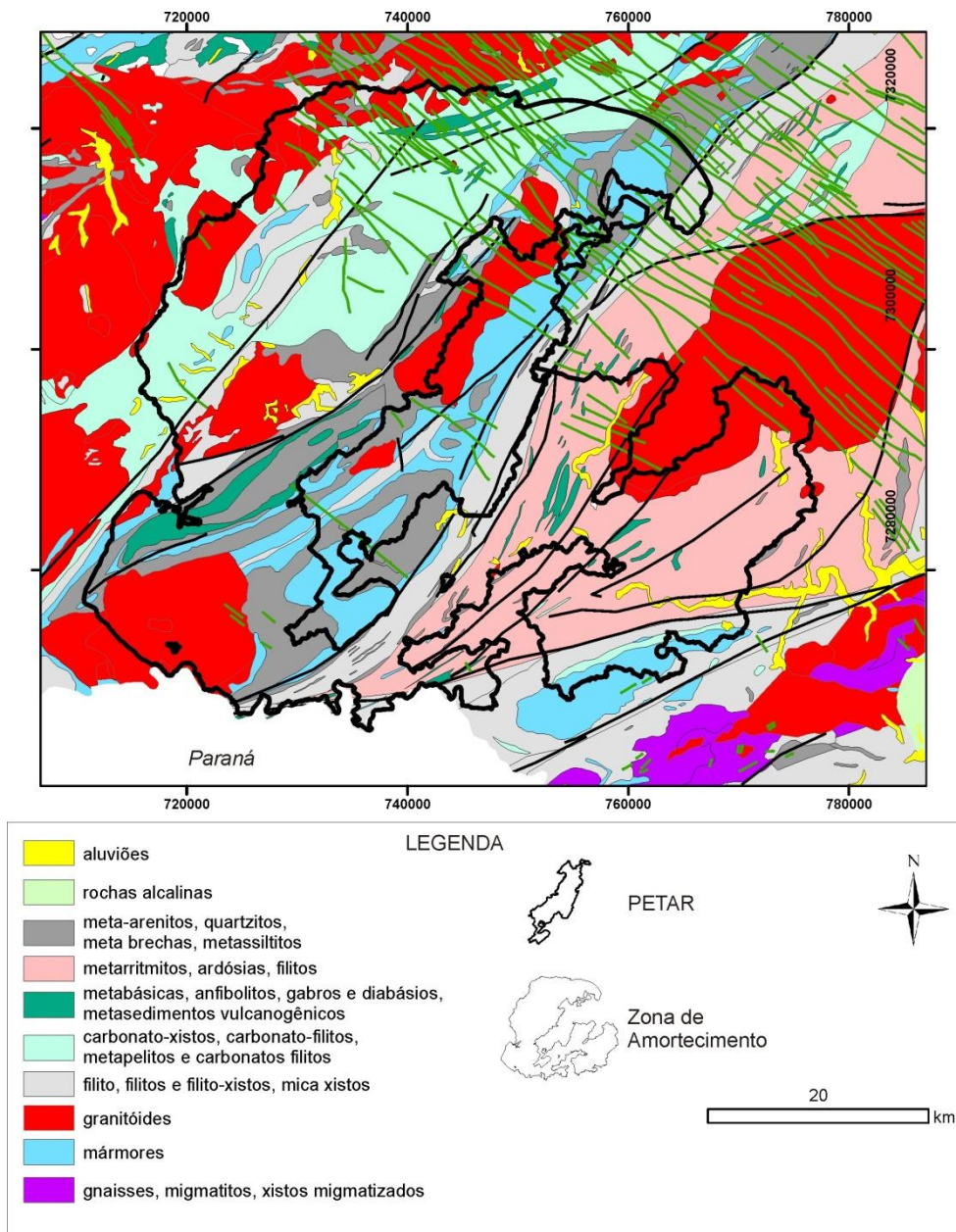
4.4.2 Geologia Local

Na área do PETAR e sua Zona de Amortecimento litologicamente predominam filitos, granitóides, xistos, mica-xistos e mármore (metacalcários) (Tabela 29), baseado em Campanha (2002). Essas rochas podem ser agrupadas em depósitos sedimentares cenozóicos, diques básicos juvo-cretáceos, granitóides (Suítes e Corpos Graníticos pós-tectônicos, Complexo Três Córregos, Complexo Agudos Grandes, Corpos Graníticos, Gabro de Apiaí) e rochas metamórficas do Supergrupo Açungui (Figura 18).

Tabela 29. Tipos litológicos que ocorrem na área do PETAR, a partir do mapa geológico de Campanha (2002)

Tipos Litológicos	PETAR
	% em área
▪Aluviões	0,1
▪Carbonato-xistos, carbonato-filitos, metapelitos e carbonatos filitos	-
▪Filito, filitos e filito-xistos, mica xistos	19,4
▪Granitóides	16,1
▪Rochas carbonáticas (mármore)	42,16
▪Metabásicas, anfibolitos, gabros e diabásios, metasedimentos vulcanogênicos	0,2
▪Meta-arenitos, quartzitos, meta brechas, metassiltitos	21,9
▪Metarritmitos, ardósias, filitos	-
▪Xistos migmatizados	-

Figura 18. Mapa geológico simplificado da área do PETAR e sua Zona de Amortecimento



4.4.2.1 Supergrupo Açungui

O Supergrupo Açungui é composto de algumas unidades litoestratigráficas de menor abrangência, dispostas lateralmente em faixas longilíneas de orientação NE, que são definidas por sua continuidade física e associações, subdividido na área em estudo em Formação Água Clara, Grupo Setuva ou Complexo Turvo-Cajati e Grupo Votuverava (Subgrupo Lajeado e Subgrupo Ribeira) (Campanha e Sadowski 1999). Estas unidades litoestratigráficas refletem ambientes sedimentares, vulcânicos e tectônicos distintos, com contatos em geral tectônicos, configurando um zoneamento de faixas paralelas com direção aproximada NE (Campanha *et al.* 1987), intrudidas por diversos corpos granitóides.

Formação Água Clara

A Formação Água Clara (Marini *et al.* 1967) na região é composta por rochas metassedimentares de origem vulcano-sedimentar, predominantemente mármore puros e impuros, e rochas calciossilicáticas, cálcio xistos, mica xistos, anfibólio xistos, quartzitos, granada-clorita-biotita xistos, metacherts, metatufos básicos e intermediários, metabasitos, anfibolitos e cornubianitos (Frasca *et al.* 1990; Weber *et al.* 2004), provenientes do metamorfismo de baixo a médio grau de rochas carbonáticas e margosas depositadas em ambiente plataformar profundo.

As rochas metabásicas têm ocorrência generalizada, principalmente na forma de pequenos corpos, origem ígnea, associados às calciossilicáticas, apresentando dimensões longitudinais expressivas chegando a quilométricas, com dimensões transversais de até centenas de metros, com idades do intervalo 1590 - 1470 Ma (milhões de anos passados), e resfriamento regional em ~600 Ma (Frasca *et al.* 1990, Weber *et al.* 2004).

Os mármore e rochas calciossilicáticas têm composições químicas semelhantes às de sedimentos carbonáticos e de misturas carbonato-pelitos depositados durante o estágio rift da bacia. O magmatismo básico parece ter se desenvolvido em diversos ambientes tectônicos. Um primeiro evento magmático de natureza toleítica teria ocorrido nos estágios iniciais de fechamento da bacia e corresponderia a toleitos de arco de ilhas imaturo. Basaltos shoshoníticos, possivelmente relacionados a margens continentais ativas, estariam associados a uma maior maturidade deste arco magmático, sugerindo estágios finais de fechamento da bacia. Posteriormente, porém relacionado a eventos pré-cambrianos, teria ocorrido magmatismo básico com características de toleitos continentais (Frasca *et al.* 1990).

Grupo Setuva ou Complexo Turvo-Cajati

As rochas do Grupo Setuva ou Complexo Turvo-Cajati são compostas por associações variadas, destacando-se principalmente os xistos, quartzitos e mármore, além de migmatitos variados e gnaisses. Dentre os xistos, ocorrem micaxistos, quartzo xistos, granada xistos com intercalações quartzíticas e presença subordinada de metassiltitos, ardósias, filitos, mármore, metabasitos e metaultrabasitos, além de biotita gnaisses bandados com intercalações subordinadas de mármore, calcossilicadas, anfibolitos, entre outras.

Grupo Votuverava

▪Subgrupo Lajeado

O Subgrupo Lajeado corresponde a metassedimentos de baixo grau metamórfico, que foram depositados em uma plataforma carbonática. Esta unidade geológica é constituída por formações siliciclásticas (pelíticas, psamíticas) e carbonáticas alternadamente sobrepostas, intrudida em sua porção superior pelo Gabro de Apiaí. Limita-se a sul com a Formação Iporanga e o Subgrupo Ribeira através da zona de cisalhamento (Lineamento) da Figueira (Campanha, 2002).

As rochas carbonáticas pertencem às Formações Bairro da Serra (com metacalcarenitos e metacalcilutitos impuros calcíticos e dolomíticos), Mina de Furnas (com metacalcarenitos e calcilutitos laminados) e Passa-Vinte (metacalcarenitos dolomíticos).

▪Subgrupo Ribeira

O Subgrupo Ribeira é constituído de leques turbidíticos distais, seqüências possivelmente pelágicas e vulcânicas básicas toleíticas do tipo assoalho oceânico ou arco de ilhas pouco diferenciado. Esta unidade geológica ocorre à sudeste da plataforma carbonática de deposição do Subgrupo Lajeado (Campanha, 2002).

O Subgrupo Ribeira no geral constitui-se predominantemente de metapelitos de granulação fina a muito fina associados a leques turbidíticos distais e folhelhos pelágicos, em geral intensamente deformados. Subordinadamente ocorrem metabasitos que apresentam assinatura litoquímica característica de assoalho oceânico e arco de ilhas imaturo, metamargas, metacalcários, metarenitos, metaconglomerados oligomíticos, formações ferríferas de pequeno porte e lâminas de metacherts (Campanha, 2002).

Situada no topo do Subgrupo Ribeira, a Formação Iporanga está em parte em contato tectônico com o restante do Subgrupo Ribeira através do Lineamento de Agudos Grandes, restando dúvidas quanto ao hiato de tempo entre a sua deposição e o restante das unidades subjacentes. Em outros locais entretanto esse contato parece ser discordante, com a brecha basal da Formação Iporanga sobreposta a metargilitos e metavulcânicas do Subgrupo Ribeira (Campanha, 2002).

A Formação Iporanga é constituída por metarritmitos finos, com intercalações de metarenitos, metaconglomerados e metabrechas polimíticas, indicando interpretações paleoambientais diversificadas (tilitos, turbiditos distais, molassas, wildflysh, debris flow e turbiditos canalizados) (Campanha, 2002).

A Formação Perau situa-se estratigraficamente nas porções mais basais do Subgrupo Ribeira, definida por uma série de estruturas antiformais e sinformais abertas, no bloco entre os Lineamentos de Lancinha e Agudos Grandes / Ribeira, no Estado do Paraná. No núcleo das antiformas ocorrem rochas gnáissicas, fortemente milonitizadas, com intercalações de xistos feldspáticos e quartzitos, atribuídas ao Complexo Gnaíssico - Migmatítico. A base da Formação Perau é constituída por um pacote de quartzitos, espesso de centenas de metros e contínuo por dezenas de quilômetros, o qual provavelmente condiciona o estilo aberto dos dobramentos maiores. São capeados por um pacote de carbonato xistos seguidos de um pacote de xistos e filitos com intercalações menores de anfíbolitos (Campanha, 2002).

4.4.2.2 Conglomerado Samambaia

Ocorrem algumas bacias tectônicas tardias, preenchidas com sedimentos e rochas vulcânicas, afetados por metamorfismo incipiente a fraco (Campanha, 2002). São discordantes em relação às rochas anteriores. É constituído na região pelo Conglomerado Samambaia. É uma pequena bacia de aproximadamente 10 km², alojada sobre a Formação Água Clara, cuja origem parece estar associada ao Lineamento

Quarenta-Oitava (Teixeira *et al.* 2004). Segundo Teixeira *et al.* (2004) esta unidade possui preenchimento de conglomerados polimíticos, clasto-suportados, e arenitos grossos a finos, arcoseanos.

4.4.2.3 Gabro de Apiaí

O Gabro de Apiaí é um corpo intrusivo de composição básica, de ocorrência muito restrita na área em estudo.

4.4.2.4 Granitóides

Por toda a Faixa de Dobramentos Ribeira Domínio ocorrem inúmeras ocorrências de intrusões graníticas neoproterozóicas a cambrianas, formando numerosos corpos graníticos de grande porte, formando batólitos e stocks alongados, dispostos segundo a direção regional das estruturas geológicas.

O Complexo Três Córregos é constituído por granitóides, predominantemente hornblenda-biotita granitóides porfiróides e granitos leucocráticos microporfiríticos a equigranulares, além de granitóides orientados, com comuns enclaves máficas de composição predominantemente diorítica potássica (Gimenez Filho *et al.* 1996), de idade entre 630 e 600 Ma (Janasi *et al.* 2001). O Complexo Agudos Grandes, composto por granitóides sin e tardi orogênicos, e o Complexo Três Córregos foram afetados posteriormente por stocks graníticos pós-tectônicos. Posteriormente, durante o Jurássico-Cretáceo, as rochas do Supergrupo Açungui e os Granitóides foram intrudidos por numerosos diques de diabásio, subverticais, orientados preferencialmente segundo N45W, com extensões que chegam a alcançar dezenas de quilômetros.

4.4.2.5 Diques Básicos

Na área de estudos afloram centenas de diques que cortam as rochas pré-cambrianas do embasamento. Os diques são verticais a sub-verticais, sendo que alguns deles chegam a atingir quilômetros de comprimento, com espessuras de poucas a dezenas de metros. Estes diques freqüentemente ocupam falhas, reativadas por esforços tracionais perpendiculares à direção costeira (Almeida, 1986). Os diques básicos apresentam, na região sudeste do Brasil, idades em torno de 161 e 193 Ma (Guedes *et al.* 2005) até 125-120 Ma (Renne *et al.* 1992), em sua grande maioria de composição básica e natureza toleítica (Piccirillo *et al.* 1988, Marques 2001).

4.4.2.6 Depósitos Sedimentares Cenozóicos

Os depósitos sedimentares cenozóicos compreendem diversas unidades geológicas de idade cenozóica não diferenciadas, que ocorrem dispersas por toda a área de estudos. Estas unidades ainda são pouco conhecidas, representando diversos eventos de deposição sedimentar. São compostos essencialmente de sedimentos de composição arenácea a argilosa, de origem coluvial e fluvial. Os depósitos coluviais correspondem a

material depositado sob forma de tálus (com matacões), fluxo de detritos e rampas de acumulação. Os depósitos fluviais encontram-se depositados principalmente ao longo das principais drenagens existentes na área em estudo, como no Rio Ribeira de Iguape sob a forma de antigos terraços aluvionares, contendo às vezes camadas turfosas de origem orgânica.

4.4.3 Geologia Estrutural

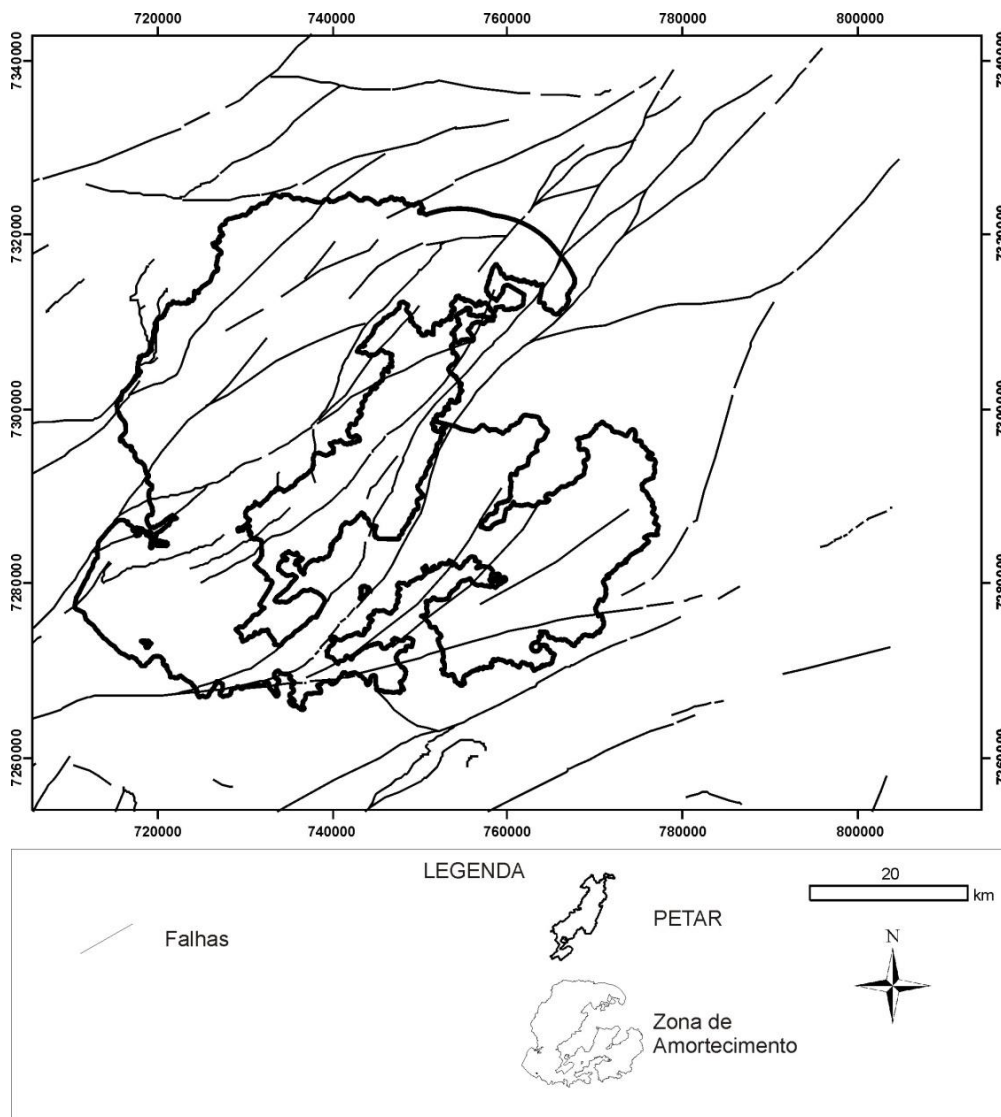
As complicações da estratigrafia e da idade de sedimentação das unidades geológicas do Grupo Votuverava na área em estudo refletem a complexidade geológica estrutural da região. O metamorfismo gerado foi de grau xisto verde incipiente a baixo (Trein *et al.* 1985, Campanha *et al.* 1987). A deformação e o metamorfismo teriam sido gerados no Neoproterozóico. Posteriormente, durante o final do Neoproterozóico e início do Paleozóico (Campanha e Sadowski 1998), diversas falhas e zonas de cisalhamento de direção geral NE-SW, responsáveis pelas rochas cataclásticas/miloníticas, de caráter essencialmente transcorrente (posteriores aos eventos deformacionais e metamórficos principais) afetaram toda a área do Pré-Cambriano na área de estudos.

Estas falhas, que podem ter rejeitos da ordem de quilômetros, tornaram tectônicos muitos contatos, dificultando ainda mais reconstituições paleogeográficas (Campanha *et al.* 1987), gerando uma série de terrenos distintos (Campanha e Sadowski 1998).

As direções das principais linhas tectônicas são SW/NE, podendo ocorrer ainda direções próximas a N/S e E/W. As feições estruturais mais importantes na região são: Lineamento Ribeira, na região sul do PETAR, e Lineamento Agudos Grandes, Falha Barreiro, Falha do Espírito Santo à oeste do PETAR.

O Lineamento Ribeira se desenvolve segundo a direção geral NE/SW, colocando em contato o Supergrupo Açungui e o Complexo Turvo-Cajati. O Lineamento Agudos Grandes, a Falha Barreiro e a Falha do Espírito Santo se desenvolvem segundo a direção geral NNE/SSW (Figura 19).

Figura 19. Principais falhamentos que cortam as unidades geológicas na área do PETAR e sua Zona de Amortecimento



Fonte: Campanha, 2002.

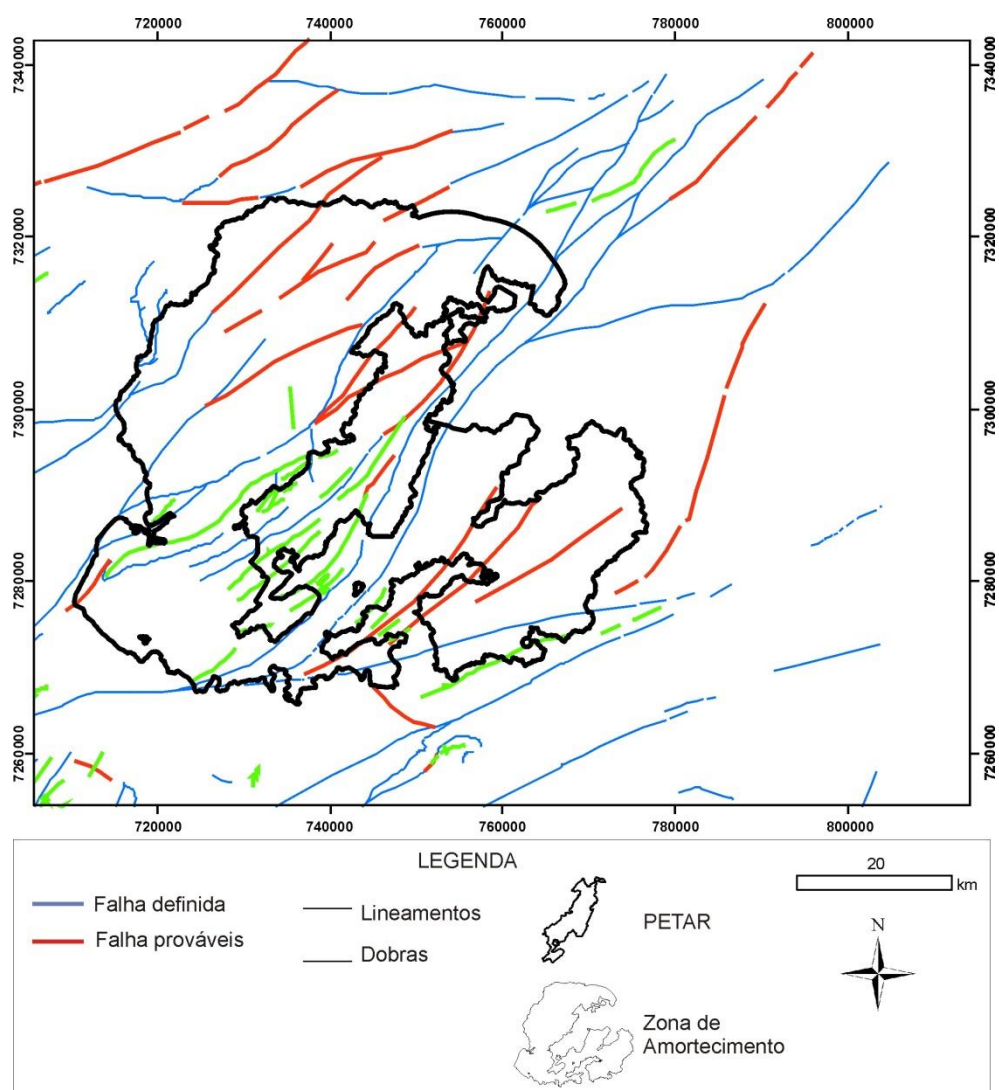
O Subgrupo Lajeado, em sua porção central, apresenta padrão estrutural dominado por uma série de anticlinais e sinclinais, os maiores com comprimentos de onda da ordem de centenas de metros a poucos quilômetros, com planos axiais empinados, com mergulho forte para NW, eixos subhorizontais e uma clivagem ardosiária em posição plano-axial, e com vergência estrutural para SE. O empilhamento estratigráfico original está aparentemente preservado, embora existam suspeitas da repetição tectônica de alguns pacotes por deslocamentos (falhas oblíquas de baixo ângulo) ao longo dos contatos entre os pacotes maiores. Ocorrem mais duas fases de dobramentos sobrepostas, associadas a clivagens de crenulação, uma com direção NE e outra, mais tardia, com direção NW.

O Subgrupo Ribeira apresenta estilo deformacional mais intenso, com dobramento cerrado e transposição em escala de afloramento associado à primeira fase de deformação. Porém, a clivagem gerada nessa fase é contínua e paralela com a observada

no Subgrupo Lajeado, sendo também paralelos nestas unidades seixos, planos axiais e o sentido da vergência estrutural. Sobrepõem-se ainda duas fases de dobramento, com orientações similares às do Lajeado.

Os subgrupos Lajeado e Ribeira foram afetados pelas mesmas fases deformacionais. No entanto, enquanto no Lajeado o empilhamento original está pelo menos em parte preservado, no Subgrupo Ribeira as diversas intercalações litológicas apresentam forma lenticular, com clivagem tectônica paralelizada aos contatos litológicos em todas as escalas, estando possivelmente totalmente desmembrados os contatos e as posições estratigráficas originais. O Subgrupo Ribeira é seccionado pelo Lineamento Ribeira (Figura 20).

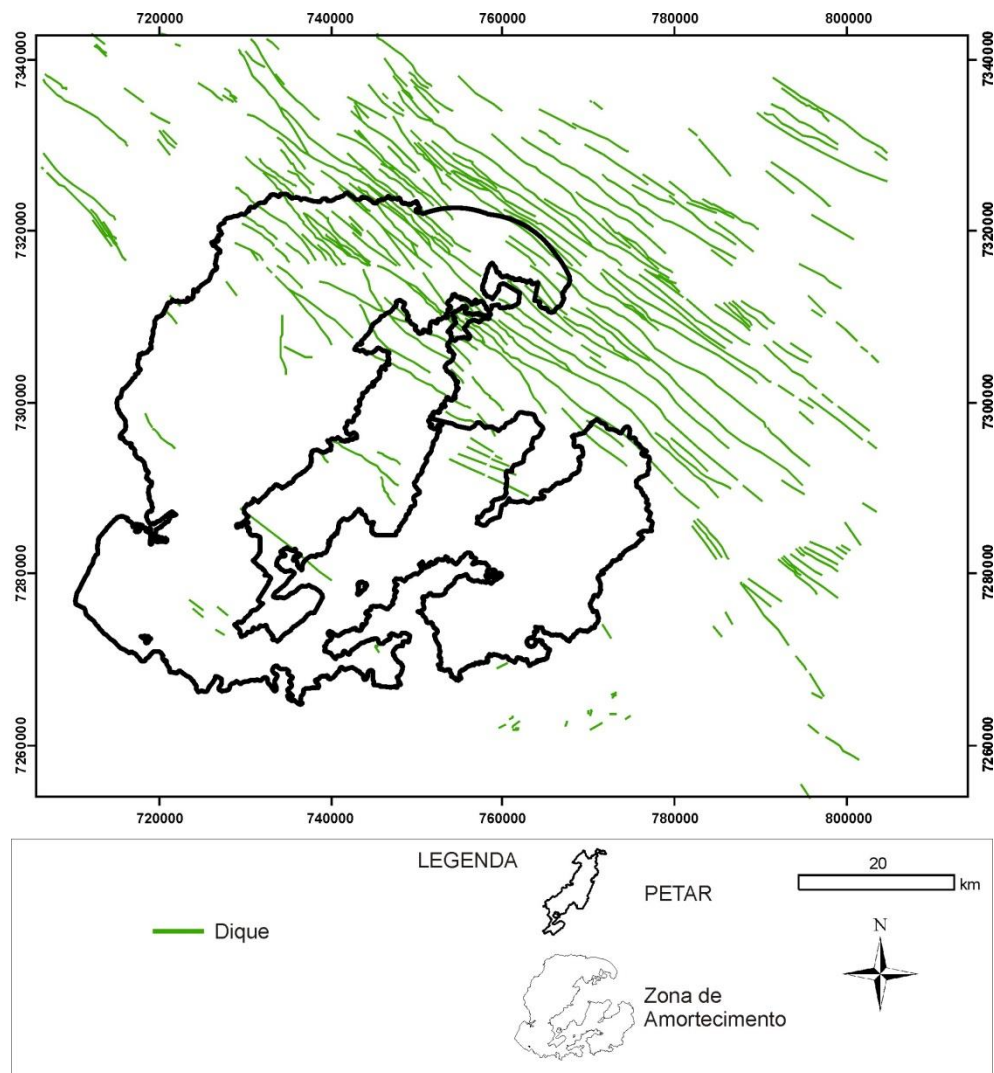
Figura 20. Principais estruturas geológicas que cortam as unidades geológicas na área do PETAR e sua Zona de Amortecimento



Fonte: Campanha, 2002.

Durante o Mesozóico, no Jurássico-Cretáceo, toda a área foi intrudida por uma série de diques de rochas básicas, alojados em estruturas de orientação na direção NW-SE reativadas por esforços tracionais perpendiculares à direção costeira, cortando as rochas pré-cambrianas do embasamento (Figura 21).

Figura 21. Diques de rochas básicas que cortam as unidades geológicas na área do PETAR e sua Zona de Amortecimento



Fonte: Campanha, 2002.

4.4.3.1 Lineamentos

Para caracterização das estruturas nas unidades geológicas da área do PETAR e sua Zona de Amortecimento, foram analisados os lineamentos e sua correlação com falhas na região, através de Modelos Digitais de Terrenos (MDT) (Figura 22), Imagem LANDSAT-7 (Figura 23 e Mosaico semicontrolado de radar do Projeto RADAMBRASIL (1976) (Figura 24).

Figura 22. Mapa dos lineamentos extraídos de Modelos Digitais de Terrenos (MDTs), com azimuth a 45° e iluminação nas direções N45, N135, N225 e N315, da área da Folha Itararé (Folha SG.22-X-B – escala 1:250000)

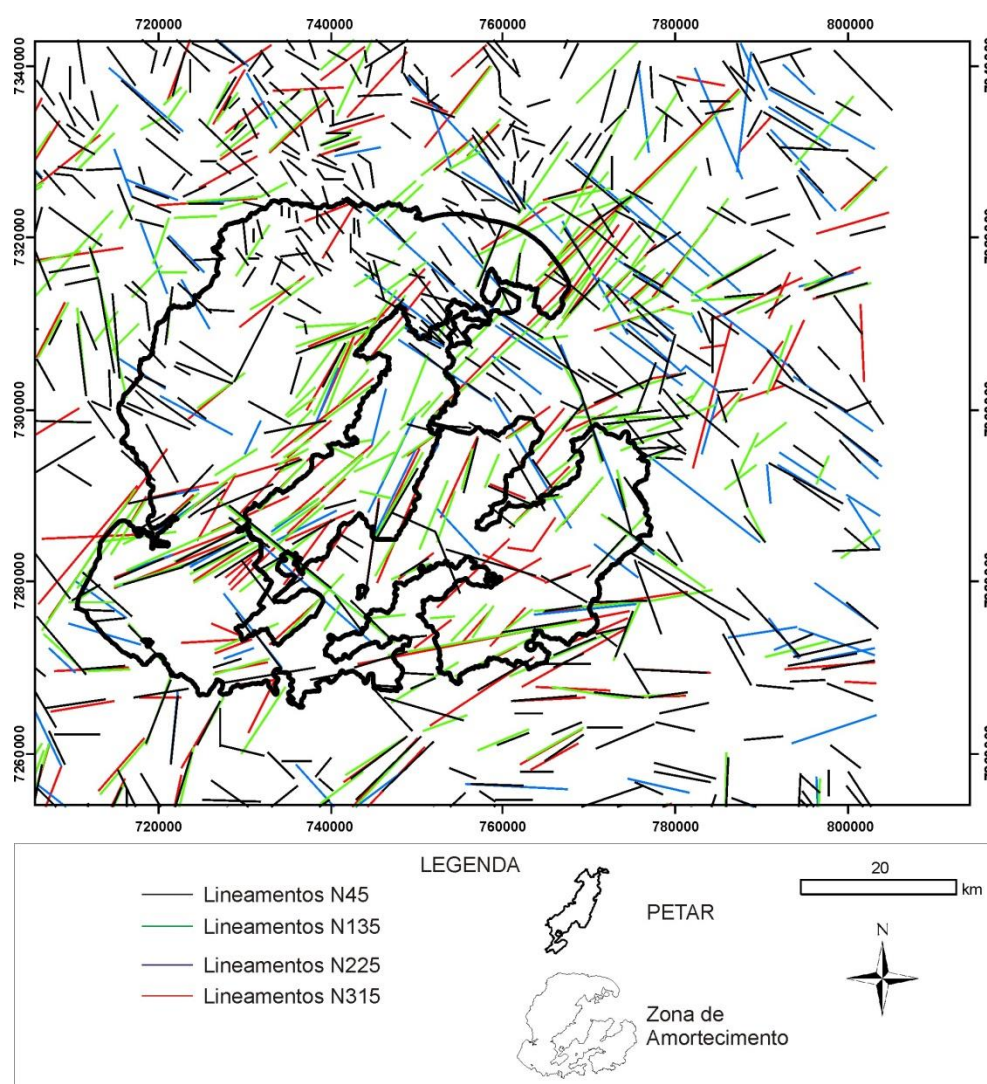


Figura 23. Imagem LANDSAT-7 com composição R8G5B3, e lineamentos extraídos da imagem, da área do PETAR e sua Zona de Amortecimento

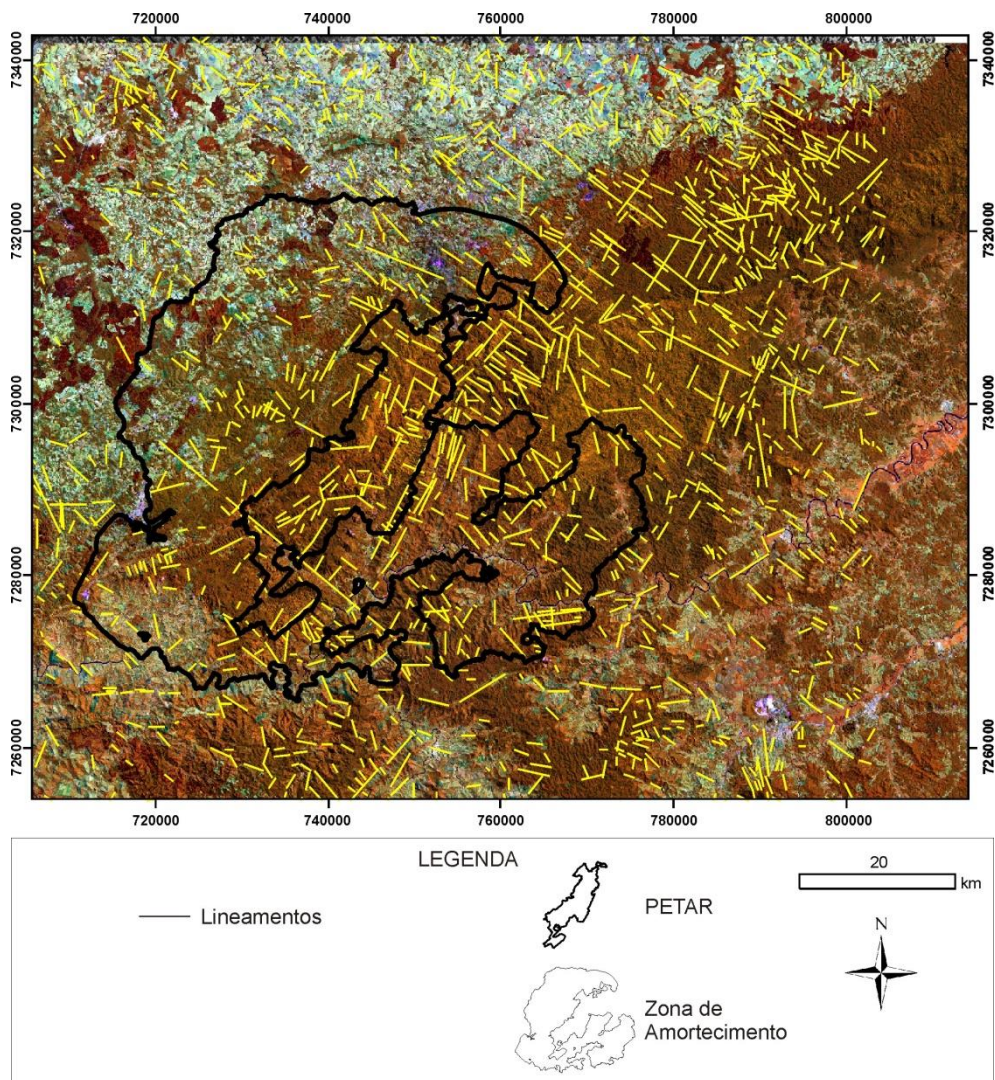
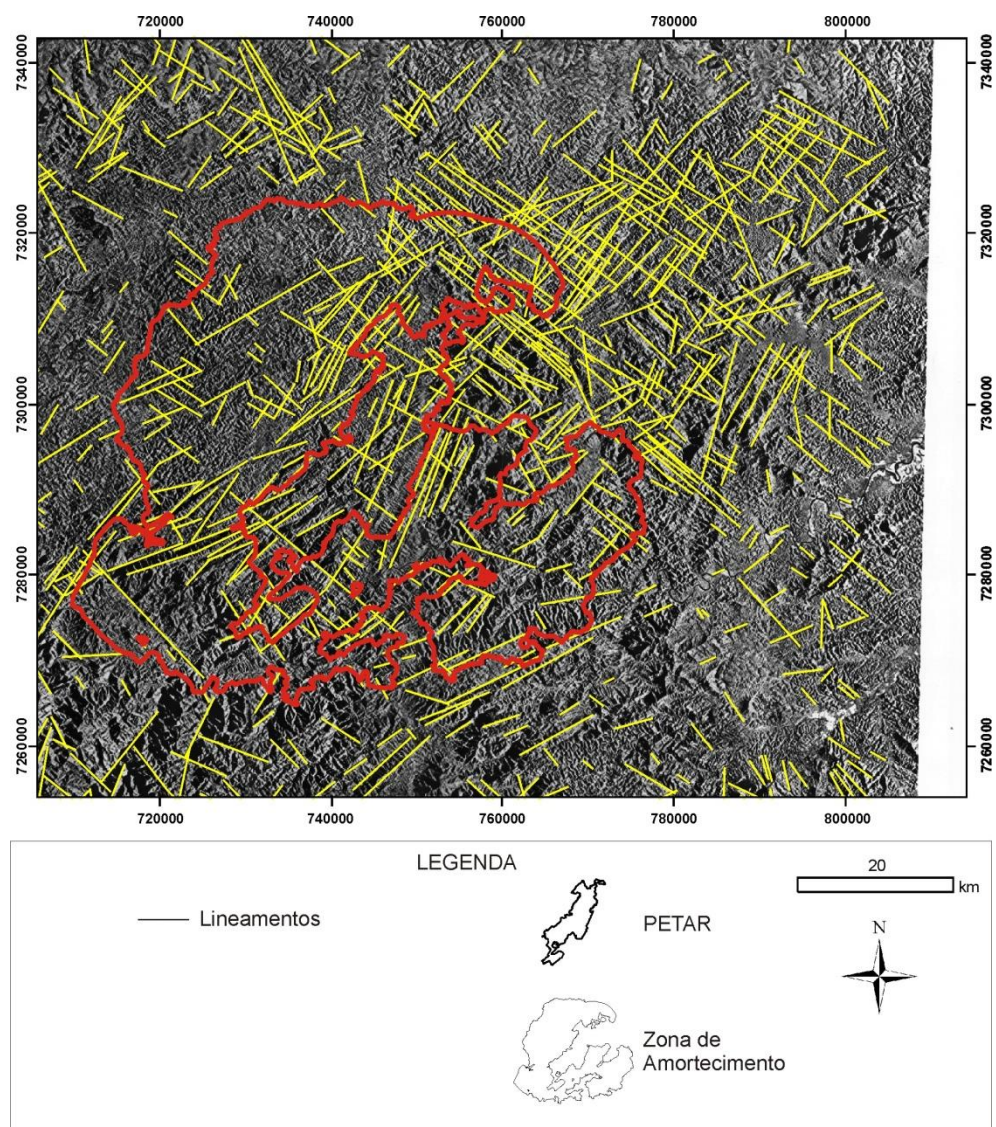


Figura 24 Mosaico semicontrolado de radar do Projeto RADAMBRASIL (1976), e lineamentos extraídos da imagem, da área do PETAR e sua Zona de Amortecimento



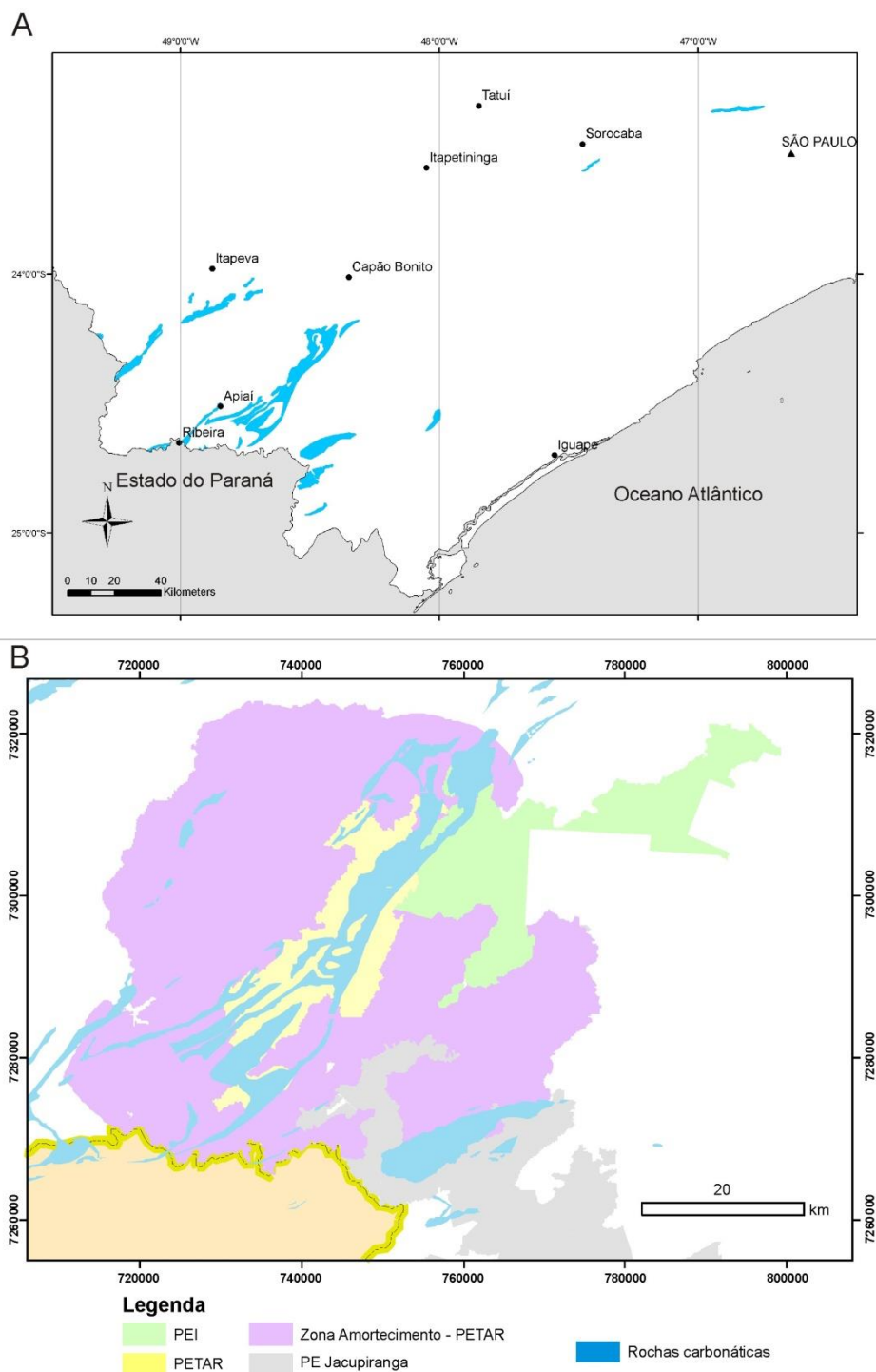
Foi observada maior frequência de lineamentos nas direções NW-SE e NE-SW. Os lineamentos de direções NE-SW observados regionalmente em termos de frequência podem ser relacionados à ocorrência de diversos corpos intrusivos de diques básicos, assim como os de direções NW-SE estão relacionados aos principais falhamentos que condicionam as unidades geológicas na região.

Na área do PETAR e sua Zona de Amortecimento há destaque em relação às rochas carbonáticas. Estas unidades carbonáticas contem um Sistema Cárstico com diversas cavidades naturais, um dos maiores atrativos turísticos do PETAR, e constante conflito com a atividade minerária por conter os bens minerais mais explorados da região (calcário, dolomito e magnesita), que serão tratados em detalhe por capítulos posteriores neste Plano de Manejo.

Este conflito minerário existe devido ao fato de que a maior parte de unidades carbonáticas proterozóicas com grande potencial para a indústria cimenteira localizam-

se na região sul do Estado de São Paulo, no Vale do Ribeira. Grande parte dessas reservas minerais, com composições mais calcíticas, encontram-se em áreas protegidas, como no PE Intervalles, PE Jacupiranga e PETAR, ou ocorrem em áreas sem restrição ambiental, mas apresentam composições mais dolomíticas ou silicosas.

Figura 25. (A) Localização das unidades geológicas carbonáticas proterozóicas no Estado de São Paulo e, (B) nas áreas do PETAR e sua Zona de Amortecimento, Mosaico de Jacupiranga e Parque Estadual Intervalles



4.5 Relevo

O Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira e a sua área de entorno³⁷ estão localizados no divisor de águas do rio Ribeira de Iguape – rio Paranapanema. A sul a área é drenada por afluentes do rio Ribeira de Iguape onde se destacam as bacias dos rios Betari, Iporanga e Pilões e a norte pelos formadores do rio Apiaí-açu afluente do rio Paranapanema.

A área do PETAR está inserida no Domínio Morfoclimático das Regiões Serranas, tropicais úmidas, ou dos “mares de morros” extensivamente florestados (Ab’Saber, 1970 e 1973).

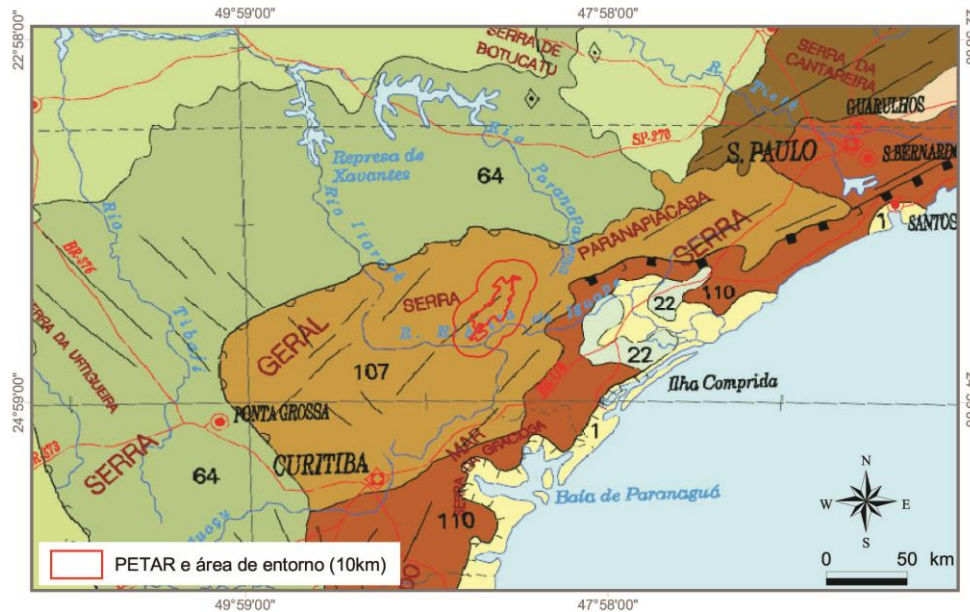
Esse domínio é caracterizado por profundo e generalizado horizonte de decomposição de rochas; pelo predomínio de relevo com formas mamelonadas, que se desenvolvem em todos os níveis topográficos mascarando superfícies erosivas, níveis de pedimentação e até de terraços, formados pela alternância de processos de pedimentação e etcplanção; pela presença de “pães de açúcar”; por uma densa rede de drenagens perenes com planícies fluviais de canais meândricos constituídas por sedimentos finos que predominam; e pela ocorrência de extensos setores de solos superpostos, associados a linhas de pedra soterradas por depósitos coluvionares; (Ab’Saber, 1970 e 1973).

A região estudada, segundo o Mapa de Unidades de Relevo do Brasil (IBGE, 2006), ocupa trechos das unidades Serra do Mar e Planalto de Paranapiacaba (Figura 26).

³⁷ No contexto deste item, o termo área de entorno corresponde a um *buffer* de 10 km ao longo de todo limite do Parque.

Figura 26. Unidades de relevo que ocorrem nas imediações do PETAR

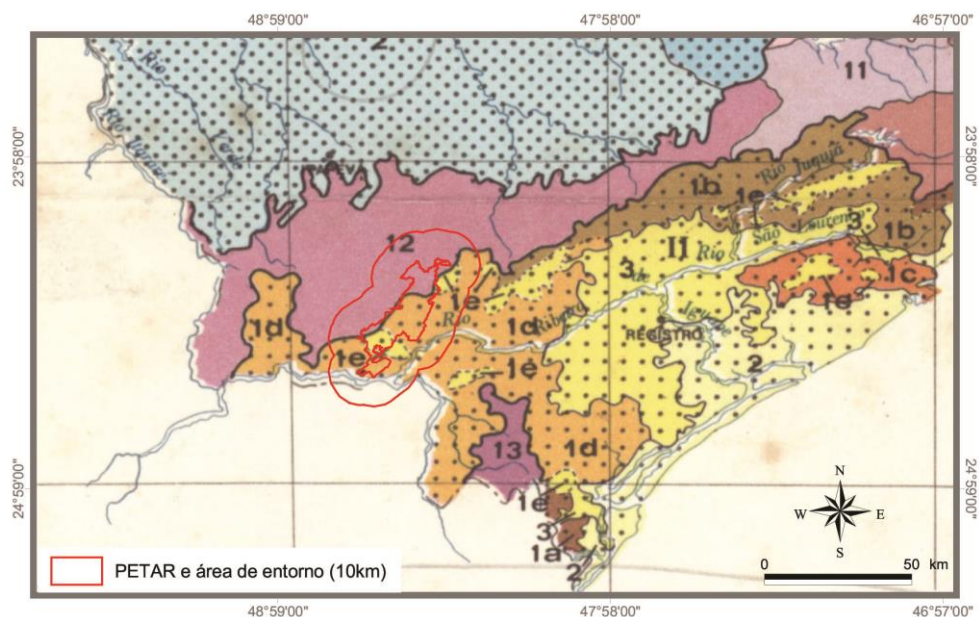
Legenda: Planalto de Paranapiacaba (107), Serra do Mar, (110), Patamares da Borda Oriental da Bacia do Paraná



(64); Tabuleiros costeiros (22) e Planícies Marinhas (1). Fonte: Ampliado do Mapa de Unidades de Relevo do Brasil (IBGE, 2006).

Segundo Ponçano et alii (1981), a área está inserida entre o Planalto de Guapiara e a Província Costeira, onde ocupa trecho das subzonas Serrania do Ribeira e Planaltos Interiores representado pelo Planalto de Lajeado e do Planalto Sumidouro do Ribeirão Temimina, na Zona Serrania Costeira (Figura 27).

Figura 27. Compartimentos de relevo que ocorrem na região em que se encontra o PETAR



Legenda: Planalto de Guapiara (12) pertencente ao Planalto Atlântico, e Serrania do Ribeira (1d) e Planaltos Interiores (1e) da Zona Serrania Costeira, constituída ainda pela Serra do Mar (1a) e Serra de Paranapiacaba (1b) e pelas zonas Baixadas Litorâneas (2) e Morraria Costeira (3). Planalto de Ibiúna (11) e Zona do Paranapanema da Depressão Periférica (2). Fonte: Baseado no Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo de Ponçano, *et al* (1981)

Esses relevos são sustentados predominantemente por rochas do embasamento cristalino: migmatitos, metassiltitos, ardósias, filitos e xistos finos, granitóides, carbonato – xistos, micaxistos, carbonatos filitos, rochas carbonáticas (mármore), metarenitos, metabásicas, anfíbolitos, metagabros, diabásios, quartzitos, hornfels e metabrechas com idade meso a neoproterozóicas; diques básicos jurôcretácicos e depósitos coluviais e fluviais cenozóicos, (Campanha, 2002).

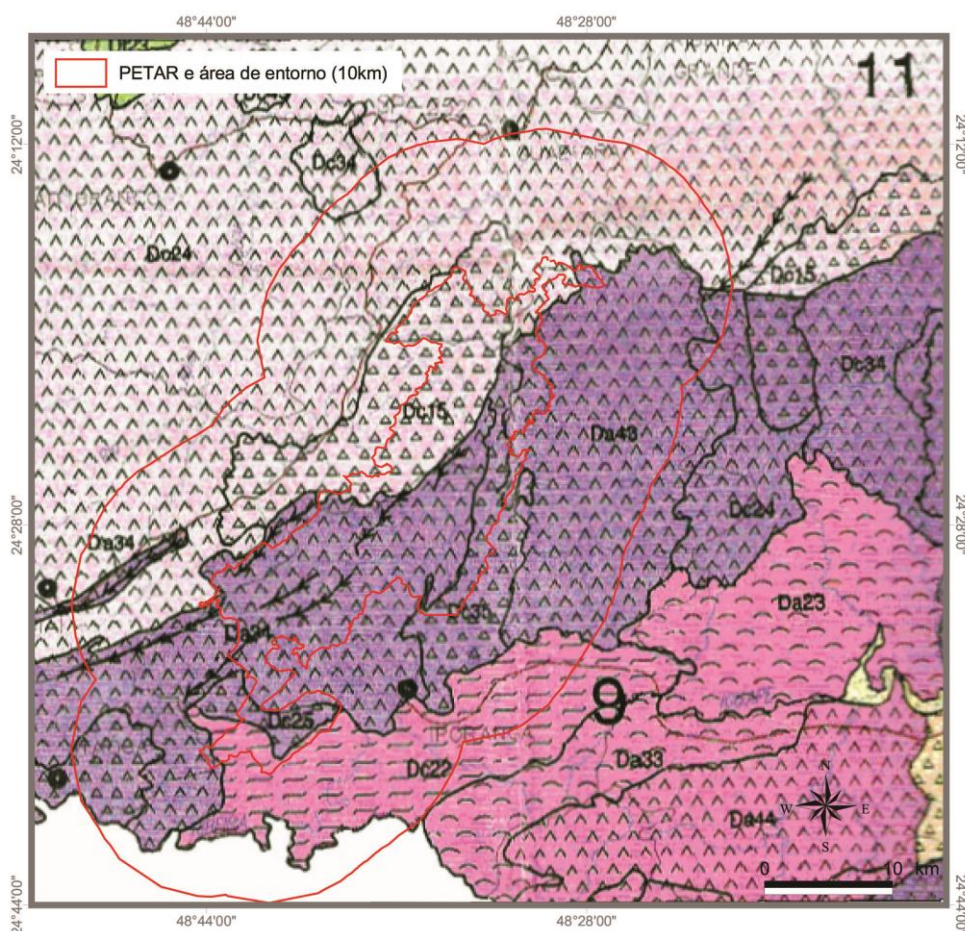
A interação relevo-substrato rochoso nessa região dá origem a associações complexas de solo onde se destacam: Cambissolos Háplicos e Neossolos Litólicos, que predominam, ocorrendo também Argissolos Vermelho-Amarelo e Latossolos Vermelho-Amarelos e Amarelos, tendo-se nas planícies Neossolos Flúvicos, Gleissolos e Organossolos (Oliveira *et al.*, 1999).

4.5.1 Contexto Regional

Os mapeamentos geomorfológicos do Estado de São Paulo, apresentado por Ponçano *et al* (1981) e por Ross & Moroz (1997), mostram abordagens distintas que resultam em mapas diferentes com relação aos tipos de relevo, e aos compartimento identificados como se pode observar nas Figuras 28 e 29.

Por se constituir em um aprimoramento e complementação do tradicional estudo de Almeida (1964) sobre a Geomorfologia do Estado de São Paulo, e também apresentar abordagem semelhante aos estudos realizados no Vale do Ribeira por Pires Neto e Rossi (2007) adotou como referência para caracterizar o contexto regional da área de estudo, o trabalho de Ponçano *et al* (1981).

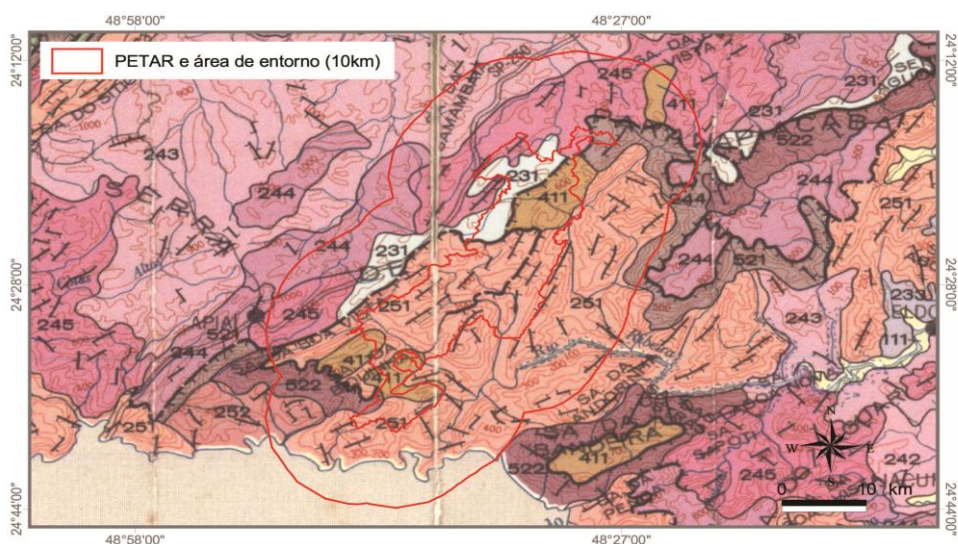
Figura 28. Unidades Morfoestruturais, Morfoesculturais e Modelados Dominantes que ocorrem na região em que se encontra o PETAR



Fonte: Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo de Ross & Moroz, 1997.

Unidades Morfoestruturais	Unidades Morfoesculturais	Modelados Dominantes
Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto de Guapiara (11)	Morros baixos (Dc 15, 24, 25, 33 e 34 e Da 34)
	Planalto do Ribeira /Turvo (9)	Morros altos (Da 24, 25, 33, 34, 43, 44 e Dc 22, 24, 25,34 e 35)

Figura 29 Tipos de relevo que ocorrem na região em que está inserido o PETAR



Fonte: Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (Ponçano et al., 1981).

Zonas	Subzonas	Tipos de relevo
Serrania Costeira	Serrania do Ribeira Relevos fortemente dissecados do Vale do Rio Ribeira de Iguape	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Morros de topos achatados (242) ▪ Mar de Morros (243) ▪ Morros paralelos (244) ▪ Morros com serras restritas (245) ▪ Serras alongadas (251) ▪ Montanhas (252) ▪ Escarpas festonadas (521) ▪ Escarpas com espigões digitados (522)
	Planaltos interiores / residuais Ocorrem de modo isolado nos cimos das serras (Planaltos do Lajeado e do Sumidouro do Ribeirão Temimina)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Morros em áreas de sumidouros (411)
Planalto de Guapiara	Domina na bacia do Rio Apiaí-açu afluente do Rio Paranapanema	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Morrotes baixos (231) ▪ Mar de Morros (243) ▪ Morros paralelos (244) ▪ Morros com serras restritas (245)

Segundo Almeida (1964) e Ponçano et alli (1981), a área do PETAR e da sua área de entorno estão inseridas no Planalto de Guapiara, que é uma das zonas do Planalto Atlântico, e na Província Costeira, onde ocupa a Zona Serrania Costeira representada na área de estudo pelos seguintes compartimentos: Subzonas Serrania do Ribeira, constituídas por morros, montanhas e escarpas; e a Subzona Planaltos Interiores representado pelo Planalto do Lajeado e Planalto Sumidouro do Ribeirão Temimina, constituído por relevos de morros cársticos, que aqui foram denominados de Planalto Cárstico do Vale do Ribeira.

4.5.1.1 Serrania do Ribeira

A Serrania do Ribeira caracteriza um relevo profundamente dissecado, com amplitudes de 300 a 700 m, que tem como nível de base o rio Ribeira de Iguape e a Morraria Costeira. Essa unidade é constituída por relevos de montanhas, escarpas, morros e cristas sustentados por rochas do embasamento cristalino de idade meso e neo proterozóica, e ocorre na maior parte do PETAR, ocupando também parte da porção sudeste e sudoeste da área de entorno.

4.5.1.2 Planaltos Interiores (Planalto Cárstico do Vale do Ribeira)

Os planaltos interiores (residuais) caracterizam-se por apresentar relevos de morrotes e morros subnivelados de formato cônico desenvolvidos em ambiente carsticos, que constituem remanescentes de antiga superfície de aplanamento, ainda hoje preservada, sobre os relevos montanhosos da Serras do João Ferreira, Sem Fim, da Biquinha e da Boa Vista.

Essas unidades são sustentadas por rochas carbonáticas do embasamento cristalino, sendo representadas pelos planaltos do Lajeado e do Sumidouro do Ribeirão Temimina, definidos por Ponçano, *et al.* (1981).

O Planalto do Lajeado está situado na margem direita do Rio Betari sendo formado por dois núcleos, um com altitudes de 500 a 600 m, que se encontra em parte dentro do PETAR abrigando as localidades de Lajeado, Areias e Bombas; e outro com altitudes de 600 a 700 m, que se encontra na área de entorno onde se encontram as localidades de Furnas.

O Planalto do Sumidouro do Ribeirão Temimina, compreende uma faixa de relevos de Morrotes e Morros carsticos de direção NE-SW, com altitudes de 600 m a sudoeste e de 800 m a nordeste. Esse planalto encontra-se em sua maior parte dentro do PETAR, tendo-se nele as localidades de Capinzal, Bulha d'Água e Caboclos.

No entanto, nesse estudo pode-se constatar que além das áreas identificados por Ponçano *et. al.* (1981) ocorre nessa região, vários outros setores com relevo cárstico cujo desenvolvimento esta condicionado à presença de uma faixa de orientação nordeste constituída por rochas carbonáticas.

Dessa forma considera-se que essas áreas de relevo cárstico constituem um único compartimento de relevo, que foi denominado de Planalto Cárstico do Vale do Ribeira que engloba os planaltos do Lajeado e do Sumidouro do Ribeirão Temimina e as demais áreas identificadas neste estudo, que são: Caximba, Casa de Pedra - Ribeirão, Água Suja – Cafezal, Couto – Morro Preto, Ouro Grosso e Figueira.

4.5.1.3 Planalto de Guapiara

O Planalto de Guapiara, que é uma das zonas do Planalto Atlântico, apresenta altitudes de 900 a 1.000 m sendo constituído por relevos de morrotes, colinas pequenas e morros sustentados por carbonatos xistos, metarenitos, metassiltitos, micaxistos, carbonato xistos, filitos, metabásicas, gabros, diabásios e granitos granodioríticos.

Esse planalto, que constitui remanescente de antiga superfície de aplanamento hoje deformada e dissecada está em sua maior extensão dentro do entorno, ocupando pequenos trechos da porção norte do PETAR, onde se encontram a localidade de Temimina.

4.5.2 Tipos de Relevo do PETAR e da sua Área de Entorno

Com base nos mapeamentos geomorfológicos, em escala 1:50.000 e 1:100.000 (ENGEORPS/SEMA, 1992), elaborados com base na proposta de Pires Neto (1992), no mapa Geomorfológico do Vale do Ribeira na escala 1:250.000, elaborado por Pires Neto e Rossi (2007), e com os elementos obtidos da interpretação de fotografias aéreas na escala 1:35.000 e com dados de campo, foi delimitado na área de estudo vinte (20) tipos de relevo, que são apresentados na 30 e no Mapa 5. Geomorfologia do PETAR e Área de Entorno, em escala 1:50.000.

Tabela 30. Tipos de relevo identificados no PETAR e seu entorno e sua distribuição nos compartimentos de relevo

Zonas	Subzonas	Tipos de relevo e Feições
Serrania Costeira	Serrania do Ribeira Relevos fortemente dissecados do Vale do Rio Ribeira de Iguape	<ul style="list-style-type: none"> ▪Escarpas (E) ▪Escarpa em vales paralelos (Ev) ▪Escarpa em anfiteatro (Ea) ▪Montanhas (MH) ▪Morros e Montanhas (MMH) ▪Cristas (CR) ▪Cristas e Morros paralelos (CR Mp) ▪Morros paralelos (Mp) ▪Morros maciços (Mm) ▪Morros angulosos (Ma) ▪Morros pedimentares (Mpd) ▪Morrotes pedimentares (MTpd) ▪Cones de dejeção e Corpos de tálus (Cdt) ▪Terraço (T) ▪Planície fluvial (Pf)
	Planalto Cárstico do Vale do Ribeira (Planaltos interiores / residuais)	<ul style="list-style-type: none"> ▪Morrotes e Morros carsticos (MTMc) ▪Dolina (dl) ▪Caverna (Ω) ▪Afloramento de rocha ▪Abismo
Planalto de Guapiara Domina na bacia do Rio Apiaí - Açu afluente do Rio Paranapanema		<ul style="list-style-type: none"> ▪Morrotes e Colinas pequenas (MTCp) ▪Morrotes (MT) ▪Morrotes e Morros (MTM) ▪Cristas (CR) ▪Planície fluvial (Pf) ▪Planície fluvio-coluvial (Pfc)

4.5.2.1 Escarpas – Escarpas em Anfiteatro – Escarpas em Vales Paralelos

As Escarpas são relevos de energia, amplitudes e declividades altas. As encostas apresentam segmentos íngremes por vezes rochosos, tendo na porção inferior, campos de matações e corpos de tálus. Nesse relevo os vales são erosivos abertos e encaixados, com canais em rocha e blocos com freqüentes cachoeiras e rápidos, e com escoamento torrencial.

A maior extensão desse relevo ocorre na zona de contato entre o Planalto de Guapiara e a Serrania do Ribeira, que em vários trechos corresponde à zona limítrofe entre o PETAR e a sua área de entorno. Na área do entorno ocorrem ainda pequenos trechos de Escarpas em anfiteatros e Escarpas em vales paralelos. As principais características destes relevos estão apresentadas na Tabela 31.

4.5.2.2 Montanhas - Morros e Montanhas

Os relevos do tipo Montanhas e do tipo Morros e Montanhas são relevos de alta energia, constituído por formas maciças, angulosas e desniveladas, com amplitudes e declividades altas, que apresentam topos estreitos agudos e rochosos, por vezes com picos rochosos isolados que formam pães de açúcar. As vertentes são íngremes e os vales erosivos muito encaixados, com canais em rocha, blocos e matações com cachoeiras e poços, e escoamento torrencial.

Esses relevos, descritos na Tabela 32, constituem a Serrania do Ribeira, que ocorre no PETAR e em sua área de entorno a leste e a sul do Parque.

4.5.2.3 Cristas - Cristas e Morros Paralelos

Os relevos de Crista e de Cristas e Morros paralelos são relevos simétricos e assimétricos de alta energia, com amplitude elevada e encostas íngremes, que apresentam forte controle estrutural condicionado pela foliação regional das rochas.

Esses relevos, descritos na Tabela 33, ocorrem no Planalto de Guapiara e na Serrania do Ribeira. No Planalto de Guapiara as Cristas apresentam amplitude menor e formam relevos residuais que se destacam sobre o relevo de Morrotes que ocorrem na porção noroeste do PETAR e na sua área de entorno.

Na Serrania do Ribeira, as Cristas e as Cristas e Morros paralelos ocorrem na porção central e sul do PETAR, e na sua área de entorno, onde constituem áreas de grande beleza paisagísticas devido a seu caráter alcantilado e abrueto.

Tabela 31. Características e atributos do relevo de Escarpa, Escarpa em Anfiteatro, e Escarpa em Vales Paralelos que ocorrem na Serrania do Ribeira

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
<p>Escarpas (E) Amplitude: 120 a 460 m Comp de rampa: 200 – 850 m Inclinação: 30 a 70% Altitude: 800 a 1000 m</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Forma assimétrica abrupta e pouco dissecada. Topo subnívelado, plano ou convexo e estreito. Perfil de vertente descontínuo, segmentos retilíneo na parte superior por vezes rochosos, ruptura de declive negativa a meia encosta, e segmento convexo na porção inferior, com campos de matacões e corpos de tálus. Vales abertos e erosivos, canais em rocha e blocos com freqüentes cachoeiras, rápidos e com escoamento torrencial. Padrão de drenagem subdendrítico e subparalelo, de média densidade ▪ Granitos foliados, granulação fina a média, porfiríticos, metarenitos, gabros e metassiltitos ▪ Os solos superficiais são argilosos, argilo-siltoso ou argilo-arenosos, micáceos, são rasos e resistentes à erosão. Os solos de alteração profundos são argilo-siltosos, argilo arenosos, micáceos, com grânulos, fragmentos de rocha e blocos. Tem baixa coesão e são francamente erodíveis 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erosão laminar e em sulcos e queda de blocos são localizadas e de moderada a intensidade ▪ Entalhe, erosão e deposição fluvial e movimentos de massa do tipo escorregamento planar e rastejo são freqüentes e de alta intensidade
<p>Escarpas em anfiteatros (Ea) Amplitude: 500 a 700 m Inclinação: Topo: 35a 55% Meia encosta: 15a35% Sopé: 5% a 15% Altitudes: 700 a 900 m</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dissecada por interflúvios dispostos de modo semicircular. Os interflúvios principais têm topos estreitos e agudos no alto da escarpa, tornando-se convexo na porção baixa. O perfil do interflúvio é descontínuo sendo retilíneo e rochoso no alto da escarpa e convexo na porção média e inferior. Vales muito encaixados erosivos e erosivos-acumulativos, com depósito alveolar na meia encosta e em pontos de convergência de canais fluviais, e cones de dejeção no sopé da escarpa. Canais em rocha, em blocos e matacões, com cachoeiras e poços e com escoamento torrencial. Bacias de 3a e 4a ordem, com padrão dendrítico a subdendrítico e com alta densidade de drenagem ▪ Sustentadas por: Granitos foliados, granulação fina a média, porfiríticos, composição tonalítica a granítica ▪ Os solos superficiais são argilosos, argilo-siltoso ou argilo-arenosos, micáceos, rasos e resistentes à erosão Os solos de alteração profundos são argilo-siltosos, argilo arenosos, micáceos, com grânulos, fragmentos de rocha blocos. Tem baixa coesão e são francamente erodíveis 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Terrenos impróprios e/ou muito susceptíveis à interferência devido à inclinação acentuada de suas encostas e a intensidade dos processos erosivos

<p>Escarpas em vales paralelos (Ev) Amplitude: 500 a 800 m Inclinação: 25 a 55% Altitudes: 700 a 900 m</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪Dissecada por interfluvios dispostos de modo paralelo, com topos estreitos e agudos no alto da escarpa, por vezes convexo na porção baixa. O perfil dos interfluvios é descontínuo, com segmentos retilíneos e convexos no alto da escarpa e convexo na porção média. Na porção inferior pode ocorrer ruptura de declive negativa e de pedimentos dissecados. Vales muito encaixado erosivo. Canais fluviais em rocha, em blocos e matações, com cachoeiras e escoamento torrencial. Bacias de 3a ordem predominam, com padrão subparalelo e com densidade de drenagem média a alta ▪Sustentadas por: Granitos foliados, granulação fina a média, porfiríticos, composição tonalítica a granítica ▪Os solos superficiais são argilosos, argilo-siltoso ou argilo-arenosos, micáceos, rasos e resistentes à erosão. Os solos de alteração profundos são argilo-siltosos, argilo arenosos, micáceos, com grânulos, fragmentos de rocha e blocos. Tem baixa coesão e são francamente erodíveis 	
---	--	--

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta*.

Tabela 32 Características e atributos dos tipos de relevo Montanhas, e Morros e Montanhas, que constituem a Serrania do Ribeira

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
<p>Montanhas (MH)</p> <p>Amplitude: 200 – 500 m Comp. Rampa 1000 a 3000 m Inclinação: 30 a 60 % Altitudes: 300 – 900 m</p>	<ul style="list-style-type: none"> Formas maciças, angulosas e desniveladas. Topos estreitos agudos e rochosos, por vezes com picos isolados. Perfil de vertente descontínuo, segmentos longos, retilíneos, convexos e rochosos. Vales erosivos muito encaixados. Canais em rocha, blocos e matacões com cachoeiras e poços, e escoamento torrencial Canais de primeira ordem pouco encaixados formam rede de drenagem de média a alta densidade Sustentado por: Granitos foliados, granulação fina a média, porfiríticos, metassiltitos, metarenitos, filitos, ardósias e xistos finos Os solos superficiais são argilosos, argilo-siltoso ou argilo-arenosos, micáceos, com espessuras de até 0,8 m e resistentes à erosão. Os solos de alteração profundos são argilo-siltosos, argilo-arenosos, micáceos, com grânulos, fragmentos de rocha e blocos. Tem baixa coesão e são francamente erodíveis 	<ul style="list-style-type: none"> Erosão laminar e em sulcos, e movimentos de massa: rastejo, escorregamentos planar e rotacional, queda de blocos são freqüentes de média a alta intensidade Entalhe fluvial é generalizado e de alta intensidade Terrenos muito susceptíveis à interferência devido à inclinação acentuada de suas encostas e a intensidade dos processos erosivos
<p>Morros e Montanhas (MMH)</p> <p>Amplitude: 150 – 400 m Comp. Rampa 200 a 1400 m Inclinação: 25 a 60 % 300 a 900 m</p>	<ul style="list-style-type: none"> Formas angulosas, convexas e desniveladas. Topos estreitos, agudos, convexos e por vezes rochosos. Perfil de vertente descontínuo, segmentos curtos, convexos, retilíneos e rochosos localizados. Vales erosivos encaixados a muito encaixados. Canais em rocha, blocos e matacões, com cachoeiras e poços, e escoamento torrencial. Canais de primeira ordem pouco encaixados formam rede de drenagem de alta densidade Sustentado por: Granitos foliados, granulação fina a média, porfiríticos, metassiltitos, metarenitos, filitos, ardósias e xistos finos Os solos superficiais são argilosos, argilo-siltoso ou argilo-arenosos, micáceos, com espessuras de até 0,8 a 1,2 m e resistentes à erosão. Os solos de alteração profundos são argilo-siltosos, argilo-arenosos, micáceos, com grânulos, fragmentos de rocha blocos. Tem baixa coesão e são francamente erodíveis 	

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Freqüente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*

Tabela 33. Relevo de Crista e de Cristas com morros paralelos que constituem a Serrania do Ribeira e ocorrem no Planalto de Guapiara

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
Cristas (CR) Amplitude: 240 a 400 m e 100 a 150 m Inclinação: 30 a 50% Altitudes: 700 a 1000 m	<ul style="list-style-type: none"> Formas alongadas segundo a foliação regional. Topos estreitos, agudos e por vezes rochosos. Perfil de vertente descontínuo com segmentos retilíneos. Vales erosivos e abertos com canais em rocha pouco incisos. Densidade de drenagem baixa Sustentado por: Metarenitos, metassiltitos filitos, quartzo filitos, metassiltitos quartzitos micáceos e feldspáticos com intercalações de filitos, xistos e metarcóseos e gabros Os solos superficiais são argilo-arenoso e argilo-siltosos com espessuras de até a 1m e resistentes à erosão. Os solos de alteração são argilo-siltosos, por vezes micáceos, argilo-arenosos com grânulos, tem baixa coesão e são francamente erodíveis. Horizonte de alteração profundo 	<ul style="list-style-type: none"> Erosão laminar e em sulcos, e movimentos de massa: rastejo, escorregamentos planar e rotacional, queda de blocos são freqüentes de média a alta intensidade
Cristas e Morros paralelos (CRMp) Amplitude: 130 a 280 m Inclinação: 20 a 45% Altitudes: 300 a 700 m	<ul style="list-style-type: none"> Associam-se cristas alongadas segundo a foliação regional e morros perpendiculares. Topos estreitos agudos e perfis de encosta contínuas e retilíneas nas formas de maior amplitude. Topos estreitos convexos e perfis de vertente contínuos e convexos nas formas de menor amplitude. Vales erosivos encaixados e abertos. Canais em solo de alteração, ou rocha alterada. Densidade de drenagem média Sustentado por: Metarenitos, metassiltitos filitos, quartzo filitos, metassiltitos quartzitos micáceos e feldspáticos com intercalações de filitos, xistos e metarcóseos e gabros Os solos superficiais são argilo-siltosos com espessuras de até a 1m e resistentes à erosão. Os solos de alteração são argilo-siltosos, por vezes micáceos, tem baixa coesão e são francamente erodíveis. Horizonte de alteração profundo 	<ul style="list-style-type: none"> Entalhe fluvial é generalizado e de média a alta intensidade Terrenos susceptíveis à interferência devido à inclinação acentuada de suas encostas e a intensidade dos processos erosivos

Ocorrência dos processos: *Ocasional* – ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Freqüente* – ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* – ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*

4.5.2.4 Morros Paralelos - Morros Maciços – Morros Angulosos – Morros Pedimentares

Os diferentes tipos de relevo de Morros caracterizam-se por apresentar encostas íngremes, que formam vales encaixados erosivos e erosivos acumulativos, com planícies colúvio-aluviais ocasionais e canais em rocha e em blocos.

Os Morros paralelos, os Morros maciços, os Morros angulosos e os Morros pedimentares embora também sejam relevos íngremes apresentam menores amplitudes e vertentes menos íngremes que os relevos de Escarpas, Montanhas e Cristas.

Esses relevos descritos na Tabela 34, embora sejam relevos comuns na área de estudo, predominam na área de entorno, ocorrendo na porção sudoeste do PETAR apenas um pequeno setor de Morros paralelos

Tabela 34. Características e atributos dos tipos de relevo: Morros paralelos, Morros pedimentares, Morros angulosos e Morros maciços, que ocorrem na Serrania do Ribeira

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
Morros paralelos (Mp) Amplitude: 130 a 300 m Inclinação: 20 a 50% Altitudes: 300 a 400 m	<ul style="list-style-type: none"> Formas desniveladas forte controle estrutural. Topos estreitos, agudos e convexos. Perfil de vertente contínuo e descontínuo com segmentos retilíneos ou convexos. Vales encaixados erosivos e abertos erosivos-acumulativos, com planícies fluviais estreitas e descontínuas. Canais em solo de alteração, ou rocha alterada e aluvial. Densidade de drenagem média a alta. Sustentado por: filitos, quartzito filitos, metassiltitos com intercalções de micaxistos e quartzitos Os solos superficiais são argilo-arenoso e argilo-siltosos com espessuras de até a 1m e resistentes à erosão. Os solos de alteração são argilo-siltosos, por vezes micáceos, argilo-arenosos com grânulos, tem baixa coesão e são francamente erodíveis. Horizonte de alteração profundo 	<ul style="list-style-type: none"> Erosão laminar e em sulcos, e rastejo, são frequentes de média intensidade Queda de blocos, escorregamentos planar e rotacional e boçorocas são ocasionais e de média a alta intensidade
Morros pedimentares (Mpd) Amplitude: 90 a 170 m Inclinação: 25 a 40% Altitudes: 200 a 250 m	<ul style="list-style-type: none"> Formas subniveladas desenvolvidas a partir de rupturas de declive negativa no sopé de relevos mais elevados. Topos convexos estreitos. Perfil de vertente descontínuo segmentos convexos e retilíneos, por vezes rochosos. Vales encaixados erosivos. Canais em rocha e em blocos. Densidade de drenagem média. Sustentados por: metarenito, ardósia e filitos Os solos superficiais são argilo-arenoso e argilo-siltosos com espessuras de até a 1m e resistentes à erosão. Os solos de alteração são argilo-siltosos, por vezes micáceos, argilo-arenosos com grânulos, tem baixa coesão e são francamente erodíveis. Horizonte de alteração profundo 	<ul style="list-style-type: none"> Entalhe fluvial é generalizado e a alta intensidade Terrenos susceptíveis à interferência devido à inclinação acentuada de suas encostas e a intensidade dos processos erosivos

<p>Morros angulosos (Ma) Amplitude: 120 a 280 m Inclinação: 17 a 40% Altitudes: 400 a 600 m</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Formas desniveladas. Topos estreitos, agudos convexos e alongados. Perfil de vertente descontínuo, segmentos retilíneos e convexos com campos de matações, paredes rochosas e lajeiros. Vales encaixados a muito encaixados erosivos com cachoeiras e poços e erosivos-acumulativos com planícies colúvio-aluviais estreitas. Canais em rocha e blocos. Densidade drenagem alta • Sustentados por: granitos foliados, granulação fina a média, porfíricos, com intercalações de metassedimentos • O solo de alteração é areno-siltoso a argilo-siltoso por vezes micáceos e rico em grânulos de quartzo e feldspato, sendo comum à presença de matações imersos. O solo superficial é argilosos e /ou argilo-arenoso também com grânulos de quartzo 	
<p>Morros maciços (Mm) Amplitude: 100 a 200 m Inclinação: 20 a 40% Altitudes: 900 a 1000 m</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Formas niveladas. Topos estreitos agudos formando picos. Perfil de vertente contínuo com segmentos retilíneos. Vales encaixados erosivos nas cabeceiras e abertos e erosivos-acumulativos com planícies fluviais estreitas e descontínuas. Canais em solo de alteração, ou rocha alterada e aluvial. Densidade de drenagem alta. • Sustentados por: filitos, quartzo filitos, metassiltitos com intercalações de micaxistos e quartzitos • Os solos superficiais são argilo-arenoso e argilo-siltosos com espessuras de até 1m e resistentes à erosão. Os solos de alteração são argilo-siltosos, por vezes micáceos, argilo-arenosos com grânulos, tem baixa coesão e são francamente erodíveis 	

Ocorrência dos processos: *Ocasional* – ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* – ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* – ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*

4.5.2.5 Morrotes e Morros – Morrotes e Morros Cársticos

Os Morrotes e Morros, que são descritos na Tabela 35, constituem relevos de amplitudes médias com encostas inclinadas e íngremes. Esses relevos constituem dois tipos distintos os Morrotes e Morros do Planalto de Guapiara; e os Morrotes e Morros carsticos do Planalto Cárstico do Vale do Ribeira.

Os Morrotes e Morros apresentam vales encaixados e erosivos nas cabeceiras, e aberto e erosivo-acumulativo nas drenagens maiores, com planícies fluviais estreitas e descontínuas, com canais aluviais, e canais em rocha e blocos. Esse relevo do Planalto de Guapiara ocorre exclusivamente na área de entorno a noroeste do PETAR.

Os Morros e Morrotes Carsticos são relevos que tem seu desenvolvimento associado à presença de rochas carbonáticas (mármore puros e impuros, metacalcarenitos dolomíticos, metacalcilutitos calcíticos e dolomíticos, metacalcilutitos impuros, e calcilutitos laminados), estando comumente associados a feições de origem carsticas tais como cavernas, dolinas, *poljes*, abismos e afloramentos rochosos com *lapiés*. Esses relevos que abrigam o grande patrimônio paisagístico do PETAR têm ampla distribuição no Parque ocorrendo também na área de entorno.

Os Morrotes e Morros Cársticos constituem várias áreas que se encontram isolados em função a distribuição das rochas carbonáticas. Ponçano *et al* (1981) identificou na região três destas áreas que foram denominados de Planalto de Lajeado (2 áreas) e Planalto do Sumidouro do Ribeirão Temimina (1 área maior com orientação nordeste).

Nesse estudo foram diferenciadas nove áreas, que tem seu desenvolvimento associado à presença de rochas carbonáticas e seu isolamento causado pelos intensos processos de soerguimento e dissecação fluvial que afetaram esta região durante o Terciário e o Quaternário. Essas áreas de relevo de Morrotes e Morros cársticos encontram-se distribuídos dentro de uma faixa de orientação nordeste, e apresentam altitudes entre 400 e 800 m com caimento para sudoeste.

A origem similar e a distribuição destas áreas de relevo de Morrotes e Morros carsticos permite considerá-los como dentro de um único compartimento que passa a ser denominado de Planalto Cárstico do Vale do Ribeira, que engloba o Planalto de Lajeado e do Planalto do Sumidouro do Ribeirão Temimina proposto por Ponçano *et al*. (1981).

No estudo realizado atualmente no PETAR foram diferenciadas as seguintes áreas de relevo de Morrotes e Morros cársticos: Furnas, Lajeado - Areias - Bombas, Água Suja - Cafezal, Couto - Morro Preto, Ouro Grosso, Caximba, Casa de Pedra - Ribeirão, Capinzal - Caboclos, e ainda fora do Parque as áreas de Ribeirão Passa Vinte e Figueira.

Tabela 35. Características e atributos dos tipos de relevos: Morrotes e Morros e Morrotes e Morros carsticos, que ocorrem respectivamente no Planalto de Guapiara e no Planalto Cárstico do Vale do Ribeira

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
Morrotes e Morros (MTM) Amplitude: 60 a 160 m Inclinação: 20 a 60% Altitudes: 900 a 1000 m	<ul style="list-style-type: none"> Formas desniveladas. Topos estreitos convexos. Perfil de vertente contínuo e descontínuo, com segmentos curtos convexos e retilíneos. Vales encaixados e erosivos nas cabeceiras, e aberto e erosivo-acumulativo nas drenagens maiores, com planícies fluviais estreitas e descontínuas. Canais aluviais, em rocha e blocos. Densidade de drenagem alta Sustentados por: carbonatos xistos, granitos e granodioritos foliados, granulação fina a média, porfíricos e marmores O solo de alteração é argiloso, areno-siltoso a argilo-siltoso por vezes micáceos e rico em grânulos de quartzo e feldspato, sendo comum à presença de matacões imersos nos solos derivados de granitos. O solo superficial é argiloso e argilo-silto-arenoso com grânulos de quartzo 	<ul style="list-style-type: none"> Erosão laminar, em sulcos (ravinas), rastejo, escorregamentos planares e rotacionais e entalhe fluvial são frequentes e de média a alta intensidade Terrenos sensíveis a interferências, devido a erodibilidade dos solos e a setores de encostas mais íngremes
Morrotes e Morros Cársticos (MTMc) Amplitude: 60 a 160 m Inclinação: 15 a 60% Altitudes: 400 a 900 m	<ul style="list-style-type: none"> Associam-se morrotes e morros de forma cônica ou de torre. Topos convexos estreitos e em forma picos cônicos. Perfis de encosta descontínuos com segmentos convexos e raramente retilíneo. Ocorrem dolinas, poljes, cavernas, abismos e afloramentos rochosos com lapies. Vales erosivos encaixados com drenagem intermitente com presença de sumidouros e surgências. Densidade de drenagem baixa Sustentada por Mármore dolomíticos e calcíticos. O solo de alteração e o superficial são argilosos e espessos 	<ul style="list-style-type: none"> Erosão laminar e em sulcos, e movimentos de massa: rastejo, escorregamentos planar, queda de blocos e abatimentos são frequentes de média intensidade Intemperismo bioquímico, dissolução e carbonatação são processos generalizados e de alta intensidade Terrenos muito susceptíveis à interferência devido à presença de dolinas, cavernas e sumidouros

Ocorrência dos processos: *Ocasional* – ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* – ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* – ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*

4.5.2.6 Morrotes – Morrotes e Colinas Pequenas – Morrotes Pedimentares

Os Morrotes são relevos de baixa amplitude com encostas inclinadas, apresentam vales abertos erosivos nas cabeceiras e erosivos acumulativos ou acumulativos com planícies fluviais nas drenagens maiores que tem canais aluviais meândricos e canais em rocha alterada ou blocos. Comumente apresentam processos erosivos ocasionais e de baixa a média intensidade. Os Morrotes ocorrem ainda associados a Colinas pequenas. As principais características e atributos desses relevos encontram-se descritos na Tabela 36.

Os Morrotes e os Morrotes e Colinas pequenas constituem remanescente de antiga superfície de aplanamento que nivela o Planalto de Guapiara. Esses relevos predominam na área de entorno, sendo que no PETAR ocorre apenas pequeno trecho do relevo de Morrotes.

Os Morrotes pedimentares ocorrem em fundos de vales no sopé de relevos de maior amplitude, e constitui a Serrania do Ribeira. Dentro do PETAR esse relevo tem

ocorrência restrita ao longo do vale do Rio Iporanga, estando as maiores ocorrências localizadas na área de entorno.

Tabela 36. Características e atributos dos tipos de relevo: Morrotes e Colinas pequenas, Morrotes e Morrotes pedimentares que constituem o Planalto de Guapiara e a Serrania do Ribeira

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
Morrotes e Colinas pequenas (MTCp) Amplitude: 40 a 90 m Compr. de rampa: 150 – 400 m Inclinação: 10 a 30% Altitudes: 900 a 1000 m	<ul style="list-style-type: none"> Formas de meia laranja subniveladas com dissecação variada. Topos estreitos, agudos e convexos. Perfil de vertente contínuo, segmentos retilíneos ou convexos. Vales erosivos e acumulativos. Encaixados nos morrotes a abertos com rampas aluvio-coluviais nas colinas. Canais em rocha, blocos e aluviais nos morrotes e aluviais meandantes nas colinas. Densidade de drenagem variada. Constituído por: Granitos e granodioritos foliados, granulação fina a média, porfíricos, gabros, diabásios e micaxistos O solo de alteração é areno-siltoso a argilo-siltoso e rico em grânulos de quartzo e feldspato, sendo comum nos granitos a presença de matações imersos; e argiloso e muito argiloso nas rochas básicas e metassedimentares. O solo superficial pode ser muito argiloso, argiloso e /ou argilo-arenoso também com grânulos de quartzo 	<ul style="list-style-type: none"> Erosão laminar, em sulcos ocasionais e de baixa intensidade Entalhe de canal, rastejo, e pequenos escorregamentos são frequentes e de média intensidade
Morrotes (MT) Amplitude: 30 a 90 m Inclinação: 15% a 40 % Altitudes: 800 a 900 m	<ul style="list-style-type: none"> Formas niveladas. Topos estreitos e convexos. Perfil de vertente contínuo e descontínuo com segmentos retilíneos ou convexos. Vales abertos erosivos nas cabeceiras e erosivos acumulativos ou acumulativos com planícies fluviais nas drenagens maiores. Canais aluviais meandricos e em rocha alterada ou blocos. Densidade de drenagem alta Sustentado por: Granitos e granodioritos foliados, granulação fina a média, porfíricos, e micaxistos O solo de alteração é areno-siltoso a argilo-siltoso e argiloso por vezes micáceos e rico em grânulos de quartzo e feldspato, sendo comum nos granitos a presença de matações imersos. O solo superficial pode ser muito argiloso, argiloso e /ou argilo-arenoso também com grânulos de quartzo 	<ul style="list-style-type: none"> Deposição fluvial nas planícies Terrenos sensíveis a interferências, devido à erodibilidade dos solos e a setores de encostas mais íngremes

<p>Morrotes Pedimentares (MTpd)</p> <p>Amplitude: 50 a 90 m</p> <p>Compr. de rampa: 180 a 300 m</p> <p>Inclinação: 20 a 40%</p> <p>Altitudes: 150 – 200 m</p>	<p>▪Formas subníveladas desenvolvidas a partir de rupturas de declive negativa no sopé de relevos mais elevados. Topos estreitos, agudos e convexos. Perfil de vertente contínuo segmentos curtos retilíneos. Vales erosivos e erosivos acumulativos. Planícies estreitas e descontínuas. Canais em rocha e aluviais. Densidade de drenagem média</p> <p>▪Sustentados por: filitos, metarenitos, ardósias e filitos</p> <p>▪Os solos superficiais são argilo-arenoso e argilo-siltosos com espessuras de até a 1m e resistentes à erosão. Os solos de alteração são argilo-siltosos, por vezes micáceos, argilo-arenosos com grânulos, tem baixa coesão e são francamente erodíveis. Horizonte de alteração profundo</p>	
--	--	--

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*

4.5.2.7 Cones de Dejeção e Corpos de Tálus - Terraços

Os Cones de dejeção e corpos de tálus são relevos de acumulação formados pela ação de processos gravitacionais e fluviais que ocorrem no sopé das encostas e no fundo dos vales das Montanhas, Cristas e das Escarpas que caracterizam a Serrania do Ribeira.

Esse relevo, descrito na Tabela 37, tem ampla distribuição na área de estudo, sendo os depósitos mais significativos observados nos vales dos rios Betarizinho e Betari dentro do PETAR, e no rio Iporanga, na área de entorno.

Os corpos de tálus são formados essencialmente por processos gravitacionais, enquanto que, os cones de dejeção têm sua origem associada às drenagens atuais. Em função da constituição bastante semelhante, da localização em que ocorrem, e da sua superposição, esses depósitos, muitas vezes, são de difícil separação, o que lhes confere um caráter misto de depósitos colúvio - aluviais.

Os corpos de tálus são formas de acumulação, de espessura variável, geralmente com perfil convexo com inclinações de 10 a 40%, formadas a meia encosta ou no sopé de vertentes íngremes. São constituídos por matacões, blocos e seixos polimíticos, angulosos e subarredondados, pouco alterados a alterados, com distribuição caótica no depósito. Em geral, na base do depósito há um predomínio de matacões. A matriz desses depósitos é reduzida com relação aos rudáceos, tendo composição variada em função do tipo de rocha predominante nas proximidades do depósito. Se as rochas adjacentes são xistosas, a matriz é argilo-silto-arenosa, mostrando certo grau de evolução pedogenética e com nódulos de óxido de manganês. Se as rochas adjacentes são graníticas a matriz é arcoseana, com areias médias a grossas, mal selecionadas, com grânulos de feldspato, quartzo e micas, e cimentação caulínica ou limonítica localizada.

Os cones de dejeção são depósitos de sopé de encosta na forma de rampas e leques, desenvolvida ao longo dos vales, nos quais se encaixa a drenagem atual. São estreitos para montante, alargando-se na sua porção distal, onde se interdigitam com depósitos de terraço ou planície de inundação. Na base predominam blocos e seixos arredondados a subarredondados, polimíticos, são a pouco alterados, podendo ocorrer matacões isolados. Os rudáceos comumente estão imbricados pela ação fluvial.

A matriz é constituída por areias médias a grossas, micáceas, por vezes arcoseana, ocorrendo sempre em menor proporção que a fração rudácea. Ocorre passagem transicional do material rudáceo da base para areias grossas e médias, micáceas e por vezes argilosas, que passam a dominar no topo. Imersos na matriz arenosa observam-se seixos e blocos esparsos. É comum a presença de rampas de colúvio argilo-arenoso recobrimdo esses depósitos, bem como de material de escorregamentos recentes. As exposições observadas nos entalhes de drenagem atual mostram espessuras da ordem de 0,8 a 2,5 m.

Situações de interdigitação de cones de dejeção em corpos de tálus são caracterizadas pela presença de níveis com seixos arredondados e imbricados, que predominam sobre a matriz, que nestes casos é constituída por areias grossas e médias, por vezes arcoseanas. Nestas situações, se observa também intercalação de argilas pouco arenosas que ocorrem na forma de lentes ou preenchendo estruturas de corte.

Os Terraços são relevos associados à dinâmica fluvial pré-atual, tendo amplo desenvolvimento ao longo do Rio Ribeira de Iguape, onde ocupa as duas margens do rio dentro da área de entorno.

Em algumas situações os depósitos que formam os Cones de Dejeção e Corpos de Tálus podem apresentar continuidade com os depósitos de Terraço, ou recobri-los, mostrando uma sucessão de episódios fluviais e de fluxos de detritos na origem dessas formas de relevo.

Os Terraços podem ainda ter sua origem associados à formação de pedimentos, quando constituem a porção detritica destas feições. O pedimento é uma feição que corresponde a uma superfície aplainada e ligeiramente inclinada em direção ao talvegue de um rio ou ao nível de base local, que se desenvolve no sopé de morros e montanhas ou embutido nos vales.

O pedimento trunca diferentes formações rochosas, sendo o resultado da atuação de processos de degradação lateral ligados à morfogênese mecânica, que da origem ao pedimento rochoso. O material removido destas áreas acumula-se na forma de depósitos rudáceos espessos (fluxos de detritos), que retrabalhados pela drenagem sazonal e torrencial, dão origem aos pedimentos detriticos, gerando uma feição suave onde à parte erosiva passa suavemente para a porção detritica que gradativamente vai diminuindo sua granulometria para jusante.

A porção frontal desses pedimentos detriticos, quanto truncados e retrabalhados pelo canal fluvial da origem a níveis de terraços, que se caracterizam ora pela presença de depósitos bem preservados, ora pela presença apenas da forma de relevo, sem sedimento, ou com delgadas camadas, pois já foram erodidos.

Nessa situação em que se correlacionam o pedimento com o nível de terraço, é que ocorre o nível mais alto de terraço fluvial do Rio Ribeira, que se desenvolve elevado de 35 a 70 m acima do leito atual, sendo constituído por cascalhos oligomíticos com seixos de quartzo e quartzito em matriz arenosa (Melo, 1990). Ocorre ainda na região, embutido no nível superior, um nível intermediário de Terraço situado de 20 a 30 m acima do leito atual do rio, e que se encontra representado na área de entorno

4.5.2.8 Planícies Fluviais - Planícies Fluvio-Coluviais

Na área do PETAR e na área de entorno foi possível diferenciar dois tipos de planícies: as Planícies fluviais e as Planícies fluvio-coluviais, que são descritas na Tabela 37.

As Planícies fluviais são relevos constituídos pela planície de inundação e alagadiços, por terraços baixos, não mais inundados pelas cheias, que apresentam ainda canais abandonados, barras em pontal, barras longitudinais. Essas planícies predominam nos canais que drenam o Planalto de Guapiara.

As Planícies fluvio-coluviais além dos elementos que constituem as planícies fluviais apresentam rampas de colúvio levemente inclinadas que ocorrem no contato com as encostas mais inclinadas adjacentes e se interdigitam com sedimentos fluviais. Nessas planícies geralmente há uma maior contribuição de materiais grossos na constituição dos depósitos fluviais. Esses relevos geralmente associam-se aos canais principais que drenam o Planalto Cárstico do Vale do Ribeira e a Serrania do Ribeira.

Tabela 37. Características e atributos dos tipos de relevo de acumulação, associados a processos fluviais, gravitacionais e pluviais, que ocorrem no Planalto de Guapiara, no Planalto Cárstico do Vale do Ribeira e na Serrania do Ribeira

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
Cones de dejeção e corpos de tálus (CT) Altitudes: 600 a 20 m Inclinação: 15 a 40%	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rampas deposicionais subhorizontais e/ou convexas, associadas ao fundo de vales e ao sopé de vertentes íngremes. Formados por ação gravitacional, fluvial e pluvial ▪ Constituídos por matações, blocos e seixos polimíticos, angulosos a subarredondados, semi-alterados a alterados imersos em matriz areno-argilosa arcoseana, arenosa ou argilosa. Nos cones de dejeção intercalam-se areias médias e grossas, micáceas, por vezes argilosas, e níveis de seixos orientados 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erosão laminar, em sulco (ravinas) localizado e de baixa intensidade ▪ Entalhe remontante das torrentes fluviais e escorregamentos planares pequenos são freqüentes de média a alta intensidade ▪ Erosão vertical e lateral de canais e rastejo é freqüente e de média a alta intensidade ▪ Aporte de detritos finos e grossos localizados e de média intensidade. ▪ Ocorrência de piping e sumidouros ▪ Terrenos muito susceptíveis à interferência devido à mobilidade dos depósitos
Terraço Fluvial (T) Inclinação < 5% Elevados de 20 a 70m acima do rio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Áreas planas ou onduladas, levemente inclinadas em direção ao rio. São descontínuos e apresentam bordas abruptas. Incluem dois níveis um superior elevado de 35 a 70 m e um intermediário elevado de 20 a 35 m ▪ Constituídos por cascalhos oligomíticos, de quartzo e quartzitos arredondados e orientados, areias arcoseanas e lamitos. Espessuras até 10 m 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erosão laminar, em sulcos e entalhe fluvial ocasional e de baixa intensidade ▪ Terrenos pouco susceptíveis a interferência

<p>Planície Fluvio Coluvial Altitudes variadas Inclinação: 2 a 5%</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Áreas planas estreitas e descontínuas no fundo dos vales que lateralmente passam a rampas pouco inclinadas, com áreas alagadiças. Canais sinuosos aluviais com areia, blocos e matacões. Formadas por processos fluviais, gravitacionais e pluviais ▪ Constituídos por camadas de areias médias e grossas, micáceas, por vezes arcoseanas e ou argilosas, que predominam no topo e níveis de seixos orientados, blocos arredondados e matacões 	
<p>Planície fluvial (Pf) Elevadas de 1 a 5 m acima do leito do rio</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Áreas amplas levemente inclinada em direção ao. É formada pela planície de inundação, por alagadiços e pelo terraço baixo, não mais inundado pelas cheias. ▪ Constituídas por seixos e blocos de quartzo, quartzito, granitos e xisto, com intercalações de areias médias, grossas, micáceas, com grânulos angulosos de quartzo e feldspato e por camadas silto argilosas e argilosos com matéria orgânica 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Freático elevado. Enchentes sazonais. Erosão laminar e em sulcos localizadas e de baixa intensidade ▪ Erosão lateral e vertical do canal, deposição de finos durante as enchentes por decantação e de areias e seixos por acréscimo lateral. ▪ Terrenos muito susceptíveis à ocupação, com risco de inundação e contaminação

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*

4.5.3 Canais Fluviais

As bacias hidrográficas no PETAR e na sua área de entorno estão inseridas nas Zonas I e 2 de Schumm (1977), que correspondem respectivamente ao alto e médio curso dos rios. Essas disposições das bacias refletem as características dos compartimentos de relevo em que elas se desenvolvem, sendo evidentes as diferenças entre as bacias que drenam a serra e as que drenam os planaltos.

Esses condicionantes definem na área de estudo três tipos de canais:

- Canais erosivos em rocha, matacões e blocos das drenagens serranas;
- Canais erosivos em rocha, de cabeceiras de drenagem do planalto;
- Canais erosivos-aluviais de baixa sinuosidade em planícies estreitas e descontínuas.

4.5.3.1 Canais Erosivos em Rocha, Matacões e Blocos das Drenagens Serranas

Os canais erosivos em rocha, matacões e blocos das drenagens serranas caracterizam o alto curso (Zona I) das bacias hidrográficas dos rios da área de estudo. Esses canais fluviais erosivos desenvolvem-se sobre rocha, matacões e blocos, apresentam cachoeiras e poços, e ocorrem associados a vales encaixados a muito encaixados e tem escoamento torrencial. Os canais de primeira ordem que compõem a Zona I são pouco encaixados e formam rede de drenagem de alta densidade.

Esses canais caracterizam as bacias hidrográficas nos relevos de Escarpas, Montanhas, Morros e Montanhas, Cristas, Cristas e Morros paralelos, que constituem a Serrania do Ribeira.

Nos vales das montanhas, cristas e das escarpas esses rios apresentam cachoeiras e poços, com a presença de inúmeros alvéolos, onde soleiras litológicas condicionam a

acumulação de matacões, blocos, seixos e areias, que são transportados pelas torrentes serranas.

No sopé das escarpas, cristas e das montanhas, a diminuição do gradiente dos canais e da declividade das encostas favorece a deposição de detritos que formam cones de dejeção.

Esses cones de dejeção constituídos por areias médias e grossas, micáceas, por vezes argilosas, e níveis de seixos orientados, intercalados com matacões e blocos, apresentam diminuição gradativa de tamanho para jusante, devido à perda de potencial de transporte que está associada à diminuição da declividade do canal.

4.5.3.2 Canais Erosivos em Rocha, em Cabeceiras de Drenagem do Planalto

Os canais erosivos em rocha, em cabeceiras de drenagem do planalto correspondem a canais de pequena extensão que se desenvolvem sobre rocha, rocha alterada e solos de alteração. Esses canais apresentam fluxo turbulento e se associam a vales encaixados e abertos.

O alto curso dessas bacias de planalto, quando em relevos pouco dissecados de morrotes, colinas pequenas e morros de baixa amplitude apresentam um caráter anômalo evidenciado por uma atividade erosiva de baixa intensidade condicionada pelo baixo gradiente dos canais fluviais e das encostas, e pela presença de planícies fluviais descontínuas.

As características erosivas e acumulativas do alto curso dessas bacias hidrográficas indicam o caráter residual desses relevos, onde remanescentes de antigas superfícies erosivas encontram-se em franco processo de dissecação fluvial, devido ao soerguimento regional. Nessas áreas a erosão remontante evidencia as soleiras litológicas, que favorecem a formação de planícies fluviais, num contínuo processo de erosão e deposição.

No relevo de Morrotes e Morros Carsticos a atuação desses canais erosivos tem também uma atividade subterrânea, associada a processos de dissolução, que condicionam a formação de sumidouros, surgências e escavação de cavernas, onde o caráter de soerguimento da região é evidenciado pela presença de diferentes níveis de salões indicativos da variação do nível de base regional.

4.5.3.3 Canais Erosivos-Aluviais de Baixa Sinuosidade em Planícies Estreitas e Descontínuas

Os canais erosivos-aluviais de baixa sinuosidade em planícies estreitas e descontínuas que ocorrem na região estão relacionados a duas situações distintas, uma associada ao planalto e outra a serra.

No planalto a presença de canais erosivos-aluviais, está associada a planícies fluviais e planícies fluvio-coluviais desenvolvidas a montante de soleiras litoestruturais, evidenciadas pela dissecação fluvial de antiga superfície erosiva. Nessas áreas esses canais geralmente desenvolvem-se sobre sedimentos finos, com níveis de seixos e blocos subordinados.

Na Serrania os canais fluviais erosivos-aluviais caracterizam a faixa de contato entre a Zona 1 e a Zona 2, (alto e médio curso) das bacias hidrográficas. Nessas áreas esses canais desenvolvem-se sobre seixos e blocos de quartzo, quartzito, granitos e xisto, com intercalações de areias médias, grossas, micáceas, com grânulos angulosos de quartzo e feldspato, que constituem as Planícies fluvio-coluviais e os Cones de Dejeção.

Os canais erosivos-aluviais de baixa sinuosidade ocorrem associados a vales erosivos abertos nas cabeceiras e erosivos acumulativos ou acumulativos nas drenagens maiores. Nos relevos mais suaves os vales acumulativos abertos são pouco encaixados e com planícies maiores.

4.5.4 Aspectos da Dinâmica Superficial

A região de estudo, compreendida pelo PETAR e sua área de entorno, encontra-se situada na zona de contato entre o Planalto de Guapiara, a Serrania do Ribeira e o Planalto Carstico do Vale do Ribeira, e constitui uma região com características dinâmicas bastante diferenciadas, mas que formam um todo dinâmico, onde os processos que atuam em cada uma deles têm reflexos, de diferentes magnitudes, no outro.

O Planalto de Guapiara (Planalto Atlântico) constitui remanescente de uma antiga superfície de erosão deformada e dissecada, onde se diferenciam relevos subnivelados de Morrotes e Colinas pequenas, de Morrotes e de Morrotes e Morros, e ainda relevos de Cristas de baixa amplitude que representam relevos residuais nessa antiga superfície de erosão.

As características morfológicas desses relevos refletem os processos neotectônicos de soerguimento regional intenso, que tem atuando na região sudeste do Brasil, desde o Mioceno e com forte intensificação a partir do Plioceno.

O adernamento dessa antiga superfície para o interior do continente tem favorecido a dissecação fluvial, cujo nível de base é dado pela bacia do Rio Apiaí Açu, afluente do Rio Paranapanema. Nesse processo o entalhe fluvial realça as discontinuidades litoestruturais formando soleiras que favorecem a deposição aluvial e a formação de Planícies fluviais descontínuas.

Os relevos que ocorrem no Planalto de Guapiara embora apresentem processos erosivos e de deposição semelhantes mostram intensidade diferenciada em função da amplitude do relevo e da inclinação das encostas.

Assim nos Morrotes e Colinas pequenas e nos Morrotes ocorrem erosão laminar, erosão em sulcos ocasionais e de baixa intensidade; sendo o entalhe de canal, rastejo, e pequenos escorregamentos processos freqüentes e de média intensidade. Nesses relevos ocorre ainda deposição fluvial freqüente e de baixa intensidade nas planícies.

Nos Morrotes e Morros a erosão laminar, a erosão em sulcos (ravinas), o rastejo, os escorregamentos planares e rotacionais, e o entalhe fluvial são processos freqüentes e de média a alta intensidade.

Nos locais onde as atividades antrópicas alteraram o perfil das encostas e dos solos com terraplenagem, cortes e aração, geralmente ocorre concentração do escoamento superficial e a formação de ravinas que passam a afetar indistintamente esses relevos de planalto, intensificando os processos de erosão e de assoreamento de nascentes a canais fluviais.

O Planalto Cárstico do Vale do Ribeira é um relevo residual cuja origem esta associada aos processos de deformação da antiga superfície erosiva que nivela o Planalto Atlântico. Essas deformações provocaram desníveis da ordem de 100 a 300 m, com relação ao Planalto de Guapiara, e adernamento dessa superfície para sudoeste evidenciado pelo com caimento das altitudes, que se encontra em 800 m a norte e a 400 m a sul.

No relevo de Morrotes e Morros cársticos a atuação dos processos de carbonatação, dissolução e de entalhe fluvial, foram intensos a partir do Mioceno e durante o Quaternário, à medida que estão condicionadas ao nível de base regional, que é dado pelo Rio Ribeira de Iguape, e pelo nível do mar. Nesse sentido é importante salientar que durante o ultimo glacial o nível do mar esteve a -100 m favorecendo assim um entalhe superficial e subterrâneo profundo do relevo.

Esses condicionantes neotectônicos teriam favorecido a formação de cavernas com salões em vários níveis, a formação de abismos e de vales profundos, que caracterizam esses relevos, que apresentam processos de intemperismo bioquímico, dissolução e carbonatação generalizados e de alta intensidade, associados à erosão laminar e em sulcos, movimentos de massa do tipo: rastejo, escorregamentos planar, queda de blocos e abatimentos que são freqüentes de média intensidade.

A interação entre a rede hidrográfica superficial e do aquífero cárstico é um aspecto de grande relevância nessa região na medida em que a interferências nesse sistema podem provocar alterações na dinâmica evolutiva, afetando não só aspectos físicos do *carst*, mas também da biota e fauna associada.

A Serrania do Ribeira por sua amplitude e pela declividade de suas encostas configuram um relevo de alta energia potencial que é intensificada pela elevada pluviosidade da região, que ocupa o domínio da floresta tropical úmida. Essas condições permitem diferenciar, nessas áreas, dois conjuntos de processos: um ligado à alteração das rochas e aos movimentos de massa, e outro associado ao escoamento superficial e ao escoamento fluvial.

Os processos de intemperismo que ocorrem nessas encostas íngremes e escarpadas são intensos e predominantemente químicos resultando na formação de horizontes de alteração de constituição argilo-silto-arenosa, cuja predominância de um ou outro termo constituinte é consequência da composição da rocha.

Apesar das condições favoráveis à formação de espessos mantos de alteração, há uma constante remoção dos solos formados, devido à alta declividade das encostas. Assim, espessuras maiores de solo e horizonte de alteração ocorrem limitadas ao topo dos interflúvios, nas acumulações ao longo das encostas e nos depósitos associados à drenagem.

Os processos de remoção do material alterado ocorrem principalmente por meio de movimentos gravitacionais de massa (rastejo, escorregamento, fluxos de detritos e queda de blocos), e dos processos relacionados com transporte de massa (erosão superficial laminar, em sulcos e ravinas) que tem sua ação minimizada pela cobertura florestal.

O rastejo tem ocorrência generalizada e afeta os segmentos retilíneos e convexos das vertentes, com intensidade regulada pela sua inclinação. Comumente está associado a processos embrionários de escorregamentos.

Os escorregamentos mais comuns são do tipo planar ou translacional, que envolvem a cobertura vegetal, o solo de alteração e/ou o solo coluvionar com espessuras de 1 a 2 m. Esses escorregamentos comumente afetam pequenas áreas e ocorrem nos locais em que o solo é mais desenvolvido, como nas cabeceiras de drenagem da borda do planalto e próximo a rupturas de declive positivas do topo de encostas perpendiculares aos interflúvios.

Parte do material escorregado acumula-se nas saliências da encosta, mas a maior parte deposita-se a montante de rupturas de declive negativas ou no fundo dos vales, entulhando temporariamente os canais de drenagens.

Após a ocorrência de escorregamentos, e conseqüentemente da perda da cobertura vegetal, as áreas afetadas passam a sofrer a ação do escoamento superficial laminar ou concentrado que atua removendo o material exposto na vertente e/ou acumulado, intensificando os processos erosivos e de atulhamento dos canais.

Durante os períodos de elevada pluviosidade o intenso encharcamento do solo pode favorecer a ocorrência de fluxos de detritos, com grande poder destrutivo.

No sopé das escarpas, cristas e montanhas e nas áreas com depósitos espessos podem ocorrer escorregamentos rotacionais de ruptura profunda, sendo, no entanto um processo raro.

A ocorrência de queda de bloco é um processo freqüente estando associado aos segmentos de encostas mais íngremes e com afloramentos rochosos (pães de açúcar), onde a conjugação de sistemas de juntas com a foliação favorece o desprendimento de blocos, que se acumulam no sopé da encosta formando corpos de tálus ou campos de matacões.

Nas encostas serranas o escoamento superficial das águas pluviais concentra-se rapidamente nos talvegues devido à forte inclinação, gerando um escoamento torrencial. A ação das torrentes forma vales erosivos profundamente encaixados que entalham o embasamento rochoso, e podem transportar até matacões métricos, durante as grandes chuvas. Essas torrentes atuam também solapando as margens dos canais e a base das encostas, e acabam provocando escorregamentos e quedas de blocos.

Devido à pequena dimensão dessas bacias serranas elas apresentam picos máximos de cheia quase que instantâneos durante e após as grandes chuvas, quando se dá o máximo potencial erosivo das torrentes.

Nessa situação a coincidência com episódios de escorregamentos, pode provocar o atulhamento temporário da drenagem, cujo rompimento provoca fluxos de lama com forte poder destrutivo, que afeta tanto as encostas dos anfiteatros como provoca sérios assoreamentos na baixada.

Os relevos da Serrania do Ribeira constituem terrenos muito sensíveis à interferência devido à inclinação acentuada de suas encostas e a intensidade dos processos erosivos, de modo que as interferências antrópicas tendem a diminuir as suas condições de estabilidade, intensificando os movimentos de massa e a ação erosiva das drenagens serranas.

O Anexo 8 apresenta a caracterização dos passivos ambientais na área de entorno e no interior do PETAR.

4.6 Áreas Cársticas

Localizado na margem esquerda do médio a alto curso do rio Ribeira, o PETAR é drenado pelas bacias dos rios Betari, Iporanga e Pilões, que tem suas nascentes na borda do Planalto Atlântico, entre 900 e 1.100 m de altitude, atingindo o Ribeira entre 80 e 70 m. Pelo fato destas bacias drenarem a Serrania do Ribeira, os rios apresentam vales encaixados e perfis longitudinais de alto a médio gradiente, localmente encachoeirados. Os terrenos cársticos inseridos nesta faixa serrana se destacam pelos altos gradientes hidráulicos e significativa recarga alóctone (Karmann e Ferrari 2002). A região é marcada por um exuberante patrimônio geomorfológico e espeleológico, com feições típicas, como carste poligonal, cones e canions cársticos, vales fluviais profundos, escarpamentos rochosos com pórticos de cavernas, sistemas de drenagem subterrânea com grande variedade espeleomorfológica e cavernas com sítios paleontológicos do Quaternário (Karmann e Ferrari opt. cit).

O contexto geológico regional é o da Faixa Dobrada Apiaí, composta pela seqüência metassedimentar supra-crustal vulcano-sedimentar, genericamente denominanda de Grupo Açungui, o qual é compartimentado em blocos tectônicos seguindo um sistema de zonas de cisalhamento transcorrentes de direção NE-SW (Campanha 1991 e IG 1999). O PETAR localiza-se no Bloco Tectônico do Lajeado, limitado a norte pelo Lineamento Quarenta Oitavas e a sul pela Falha da Figueira. Este bloco compreende a seqüência metassedimentar de baixo grau metamórfico do Subgrupo Lajeado, composta por unidades pelíticas, psamíticas e carbonáticas, incluindo um corpo de gabro no topo. As rochas carbonáticas pertencem às Formações Bairro da Serra (metacalcarenitos e metacalilitos impuros calcíticos e dolomíticos), Mina de Furnas (metacalcarenitos e calilitos laminados) e Passa Vinte (metacalcarenitos dolomíticos). A primeira tem maior expressão em área, tanto no PETAR, como no Bloco Lajeado (Karmann e Ferrari opt. cit).

Conforme o padrão geral da faixa carbonática associada ao Subgrupo Lajeado, a superfície cárstica encontra-se rebaixada em relação às rochas pelíticas, psamíticas e graníticas. Esta característica condiciona sistemas cársticos de recarga mista, com importante injeção alóctone em relação à recarga autóctone (Karmann e Ferrari opt. cit). As faixas carbonáticas constituem planaltos conectados a serras ou platôs de cota mais elevada e apresentam uma zona de descarga nas porções mais dissecadas. Em algumas áreas, o relevo nos carbonatos apresenta uma paisagem tipicamente fluvial (fluviocarste), sem ocorrência de sumidouros e depressões.

A seguir são apresentadas descrições das áreas cársticas identificadas no PETAR. A maioria das áreas foi agrupada por bacias hidrográficas, um segundo conjunto foi reunido em função de sua localização ao longo da escarpa do planalto, no Lineamento da Falha da Figueira. Os Mapas 6. Localização das Áreas Cársticas Agrupadas por Bacias e 7. Hipsometria com a Localização das Áreas Cársticas e Depressões Fechadas, a seguir apresentam localização das áreas cársticas do Parque.

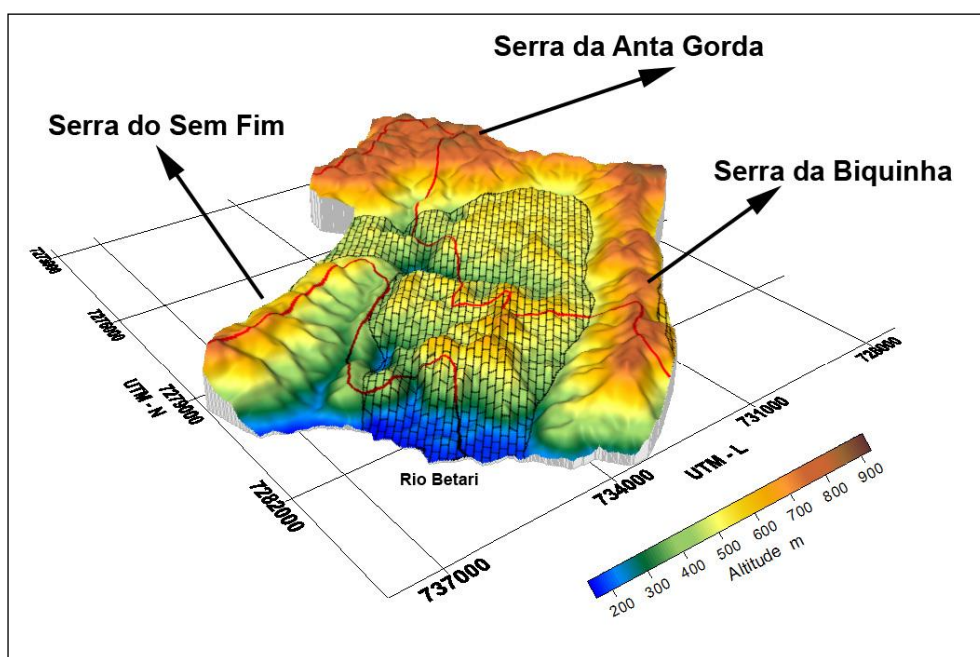
4.6.1 Bacia do Rio Betari

4.6.1.1 Carste Areias – Córrego Fundo

Trata-se de um planalto calcário margeado por serras estruturadas em rochas não carstificáveis (Figura 30). Na superfície carbonática com aproximadamente 27,8 km² são observadas dezenas de depressões fechadas responsáveis pela recarga autóctone; várias bacias hidrográficas drenam as águas das serras marginais para sumidouros. O maior aporte é proveniente da Serra da Anta Gorda, cujas bacias injetam o maior volume de água nos mármore (Ferrari, 2007). As ressurgências localizadas na margem direita do rio Betari promovem a drenagem das águas infiltradas no planalto. Genthner *et al.* (2003) identificaram dois sistemas hidrológicos nesta área carbonática: o sistema Córrego Fundo e o Sistema Areias.

O sistema Córrego Fundo recebe grande quantidade de água dos metassedimentos pelíticos da Serra da Biquinha, e desenvolve-se principalmente na faixa de contato dos mármore com as litologias não carbonáticas, no flanco NW do sinclinal do Bairro da Serra. As principais rotas de fluxo estão associadas às cavernas Córrego Fundo e Paçoca, caracterizadas por importante desenvolvimento vertical. Testes com traçadores realizados por Genthner *et al.* Opt. Cit. identificaram um padrão divergente na drenagem subterrânea; as águas infiltradas nos sumidouros Córrego Fundo e Paçoca apresentaram conexão com as ressurgências Córrego Seco (na faixa de contato) e do Lago (próxima a eixo do sinclinal). De acordo com o estudo, o Lago é a ressurgência perene do sistema e o Córrego Seco funciona como um vertedouro nos períodos de cheia. Não é possível estabelecer com precisão os limites deste sistema com o sistema Areias.

Figura 30. Carste Areias-Córrego Fundo (em vermelho os limites do PETAR)



A recarga hídrica do sistema Areias é realizada por dezenas de dolinas e pelas bacias da Serra da Anta Gorda que drenam metassedimentos pelíticos. Diferentemente da Serra da Biquinha que é caracterizada por uma crista estreita e pequenas bacias de drenagem, a Anta Gorda apresenta-se como um platô, formando áreas de captação mais extensas. Simulações computacionais mostram que submetidas a um mesmo evento chuvoso, as bacias da Serra da Anta Gorda injetam um volume de água muito superior que a da Serra da Biquinha (Ferrari, 2007).

A importante recarga alóctone relacionada à Serra da Anta Gorda permitiu o desenvolvimento da principal rota de fluxo subterrâneo do planalto -sistema de cavernas Areias-, que apresenta desenvolvimento predominantemente horizontal e desenvolve-se acompanhando o flanco SW do sinclinal do Bairro da Serra. De acordo com o estudo realizado por Genthner *et al.* (Opt. Cit), o sistema Areias apresenta padrão hidrológico convergente; as águas injetadas pelos sumidouros dos rios Batalha, Sebastião Machado, Carniça e Córrego Grande (drenagens da Serra da Anta Gorda) convergem para a dolina das Areias (ponto de acesso para a caverna Areias), e, em seguida, rumam para a ressurgência das Areias, na margem do rio Betari. O sistema também recebe contribuição do sumidouro da Berta Funda (recarga autóctone). Assim como no sistema Córrego Fundo, certamente muitas das dezenas de depressões fechadas observadas na superfície carbonática drenam suas águas para este sistema, mas não é possível realizar testes com traçadores em todas elas.

Testes quantitativos com traçadores realizados por Genthner *et al.* (2003) no sistema Areias mostram que contaminantes injetados na zona de contato com a Serra da Anta Gorda deslocam-se no sistema com velocidade média variável de 300 a 770 m/h (a velocidade está diretamente relacionada à vazão do sistema), e chegam na ressurgência das Areias (Bairro da Serra) em poucas horas (9 h durante uma chuva e 18 h em situação de estiagem).

Monitoramentos hidrológicos realizados nas ressurgências das Areias e do Lago apresentaram resultados contrastantes. O sinal hidrológico da ressurgência das Areias indica um sistema bem carstificado, que drena rapidamente os impulsos de chuva, enquanto que o obtido na ressurgência do Lago aponta para um sistema com respostas mais lentas. O comportamento do Lago é condicionado por rotas menos carstificadas e pela estrutura divergente da drenagem subterrânea; a ressurgência do Córrego Seco funciona como um vertedouro que contribui para o amortecimento do sinal hidrológico na ressurgência do Lago (Ferrari e Karmann 2008).

Grande parte da recarga dos sistemas encontra-se fora dos limites do PETAR, fato que pode comprometer as fontes cársticas do Bairro da Serra e as condições ambientais nas cavernas associadas. Dado o relevo acidentado nas áreas de recarga, o desenvolvimento de atividades agropecuárias pode aumentar o fluxo de sedimentos no interior das cavernas, provocando o assoreamento de rotas de fluxo e a contaminação por fertilizantes e defensivos. Cabe destacar que o sistema de cavernas Areias abriga importante população de bagres cegos, que pode ser diretamente afetada por alterações na zona de recarga. Recomenda-se que nesta área os limites do PETAR sejam expandidos para coincidir com os limites das zonas de recarga, avançando para os divisores da Serra da Biquinha e Serra da Anta Gorda.

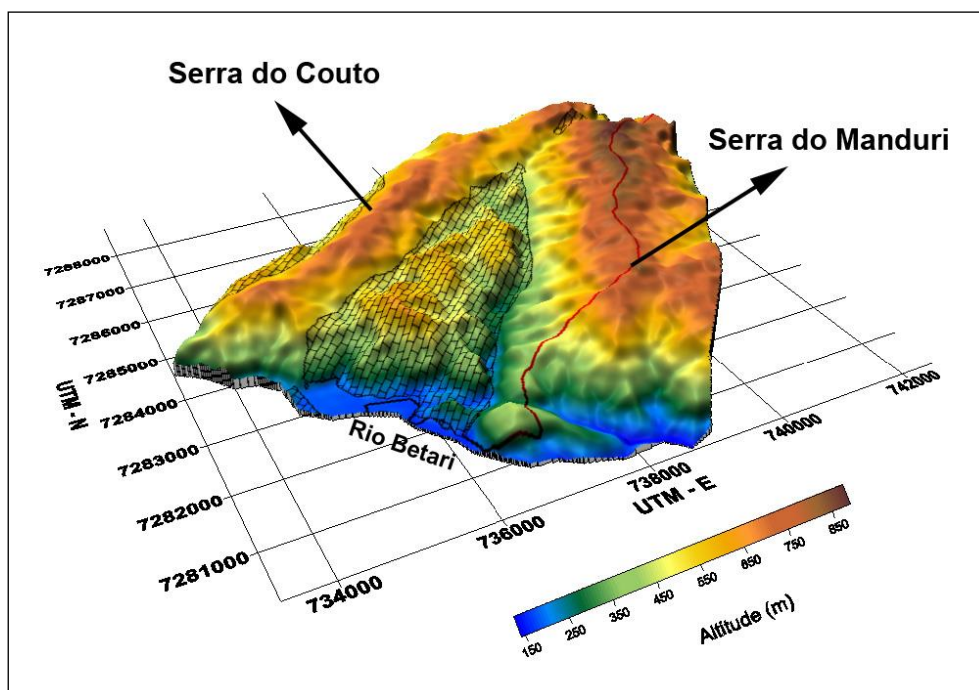
4.6.1.2 Carste Alambari – Ouro Grosso

Esta área ocupa o setor setentrional do sinclinal do Bairro da Serra, tratando-se de um planalto carbonático margeado por serras de metassedimentos pelíticos, cujas drenagens são as principais responsáveis pela recarga dos sistemas hidrológicos. Na superfície carbonática de 9,6 km², a recarga autóctone relacionada a dolinas é pouco significativa. A descarga dos sistemas hidrológicos se dá por ressurgências na margem esquerda do rio Betari (Figura 31).

A análise da geologia, do relevo, das topografias de cavernas e conhecimento de campo indicam a existência de pelo menos 2 sistemas hidrológicos no planalto. Estes sistemas estão associados às cavernas Alambari e Ouro Grosso.

Grande parte do sistema Alambari desenvolve-se no flanco SE do sinclinal do Bairro da Serra, na faixa de contato com as litologias pelíticas da Serra do Manduri. Em superfície, um carste de contato com vales cegos acompanha o sopé da Serra do Manduri. Nesta faixa, os desníveis entre a crista da serra e os fundos dos vales variam de 350 a 450 metros. Algumas depressões contribuem para a recarga autóctone do sistema, uma delas associada ao Abismo da Gurutuva, com desnível de 154 m e 882 m de desenvolvimento (Codex - Redespeleo 2010). A drenagem final do sistema é realizada pelas cavernas Alambari de Cima e Alambari de Baixo (ressurgência), ambas com desenvolvimento predominantemente horizontal e retilíneo, seguindo a faixa de contato. É possível que este sistema também receba contribuição de drenagens provenientes da porção norte da Serra do Couto (crista que divide as bacias dos rios Ouro Grosso e Couto – flanco NW do sinclinal). Nesta área, o arranjo das drenagens, depressões e sumidouros sugerem uma inflexão das rotas de fluxo para o sistema Alambari.

Figura 31. Carste Alambari - Ouro Grosso (em vermelho os limites do PETAR)



O sistema Ouro Grosso desenvolve-se no flanco NW do sinclinal do Bairro da Serra, na faixa de contato com as litologias pelíticas da Serra do Couto. Conforme discussão anterior, é possível que este sistema esteja restrito apenas ao setor sul da faixa de contato com a serra. Um carste de contato se desenvolve seguindo o sopé da serra, no entanto, parte da drenagem de superfície segue no sentido do nível de base (rio Betari) e parte rumo para NW (em direção ao sistema Alambari). Comparado ao sistema Alambari, os desníveis entre as cristas e os fundos de vale são um pouco menores, e os talvegues das depressões de contato encontram-se em cotas topográficas mais elevadas, indicando que, em superfície, este setor do planalto foi menos entalhado. A principal rota de fluxo do sistema está associada à caverna Ouro Grosso (com 1.100 m de desenvolvimento e 192 m de desnível), que apresenta grandes desníveis topográficos no setor onde capta a principal drenagem superficial (Córrego Ouro Grosso); a ressurgência está localizada a jusante de uma das entradas da caverna, nas imediações do Bairro da Serra. Estes sistemas estão integralmente inseridos nos limites do PETAR.

4.6.1.3 Carste Santana – Zezo - Grilo

Esta área engloba mármore da Fm. Bairro da Serra e mármore impuro da Fm. Mina de Furnas, separados por filitos da Fm. Água Suja. Dispostas na direção SW-NE, as faixas carbonáticas são limitadas por serras estruturadas em rochas não carstificáveis, que promovem recarga alóctone significativa. Os exutórios dos sistemas cársticos localizam-se na margem direita do rio Betari ou em drenagens tributárias deste rio. A Figura 32 ilustra a área Santana – Zezo – Grilo.

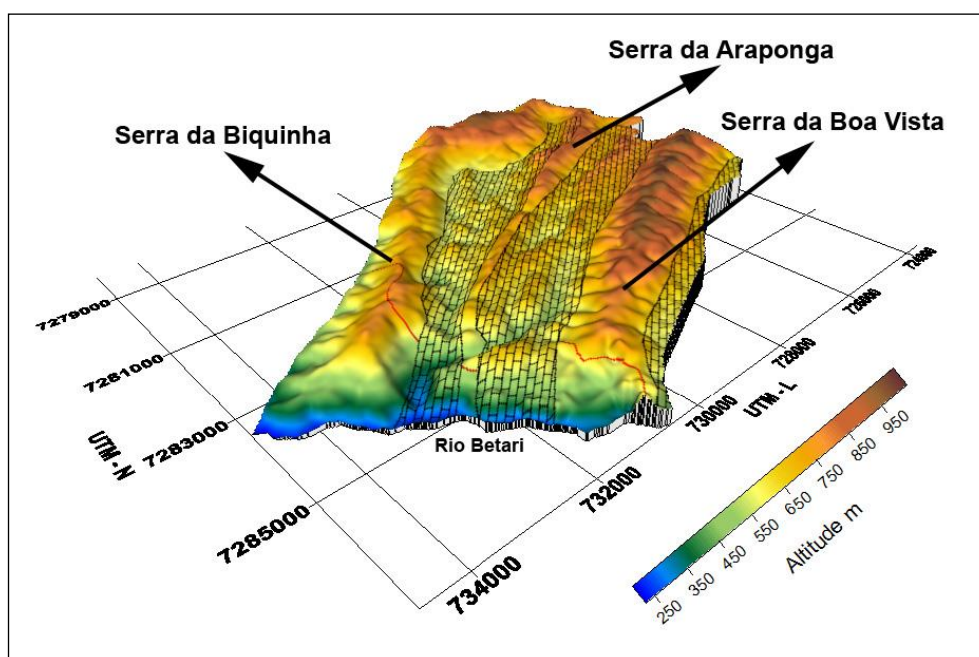
Os mármore da Fm. Bairro da Serra ocupam o flanco NW do anticlinal da Biquinha, cujo eixo corresponde a uma crista (Serra da Biquinha) de metasedimentos pelíticos da Fm. Betari. No sopé da Serra da Biquinha desenvolve-se importante carste de contato com sumidouros nas bases dos paredões de calcário; a caverna Laje Branca é o exemplo mais conhecido. A faixa carbonática é limitada a NW por uma serra (aqui denominada Serra da Araponga) em cuja cimeira afloram filitos da Fm. Água Suja. De acordo com Campanha (1995), esta faixa de contato entre mármore e filitos é demarcada por uma falha de empurrão. A SW a faixa carbonática é balizada por um setor da Serra da Biquinha que separa as drenagens que rumam para o carste daquelas que seguem para a bacia do rio Gurutuba.

De acordo com o trabalho de Karmann (1994) e testes com traçadores realizados por Ayub (1998), esta faixa carbonática é drenada principalmente pelo sistema de cavernas Pérolas – Santana, respectivamente com 2.454 e 5.040 m de desenvolvimento. Diversas bacias das serras da Biquinha e da Araponga convergem para os mármore, estes vales cegos representam as maiores captações da superfície cárstica; a principal injeção de água está relacionada ao poljé do sumidouro da caverna Pérolas. A recarga autóctone é menos expressiva e está relacionada a depressões de menor porte. A ressurgência da Gruta de Santana na margem direita do rio Betari promove a descarga do sistema. O monitoramento hidrológico realizado por Karmann (1994) nesta ressurgência indica tratar-se de um aquífero bem carstificado. Testes quantitativos com traçadores realizados por Aiuby (1998) mostraram que um contaminante solúvel em água injetado

no sumidouro principal do sistema (sumidouro Pérolas), chega na ressurgência da caverna de Santana em 44 horas, atingindo sua concentração máxima em 54 horas.

Os mármore impuros da Fm. Mina de Furnas são separados da faixa carbonática Santana-Pérolas (Fm. Bairro da Serra) pelos filitos da Serra da Araponga, e são limitados a NW pela Serra da Boa Vista (meta-arenitos da Fm. Serra da Boa Vista). Uma falha de empurrão caracteriza o contato entre os mármore impuros e os meta-arenitos. O carste ao longo do sopé da serra da Boa Vista não é muito desenvolvido; não se observam depressões expressivas, apenas alguns vales cegos drenam bacias de meta-arenitos. Um divisor de calcário divide a faixa carbonática ao longo de toda a sua extensão; a maior expressão de depressões cársticas ocorre entre este divisor e a Serra da Araponga. Neste setor são observadas várias depressões alongadas com drenagens no sentido do córrego Furnas.

Figura 32. Carste Santana – Zezo – Grilo (em vermelho os limites do PETAR)



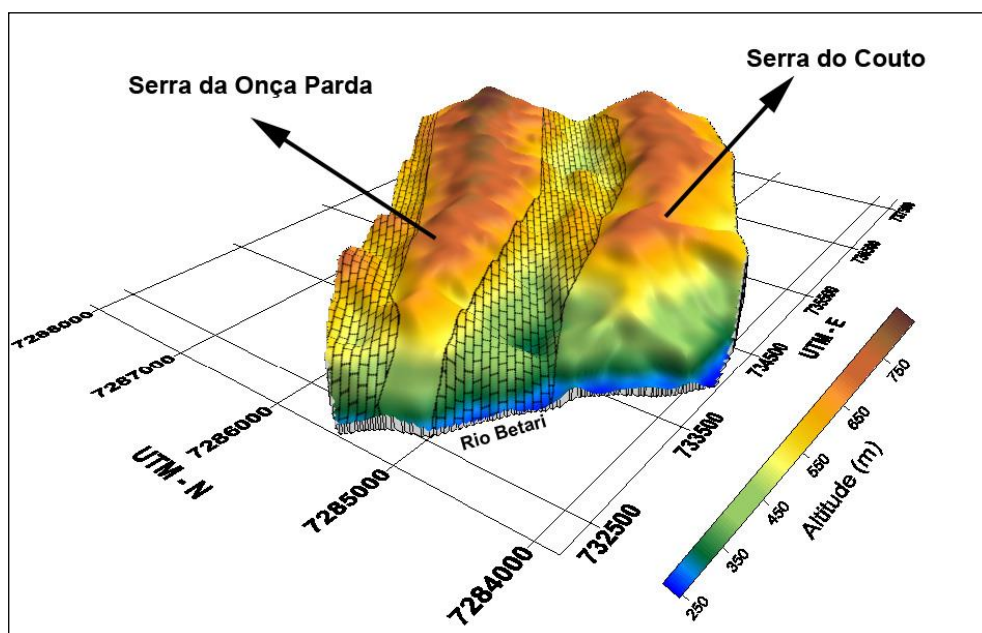
Testes com traçadores realizados por Aiuby (1998) demonstraram que esta faixa carbonática apresenta drenagem subterrânea divergente. Traçadores injetados em pontos do sopé da Serra da Boa Vista foram detectados nas ressurgências do Zezo (afluente da margem direita do rio Betari) e do Grilo (margem direita do Córrego Furnas – afluente da margem direita do Rio Betari). Num outro teste, o traçador foi injetado entre o divisor de calcário e a Serra da Araponga, sendo detectado nas ressurgências do Grilo e da Caverna de Santana. Este resultado indica que, em algum ponto, existe conexão hidrológica entre esta faixa e os carbonatos do sistema Pérolas-Santana. Outros resultados obtidos pela autora mostraram que contaminantes carregados para sumidouros no sopé da Serra da Boa Vista chegam à ressurgência do Grilo após 48 horas, e à ressurgência do Zezo após 51 horas. Contaminantes injetados no setor entre a Serra da Araponga e o divisor de calcário alcançaram a ressurgência do Grilo após 69 dias, e a da caverna de Santana após 74 dias.

Como pode ser observado na Figura 32, os limites do PETAR englobam apenas uma área insignificante das zonas de recarga das fontes cársticas associadas às cavernas de Santana e Zezo. A zona de recarga que não é abrangida pelo Parque é ocupada por florestas, mineração abandonada e pequenas propriedades onde ocorre criação de gado, de pequenos animais e cultivos de subsistência. A área também é cortada pela Rodovia SP-165, única ligação rodoviária entre os municípios de Iporanga e Apiaí. Recomenda-se um disciplinamento das atividades nas propriedades rurais e proibição do transporte de cargas que possam oferecer risco à contaminação dos aquíferos e sistemas de cavernas do Parque. É recomendável que as áreas florestadas sejam incorporadas ao Parque ou transformadas em RPPN.

4.6.1.4 Carste Couto – Morro Preto

Localizado na margem esquerda do rio Betari, o carste é caracterizado por uma faixa estreita (máximo de 700 m) dos mármore da Fm. Bairro da Serra, alongada na direção SE-NW. A faixa carbonática estende-se até a bacia do rio Iporanga; no entanto, um divisor topográfico permite individualizar o setor que drena as águas para o rio Betari (Figura 33).

Figura 33. Carste Couto-Morro Preto



Os mármore ocupam o flanco NW do anticlinal da Biquinha, cujo eixo coincide com a crista da Serra do Couto (que divide as bacias dos rios Ouro Grosso e Couto). As drenagens provenientes dos filitos da Serra da Onça Parda (Fm. Água Suja) e dos metassedimentos pelíticos da Serra do Couto (Fm. Betari) são as principais responsáveis pela recarga dos sistemas hidrológicos. O contato dos mármore com os filitos da Fm. Água Suja é caracterizado por uma falha de empurrão.

Dois sistemas hidrológicos estão presentes nesta faixa carbonática, um deles relacionado ao sumidouro do Córrego do Couto e depressões associadas, o outro

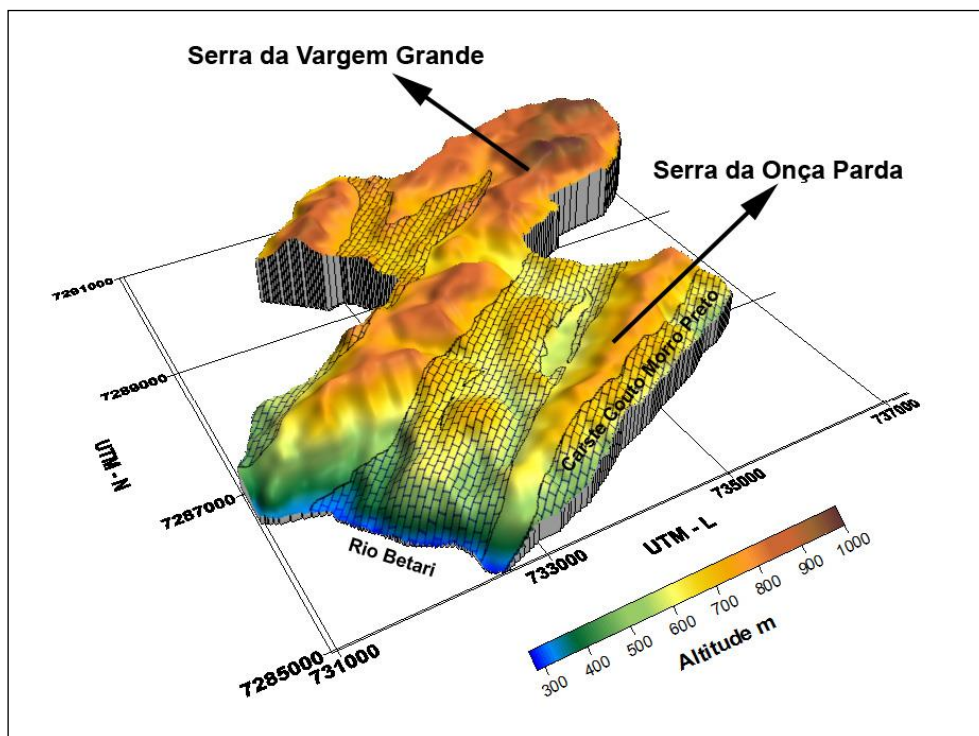
conexo ao sumidouro de uma grande bacia localizada na porção mais distal da zona de recarga – região da Onça Parda. A zona de descarga dos sistemas é uma ressurgência, relacionada às cavernas Morro Preto e Couto, próximo ao rio Betari. Os sistemas hidrológicos são totalmente englobados pelos limites do PETAR; até o ano de 2009, um único morador ocupava a zona de recarga da Onça Parda, onde praticava atividades agrícolas de subsistência. Durante visitas na área nos anos de 2009 e 2010, verificou-se intensa atividade de palmiteiros.

4.6.1.5 Carste Água Suja

Esta área encontra-se dentro dos limites do PETAR e engloba mármores da Fm. Passa Vinte e mármores impuros da Fm. Mina de Furnas (Figura 34). Duas ressurgências na margem esquerda do rio Betari promovem a descarga do sistema.

Os mármores da Fm. Passa Vinte encontram-se deprimidos entre cristas de meta-arenito. A análise do relevo indica que apenas a porção setentrional desta faixa é drenada para o rio Betarizinho (conexão hidrológica com os mármores impuros). O relevo apresenta características de um fluvio-carste; as depressões autóctones são pequenas e raras e não são observados muitos sumidouros nas faixas de contato.

Figura 34. Carste Água Suja



O relevo cárstico desenvolvido nos mármores impuros da Fm. Mina de Furnas é margeado a SE pela Serra da Onça Parda, estruturada nos filitos da Fm. Água Suja, e a NW pela Serra da Vargem Grande, composta por meta-quartzito arenitos da Fm. Serra da Boa Vista. O carste é caracterizado por grandes depressões que drenam os rios das serras marginais, sendo que depressões autóctones são menos significativas. A área

também recebe uma grande injeção de água da bacia do Rio Betarizinho, que após drenar os mármores da Fm. Passa Vinte, acessa o carste a partir de um vale que seccionou a Serra da Vargem Grande. O grande volume de água drenado para o carste é o responsável pelas amplas passagens subterrâneas da Caverna Água Suja, principal exutório do sistema hidrológico, com 2.980 m de projeção horizontal e 220 metros de desnível. Outra ressurgência na margem do Rio Betari, a montante da caverna Água Suja, também promove a drenagem desta área carbonática.

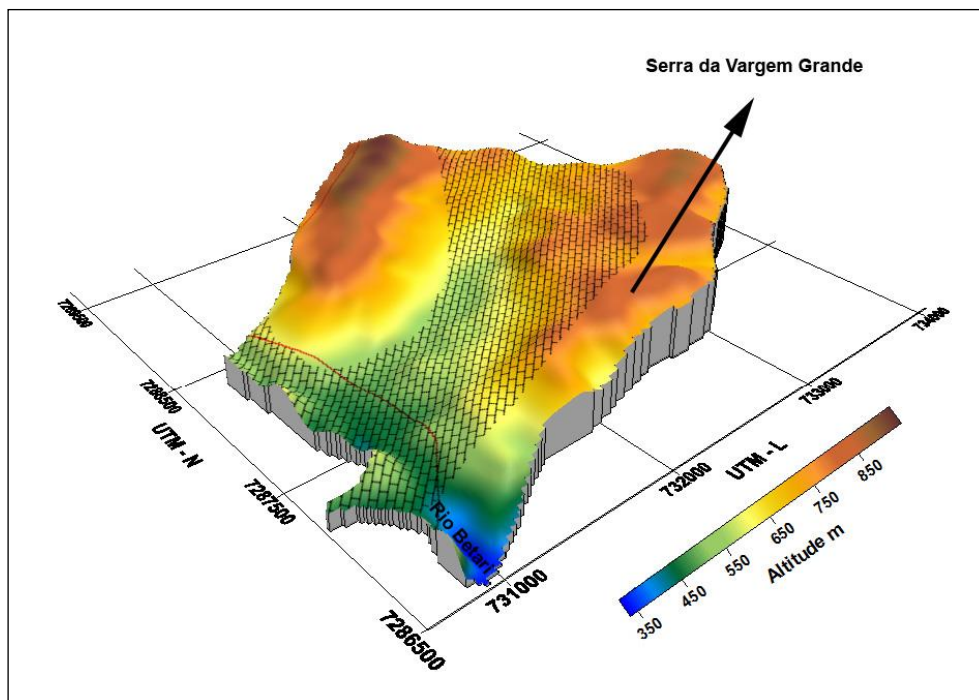
4.6.1.6 Carste Alto Betari

Esta área carbonática localiza-se na margem esquerda do Rio Betari, próximo da confluência com o Ribeirão Palmital (Figura 35). Trata-se do setor SW da faixa de mármores da Fm. Passa Vinte, descrita na Área Carbonática Água Suja; uma elevação topográfica separa este setor das drenagens que se dirigem para a área da Água Suja.

O limite SE da área é a crista da Serra da Vargem Grande, onde os mármores fazem contato com os meta-arenitos (Fm. Serra da Boa Vista). A NW, um tributário do rio Betari limita a faixa carbonática, seguindo no sopé de uma serra de meta-arenitos, e configura uma das zonas de descarga do carste. Nesta faixa de contato a paisagem é tipicamente fluvial, não são observados sumidouros ou depressões de contato. Os principais pontos de absorção de água estão relacionados a depressões fechadas nos divisores topográficos. A borda da área limitada pelo rio Betari também configura uma zona de descarga do carste.

Esta área carbonática está totalmente inserida nos limites do PETAR.

Figura 35. Carste Alto Betari (em vermelho os limites do PETAR)

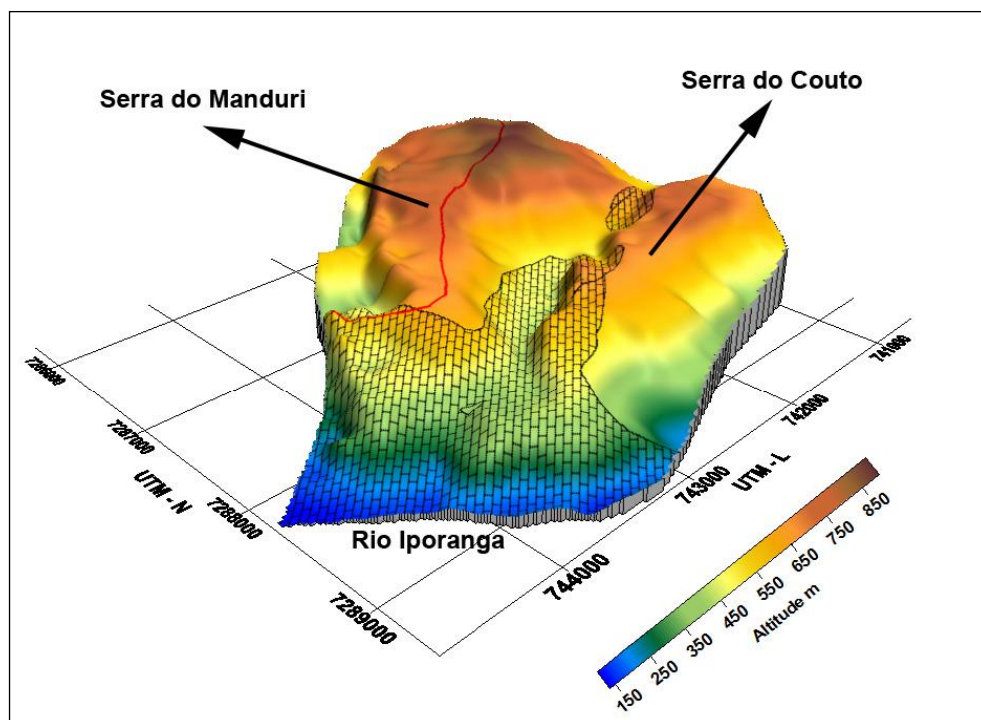


4.6.2 Bacia do Rio Iporanga

4.6.2.1 Carste Manduri

Trata-se de uma pequena faixa de mármore da Fm. Bairro da Serra (aproximadamente 2 km²), limítrofe à Área Alambari-Ouro Grosso (Figura 36). O mármore ocupa o fundo de um vale cego, delimitado pelas cristas das serras do Manduri e do Ouro Grosso, formadas em metassedimentos pelíticos da Fm. Betari. Duas pequenas depressões autóctones ocorrem próximas ao sumidouro do vale cego. Uma ressurgência localizada na área da Gruta do Castelo, na margem direita do Rio Iporanga, é a possível responsável pela drenagem do sistema hidrológico. Esta área é englobada pelos limites do PETAR.

Figura 36. Carste Manduri (em vermelho os limites do PETAR)



4.6.2.2 Carste Onça Parda – Vargem Grande

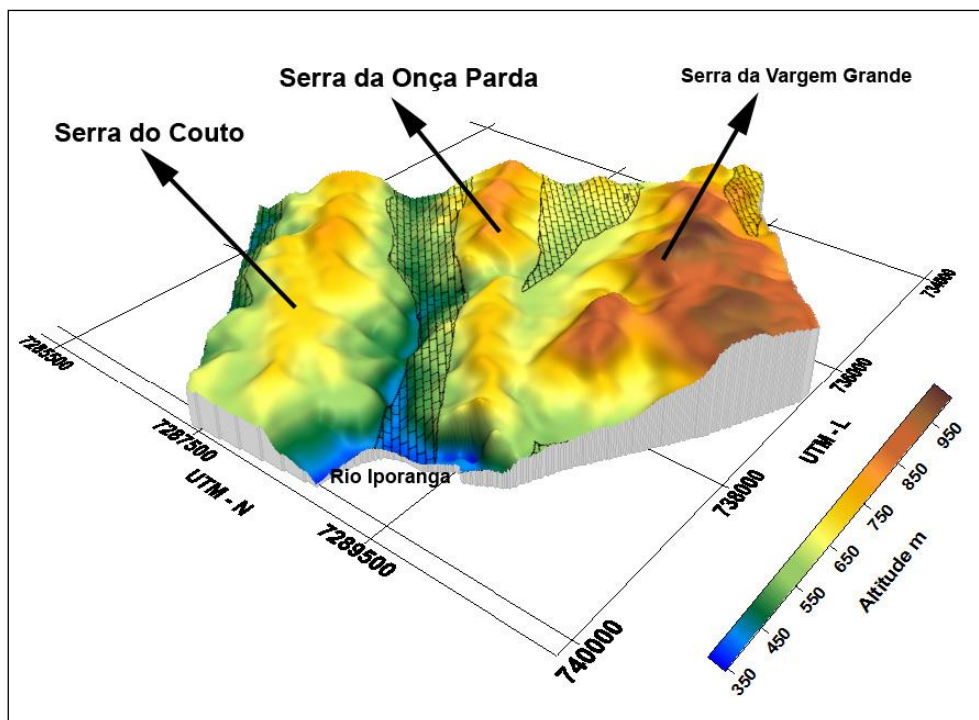
Esta área engloba os setores setentrionais de faixas dos mármore da Fm. Mina de Furnas e da Fm. Bairro da Serra, presentes nas áreas cársticas Couto - Morro Preto e Água Suja, da bacia do rio Betari. Divisores topográficos nas faixas carbonáticas dirigem as drenagens destes setores para a bacia do rio Iporanga (Figura 37).

Os mármore impuros (Fm. Mina de Furnas) ocupam o fundo de um vale entre as serras da Vargem Grande (meta-arenitos da Fm. Serra da Boa Vista e um corpo de granito) e a Serra da Onça Parda (filitos da Fm. Água Suja). A partir de um vale que entalhou a Serra da Onça Parda, o rio que drena os carbonatos conecta-se à rede de drenagem dos mármore.

Os mármore da Fm. Bairro da Serra ocupam o fundo de um vale entre as Serras da Onça Parda e do Ouro Grosso. O vale formado no flanco NW do anticlinal da Biquinha, cujo eixo coincide com as cristas de metassedimentos pelíticos da Serra do Ouro Grosso (Fm. Betari), é margeado a esquerda pelos filitos da Serra da Onça Parda. A rede de drenagem formada sobre os mármore recebe o rio que drena os mármore impuros e segue em superfície até o rio Iporanga, nível de base local.

Nas duas faixas a paisagem é tipicamente fluvial, não sendo observadas depressões fechadas nem nos carbonatos, nem na zona de contato com as litologias marginais. Esta área é completamente englobada pelos limites do PETAR.

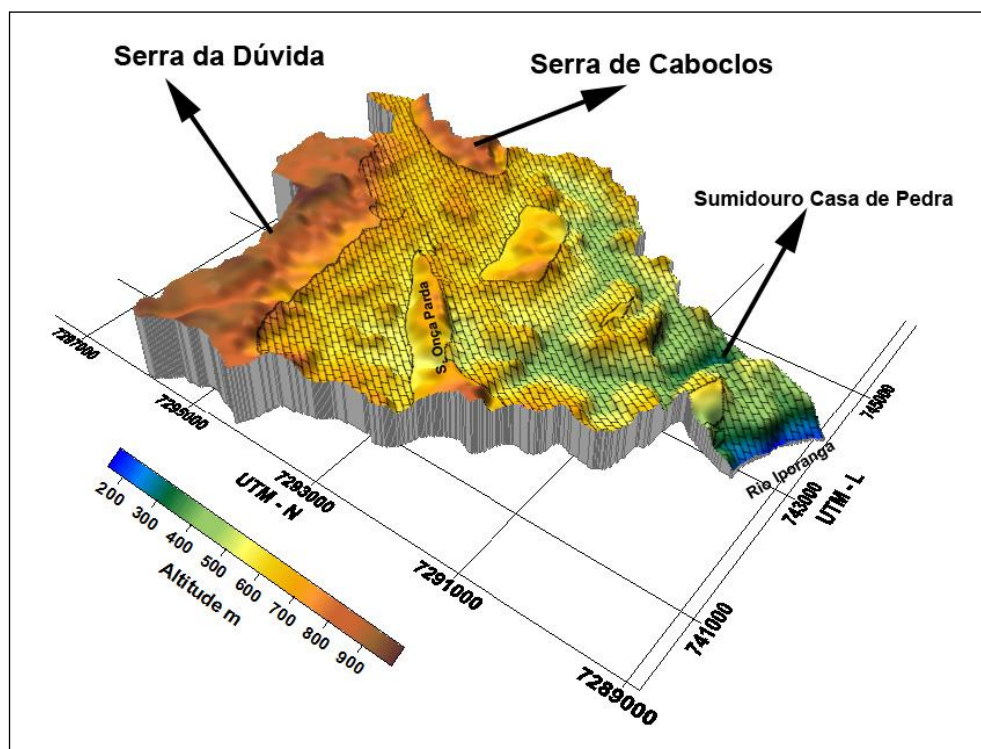
Figura 37. Carste Onça Parda – Vargem Grande



4.6.2.3 Carste Caboclos – Casa de Pedra

Esta área compreende uma grande extensão de terrenos cársticos entrecortados por elevações de meta-arenitos e filitos. O planalto cárstico ocupa uma superfície limitada a NW pela borda do Planalto Atlântico e a NE por uma escarpa que acompanha a Falha da Figueira. Na porção central do planalto despontam cristas de meta-arenitos (Fm. Serra da Boa Vista) alinhadas com o eixo do sinclinal do Caboclos. No setor NW uma crista de filitos relacionada ao eixo do anticlinal da Onça Parda (Fm. Água Suja) separa os mármore impuros (Fm. Mina de Furnas) dos mármore da Fm. Bairro da Serra (Figura 38).

Figura 38. Carste Caboclos – Casa de Pedra



A principal fonte de recarga alóctone provém dos rios que drenam os meta-arenitos e uma pequena porção dos granitóides da Serra da Dúvida (borda do Planalto Atlântico). Os Córregos do Espírito Santo, do Sumidouro e do Chapéu, provenientes desta área, injetam suas águas em sumidouros após percorrer trechos sobre os mármore. O rio Espírito Santo concentra todos os fluxos provenientes desta área. O córrego Maximiano concentra os fluxos oriundos da porção central e NE do carste, sendo que neste setor predomina a recarga autóctone. Cabe destacar que os vales do Espírito Santo e do Maximiano, apesar de aparentarem continuidade em superfície (como documentado em cartas topográficas 1:50.000), são segmentados por depressões. Várias depressões fechadas são observadas na superfície; as maiores relacionadas aos fluxos alóctones. Rotas de fluxo estão associadas a cavernas na faixa de contato com as litologias da Serra da Dúvida; os principais exemplos são observados próximo à sede do Núcleo Caboclos.

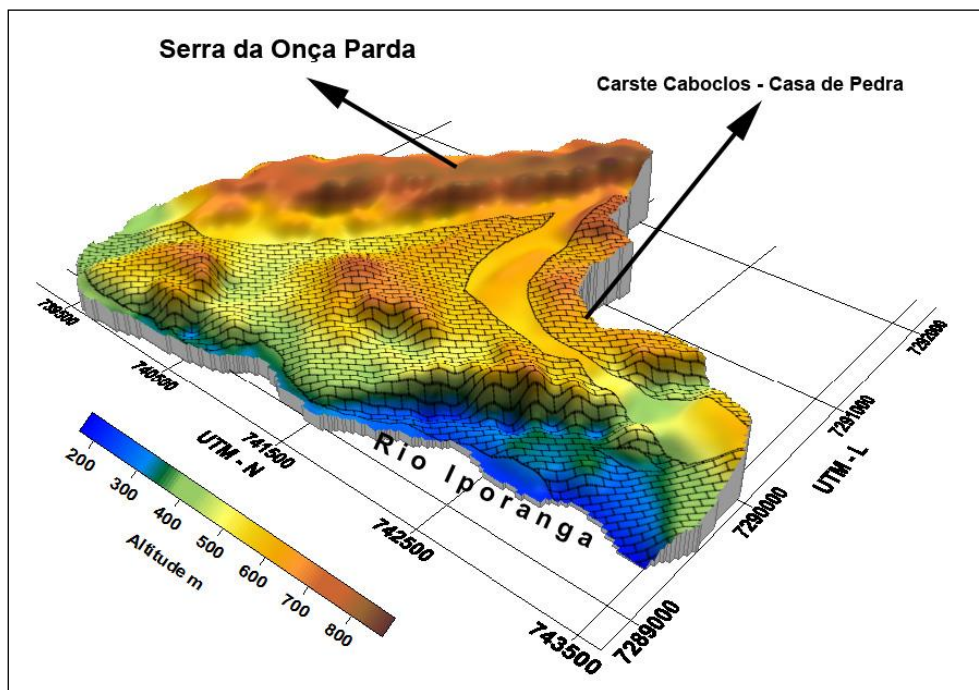
As águas infiltradas nos diversos subsistemas hidrológicos do carste convergem para uma depressão associada ao sumidouro da Gruta Casa de Pedra. Nesta área ocorre a confluência das águas coletadas pelos conjuntos de depressões dos vales do Maximiano e do Espírito Santo. A descarga geral do carste se dá na ressurgência da Gruta Casa de Pedra, num afluente da margem esquerda do rio Iporanga.

Esta área encontra-se totalmente englobada pelos limites do PETAR.

4.6.2.4 Carste Marginal

Esta área recebeu esta designação pela ausência de topônimos em carta topográfica e por ocupar uma área expressiva da margem esquerda do rio Iporanga (Figura 39).

Figura 39. Carste Marginal

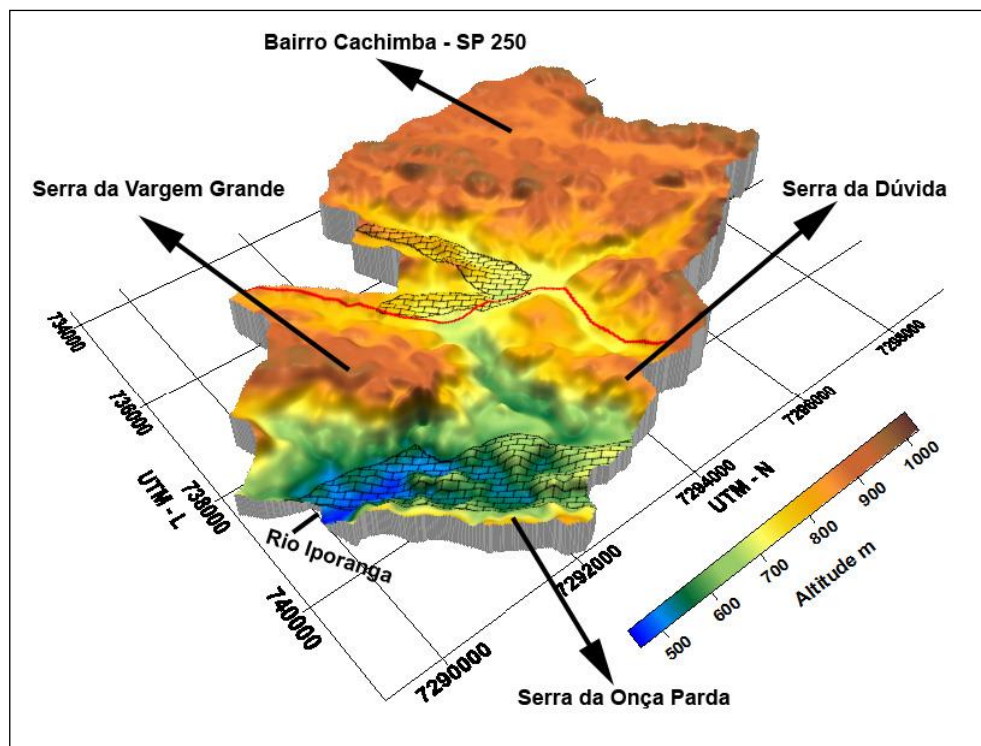


Os mármore ocupam o flanco SE do anticlinal da Onça Parda, cujo eixo coincide com a crista da serra de mesmo nome, estruturada em filitos da Fm. Água Suja. Elevações relacionadas a uma faixa de filitos definem o limite NE do carste. A leste, divisores topográficos separam esta área do carste Casa de Pedra. Vales cegos são formados a partir das drenagens provenientes dos filitos e a recarga autóctone é pouco significativa. O limite do carste com o rio Iporanga configura sua zona de descarga, onde devem estar localizadas possíveis ressurgências. Essa área é totalmente englobada pelos limites do PETAR.

4.6.2.5 Carste da Cachimba

O Carste da Cachimba está localizado no alto curso do rio Iporanga, sendo que parte das drenagens que acessam as áreas carbonáticas provém da borda do Planalto Atlântico. A área compreende uma faixa de mármore impuros da Fm. Mina de Furnas e uma pequena faixa de mármore da Fm. Passa Vinte (Figura 40).

Figura 40. Carste da Cachimba (em vermelho os limites do PETAR)



Os mármore impuros estão posicionados no flanco NW do anticlinal da Onça Parda. A paisagem é tipicamente fluvial, não sendo observadas depressões fechadas e tão pouco vales cegos. O rio Iporanga atravessa a faixa carbonática ao longo do seu eixo principal.

Próximo aos limites do PETAR, no alto curso do rio Iporanga, são observadas depressões fechadas e sumidouros relacionados a pequenas faixas de mármore da Fm. Passa Vinte. A maior parte das depressões está entre o limite do Parque e o bairro da Cachimba. Os mapas indicam que as drenagens do alto curso do rio Iporanga infiltram em sumidouros fora dos limites do Parque e ressurgem em algum ponto dentro ou nos limites do PETAR. Esta área merece um levantamento mais detalhado, com prospecção de cavernas e localização de sumidouros e ressurgências. As cavernas indicadas nesta área (Grutas Oncinha I e II) aparecem fora de litologias carbonáticas.

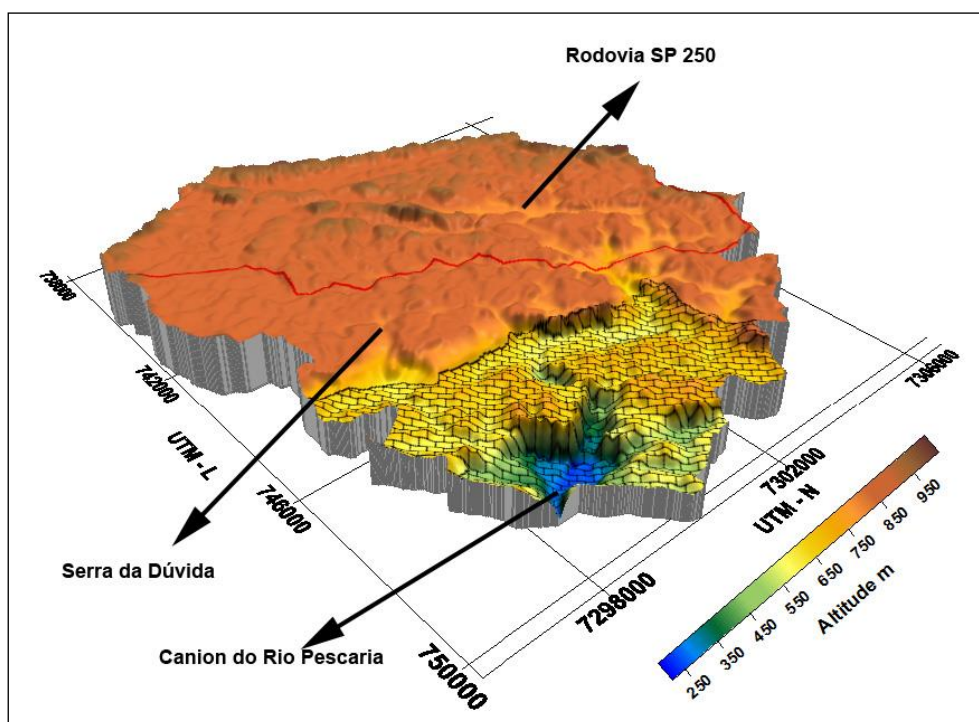
Aparentemente trata-se de um pequeno sistema cárstico, que drena uma ampla área de captação fora dos limites do Parque e que descarrega as águas infiltradas no interior do PETAR. A área de captação está sob influência direta do bairro da Cachimba – Apiaí e da Rodovia SP-250. Medidas devem ser tomadas para que as atividades desenvolvidas nesta área preservem a qualidade das águas do rio Iporanga.

4.6.3 Bacia do Ribeirão Pescaria

4.6.3.1 Carste Temimina-Pescaria

Esta área é uma continuidade espacial dos mármores (Fm. Bairro da Serra) do carste Caboclos – Casa de Pedra; porém, neste setor a faixa carbonática é mais contínua, menos entrecortada por litologias não carstificáveis (Figura 41). Parte do relevo do planalto é condicionado pela sinforma do Espírito Santo, e por uma antiforma alinhada à escarpa da Falha da Figueira. Sistemas de falhas alinhados e transversais à faixa carbonática também são observados.

Figura 41. Carste Temimina-Pescaria (em vermelho os limites do PETAR)



A recarga autóctone é realizada por diversas depressões das margens direita e esquerda do Ribeirão Pescaria; no entanto, o maior volume de água injetado no carste está relacionado às bacias que drenam principalmente os relevos graníticos da borda do Planalto Atlântico. Destaca-se a bacia do Ribeirão Temimina, que drena aproximadamente 58 km² antes de desaguar num sumidouro. Depressões profundas e alongadas estão presentes na faixa de contato entre os granitos e os mármores.

O grande volume de água aportado para esta área cárstica é responsável pelo entalhamento do cânion do Ribeirão da Pescaria, área de descarga dos sistemas que drenam o planalto. No fundo do cânion, as ressurgências da Gruta da Pescaria e da Gruta Desmoronada são responsáveis pela descarga das águas infiltradas em setores do planalto localizados respectivamente nas margens direita e esquerda. Um teste com traçador realizado por Peter Slavec (Entrevista – Desnível Eletrônico Vol I. N. 2 – 2004) comprovou a conexão da Gruta da Cabana com a Gruta Desmoronada.

Certamente outros sistemas hidrológicos estão presentes na área, que merece um estudo de maior detalhe.

Uma área de aproximadamente 45 km² relacionada a bacia do Ribeirão Teminina e localizada fora dos limites do PETAR é a principal fonte de recarga do carste. A bacia está sob influência direta da Rodovia SP-250, configurando, portanto, uma área de risco ambiental, sujeita a acidentes envolvendo cargas tóxicas. Medidas devem ser tomadas para que as atividades desenvolvidas nesta região sejam compatíveis com a preservação dos sistemas cársticos do Parque.

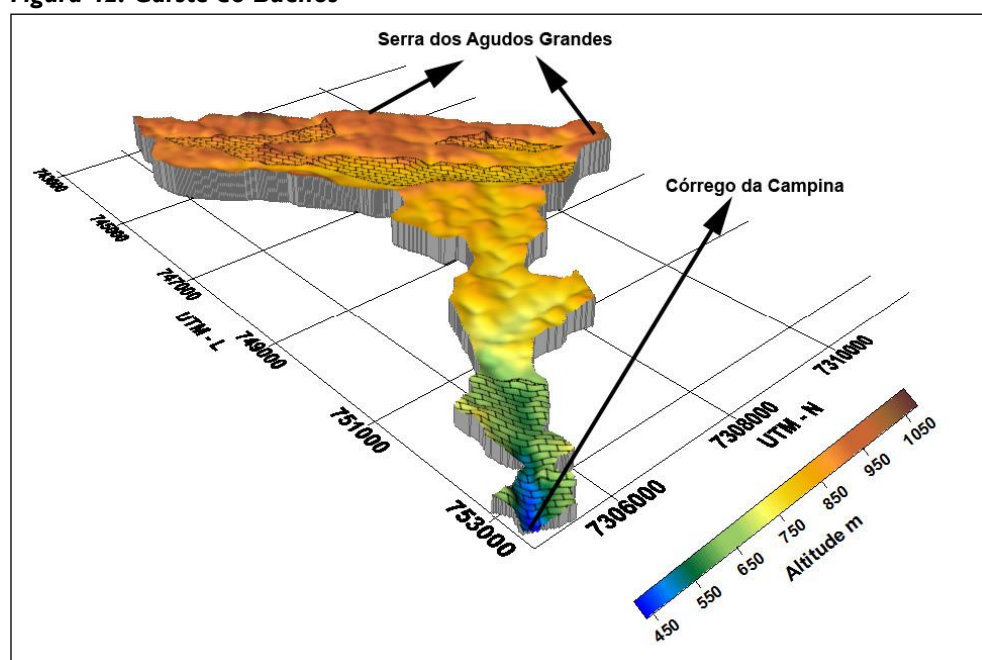
4.6.4 Bacia Córrego da Campina

4.6.4.1 Carste do Buenos

Nesta área o carste está associado a faixas carbonáticas que ocupam setores do fundo de um vale abastecido por nascentes da Serra dos Agudos Grandes. A bacia drena principalmente rochas graníticas, metarenitos e xistos.

Nas faixas carbonáticas observadas no alto curso do vale o relevo é tipicamente fluvial; as principais feições cársticas desta área ocorrem no baixo curso, onde o rio principal cruza um setor de aproximadamente 2 km² da faixa de mármore da Fm. Bairro da Serra. A partir deste ponto o rio principal se infiltra e são observadas depressões fechadas e cavernas. O sistema de cavernas Buenos está associado ao sumidouro do rio principal (rio Buenos), com destaque para a gruta Buenos I, com 2690 metros de desenvolvimento horizontal e 47 metros de desnível (Camargo e Brandi 2009). É importante ressaltar que nesta zona ocorre a descarga hídrica de sistemas cársticos localizados nas margens do rio Buenos, desenvolvidos na mesma faixa de mármore. A descarga das águas infiltradas ocorre rio abaixo, em algum ponto do fundo do vale principal.

Figura 42. Carste do Buenos



Esta área está totalmente englobada nos limites do PETAR; no entanto, as imagens de satélite mostram que no alto curso do vale existem estradas, a floresta foi removida em alguns setores e aparentemente algum tipo de atividade econômica está em desenvolvimento. A preservação desta área é fundamental para a manutenção da qualidade das águas que se infiltram no carste.

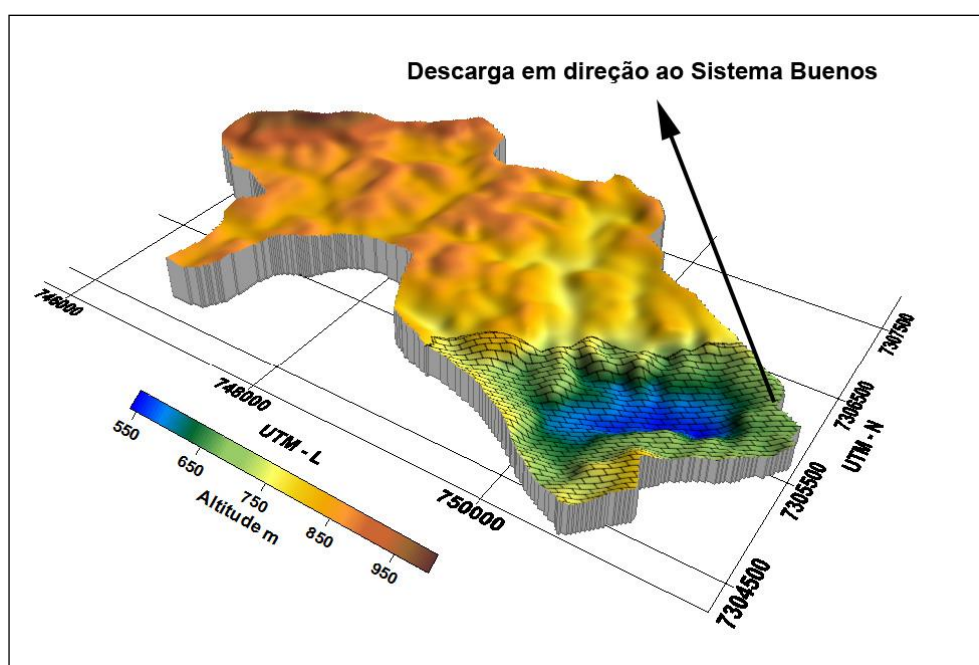
4.6.4.2 Carste Três Amigos

A designação desta área está relacionada ao abismo de mesmo nome encontrado em seu interior - o abismo Los Tres Amigos -, com 2.500 m de desenvolvimento horizontal e 200 m de desnível (Camargo e Brandi 2009). Uma representação da área pode ser observada na Figura 43.

Trata-se de uma bacia de drenagem formada quase que exclusivamente sobre terrenos graníticos que perde suas águas para sumidouros numa zona deprimida no contato com os mármorees da Fm. Bairro da Serra. No topo da estreita faixa carbonática que margeia a zona dos sumidouros, observa-se uma seqüência de pequenas depressões autóctones. Nesta área de divisores, aproximadamente 250 metros acima do fundo da depressão de contato, encontra-se a entrada do abismo Los Tres Amigos. Duas depressões também foram identificadas num setor a montante da zona deprimida, numa área onde o mapa geológico não indica ocorrência de carbonatos. A zona de descarga desta área cárstica está associada ao sistema de cavernas Buenos, descrita anteriormente.

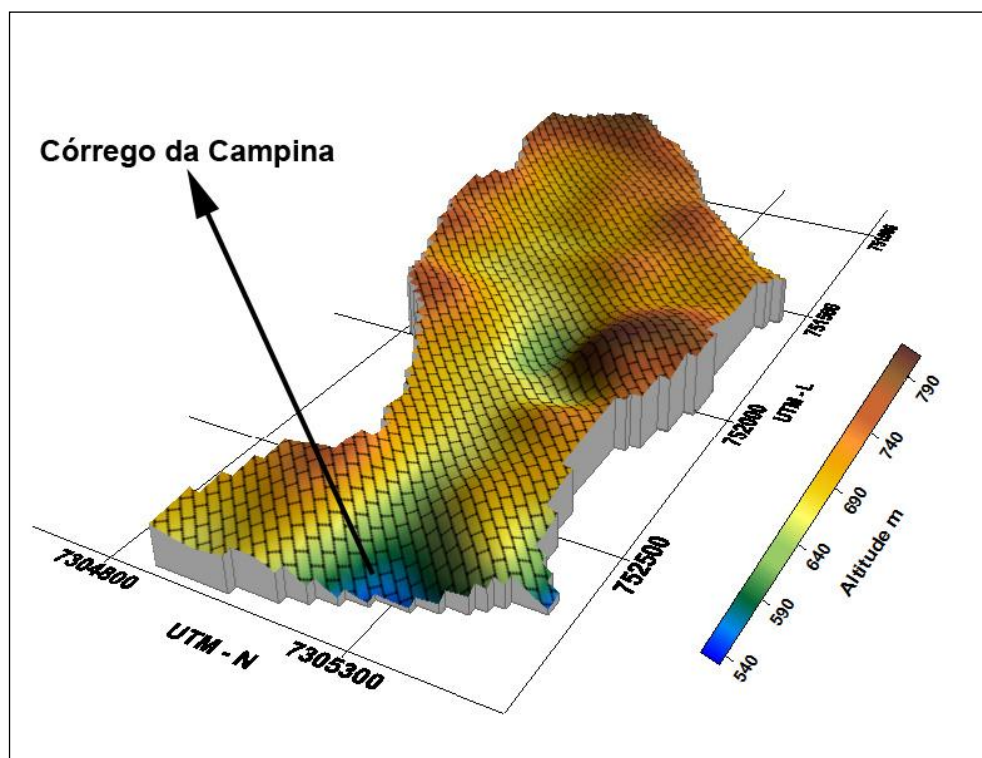
Esta área é englobada pelos limites do PETAR; a vegetação de floresta recobre toda a sua extensão, sendo que no alto curso da bacia observam-se algumas manchas indicativas de remoção da cobertura florestal.

Figura 43. Carste Três Amigos (em vermelho os limites do PETAR)



Limitada a norte pelo carste Três Amigos, esta área recebe esta designação por conta de um pequeno abismo de mesmo nome localizado no seu interior. Trata-se de uma pequena bacia retilínea, com aproximadamente 2 km de comprimento, cujo vale principal foi segmentado pela evolução de depressões (Figura 44). Depressões de menor tamanho também são observadas no alto curso da bacia, no limite com o carste Três Amigos. A descarga das águas infiltradas ocorre na margem direita do córrego da Campina. A área apresenta cobertura florestal e está englobada pelos limites do PETAR.

Figura 44. Carste Bananeira Preta



4.6.4.4 Carste do Areado

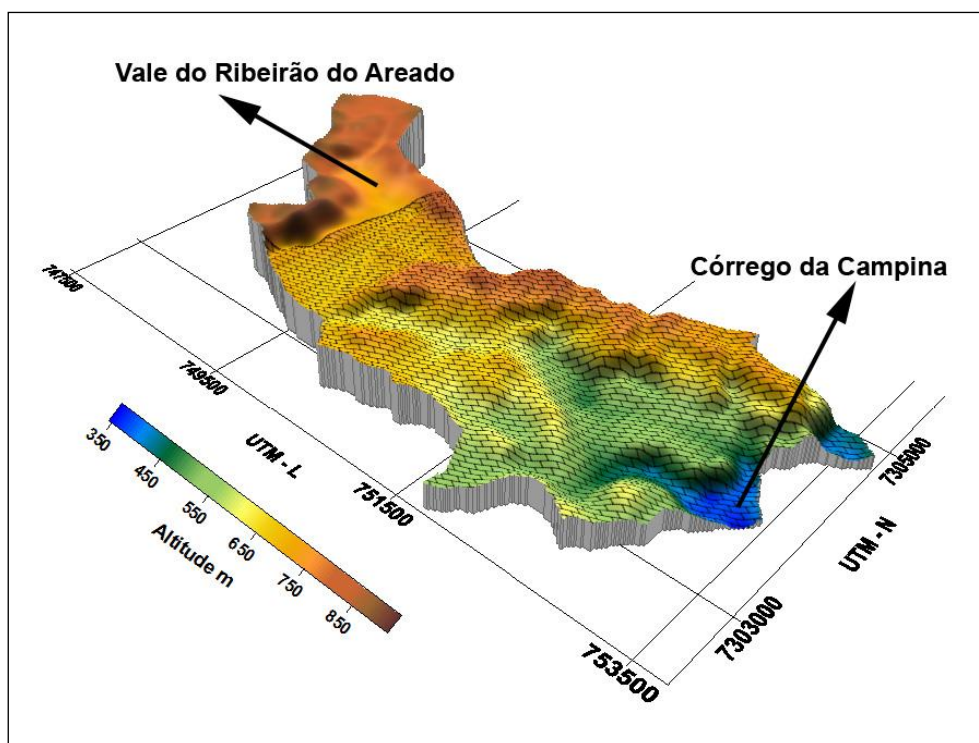
Após drenar uma faixa de granitos da borda do Planalto Atlântico, a bacia do ribeirão Areado, com direção geral NW-SE, intercepta os mármores da Fm. Bairro da Serra. Depois de percorrer aproximadamente 1,4 km sobre os mármores, o ribeirão Areado é capturado para o meio subterrâneo, onde percorre o sistema de cavernas Areado. De acordo com a topografia da caverna Areado Grande III, com aproximadamente 6000 m de desenvolvimento e 72 m de desnível (gentilmente cedida pela União Paulista de Espeleologia, UPE – em fase de acabamento), a partir do sumidouro, a drenagem inflete para leste, depois para sul, e finalmente para SE, no sentido da zona de descarga, na margem direita do Córrego da Campina. É possível que a Gruta da Lebre faça parte do percurso final do fluxo subterrâneo em direção a zona de descarga (comunicação oral de Fábio Geribello –UPE).

A jusante do sumidouro do ribeirão Areado, o carste apresenta um mosaico de depressões em continuidade ao observado no carste Bananeira Preta e no carste Três

Amigos (áreas limítrofes). É provável que outro sistema hidrológico esteja associado a este setor, com possível conexão com a gruta do Fundão, que apresenta 710 m de desenvolvimento horizontal e 40 m de desnível.

Uma representação da área pode ser observada na Figura 45. Toda a área é circunscrita pelos limites do PETAR e apresenta cobertura florestal preservada

Figura 45. Carste do Areado

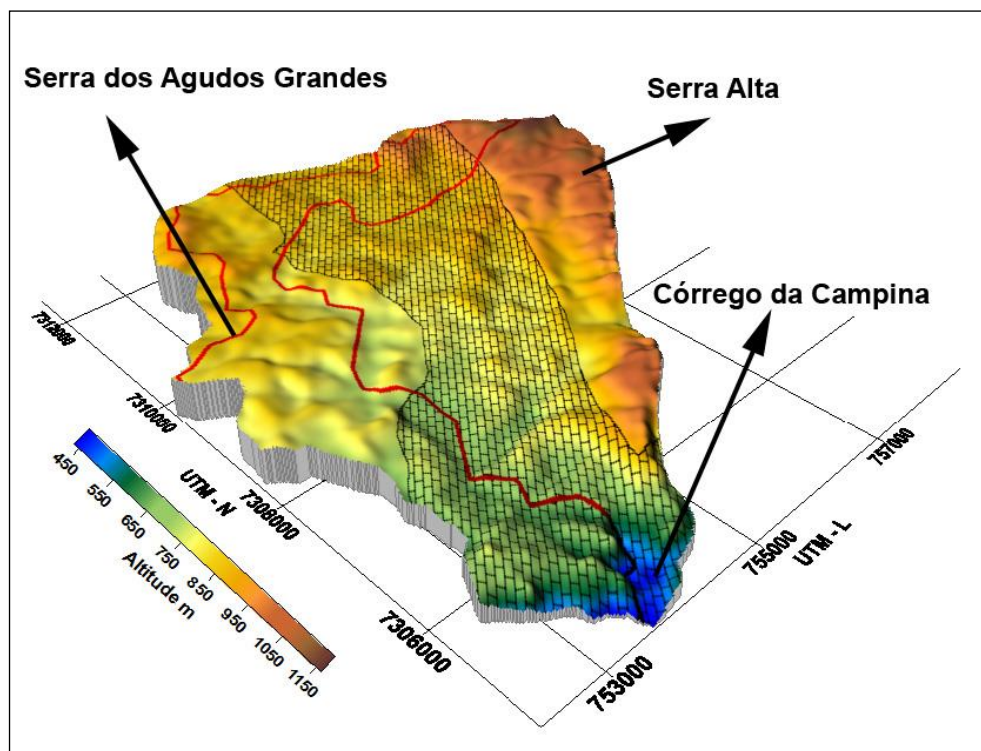


4.6.4.5 Carste Bulhas d'Água

Localizada no norte do PETAR esta área cárstica se desenvolve sobre uma faixa de mármore da Fm. Bairro da Serra, alongada na direção NE-SW. A oeste o carste é limitado pelas rochas graníticas da Serra dos Agudos Grandes e a leste pela Serra Alta (designação adotada neste trabalho), estruturada em metarenitos da Fm. Betari (Figura 46). Ao norte o carste é limitado por divisores de drenagem relacionados aos mármore e metarenitos; próximo desta área também afloram rochas graníticas. Um afluente na margem esquerda do Córrego da Campina promove a descarga do carste.

A leste, a Serra Alta promove importante recarga alóctone; vales cegos alinhados estão presentes na faixa de contato dos mármore e metarenitos. Este comportamento não é observado a oeste, no contato com os granitos. A porção norte e central da faixa carbonática é dominada por uma paisagem fluvial, sendo que a rede de drenagem é pouco segmentada por sumidouros e a ocorrência de depressões autóctones é esparsa e de pequeno porte.

Figura 46. Carste Bulhas d'Água (em vermelho os limites do PETAR)



A principal expressão do carste poligonal ocorre ao sul, em direção à zona de descarga hídrica; neste setor observa-se um mosaico de depressões autóctones conectado a vales cegos, que drenam as serras marginais. De acordo com Camargo e Brandi (2009), diversas cavernas estão presentes nesta área.

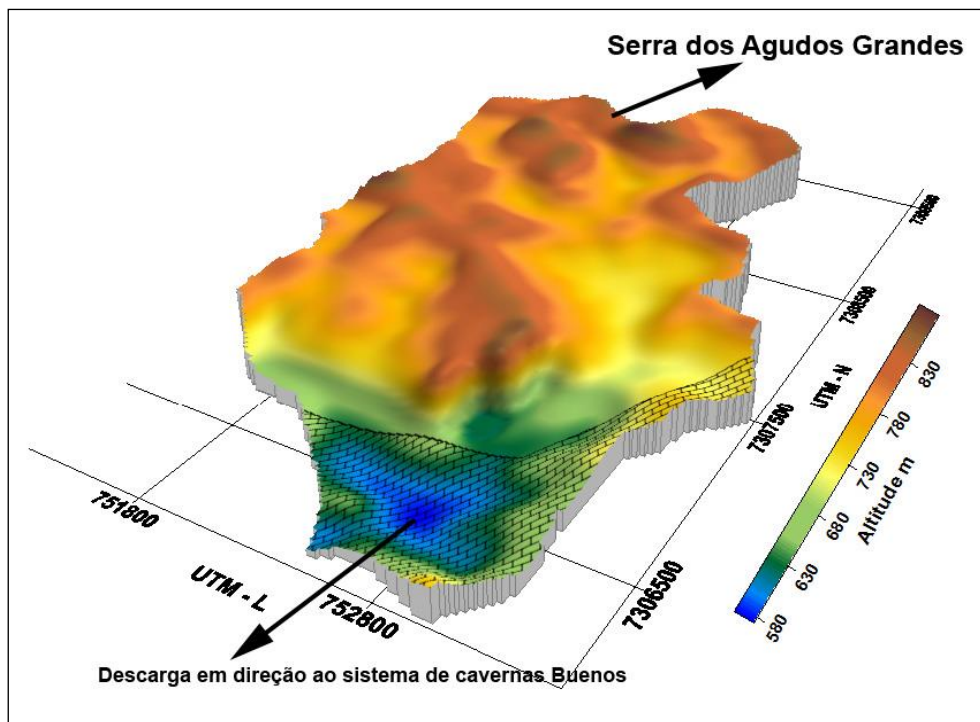
Apenas um setor ao norte, uma faixa a oeste e a zona de descarga ao sul encontram-se dentro dos limites do PETAR; a faixa mais significativa do carste e toda a área de recarga alóctone da Serra Alta estão fora dos limites do Parque, incluindo um significativo conjunto de cavernas já documentado (Camargo e Brandi 2009). Aparentemente a vegetação de floresta encontra-se preservada na região da Serra Alta, em parte da Serra dos Agudos Grandes e no setor centro sul do carste; no entanto, na porção centro norte, dentro e fora dos limites do Parque são observadas propriedades com pastagens e áreas de cultivo, algumas exibindo feições erosivas

4.6.4.6 Carste Xuxuzeiro

Trata-se de uma faixa dos mármores da Fm. Bairro da Serra que recebe as drenagens de duas bacias graníticas abastecidas por nascentes da Serra dos Agudos Grandes (Figura 47). Como é comum na região, importante desnível topográfico é observado na faixa de contato entre as duas litologias. As drenagens convergem para uma zona de absorção que deve ter como ponto de descarga alguma rota relacionada ao sistema de cavernas Buenos.

Esta área é totalmente englobada pelo PETAR, no entanto, boa parte da floresta foi removida no alto curso da bacia e substituída por pastagens.

Figura 47. Carste Xuxuzeiro



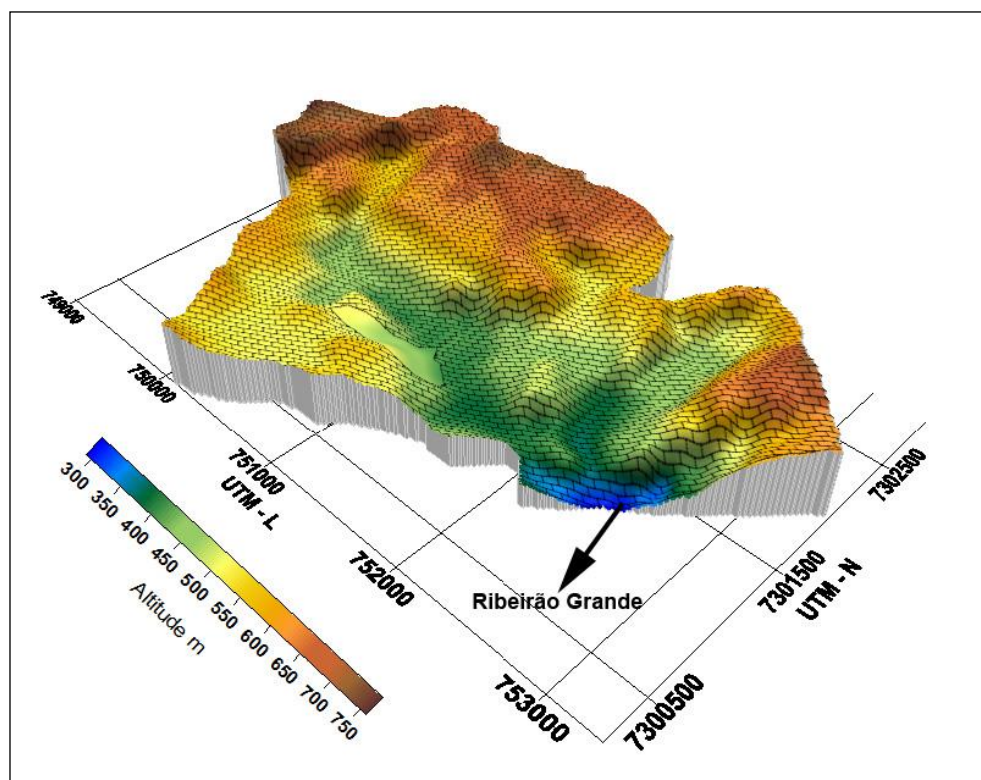
4.6.5 Bacia do Ribeirão Grande

4.6.5.1 Carste do Ribeirão Grande

Basicamente sobre os mármorees da Fm. Bairro da Serra (apenas uma pequena ocorrência de metarenito aflora em seu interior), a área é caracterizada principalmente pela paisagem fluvial do vale do Ribeirão Grande, cujo curso é interrompido por um sumidouro (Figura 48). O vale é margeado pontualmente por depressões fechadas nos divisores; depressões também estão presentes numa sub-bacia paralela ao vale principal. A zona de descarga dos sistemas fica em algum ponto a jusante, próximo ao contato com os metassedimentos pelíticos da Fm. Iporanga.

A área é totalmente englobada pelos limites do PETAR e apresenta vegetação de floresta bem preservada.

Figura 48. Carste do Ribeirão Grande



4.6.6 Bacia do Rio Ribeira

4.6.6.1 Carste de Bombas

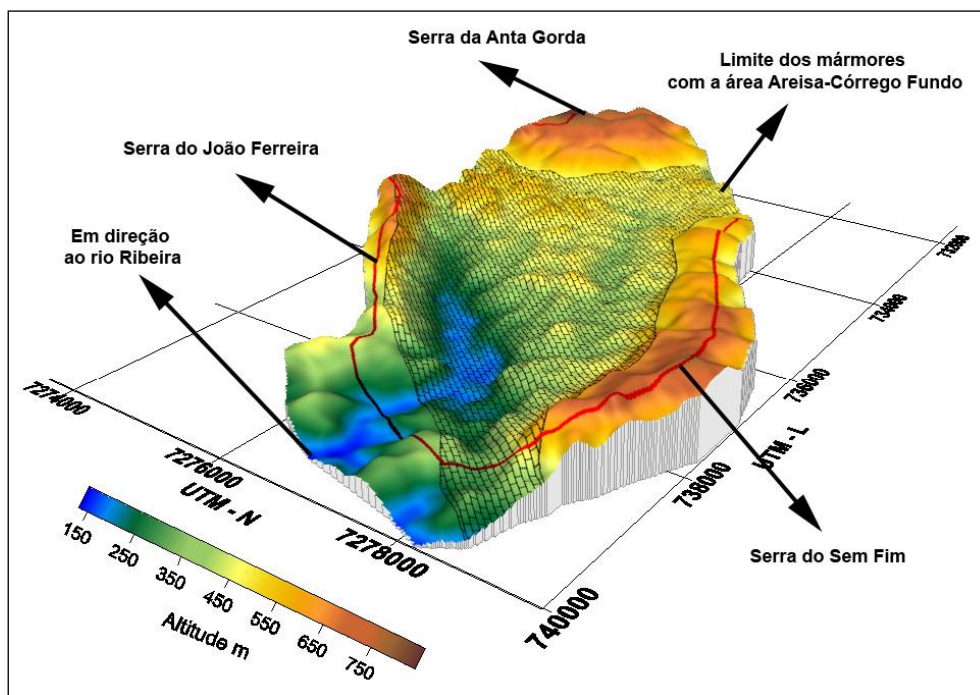
Nesta área os mármore da Fm. Bairro da Serra representam uma continuidade espacial da superfície carbonática da área Areias - Córrego Fundo (bacia do Rio Betari); no entanto, os estudos hidrológicos realizados por Genthner *et al.* (2003) mostraram tratar-se de um sistema hidrológico independente. Porém, os estudos realizados não permitiram estabelecer sobre a faixa carbonática o limite exato entre os dois sistemas; o trabalho é conclusivo apenas quanto à destinação das águas provenientes das bacias da Serra da Anta Gorda, principal área de recarga alóctone.

Baseado na análise do relevo, este trabalho delimitou uma linha divisória entre as duas áreas; no entanto, apenas estudos hidrológicos mais detalhados poderão estabelecer com precisão este limite. Portanto, é fundamental que nesta faixa fronteira, sejam adotadas medidas para impedir a realização de atividades que venham a prejudicar a qualidade das águas que porventura rumam para o sistema de cavernas Areias (carste Areias-Córrego Fundo). A Figura 49 apresenta uma representação do Carste de Bombas.

Os mármore ocupam o flanco NE da antiforma do Sem Fim, cujo eixo coincide com a crista da serra do mesmo nome. Nos mármore, a feição estrutural dominante é uma sinforma de flanco invertido. Este carste recebe importante recarga alóctone das bacias que drenam os metassedimentos pelíticos (Fm. Betari) da Serra da Anta Gorda e da

Serra do Sem Fim, em cujos sopés, alinham-se sumidouros relacionados a vales cegos. Dezenas de depressões fechadas promovem a recarga autóctone do carste.

Figura 49. Carste de Bombas (A linha vermelha representa o limite do PETAR)



O vale do rio Bombas segue entre o planalto carbonático e a Serra do João Ferreira; nesta área deprimida ao longo do lineamento da Falha da Figueira ocorre a descarga das águas infiltradas no carste. A ressurgência de Bombas é o principal ponto de descarga; Genthner *et al.* (opt. cit.), comprovou a conexão desta fonte com o sumidouro do Roncador (drenagem proveniente da Serra da Dúvida). As águas coletadas pelo rio Bombas seguem em direção à margem esquerda do Rio Ribeira.

Esta área encontra-se dentro dos limites do PETAR e abriga famílias remanescentes de quilombolas. A imagem de satélite mostra clareiras em meio à cobertura florestal. A remoção da cobertura vegetal, a prática de atividades agrícolas e a eliminação de resíduos na zona de recarga do carste podem comprometer a qualidade das águas de fontes cársticas do rio Bombas. É fundamental, portanto, um disciplinamento das atividades nesta área.

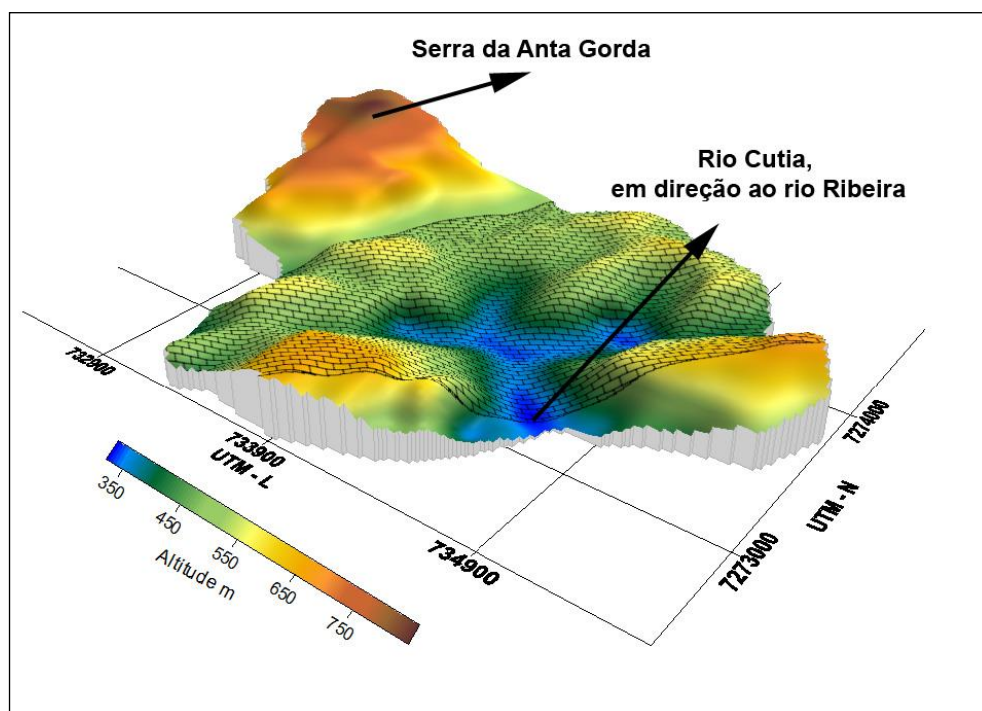
Vale frisar, que na faixa carbonática não existe um limite preciso do divisor de drenagem com o sistema de cavernas Areias; portanto, nesta faixa fronteira, medidas rígidas devem ser adotadas para não comprometer a qualidade das águas que porventura rumam para este sistema.

4.6.6.2 Carste Cutia

Esta área ocupa o setor a SW dos mármore que formam o carste da região de Bombas. O carste é dominado por uma paisagem fluvial relacionada ao Córrego Cutia, que

deságua na margem esquerda do rio Ribeira (Figura 50). A principal recarga é realizada por um vale cego proveniente da Serra da Anta Gorda. A área é quase toda englobada pelo PETAR; algumas clareiras são observadas em meio à cobertura florestal.

Figura 50. Carste Cutia



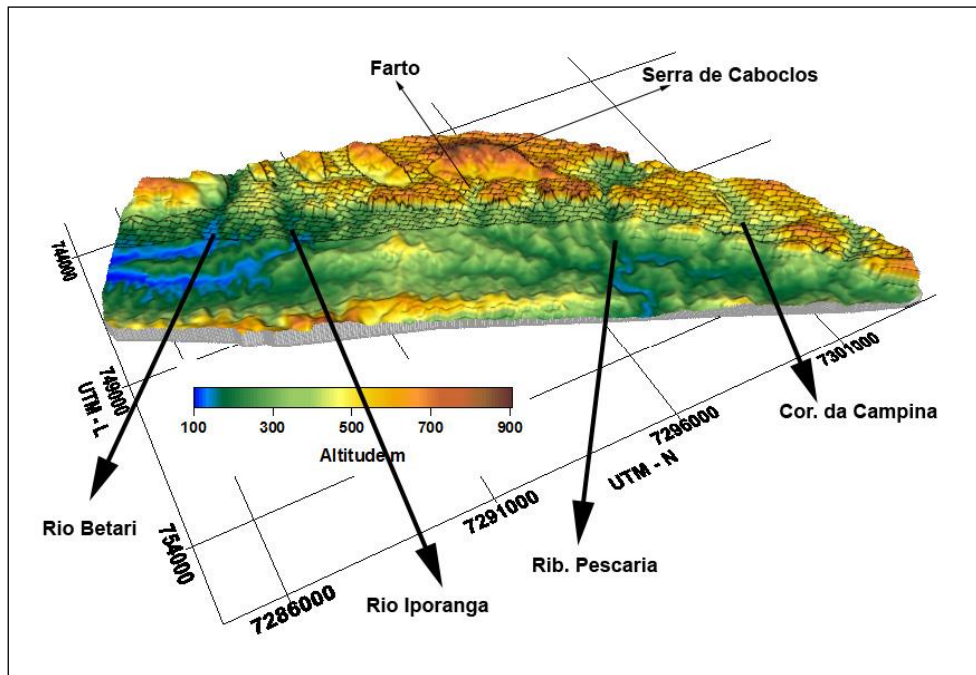
4.6.6.3 Relevos Cársticos da Falha da Figueira

Neste setor são descritos terrenos cársticos que ocorrem nos mármore da Fm. Bairro da Serra, em faixas estreitas ao longo do lineamento da Falha da Figueira, na borda do planalto que abriga as áreas cársticas Caboclos - Casa de Pedra, Teminina Pescaria, Areado, Buenos e Bulhas (Figura 51). A faixa é cortada pelos rios principais que drenam os planaltos carbonáticos.

Em alguns setores predomina uma paisagem tipicamente fluvial, em outros, pequenos conjuntos de depressões fechadas são observados nos divisores de drenagem. Depressões isoladas também ocorrem ao longo da faixa. Na bacia do ribeirão do Farto, sumidouros injetam as águas coletadas nas bacias que drenam os metarenitos da Serra dos Caboclos.

Toda a faixa encontra-se dentro dos limites do PETAR, e é recoberta por florestas; no entanto, no setor sul, diversas clareiras são observadas próximo à foz do rio Iporanga.

Figura 51. Relevos Cársticos da Falha da Figueira



4.7 Solos

4.7.1 Contexto Regional

4.7.1.1 Mapeamento de Solos

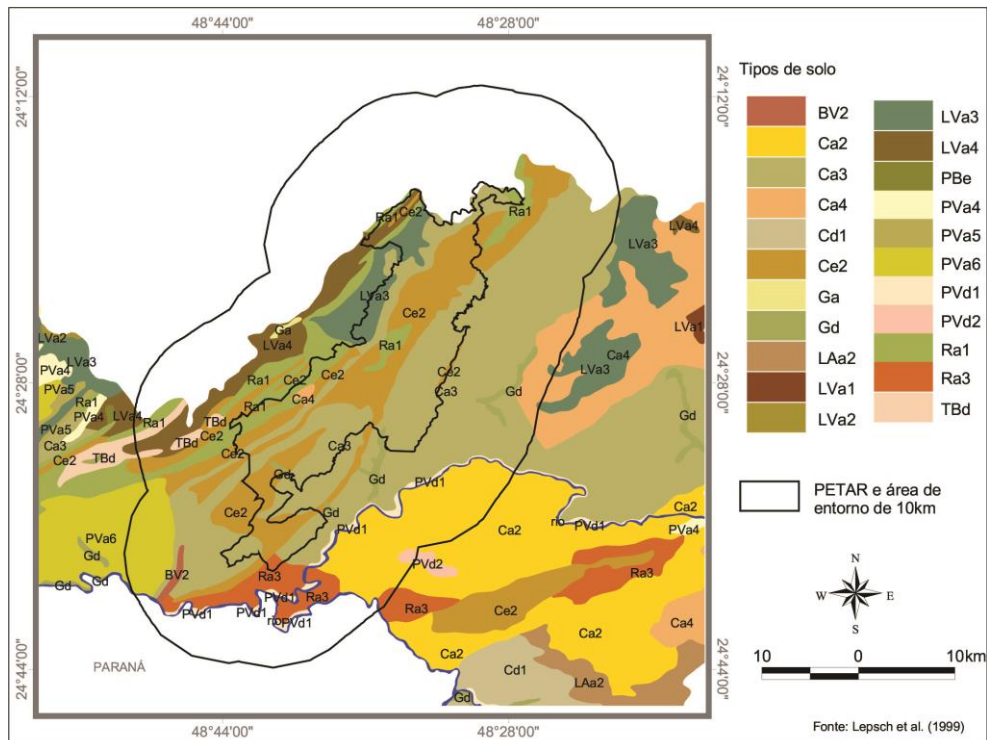
Os trabalhos de mapeamento de solos para a região apresentam escala generalizada de 1:500.000 e 1:250.000. Lepsch *et al* (1999) em trabalho na escala 1:250.000 (Figura 52), aponta a presença das classes de solos descritas a seguir, também citadas por Oliveira *et al* (1999) em trabalho de menor detalhe, escala 1:500.000 (Figura 53): Ce2, associação complexa Cambissolo eutrófico argila de atividade alta com horizonte A moderado, textura argilosa, substrato calcário + Brunizem Avermelhado textura argilosa + Solo Litólico Álico, argila de atividade alta com horizonte A moderado, textura média ou argilosa, substrato calcário, todos fase rochosa e relevo montanhoso ou fase relevo escarpado; LVA3, associação de Latossolo Vermelho Amarelo pouco profundo + Latossolo Vermelho Amarelo ambos horizonte A moderado, textura argilosa, fase relevo forte ondulado; Ca3, associação de Cambissolo Álico argila de atividade baixa horizonte A moderado, textura muito argilosa + Solos Litólicos Álicos argila de atividade baixa, horizonte A moderado, ambos substrato metasedimentos argilosos, fase relevo montanhoso ou escarpado; Ra I, associação de Solos Litólicos Álicos argila de atividade baixa, horizonte A moderado, textura média, substrato quartizito + Afloramento Rochoso, fase relevo escarpado; Ca4 Cambissolo Álico, associação de Cambissolo álico argila de atividade baixa + Cambissolo Álico latossólico ambos horizonte A moderado, textura argilosa ou argilosa com cascalho, substrato granito, fase rochosa em relevo montanhoso; Gd Gleissolo distrófico, associação complexa de Gleissolo distrófico e eutrófico, argila de atividade baixa e textura argilosa + Cambissolo distrófico e eutrófico, argila de atividade baixa com horizonte A moderado, textura argilosa/média ou argilosa, substrato sedimentos aluviais, fase relevo plano.

No planejamento territorial da bacia do Rio Ribeira de Iguape, Theodorovicz & Theodorovicz (2005) apontam a presença de solos profundos em terrenos onde chove muito em grande parte do ano, mesmo nas porções mais montanhosas. Porém nestes tipos de relevos processos pedogenéticos se desenvolvem diferenciadamente nas diversas porções das encostas. Portanto mesmos profundos os solos apresentam grau de evolução pedogenética bastante variável, resultando em locais de mesmo domínio de substrato rochoso, em curtas distâncias, solos com as mais diversas características físico-químicas.

Uma particularidade é a existência de pequenas parcelas irregularmente distribuídas de solos com horizonte superior de cor cinza-escuro ou preta. São terrenos que se diferenciam por serem sustentados por seqüências metavulcanossediementares, com presença de rochas calcárias. Essas rochas calcárias se alteram para solos bastante argilosos, plásticos, muito pouco permeáveis, de baixa erosividade natural, de alta capacidade de compactação e se tornam excessivamente aderentes e escorregadios quando molhados e, quando secos, entram facilmente em suspensão. As características topográficas são favoráveis a que ocorram grandes movimentos de massa (escorregamentos) e processos erosivos, tanto laminar como concentrado, portanto o potencial de erosão hídrica é alto. Devido à boa qualidade da maior parte dos solos que

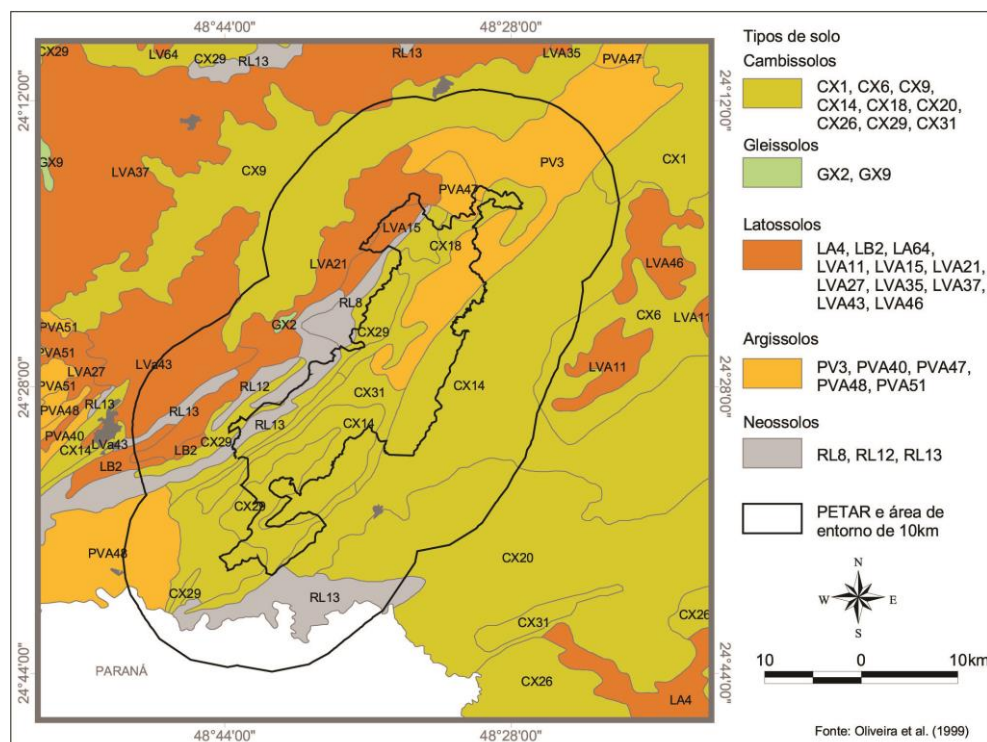
sustentam esses relevos é neles que se encontram as partes mais densas, exuberantes e diversificadas da Mata Atlântica.

Figura 52. Mapa de solos do Vale do Ribeira na escala 1:250.000 de Lepsch et al. 1999



Legenda: BV2= Chernossolo (anteriormente, Brunizem Avermelhado); Ca= Cambissolos álicos; Cd= Cambissolos distróficos; Ce= Cambissolos eutróficos; Ga= Gleissolos álicos; Gd= Gleissolos distróficos; LAa= Latossolos Amarelos álicos; LVa= Latossolos Vermelhos álicos; PBe= Luvissolo (Podzólico Bruno Acinzentado eutrófico); PVa= Argissolos Vermelhos álicos; PVd= Argissolos Vermelhos distróficos; Ra= Neossolos Litólicos álicos; TBd= Nitossolo (Terra Bruna Estruturada)

Figura 53. Mapa de solos do Estado de São Paulo na escala 1:500.000 de Oliveira et al. 1999



Legenda: CX = Cambissolos Háplicos; GX = Gleissolos Háplicos; LA = Latossolos Amarelos; LVA = Latossolos Vermelho-Amarelos; LB = Latossolos Brunos; PV = Argissolos Vermelhos; PVA = Argissolos Vermelho-Amarelos; RL = Neossolos Litólicos

Para Castro (2004) os solos do PETAR são característicos de Mata Atlântica, ou seja, ácidos e de baixa fertilidade, agravados pela alta declividade, apresentam pouca profundidade, sendo destinados à conservação e preservação da fauna e flora silvestres. Esta situação é amenizada pela presença natural do calcário, representando algumas manchas pontuais de maior fertilidade em áreas mais planas. A caracterização do solo do Vale do Ribeira reflete suas particularidades climáticas, o relevo plano de várzeas ou acidentado em rochas cristalinas.

De modo geral a região tem poucas áreas com solos apropriados para agricultura e muitas áreas com solos apenas regulares.

A Tabela 38 apresenta os principais solos, sua aptidão física e capacidade de uso, segundo os trabalhos executados por Lepsch na região, acrescido das unidades de mapeamento encontradas nesse trabalho do PETAR.

Tabela 38. Principais solos do PETAR, sua aptidão física e capacidade de uso

Solo dominante no Petar	Solo dominante (Lepsch et al, 1999)	Aptidão física segundo Lepsch et al.(1990)	Capacidade de uso segundo LEPSCH et al.(1990)	Núcleos do PETAR
LVA, LA2	LVa3	2a(bc) aptidão regular (níveis de manejo B e C)	VIIIe terras impróprias para culturas, pastagem ou reflorestamento, podendo servir para abrigo da flora e da fauna silvestre, que apresenta limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão	Região da Bulha d'Água e Capinzal
		2(a)b(c) aptidão regular (nível de manejo B)	IVes terras apropriadas para culturas anuais, perenes ou ocasionalmente anuais com problemas complexos de conservação ou melhoramento, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre IVe terras apropriadas para cultivos perenes ou ocasionalmente anuais com problemas complexos de conservação e/ou melhoramento, que apresenta limitações conjuntas pela erosão e pelo solo	
		4p aptidão regular para pastagem plantada	Vle terras impróprias para culturas, mas ainda próprias para pastagens com problemas simples de conservação e/ou reflorestamento e vida silvestre, que apresenta limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão	
		5s aptidão regular para silvicultura, sem aptidão para pastagem natural	IVes terras apropriadas para culturas anuais, perenes ou ocasionalmente anuais com problemas complexos de conservação ou melhoramento, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre IVe terras apropriadas para cultivos perenes ou ocasionalmente anuais com problemas complexos de conservação e/ou melhoramento, que apresenta limitações conjuntas pela erosão e pelo solo;	
LVA, LA2, PVA2	LVa4	4p aptidão regular para pastagem plantada	Vle terras impróprias para culturas, mas ainda próprias para pastagens com problemas simples de conservação e/ou reflorestamento e vida silvestre, que apresenta limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão	Região de Caboclos e Casa de Pedra
		2(a)b(c) aptidão regular (nível de manejo B)	IVes terras apropriadas para culturas anuais, perenes ou ocasionalmente anuais com problemas complexos de conservação ou melhoramento, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre IVe terras apropriadas para cultivos perenes ou ocasionalmente anuais com problemas complexos de conservação e/ou melhoramento, que apresenta limitações conjuntas pela erosão e pelo solo	

		5s aptidão regular para silvicultura, sem aptidão para pastagem natural	IVes terras apropriadas para culturas anuais, perenes ou ocasionalmente anuais com problemas complexos de conservação ou melhoramento, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre IVe terras apropriadas para cultivos perenes ou ocasionalmente anuais com problemas complexos de conservação e/ou melhoramento, que apresenta limitações conjuntas pela erosão e pelo solo	
CX7	LVa4	6 aptidão restrita (nível de manejo A), preservação da flora e da fauna	VIIIe terras impróprias para culturas, pastagem ou reflorestamento, podendo servir para abrigo da flora e da fauna silvestre, que apresenta limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão	
CX4, CX6, CX7	LVa3	2(a)b(c) aptidão regular no nível de manejo B	IVes terras apropriadas para culturas anuais, perenes ou ocasionalmente anuais com problemas complexos de conservação ou melhoramento, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre IVe terras apropriadas para cultivos perenes ou ocasionalmente anuais com problemas complexos de conservação e/ou melhoramento, que apresenta limitações conjuntas pela erosão e pelo solo	Região de Caboclos e Casa de Pedra
LA2, LV2, LVI	LVa4	3(a) aptidão restrita no nível de manejo A	IIIes terras próprias para culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre, que apresenta limitações conjuntas pela erosão e pelo solo	
LVA, LA2, LV2	LVa4	5s aptidão regular para silvicultura, sem aptidão para pastagem natural	VIIIe terras impróprias para culturas, pastagem ou reflorestamento, podendo servir para abrigo da flora e da fauna silvestre, que apresenta limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão	
LVA, LA2, LV2	LVa4	4p aptidão regular para pastagem plantada	VIe terras impróprias para culturas, mas ainda próprias para pastagens com problemas simples de conservação e/ou reflorestamento e vida silvestre, que apresenta limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão;	

RLI	RaI	6 aptidão restrita (nível de manejo A), preservação da flora e da fauna	VIII terras impróprias para culturas, pastagem ou reflorestamento, podendo servir para abrigo da flora e da fauna silvestre, que apresenta limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão
CX4, CX7, CX15	Ce2	6 aptidão restrita (nível de manejo A), preservação da flora e da fauna	VIII terras impróprias para culturas, pastagem ou reflorestamento, podendo servir para abrigo da flora e da fauna silvestre, que apresenta limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão
LA I		3(a) aptidão restrita no nível de manejo A	III terras próprias para culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre, que apresenta limitações conjuntas pela erosão e pelo solo
RL2	Ca3	6 aptidão restrita (nível de manejo A), preservação da flora e da fauna	VIII terras impróprias para culturas, pastagem ou reflorestamento, podendo servir para abrigo da flora e da fauna silvestre, que apresenta limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão

Manejo Nível A: baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível tecnológico. Praticamente não há aplicação de capital para o manejo, melhoramento e/ou conservação das condições do solo e das lavouras. As práticas agrícolas dependem do trabalho braçal, podendo ser utilizado alguma tração animal com implemento agrícola simples; Manejo Nível B: baseado em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio. Caracteriza-se pela aplicação modesta de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e/ou conservação das condições do solo e das lavouras. As práticas agrícolas estão condicionadas principalmente ao trabalho braçal e a tração animal; Manejo Nível C: baseado em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico. Caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisa para manejo, melhoramento e/ou conservação das condições do solo e das lavouras. A motomecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.

4.7.1.2 Tipos de Solos

O solo é resultado de mudanças ocorridas nas rochas, mudanças estas que ocorrem com o passar do tempo, sendo que as condições climáticas e a presença de seres vivos são os principais responsáveis pela transformação da rocha e a formação do solo. Sua existência depende de cinco variáveis independentes são elas: clima, tempo, organismos vivos, relevo e material originário.

Após a realização de trabalho de campo e a fim de caracterizar as informações encontradas, foram listadas abaixo as classes de solos observadas, seguindo orientações contidas em Santos *et al.* (2006), porém não necessariamente localizadas em manchas contínuas e como unidades simples, devido ao nível de detalhamento do trabalho.

Latossolos

Solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, apresentam avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, virtualmente destituídos de minerais primários, variam de fortemente a bem drenados, normalmente profundos.

■ **Latossolo Amarelo** – solos com matriz 7,5 YR ou mais amarelo na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B. Predomina textura argilosa, apresenta horizonte A proeminente com 50 cm, o relevo varia de cristas e morrotes, morrotes pequenos, morrotes e morros cársticos eventualmente nas escarpas.

■ **Latossolo Amarelo Gleico**: Complementando a descrição acima há presença de feições redoximórficas em parte de horizonte, caracterizado por redução de ferro influenciado pelo lençol freático ou lençol suspenso. Apresenta cores de croma muito baixos, próximas de neutra, tornando se mais brunada ou amarelada quando o material está exposto ao ar. Apresenta textura argilosa em relevo de base de morrote, sob substrato calcário.

■ **Latossolo Vermelho-Amarelo** – solos de cor vermelho amarelada ou amarelo avermelhada, de textura argilosa e estrutura em blocos, localizados em relevo de morros e morrotes e com variado substrato rochoso: contato de mármore/micaxisto, filito, granito, carbonato-xisto, metasiltito/mármore e gabro.

■ **Latossolo Vermelho férrico**: solos com matriz 2,5 YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm, do horizonte B; solos com alto teor de óxidos de ferro: teores de 180 g/kg a < 360 g/kg de solo (férrico). Apresenta textura argilosa a muito argilosa em relevo de morros e substrato de rocha metabásica, gabro e diabásio.

Argissolos

Solos constituídos por material mineral, que tem como características diferenciais à presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa. O horizonte B textural (Bt) se encontra imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, com exceção do hístico. Muitos argissolos apresentam evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o B. Apresentam profundidade variável, drenagem de forte a imperfeita, com cores avermelhadas a amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas.

▪ **Argissolo Amarelo** – solos com matriz 7,5 YR ou mais amarelos na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B. Apresenta textura que varia de arenosa/média a argilosa, com estrutura em blocos e presença de fragmentos de rocha na massa, sob substrato xisto e meta-arenito.

▪ **Argissolo Amarelo latossólico** – complementando a descrição acima apresenta um horizonte subsuperficial com caráter latossólico. Apresenta textura argilosa/média com estrutura em blocos subangular aos 40 cm e horizonte Bw nos 80 cm, cor 7,5 YR 4/6, em relevo de terço inferior de morrote sob substrato xisto.

▪ **Argissolo Vermelho-Amarelo** – solos de cor vermelho amarelada e amarelo avermelhada. Apresenta textura média/argilosa, quando associado ao CX torna-se cascalhento e bem estruturado no horizonte B com blocos angulares e subangulares, encontra-se em relevo e de colinas e morrrotes, sob substrato metarenito, xisto e metasiltito.

▪ **Argissolo Vermelho-Amarelo ebânico** - solos de cor vermelho amarelada e amarelo avermelhada, com a dominância de cores escuras, quase pretas, na maior parte do horizonte diagnóstico sub – superficial. Ocorrem associados a material de xisto grafitoso.

Neossolos

Solos constituídos por material mineral, ou material orgânico pouco espesso, sem alteração expressiva em relação ao material originário. Admite diversos tipos de horizontes superficiais, incluindo horizonte O com menos de 20 cm, ou horizonte A húmico ou proeminente com mais de 50 cm, alguns podem apresentar horizonte B com insuficiência de requisitos para caracterizar tal horizonte.

▪ **Neossolo Flúvico** – solos derivados de sedimentos aluviais que apresentam caráter flúvico. Horizonte glei, ou horizontes de cor pálida, variegada ou com mosqueado abundante, se ocorrem abaixo do horizonte A, devem estar a profundidades superiores a 150 cm. Sua textura segue um gradiente errático que varia de arenosa a média/argilosa, com teores também desordenados de matéria orgânica em profundidade, ocorrendo em relevo de planície normalmente associado ao Gleissolo.

▪ **Neossolo Litólico** – solos com horizonte A hístico assente diretamente sobre a rocha ou sobre horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha, que apresentam contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo. Apresenta textura média e média

siltosa em relevo de morros. O substrato varia de metasiltito, a carbonato-xisto e metarenito.

Nitossolos

Solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítico, textura argilosa ou muito argilosa, esses solos apresentam horizonte B espesso em termos de desenvolvimento de estrutura e cerosidade, apresentam argila de atividade baixa.

■ Nitossolo Vermelho – solos com matriz 2,5 YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B.

■ Nitossolo Vermelho latossólico: Complementando a descrição acima apresenta horizonte sub-superficial, cujos constituintes evidenciam avançado estágio de intemperização e espessura mínima de 50 cm, pode apresentar cerosidade pouca a fraca, pode contar com mais argila do que o horizonte sobrejacente, o horizonte apresenta diferenciação pouco nítida entre os seus sub-horizontes, com transição difusa.

■ Nitossolo Háplico - Apresenta textura argilosa e estrutura em blocos, encontrado principalmente em relevo de morrotes. Ocorrem sobre substrato de gabbro, diabásio e meta básica.

Cambissolos

Solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Comporta solos desde fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor Bruna ou Bruno-amarelada até vermelho escura, com saturação por bases variada.

■ Cambissolo Gleico – solo que apresenta caráter hidromórfico, com feições de redução de ferro e setores com prevalência do estado reduzido. Apresenta textura argilosa, horizonte com redoximorfismo a 70 cm, em relevo de sopé de morrote cárstico próximo a dolina. Textura argilosa e cascalhenta.

■ Cambissolo Háplico – solos constituídos por material mineral, que apresentam horizonte A ou hístico. Quando associado ao neossolo litólico (RL), a textura varia de média a argilosa, sob substrato variável: calcário, metabásica, granito, carbonato-xisto, xisto, metapelito, metasiltito, tilita, e filito. O relevo onde se encontra também é variado: morros, morrotes, escarpa e dolina. Quando associado ao metarenito, metaconglomerado, ardósia e metaritimito apresentam textura arenosa a média.

Gleissolos

Solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei dentro de 150 cm da superfície do solo, imediatamente abaixo dos horizontes A ou E, ou de horizonte hístico, não apresentam textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes dentro dos primeiros 150 cm da superfície do solo até um contato lítico. Os gleissolos encontram-se permanentemente ou periodicamente saturados por água, salvo quando artificialmente drenados, se caracterizam pela forte gleização, são solos mal ou muito mal drenados nas condições naturais, ocasionalmente podem ter textura arenosa somente nos horizontes superficiais, sua formação vem principalmente de sedimentos, estratificados ou não.

■ Gleissolo Háptico – Apresenta textura argilosa a muito argilosa e quando associado ao neossolo flúvico torna-se média/argilosa, sendo encontrado principalmente em relevo de planície.

Organossolos

Solos pouco evoluídos, constituído de material orgânico em sua quase totalidade, de coloração preta, cinzenta muito escura brunada, resultante da acumulação de restos vegetais. São solos de constituição orgânica em mistura com matéria mineral, com grande porção de resíduos vegetais com variado grau de decomposição, saturados por água durante a maior parte do ano. Apresentam textura areno/argilosa em relevo de planície fluvial e terraços associado às colinas.

4.7.2 Os Solos do PETAR e sua Área de Entorno³⁸

4.7.2.1 Unidades de Mapeamento de Solos

Foram encontradas e mapeadas 31 unidades de solo, sendo algumas simples e outras compostas por associações de dois elementos, descritas a seguir:

Afloramento

Os afloramentos rochosos são encontrados em sua maioria em declives que variam de 30 a 60% ou superiores, em litologias de meta arenito, metassiltitos, mármore e filitos.

Unidade LAI

Composta por dois elementos, Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo distrófico + Cambissolo Háptico Ta/Tb eutrófico/distrófico pedregoso ou não e rochoso ou não, ambos textura média e argilosa, que se apresentam em sua maioria em relevo de morrotes e morros, morrotes e morros cársticos e morrotes. Pequenas áreas mais aplainadas de sopé e terço inferior de vertente nos compartimentos de relevo de cristas e morros paralelos, montanhas e cristas. Dominantemente ocorrem sobre litologia de mármore e carbonatos e normalmente em declives baixos inferiores a 8%.

³⁸ No contexto deste item, o termo área de entorno corresponde a um *buffer* de 10 km ao longo de todo limite do Parque.

Unidade LA2

Composta por dois elementos, Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo + Cambissolo Háplico Tb pedregoso ou não e rochoso ou não ambos distróficos textura média e argilosa, que se apresentam em relevo de morrotes, morrotes e morros e morrotes pedimentares. Como na unidade anterior, pequenas áreas mais aplainadas de sopé e terço inferior de vertente nos compartimentos de relevo de montanhas, morros angulosos, morros maciços, escarpa em vale paralelo, cristas, cristas e morros paralelos. estão presentes sobre litologia de filito, xisto, granitóides, hornfels e micaxisto e comumente em declives inferiores a 2% e de 15 a 30%. No caso dos granitóides, sua presença é significativa em diferentes declives associado aos cambissolos devido a facilidade de intemperização desse material.

Unidade LVA

Unidade simples de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico textura média e argilosa, que se apresenta predominantemente, em relevo de morrotes, morrotes e morros, morrotes pedimentares, morrotes e morros cársticos. Ocorrem também secundariamente, nos relevos aplainados de terço inferior de vertente de morros angulosos e escarpa. Sua litologia dominante é de granitóides, normalmente em declives baixos inferiores a 8%.

Unidade LVI

Unidade composta de Latossolo Vermelho + Cambissolo Háplico Tb pedregoso ou não e rochoso ou não, ambos distróficos textura argilosa, predominantemente em relevo de morrotes e morros, sobre litologia de rocha meta básica em declives inferiores a 8%.

Unidade LV2

Unidade composta por Latossolo Vermelho distrófico + Cambissolo Háplico Ta/Tb eutrófico/distrófico pedregoso ou não e rochoso ou não, ambos textura média e argilosa, comumente encontrada em relevo de morrotes e morros cársticos, morrotes, morrotes e morros. Ocorre também, secundariamente, em relevo de montanhas. Dominam sobre litologia de mármore e, predominantemente, em declives inferiores a 8%.

Unidade LV3

Unidade simples de Latossolo Vermelho férrico distrófico textura argilosa e muito argilosa, encontrada em relevo de morrotes e morros, sobre litologia de gabbro e diabásio e normalmente em declives inferiores a 8%.

Unidade NV

Unidade simples de Nitossolo Vermelho férrico distrófico textura argilosa e muito argilosa, que se apresenta em relevo de morrotes e morros, sobre litologia de gabbro e diabásio, com predominância de declives entre 15 e 30%.

Unidade PAI

Unidade composta formada por Argissolo Amarelo + Cambissolo Háplico Tb pedregosos ou não e rochosos ou não ambos distróficos textura média e argilosa, que

se apresentam comumente em relevo de morrotes e morros, morros maciços, e, morrotes e morros cársticos, sobre litologia de metassiltito e declives inferiores a 15%. Ocorrem normalmente em terço inferior de vertente.

Unidade PA2

Unidade composta por Argissolo Amarelo + Cambissolo Háptico Tb pedregosos ou não e rochosos ou não ambos distróficos textura arenosa e média ocorrem em relevo de morrotes e morros, morrotes e cristas, sobre litologia de meta arenito e comumente em declives inferiores a 15%. Ocorrem normalmente em terço inferior de vertente.

Unidade PVA1

Unidade composta por Argissolo Vermelho Amarelo textura arenosa e média + Latossolo Vermelho Amarelo textura média ambos distróficos, que se apresentam em relevo de morrotes e colinas pequenas, sobre litologia de meta arenito e declives inferiores a 2% e de 8 a 15%. Ocorrem normalmente em terço inferior de vertente.

Unidade PVA2

Unidade composta por Argissolo Vermelho Amarelo + Latossolo Vermelho Amarelo ambos distróficos textura média e argilosa, em relevo de morrotes e colinas pequenas, sobre litologia de metassiltito, micaxisto, granitóides e gabros, normalmente em declives inferiores a 15%. Ocorrem normalmente em terço inferior de vertente.

Unidade CX1

É composta por unidade simples de Cambissolo Háptico Ta/Tb eutrófico/distrófico textura média e argilosa (carbonatos, mármore), que se apresentam, em sua maioria, em relevo de morrotes e morros, sobre litologia de mármore e carbonatos xistos, normalmente em declives superiores a 30%.

Unidade CX2

Unidade composta de Cambissolo Háptico Ta eutrófico, sobre litologia de carbonatos + Latossolo Vermelho Amarelo/Latossolo Amarelo distrófico, ambos textura média e argilosa, em relevo de morrotes e morros, e, morrotes, normalmente com declives inferiores a 2% e de 8 a 45%.

Unidade CX3

Unidade composta por dois elementos, Cambissolo Háptico Ta/Tb pedregosos ou não e rochosos ou não, sobre depósitos de mármore + Argissolo Amarelo ambos eutróficos/distróficos textura média e argilosa, normalmente em relevo de cones de dejeção e declives inferiores a 2 % e de 15 a 30%.

Unidade CX4

Unidade composta por Cambissolo Háptico + Neossolo Litólico ambos Ta/Tb eutróficos textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não, que se encontram em relevo de morrotes e morros cársticos, montanhas, cristas, morrotes e morros, escarpas, morros paralelos, cristas e morros paralelos. Secundariamente podem ocorrer no relevo de morrotes, morros angulosos, morros maciços e, morros

e montanhas. Dominam sobre litologia de carbonatos e mármore em declives superiores a 15%.

Unidade CX5

Unidade simples de Cambissolo Háplico Tb distrófico textura arenosa e média pedregosos ou não e rochosos ou não, que se encontra em relevo de morrotes e colinas pequenas, e cristas, sobre litologia de meta arenito e quartizito, em declives inferiores a 2% e de 15 a 30%.

Unidade CX6

Unidade simples de Cambissolo Háplico Tb distrófico textura argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não, encontrada em relevo de morrotes e colinas pequenas, morrotes e morros, secundariamente em montanhas e morrotes pedimentares. Ocorrem sobre litologia de gabro e meta básica, normalmente em declives de 15 a 30%.

Unidade CX7

Unidade simples de Cambissolo Háplico Tb distrófico textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não, encontrada em relevo de morrotes e colinas pequenas, morros angulosos, escarpa, escarpa em vales paralelos, morrotes e morros, morrotes, cristas, montanhas, morrotes pedimentares, e, morrotes e morros cársticos. Abangm as litologias de granitóides, homfels, meta ritimito, metasiltito, micaxisto e meta brecha, e em todas as classes de declives.

Unidade CX8

Unidade composta de Cambissolo Háplico Tb sobre metapelito + Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo ambos distróficos textura média e argilosa, comumente em relevo de montanha, cristas e morros paralelos, morrotes pedimentares, morros paralelos, e, morrotes e morros. secundariamente ocorrem em morrotes, morros maciços, cristas e, morrotes e morros cársticos. A litologia predominante é de filito, xisto e micaxisto, com declives de 15 a 30%.

Unidade CX9

Unidade composta de Cambissolo Háplico Tb sobre litologia de gabro e diabásio + Nitossolo Vermelho férrico ambos distróficos textura argilosa e muito argilosa, predominantemente em relevo de escarpas e cristas, em declives acima de 30%.

Unidade CX10

Unidade composta por Cambissolo Háplico Tb pedregosos ou não e rochosos ou não sobre depósitos de filitos, xistos, granitóides, meta ritimito, meta siltito e meta brecha + Argissolo Amarelo ambos distróficos textura média e argilosa, que se encontra em relevo de cones de dejeção e predominam em declives inferiores a 2 % e de 8 a 45 %.

Unidade CX11

Unidade composta por Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Tb distróficos textura arenosa e média pedregosos ou não e rochosos ou não, que se encontram em relevo de morrotes e morros, cristas e morrotes. Ocorrem sobre litologia de meta arenito e quartizito, em declives de 15 a 30%.

Unidade CX12

Unidade composta por Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Tb distróficos textura argilosa e muito argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não, que se encontram em relevo de montanhas, sobre litologia de meta básica, gabro e diabásio, em declives de 30 a 45 % e superior a 60%.

Unidade CX13

Unidade composta por Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Tb distróficos textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não, que se encontram em relevo de montanhas, cristas e morros paralelos, morros paralelos, cristas, morrotes pedimentares, morrotes e morros, morros maciços, morros e montanhas, morrotes e morros cársticos, sobre litologia de filitos, xistos, meta ritimito, meta siltito, micaxisto e meta brecha em declives superiores a 8%.

Unidade RL1

Unidade composta por Neossolo Litólico + Cambissolo Háplico ambos Tb distróficos textura arenosa e média pedregosos ou não e rochosos ou não, que se encontram em relevo de cristas, morrotes e morros, montanhas, morros paralelos, escarpas e morrotes, sobre litologia principalmente de meta arenito e quartizito, em declives superiores a 30%.

Unidade RL2

Unidade composta por Neossolo Litólico + Cambissolo Háplico Tb distróficos textura média e argilosa, que se encontram em relevo de montanhas, morros e montanhas, cristas, cristas e morros paralelos, morrotes e morros, escarpas, morrotes pedimentares, morros maciços, sobre litologia de meta ritimito, meta siltito, meta brecha e metapelitos, em declives superiores a 30%.

Unidade GX1

Unidade composta por Gleissolo Háplico + Cambissolo Háplico gleico ambos Tb/Ta eutróficos e distróficos textura média e argilosa, que se encontra em relevo de planície fluvio coluvial e terraços sobre sedimentos colúvio-aluviais e predominam em declives inferiores a 2%.

Unidade GX2

Unidade composta por Gleissolo Háplico Tb/Ta distrófico/eutrófico textura média e argilosa + Neossolo Flúvico textura arenosa, média e argilosa, que se encontra em relevo de planície fluvial, sobre sedimentos aluviais e predominam em declives inferiores a 2%.

De maneira geral, os Argissolos se encontram em relevo mais suavizado, normalmente nos terços inferiores de vertente, de morrotes e colinas, morrotes e morros, morrotes e morros cársticos e nas cristas e morrotes normalmente em baixa vertente e em litologia de meta-arenito, carbonatos, metassiltito, micaxistos e xistos grafitosos. Ocorrem também nos terraços, associados aos Cambissolos.

Os latossolos amarelos se localizam em áreas mais aplanadas e concentrados na parte superior do Parque em relevos de morrotes, morrotes pequenos, morrotes e morros

cársticos, eventualmente em relevos mais enérgicos. Na litologia aparecem no mármore, nos granitos e granodioritos porfiríticos. Quando associados às dolinas, apresentam caráter gleico pela presença constante de água em subsuperfície devido aos sumidouros que capturam as drenagens, tornando as cores desses horizontes mais pálidas com feições de redoximorfismo.

Já o latossolo vermelho férrico está associado ao relevo menos declivoso de morrotes pequenos sobre rochas meta básicas, gabros e diabásios. O que ocorre também com o nitossolo quanto à litologia, porém o relevo fica mais declivoso e atinge as formas de morrotes e morros, morrotes e colinas.

Os cambissolos estão distribuídos por toda a área estudada e se desenvolvem nos mais variados tipos litológicos como metassiltito, mármores, meta-arenito, filito, granitos e granodioritos porfiríticos, carbonato-xisto, gabro e anfibolito, e relevos de morrotes e morros, cristas e morrotes, morrotes e morros cársticos, morros e montanhas, e escarpas, apresentando normalmente presença de pedregosidade e rochosidade em diferentes graus e distribuição de acordo com a litologia, relevo e declividade em que se encontram.

Os neossolos litólicos também ocorrem disseminados por toda a área, normalmente associados aos cambissolos e dominam as litologias de meta arenito, metassiltito e metaritimitos, principalmente em declives acentuados em relevos mais movimentados.

Os gleissolos estão associados aos cambissolos, principalmente nos relevos de planície flúvio-coluvial e terraços, e aos neossolos flúvicos, nas planícies fluviais. Estão distribuídos por toda a área e representados nas maiores planícies dos principais rios da região, são desenvolvidos basicamente de sedimentos das rochas que ocorrem em suas bacias de contribuição.

Foram observados organossolos associados a antigas planícies ou terraços em relevo colinoso próximo à cidade de Apiaí. O trabalho não aponta sua presença nas planícies fluviais atuais, pois não descemos a este nível de detalhe, porém devem estar associados aos gleissolos, principalmente em bacias e áreas de acumulação das maiores planícies.

Dessa forma, o Mapa 8. Solos do PETAR e Área de Entorno contempla as unidades simples e associações de solos encontradas no Parque e em seu entorno de 10 km². A seguir são apresentados duas tabelas com a extensão e distribuição das unidades de mapeamento de solos (Tabela 40) e das ordens que ocorrem no PETAR (Tabela 41), fornecendo idéia de área de ocorrência dos solos para o PETAR. Unidades que ocorrem no entorno, nem sempre tem ocorrência dentro dos limites do Parque.

Tabela 39. Legenda do Mapa de Solos

Legenda	Descrição
LA1	▪ Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo distrófico + Cambissolo Háplico Ta/Tb eutrófico/distrófico pedregoso ou não e rochoso ou não, ambos textura média e argilosa
LA2	▪ Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo + Cambissolo Háplico Tb pedregoso ou não e rochoso ou não ambos distróficos textura média e argilosa
LVA	▪ Latossolo Vermelho Amarelo distrófico textura média e argilosa
LVI	▪ Latossolo Vermelho + Cambissolo Háplico Tb pedregoso ou não e rochoso ou não, ambos distróficos textura argilosa
LV2	▪ Latossolo Vermelho distrófico + Cambissolo Háplico Ta/Tb eutrófico/distrófico pedregoso ou não e rochoso ou não, ambos textura média e argilosa
LV3	▪ Latossolo Vermelho férrico distrófico textura argilosa e muito argilosa
NV	▪ Nitossolo Vermelho férrico distrófico textura argilosa e muito argilosa
PA1	▪ Argissolo Amarelo + Cambissolo Háplico Tb pedregosos ou não e rochosos ou não ambos distróficos textura média e argilosa
PA2	▪ Argissolo Amarelo + Cambissolo Háplico Tb pedregosos ou não e rochosos ou não ambos distróficos textura arenosa e média
PVA1	▪ Argissolo Vermelho Amarelo textura arenosa e média + Latossolo Vermelho Amarelo textura média ambos distróficos
PVA2	▪ Argissolo Vermelho Amarelo + Latossolo Vermelho Amarelo ambos distróficos textura média e argilosa
CX1	▪ Cambissolo Háplico Ta/Tb eutrófico/distrófico textura média e argilosa (carbonatos, mármore)
CX2	▪ Cambissolo Háplico Ta eutrófico, sobre litologia de carbonatos + Latossolo Vermelho Amarelo/Latossolo Amarelo distrófico, ambos textura média e argilosa
CX3	▪ Cambissolo Háplico Ta/Tb pedregosos ou não e rochosos ou não (depósitos de mármore) + Argissolo Amarelo ambos eutróficos/distróficos textura média e argilosa
CX4	▪ Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Ta/Tb eutróficos textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não
CX5	▪ Cambissolo Háplico Tb distrófico textura arenosa e média pedregosos ou não e rochosos ou não
CX6	▪ Cambissolo Háplico Tb distrófico textura argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não
CX7	▪ Cambissolo Háplico Tb distrófico textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não
CX8	▪ Cambissolo Háplico Tb sobre metapelito + Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo ambos distróficos textura média e argilosa
CX9	▪ Cambissolo Háplico Tb sobre litologia de gabbro e diabásio + Nitossolo Vermelho férrico ambos distróficos textura argilosa e muito argilosa
CX10	▪ Cambissolo Háplico Tb pedregosos ou não e rochosos ou não sobre depósitos de filitos, xistos, granitóides, meta ritinito, meta siltito e meta brecha + Argissolo Amarelo ambos distróficos textura média e argilosa
CX11	▪ Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Tb distróficos textura arenosa e média pedregosos ou não e rochosos ou não
CX12	▪ Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Tb distróficos textura argilosa e muito argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não
CX13	▪ Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Tb distróficos textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não
RL1	▪ Neossolo Litólico + Cambissolo Háplico ambos Tb distróficos textura arenosa e média pedregosos ou não e rochosos ou não
RL2	▪ Neossolo Litólico + Cambissolo Háplico Tb distróficos textura média e argilosa
GX1	▪ Gleissolo Háplico + Cambissolo Háplico gleico ambos Tb/Ta eutróficos e distróficos textura média e argilosa
GX2	▪ Gleissolo Háplico Tb/Ta distrófico/eutrófico textura média e argilosa + Neossolo Flúvico textura arenosa, média e argilosa

Tabela 40 Extensão e distribuição das unidades de mapeamento de solos do PETAR

Unidade de Mapeamento	Símbolo da unidade	Área		
		Absoluta (ha)	Relativa unidade (%)	Relativa ao total (%)
AFLORAMENTO		90,88		
▪Afloramento rochoso	AF	90,88	100	0,25
LATOSSOLO AMARELO		5361,89		
▪Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo distrófico + Cambissolo Háplico Ta/Tb eutrófico/distrófico pedregoso ou não e rochoso ou não ambos textura média e argilosa (mármore, carbonatos)	LA1	2730,76	50,93	7,61
▪Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo + Cambissolo Háplico Tb pedregoso ou não e rochoso ou não (filito, xisto, granitóides, homfels, micaxisto) ambos distróficos textura média e argilosa	LA2	2631,13	49,07	7,33
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO		1644,82		
▪Latossolo Vermelho Amarelo distrófico textura média e argilosa (granitóides)	LVA	1644,82	100,00	4,58
LATOSSOLO VERMELHO		458,60		
▪Latossolo Vermelho + Cambissolo Háplico Tb pedregoso ou não e rochoso ou não (meta básica) ambos distróficos textura argilosa	LV1	10,29	2,24	0,03
▪Latossolo Vermelho distrófico + Cambissolo Háplico Ta/Tb eutrófico/distrófico pedregoso ou não e rochoso ou não (mármore) ambos textura média e argilosa	LV2	443,96	94,63	1,21
▪Latossolo Vermelho férrico distrófico textura argilosa e muito argilosa (gabro, diabásio)	LV3	14,35	3,13	0,04
ARGISSOLO AMARELO		91,91		
▪Argissolo Amarelo + Cambissolo Háplico Tb pedregosos ou não e rochosos ou não ambos distróficos textura arenosa e média (meta arenito)	PA2	91,91	100,00	0,26
CAMBISSOLO HÁPLICO		21800,81		
▪Cambissolo Háplico Ta/Tb pedregosos ou não e rochosos ou não (depósitos de mármore) + Argissolo Amarelo ambos eutróficos/distróficos textura média e argilosa	CX3	347,72	1,59	0,97
▪Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Ta/Tb eutróficos textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não (carbonato e mármore)	CX4	11526,45	52,87	32,12
▪Cambissolo Háplico Tb distrófico textura arenosa e média pedregosos ou não e rochosos ou não (meta arenito, quartzito)	CX5	85,19	0,39	0,24
▪Cambissolo Háplico Tb distrófico textura argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não (gabro, meta básica)	CX6	70,6	0,32	0,20
▪Cambissolo Háplico Tb distrófico textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não (granitóides, homfels, meta ritimito, meta silito, micaxisto, meta brecha)	CX7	2394,84	10,99	6,67
▪Cambissolo Háplico Tb (filito, xisto, micaxisto) + Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo ambos distróficos textura média e argilosa	CX8	1615,47	7,41	4,50
▪Cambissolo Háplico Tb (gabro) + Nitossolo Vermelho férrico ambos distróficos textura argilosa e muito argilosa	CX9	0,79	0,00	0,00
▪Cambissolo Háplico Tb pedregosos ou não e rochosos ou não (depósitos de filitos, xistos, granitóides, meta ritimito, meta silito, meta brecha) + Argissolo Amarelo ambos distróficos textura média e argilosa	CX10	127,64	0,59	0,36

Unidade de Mapeamento	Símbolo da unidade	Área		
		Absoluta (ha)	Relativa unidade (%)	Relativa ao total (%)
▪Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Tb distróficos textura arenosa e média pedregosos ou não e rochosos ou não (meta arenito, quartzito)	CX11	996,68	4,57	2,78
▪Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Tb distróficos textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não (filitos, xistos, meta ritimito, meta siltito, micaxisto, meta brecha)	CX13	4635,43	21,26	12,92
NEOSSOLO LITÓLICO		5640,38		
▪Neossolo Litólico + Cambissolo Háplico ambos Tb distróficos textura arenosa e média pedregosos ou não e rochosos ou não (meta arenito, quartzito)	RL1	2450,74	43,45	6,83
▪Neossolo Litólico + Cambissolo Háplico Tb distróficos textura média e argilosa (meta ritimito, meta siltito, meta brecha)	RL2	3189,64	56,55	8,89
GLEISSOLO		800,5		
▪Gleissolo Háplico + Cambissolo háplico gleico ambos Tb/Ta eutróficos e distróficos textura média e argilosa (sedimentos colúvio-aluviais)	GX1	477,05	59,59	1,33
▪Gleissolo Háplico Tb/Ta distrófico/eutrófico textura média e argilosa + Neossolo Flúvico textura arenosa, média e argilosa (sedimentos aluviais)	GX2	323,45	40,41	0,90
TOTAL		35889,77		100

Considerando-se que cada unidade de mapeamento composta apresenta aproximadamente 60% do primeiro componente e 40% do segundo componente classificado (Tabela 41), tem-se a seguinte proporção de ordens de solo no mapeamento:

Tabela 41. Extensão e distribuição das ordens de solos referentes à área do PETAR

Ordem de solo	Unidades de Mapeamento	Área	
		Absoluta (ha)	Relativo ao total (%)
AFLORAMENTO	■AF	90,88	0,25
LATOSSOLO	■1º componente= LA1; LA2; LVA; LVI; LV2, LV3 ■2º componente= CX8	5.789,04	16,13
CAMBISSOLO	■1º componente= CX3; CX4; CX5; CX6; CX7, CX8, CX9, CX10, CX11, CX13 ■2º componente= RL1, RL2, LA1, LA2, LVI, LV2, PA2, GX1	18.907,13	52,68
ARGISSOLO	■1º componente= PA2 ■2º componente = CX3, CX10	245,29	0,68
GLEISSOLO	■1º componente= GX1, GX2	480,30	1,34
NEOSSOLO FLÚVICO	■2º componente= GX2	129,38	0,36
NEOSSOLO LITÓLICO	■1º componente= RL1, RL2 ■2º componente= CX4, CX11, CX13	10.247,75	28,55
Total		35.889,77	100

4.7.2.2 Fragilidade dos Solos

Para a interpretação da fragilidade dos solos do PETAR e do seu entorno de 10 km² adotou-se o conceito e os procedimentos propostos por Ross (1990) e Mattos *et al.* (1996). Nessa análise são considerados os seguintes atributos: textura do solo, espessura do solo, declive e presença de impedimentos, que permitem a diferenciação de três graus de fragilidade (alto, moderado e baixo) conforme Mattos, Rossi e Rocha (2004).

A textura do solo é um elemento importante na estabilidade e na morfodinâmica de uma área. Assim, textura mais grossa implica em maior desagregação, menor estabilidade e capacidade de arraste maior, enquanto que os materiais mais finos são mais estáveis.

No que se refere aos impedimentos são considerados os seguintes atributos: presença de pedregosidade ou rochosidade, lençol freático próximo à superfície, pouca profundidade efetiva do solo e relevo com inclinação acentuada. Esses atributos configuram um alto grau de fragilidade, na medida em que, qualquer uso nessas áreas pode acarretar prejuízos à conservação do solo e à recuperação da cobertura vegetal natural, possibilitando o aparecimento de processos erosivos dos solos e o assoreamento de nascentes e canais fluviais.

A relação entre os atributos do solo e seu grau de fragilidade é apresentada na Tabela 42, sendo que na Tabela 43 se apresentam as unidades de solo encontradas, sua caracterização do grau de fragilidade dos solos.

Tabela 42. Atributos do solo e critérios para a fragilidade potencial

Grau de fragilidade potencial	Declive (%)	Textura do solo	Profundidade do solo (m)	Presença de impedimentos (pedregosidade e rochosidade, lençol freático, profundidade efetiva, textura binária)
Baixo (1)	<3	Argilosa	>1,5	▪Ausência
Moderado (2)	3 a 15	Média	Entre 0,5 e 1,5	▪Parcial (2º componente da unidade de solo)
Alto (3)	15 a 30	Arenosa	<0,50	▪Total (1º componente da unidade de solo)
Muito alto (4)	>30	Binária	----	▪Mais de um impedimento

Estabeleceu-se para os atributos isoladamente um grau de fragilidade baixo, moderado e alto, arbitrando os valores 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Assim para a soma dos atributos temos os seguintes índices:

▪Baixo = < 5

▪Moderado = 6 a 8

▪Alto = 9 a 10

▪Muito alto = 11 a 15

Considerando-se que a presença de solos com textura binária e/ou arenosa em declives acentuados são extremamente frágeis, estes quando ocorreram nas unidades trabalhadas, assumiram a qualificação de alta a muito alta fragilidade independente dos valores alcançados.

Tabela 43. Avaliação do grau de fragilidade potencial dos atributos analisados dos solos do PETAR e sua área de entorno

Unidade de solo	Atributos analisados				Grau de fragilidade (pontuação)
	Textura do solo	Prof. (m)	Restrições	Declive (%)	
LA1	Média e argilosa	>1,5	Rochosidade, pedregosidade 2º componente	< 2	Moderado (6,7,6)
LA2				< 2 e 15-30	
LVA		>1,0		< 2	
LV1	Argilosa	>1,5	Rochosidade, pedregosidade 2º componente		Baixo (5)
LV2	Média e argilosa				Moderado (6)
LV3	Argilosa e muito argilosa	>2,0			Baixo (4)
NV					15-30
PA1	Textura binária Média e argilosa	>1,5	Rochosidade, pedregosidade 2º componente	< 2	Moderado (8)
PA2	Textura binária Arenosa e média				Moderado (8)
PVA1	Textura binária Arenosa e média	>1,5	Cascalho	< 2 e 8-15	Alto (9)
PVA2	Textura binária Média e argilosa			< 2	Moderado (8,8)
CX1	Média e argilosa	1,0-1,5		>30	Alto (9)
CX2				< 2 e 8-45	Moderado (8,8)
CX3	Textura binária Média e argilosa	1,0-1,5	Rochosidade, pedregosidade	15-30	Muito alto (12,11,11)
CX4				>15	
	< 2 e 15-30				
CX5	Arenosa e média			15-30	Muito alto (11)
CX6	Argilosa				
CX7	Média e argilosa			> 2	Alto (9,10)
CX8				15-30	
CX9	Argilosa a muito argilosa			> 30	Alto (10)
CX10	Textura binária Média e argilosa				< 2 e 8-45
CX11	Arenosa e média	1,0		15-30	

CX12	Argilosa a muito argilosa		Rochosidade, pedregosidade e profundidade	>30	Muito alto (11)
CX13	Média e argilosa			>8	Alto (9)
RL1	Arenosa e média	<0,5	Profundidade, Rochosidade, pedregosidade	>30	Muito alto (14,13)
RL2	Média e argilosa	<0,5			
GX1	Média e argilosa	1,0	Lençol freático, profundidade, contaminação	<2	Alto (9)
GX2					

Para facilitar a interpretação dos elementos do meio físico foram agrupados os terrenos, sua composição com relação às formas de relevo, as unidades principais e as secundárias de solos ocorrentes em cada setor (Tabela 44), bem como as unidades de mapeamento de solos com as litologias principais de ocorrência (Tabela 45).

Tabela 44. Terrenos, feições e formas de relevo e principais unidades de solos associados

Terrenos	Unidade de Relevo e feições	Unidade de mapeamento de Solo dominante	Unidade de mapeamento de Solo secundária
Cones de dejeção	▪Cones de Dejeção (CD)	CX10	CX3
Amorreados íngremes	▪Morros Angulosos (Ma)	LA2	CX7
	▪Cristas e Morros Paralelos (CRMp)	CX13	RL2
	▪Morros Paralelos (Mp)	CX13	CX4
	▪Morros Pedimentares (Mpd)	RL2	CX13
	▪Morros Maciços (Mm)	CX13	LA2, RL2
Montanhosos e escarpados	▪Cristas (CR)	RL1, RL2	CX4, CX13, CX11
	▪Escarpas (E)	CX7	CX4, RL2
	▪Escarpas em Anfiteatros (Ea)	CX7	LA2
	▪Escarpas e Vales Paralelos (Ev)	CX7	
	▪Montanhas (MH)	RL2	CX13
	▪Morros e Montanhas (MMH)	RL2	CX13
Morrotes	▪Morrotes (MT)	LA2	LVA
	▪Morrotes e Colinas Pequenas (MTcp)	PVA2	CX7
	▪Morrotes Pedimentares (MTpd)	CX13	CX8, LA2
Amorreados	▪Morrotes e Morros (MTM)	CX2	LA1
Amorreados cársticos	▪Feições de Dolinas (dol)	LA1	
	▪Morrotes e Morros Cársticos (MTMc)	CX4	LA1, LV2
Planície fluvial	▪Planície Fluvial (Pf)	GX2	
	▪Planície Fluvio-coluvial (Pfc)	GX1	
Terraços	▪Terraços (T)	GX1	

Tabela 45. Unidades de mapeamento de solos e respectivas litologias associadas

Unidade de solos	Litologias associadas
AF	▪ Mármore, metassiltito, meta arenito, filito
CX1	▪ Carbonato xisto
CX2	▪ Carbonato xisto
CX3	▪ Mármore
CX4	▪ Mármore
CX5	▪ Meta arenito
CX6	▪ Meta básica, gabro
CX7	▪ Granitóides, metassiltito
CX8	▪ Filitos, micaxistos
CX9	▪ Gabro, diabásio
CX10	▪ Filitos, granitoides
CX11	▪ Meta arenito
CX12	▪ Meta básicas
CX13	▪ Filitos, metaritimitos, metassiltitos
LA1	▪ Carbonato xisto, mármore
LA2	▪ Granitóides, filito, micaxisto
LV1	▪ Meta básica
LV2	▪ Mármore
LV3	▪ Gabro, diabásio
LVA	▪ Granitóides
NV	▪ Gabro, diabásio
PA1	▪ Metassiltito
PA2	▪ Meta arenito
PVA1	▪ Meta arenito
PVA2	▪ Metassiltito, micaxisto
RL1	▪ Meta arenito, quartizito
RL2	▪ Meta ritimito, metassiltito
GX1	▪ Sedimentos aluvionares
GX2	▪ Sedimentos aluvionares

Com base nesses critérios e nos demais atributos do meio físico elaborou-se uma avaliação das principais potencialidades e restrições, das unidades de mapeamento que ocorrem no PETAR e seu entorno, sendo os resultados apresentados na Tabela 46.

Tabela 46. Quadro de fragilidade quanto aos elementos do meio físico com ênfase nos solos do PETAR e seu entorno

Legenda e Classes de solos *	Relevo	Litologia	Textura do solo	Profundidade e do solo (m)	Presença de impedimentos	Potencialidade	Restrições	Fragilidade
LA1, LV2	Morrotes, Morrotes e Colinas Pequenas, Morrotes e Morros Cársticos	Mármore, carbonatos	média e argilosa	>1,5	Pedregosidade, rochosidade no segundo componente	▪Profundos, com boa drenagem interna, normalmente friáveis e porosos	▪Elevada acidez, baixa saturação por bases, pobres e baixa capacidade de retenção de bases	Moderada
LA2		Filito, xisto, granitóides, homfels, micaxisto,						Baixa
LV3 LV1	Morrotes e Morros	Gabro, diabásio, meta básica	argilosa e muito argilosa	>2,0				
LVA	Morrotes, morrotes e Morros	Granitóides	média e argilosa	>2,0				
NV	Morrotes e Morros	Gabro, diabásio	argilosa e muito argilosa	>2,0		▪Porosos com estrutura forte devido às características físicas, moderadamente drenados	▪Fertilidade variável, risco de erosão devido ao declive acentuado	Baixa
PA1	Morrotes e Morros, Morros Maciços	Metassilito,	média e argilosa	>1,5	Pedregosidade, rochosidade no segundo componente	▪Profundidade variável, permeabilidade interna moderada a baixa	▪Susceptibilidade à erosão natural, laminar e em sulcos, pela textura binária, inclinação elevada, baixa fertilidade elevada acidez	Moderada
PA2	Morrotes e Morros, Morrotes	Meta arenito	arenosa e média	>1,5		▪Profundidade variável, permeabilidade interna moderada a alta	▪Alta susceptibilidade à erosão natural, laminar e em sulcos, pela textura arenosa, inclinação variável, baixa fertilidade, elevada acidez	

Legenda e Classes de solos *	Relevo	Litologia	Textura do solo	Profundidade e do solo (m)	Presença de impedimentos	Potencialidade	Restrições	Fragilidade
PVA1	Morrotes e Colinas Pequenas	Meta arenito	arenosa e média	>1,5	Textura binária, cascalho.		▪Grande suscetibilidade a erosão, devido ao relevo acidentado e textura arenosa e binária, baixa fertilidade, elevada acidez	Alta
PVA2	Morrotes e Colinas Pequenas	Metassiltito, micaxistos,	média e argilosa	>1,5	Textura binária, cascalho.	▪Profundidade variável, permeabilidade interna moderada a baixa	▪Susceptibilidade à erosão natural, laminar e em sulcos, pela textura binária, inclinação elevada, baixa fertilidade, elevada acidez	Moderada
CX1	Morrotes e Morros	Carbonatos, mármore	média e argilosa	1,0-1,5		▪Fertilidade boa	▪Inclinação elevada, pouco profundos	Moderada
CX2	Morrotes e Morros	Carbonatos	média e argilosa	1,0-1,5				
CX3	Cones de Dejeção	Depósitos mármore	média e argilosa	1,0-1,5	Pedregosidade, rochosidade, inclinação	▪Fertilidade boa	▪Inclinação elevada, pouco profundos, presença de impedimentos mecânicos	Muito alta
CX4	Morrotes e Morros Cársticos	Carbonato e mármore	média e argilosa	1,0-1,5				
CX5	Morrotes e Colinas Pequenas, Cristas	Meta arenito, quartzito	arenosa e média	1,0-1,5	Pedregosidade, rochosidade, inclinação		▪Inclinação elevada, pouco profundos, presença de impedimentos mecânicos, risco alto de mecanismos de erosão e escorregamentos, baixa fertilidade, elevada acidez	
CX6	Morrotes e Colinas Pequenas, Morrotes e Morros	Gabro, meta básica,	Argilosa	1,0-1,5	Pedregosidade, rochosidade, inclinação		▪Inclinação elevada, pouco profundos, presença de impedimentos mecânicos, baixa fertilidade, elevada acidez	Moderada
CX7	Morrotes e Colinas Pequenas, Morros Angulosos, Escarpas, Morrotes e Morros,	Granitóides, homfels, meta ritimito, metassiltito,	média e argilosa	1,0-1,5	Pedregosidade, rochosidade, inclinação		▪Inclinação elevada, pouco profundos, presença de impedimentos mecânicos, baixa fertilidade, elevada acidez	Alta

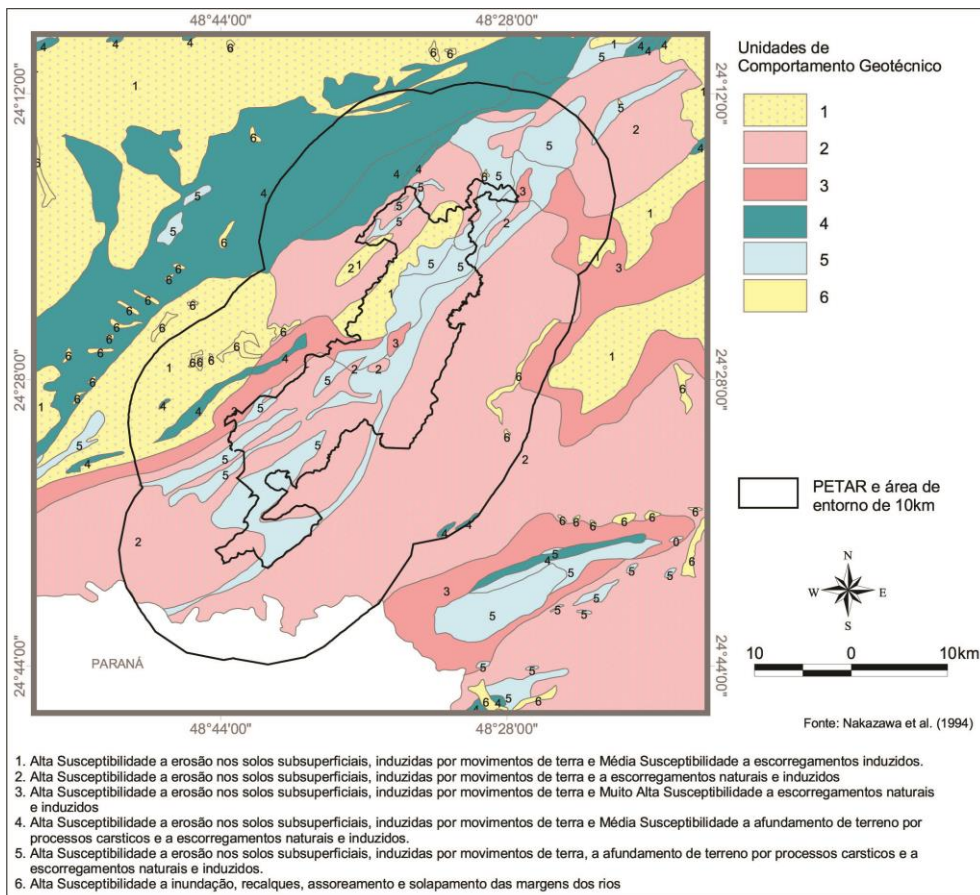
Legenda e Classes de solos *	Relevo	Litologia	Textura do solo	Profundidade e do solo (m)	Presença de impedimentos	Potencialidade	Restrições	Fragilidade
	Morrotes, Cristas, Montanhas	micaxisto e meta brecha						
CX8	Montanhas, Cristas e Morros Paralelos, Morros Paralelos, Morrotes e Morros	Filito, xisto, micaxisto	média e argilosa	1,0-1,5	Fragmentos de rocha na massa		■Inclinação elevada, pouco profundos, presença de impedimentos mecânicos, baixa fertilidade, elevada acidez	Alta
CX9	Escarpa, Crista	Gabro, diabásio	argilosa e muito argilosa	1,0-1,5	Pedregosidade, rochosidade, inclinação	■Fertilidade variável	■Inclinação elevada, pouco profundos, presença de impedimentos mecânicos	Moderada
CX10	Cones de Dejeção	Depósitos de filitos, xistos, granitóides, metarritimito, metassiltito, metabrecha	Arenosa, média e argilosa	1,0-1,5	Pedregosidade, rochosidade, inclinação	■Fertilidade variável	■Inclinação elevada, pouco profundos, presença de impedimentos mecânicos, risco alto de mecanismos de erosão e escorregamentos	Muito alta
CX11	Morrotes e Morros, Cristas	Meta arenito, quartzito	arenosa e média	1,0-1,5	Pedregosidade, rochosidade, inclinação		■Inclinação elevada, pouco profundos, presença de impedimentos mecânicos, risco alto de mecanismos de erosão e escorregamentos, baixa fertilidade, elevada acidez	Muito alta
CX12 + CX13	Montanhas, Cristas e Morros Paralelos	Meta básica, filitos, metarritimito, metassiltito,	média, argilosa e muito argilosa	1,0-1,5	Pedregosidade, rochosidade, inclinação		■Inclinação elevada, pouco profundos, presença de impedimentos mecânicos	Alta
RLI	Cristas, Morrotes e Morros, Montanhas, Escarpas, Morros paralelos	Meta arenito, quartzito	arenosa e média	<0,5	Pedregosidade, rochosidade		■Inclinação elevada, pouco profundos, presença de impedimentos mecânicos, risco alto de mecanismos de erosão, escorregamentos e queda de blocos, baixa fertilidade, elevada acidez	Muito alta

Legenda e Classes de solos *	Relevo	Litologia	Textura do solo	Profundidade e do solo (m)	Presença de impedimentos	Potencialidade	Restrições	Fragilidade
RL2	Montanhas, Morros e Montanhas, Cristas, Cristas e Morros Paralelos, Morrotes e Morros, Escarpas	Meta ritimito, meta siltito, meta brecha	média e argilosa	<0,5	Profundidade, declive acentuado		▪Inclinação elevada, rasos, presença de impedimentos mecânicos, risco alto de mecanismos de queda de blocos e escorregamentos, baixa fertilidade, elevada acidez	
GX1	Planície Fluvio-columial, Terraço	Sedimentos colúvio-aluviais	média e argilosa	1,0	Lençol freático elevado, contaminação	▪Relevo plano	▪lençol d'água aflorante ou pouco profundo, mal a muito mal drenados, risco de ocorrência de enchentes sazonais e contaminação	Moderada
GX2	Planície fluvial	Sedimentos aluviais	média e argilosa	1,0	Lençol freático elevado, contaminação	▪Relevo plano		
O	Planície	Sedimentos e acumulações orgânicas		1,0	Efeito tampão, subsidência, encharcamento	▪Relevo plano	▪Condições de drenagem restrita, nível do lençol freático raso ou aflorante, mal a muito mal drenados, fortemente ácidos, elevado poder tampão (altas doses de corretivos)	Alta

4.8 Terrenos

Com base na análise dos atributos do relevo e das características de constituição do substrato rochoso e dos solos, Nakazawa *et al* (1994), identificaram na região do PETAR e na área de entorno³⁹, seis (6) unidades de comportamento geotécnico cuja distribuição é mostradas na Figura 54.

Figura 54. Unidades de comportamento geotécnico identificadas por Nakazawa *et al* (1994) na região do PETAR e sua área de entorno



Fonte: Trecho da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo. Folha Itararé. Escala 1: 500.000.

Essas unidades geotécnicas têm sua distribuição condicionada às principais unidades de relevo da região do PETAR. Assim, nos relevos menos dissecados do Planalto de Guapiara associam-se as unidades 1 e 4, que apresentam respectivamente média susceptibilidade a movimentos de massa, e a processos de abatimento cárstico, embora

³⁹ No contexto deste item, o termo área de entorno corresponde a um *buffer* de 10 km ao longo de todo limite do Parque.

as rochas do embasamento cristalino confirmam aos solos de alteração alta susceptibilidade a erosão.

O relevo de Escarpa que separa o Planalto de Guapiara da Serrania do Ribeira corresponde a Unidade 3, que foi considerada como de muito alta susceptibilidade a ocorrência de escorregamentos.

O Planalto Carstico do Vale do Ribeira corresponde a Unidade 5, que reflete os relevos de Morrotes e Morros bem como a presença de abismos, formados em rochas carbonáticas, que caracterizam essa unidade como de alta susceptibilidade a ocorrência de processos erosivos superficiais, abatimento e movimentos de massa.

A Serrania do Ribeira está relacionada à Unidade 2, que é caracterizada pela presença de rochas do embasamento cristalino que condicionam a formação de solos de alteração muito susceptíveis a erosão superficial e que se associam a relevos íngremes com alta susceptibilidade a ocorrência de movimentos de massa.

As Planícies Fluviais estão associadas à Unidade 6, que é caracterizada por zona de deposição de sedimentos diversos, condicionando solos com feições redoximórficas frequentemente sujeitos à inundações com nível de lençol freático elevado, com alta suscetibilidade à inundações, recalques, assoreamentos e solapamento das margens dos rios.

Nos estudos realizados no PETAR e na área de entorno, adotou-se para a análise integrada dos atributos do meio físico o conceito de terreno, que nesse trabalho agrega as propostas de Mabbutt (1968), Austin e Cocks (1978) e Zonneveld (1992), e é fundamentado no estudo descritivo e qualitativo dos parâmetros ambientais: substrato rochoso, relevo, solos e seus recursos, na dinâmica superficial, e nas potencialidades e fragilidades dos diferentes terrenos. O conceito de terreno compreende também as características e atributos da vegetação.

As características do substrato rochoso, do relevo e do solo, quanto analisadas de modo integrado, permitem identificar diferentes unidades de terrenos que são áreas ou regiões que podem ser facilmente reconhecidas pela sua fisionomia tanto no campo como por meio de imagens de sensores remotos, sendo caracterizadas com base em seus principais componentes que são interdependentes e tendem a ocorrerem correlacionados.

Com base nas características dos tipos de relevo e dos atributos geológicos e pedológicos, Pires Neto e Rossi (2007) diferenciaram na área do PETAR e na área de entorno, oito (8) unidades de terrenos, que foram revistas e detalhadas neste estudo.

A distribuição das unidades de terrenos nos diferentes compartimentos de relevo, são apresentados na Tabela 47 Os atributos dessas unidades de terrenos estão sumariados nas Tabelas 48 a 55 e tem sua distribuição apresentada no Mapa 9. Tipos de Terreno do PETAR e Área de Entorno.

Tabela 47. Compartimentos de relevo e unidades de terrenos delimitadas no PETAR e na área de entorno

Zonas	Subzonas	Tipos de terrenos
Serrania Costeira	Serrania do Ribeira Relevos fortemente dissecados do Vale do Rio Ribeira de Iguape	<ul style="list-style-type: none"> ▪Montanhosos e Escarpados ▪Amorreados íngremes ▪Morrotes ▪Cones de dejeção e Corpos de tálus (Cdt) ▪Terraço (T) ▪Planície fluvial (Pf)
	Planalto Cárstico do Vale do Ribeira (Planaltos interiores / residuais)	<ul style="list-style-type: none"> ▪Amorreados carsticos
Planalto de Guapiara Domina na bacia do Rio Apiaí - Açu afluente do Rio Paranapanema		<ul style="list-style-type: none"> ▪Morrotes ▪Amorreados ▪Planície fluvial

Obs. Modificado de Pires Neto, A. G. e Rossi, M. (2007).

A área do PETAR é constituída em sua maior parte pelos terrenos Montanhosos e Escarpados e pelos Amorreados Cársticos, tendo-se ainda pequenas áreas constituídas pelas unidades de terrenos: Amorreados altos, Morrotes, Cones de dejeção e Corpos de tálus, Planícies fluviais e Amorreados. Na área de entorno além dessas unidades de terrenos ocorre exclusivamente a unidade Terraços.

4.8.1 Tipos de Terrenos

A área do PETAR e sua área de entorno, ocupam trechos: da Serrania do Ribeira com altitudes de 300 a 1.000 m, que é constituída por montanhas, escarpas, cristas, morros, cones de dejeção e corpos de talus; do Planalto Carstico do Vale do Ribeira, com altitudes de 500 a 800 m, onde ocorre relevo de morrotes e morros carsticos; e do Planalto de Guapiara com altitudes de 900 a 1.000 m, constituído por relevos de morrotes, colinas pequenas, planícies fluviais e ainda morros e cristas.

O PETAR e a área de entorno estão alojados sobre rochas do embasamento cristalino com idades de 550 milhões até 1,6 bilhões de anos (neo a mesoproterozóicas); e rochas mesozóicas na forma de diques básicos com idades ao redor de 130 milhões de anos (jurocretácicas). Essas rochas sustentam relevos de morrotes, colinas pequenas e morros, nos planaltos e relevos de escarpas, montanhas, cristas e morros na serrania. Na área ocorrem ainda zonas de cisalhamento associadas aos Lineamentos Ribeira, Agudos Grandes e Figueira, e as Falhas do Barreiro, Espírito Santo, Carumbê e Palmital e falhas menores com orientação NE-SW, que geralmente condicionam vales erosivos muito encaixados. Os depósitos coluviais e fluviais cenozóicos formam corpos de tálus, cones de dejeção, terraços e planícies

As principais classes de solo que ocorrem no PETAR e na área de entorno são: Cambissolos Háplicos e Neossolos Litólicos, ocorrendo também Argissolos Vermelho-Amarelo e Latossolos Vermelho-Amarelos e Amarelos, e nas planícies ocorrem Neossolos Flúvicos, Gleissolos e Organossolos (Oliveira *et al.*, 1999).

A distribuição dos solos na região mostra que os Cambissolos Háplicos e Neossolos Litólicos predominam na Serrania do Ribeira, no Planalto Carstico do Vale do Ribeira e nos relevos de cristas do Planalto de Guapiara.

Os Argissolos e Latossolos ocorrem associados a relevos mais suaves que se desenvolvem no Planalto de Guapiara, principalmente, em áreas de declives mais suavizados, de terços inferiores de vertente e topos.

Com base nesses elementos foram diferenciados nove (9) Unidades de Terreno que são descritas a seguir.

4.8.1.1 Unidade de Terreno – Montanhosos e Escarpados

Os terrenos Montanhosos e Escarpados, caracterizados na Tabela 48 constituem a maior parte do PETAR e da área do entorno a leste e sudeste do Parque, na Serrania do Ribeira.

Esses terrenos caracterizam-se pela grande amplitude das formas de relevo, pela alta declividade das encostas e pelos vales profundos e muito encaixados com canais em rocha, blocos e matacões com cachoeiras e poços, e escoamento torrencial, que constituem áreas de grande beleza paisagísticas devido a seu caráter alcantilado e abrupto.

Esses terrenos comportam de forma geral, solos pouco desenvolvidos, rasos a pouco profundos, com presença de pedregosidade e rochosidade, e associados à litologia na seguinte conformidade:

- Cambissolo Háplico Tb distrófico textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não (granitóides, homfels, meta ritimito, meta siltito, micaxisto, meta brecha);
- Neossolo Litólico + Cambissolo Háplico ambos Tb distróficos textura arenosa e média pedregosos ou não e rochosos ou não (meta arenito, quartzito);
- Neossolo Litólico + Cambissolo Háplico Tb distróficos textura média e argilosa (meta ritimito, meta siltito, meta brecha);
- Cambissolo Háplico Tb (gabro) + Nitossolo Vermelho férrico ambos distróficos textura argilosa e muito argilosa.

Esses atributos conferem a esses terrenos uma fragilidade Muito Alta à interferência devido à inclinação acentuada de suas encostas, a erodibilidade dos solos de alteração,

e a intensidade dos processos erosivos, principalmente aqueles relacionadas a movimentos de massa do tipo escorregamentos planares e quedas de blocos.

4.8.1.2 Unidade de Terreno – Amorreiros Cársticos

Os terrenos Amorreiros Cársticos, caracterizados na Tabela 44 constituem o Planalto Cárstico do Vale do Ribeira, tem ampla distribuição dentro do PETAR, ocorrem também na área do entorno.

No PETAR esses terrenos ocorrem nas seguintes áreas: Água Suja - Cafezal, Couto - Morro Preto, Ouro Grosso, Caximba, Casa de Pedra – Ribeirão, e Capinzal – Caboclos. Dentro do PETAR tem-se ainda parte das áreas do Lajeado – Areias – Bombas e das Furnas, estando na área do entorno às áreas do Ribeirão Passa Vinte e da Figueira.

Esses terrenos cujos atributos estão diretamente ligados a presença de rochas carbonáticas (mármore e dolomitos) e aos relevos de Morrotes e Morros cársticos constituem o grande patrimônio paisagístico e espeleológico do PETAR, pela grande quantidade de cavernas, dolinas, abismos alcantilados e abruptos, e de afloramentos rochosos com *lapiés*.

Os terrenos Amorreiros Cársticos apresentam ainda como atributo o complexo e frágil lençol freático cárstico, e um sistema de drenagem superficial também complexo com sumidouros e surgências que estão diretamente relacionados com o desenvolvimento das feições que caracterizam esses terrenos.

Os Amorreiros Cársticos apresentam peculiaridades com relação aos solos, uma vez que em áreas aplanadas ou abaciadas, desenvolvem solos mais profundos como os latossolos, porém em zonas de risco de afundamento de solo, no caso das dolinas, sempre com caráter gleico, devido à presença do lençol freático suspenso. As principais unidades de solo são:

- Cambissolo Háplico associado ao Neossolo Litólico ambos Ta/Tb eutróficos textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não (carbonato e mármore); e
- Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo distrófico + Cambissolo Háplico Ta/Tb eutrófico/distrófico pedregoso ou não e rochoso ou não ambos textura média e argilosa (mármore, carbonatos).

Essas características aliadas a inclinação das encostas, a susceptibilidade dos solos de alteração, e a presença de canais em rocha, blocos e matacões com cachoeiras e poços, e escoamento torrencial, conferem a esses terrenos Susceptibilidade Muito Alta a interferência antropica, visto o seu frágil equilíbrio dinâmico, onde as pequenas alterações nos terrenos ou no escoamento das águas superficiais e subterrâneas podem alterar seu desenvolvimento com reflexos diretos nas condições bióticas desses ambientes.

Tabela 48. Características dos Terrenos Montanhosos e Escarpados que ocorrem no PETAR e em sua área de amortecimento

Montanhosos e Escarpados		
Relevo	<p>Escarpas (E) Amplitude: 120 a 460m Inclinação: 30% a 70 %</p> <p>Escarpas em anfiteatros (Ea) Amplitude: 500 a 700 m Inclinação: Topo: 35 a 55% Meia encosta: 15 a 35% Sopé: 5 a 15%</p> <p>Escarpas em vales paralelos (Ev) Amplitude: 500 a 800 m Inclinação: 25 a 55%</p> <p>Montanhas Amplitude: 200 – 500 m Inclinação: 30 a 60 %</p> <p>Morros e Montanhas Amplitude: 150 – 400 m Inclinação: 25 a 60 %</p> <p>Cristas Amplitude: 240 a 400 m Inclinação: 36 a 50%</p>	<p>▪ Forma assimétrica abrupta e pouco dissecada. Topo subnívelado, plano ou convexo e estreito. Perfil de vertente descontínuo, segmentos retilíneo na parte superior por vezes rochosos, ruptura de declive negativa a meia encosta, e segmento convexo na porção inferior, com campos de matacões e corpos de tálus</p> <p>▪ Dissecada por interflúvios dispostos de modo semicircular. Os interflúvios principais têm topos estreitos e agudos no alto da escarpa, tornando-se convexo na porção baixa. O perfil do interflúvio é descontínuo sendo retilíneo e rochoso no alto da escarpa e convexo na porção média e inferior</p> <p>▪ Dissecada por interflúvios dispostos de modo paralelo, com topos estreitos e agudos no alto da escarpa, por vezes convexo na porção baixa. O perfil dos interflúvios é descontínuo, com segmentos retilíneos e convexos no alto da escarpa e convexo na porção média. Na porção inferior pode ocorrer ruptura de declive negativa</p> <p>▪ Formas maciças, angulosas e desniveladas. Topos estreitos agudos e rochosos, por vezes com picos isolados. Perfil de vertente descontínuo, segmentos longos, retilíneos, convexos e rochosos</p> <p>▪ Formas angulosas, convexas e desniveladas. Topos estreitos, agudos, convexos e por vezes rochosos. Perfil de vertente descontínuo, segmentos curtos, convexos, retilíneos e rochosos localizados</p> <p>▪ Formas simétricas e assimétricas alongadas segundo a foliação regional. Topos estreitos, agudos e por vezes rochosos. Perfil de vertente contínuo com segmentos retilíneos</p>
	<p>▪ Vales erosivos encaixados a muito encaixados. Canais erosivos em rocha, matacões e blocos das drenagens serranas, com cachoeiras e poços, e escoamento torrencial. Canais de primeira ordem pouco encaixados formam rede de drenagem de alta densidade. Vales erosivos-acumulativos, com depósito alveolar na meia encosta e em pontos de convergência de canais fluviais, e cones de dejeção no sopé da escarpa</p>	
	Substrato rochoso, sedimentos e coberturas	<p>▪ Granitos foliados, granulação fina a média, porfíricos, metarenitos, metassiltitos, filitos, quartzo filitos, metassiltitos quartzitos micáceos e feldspáticos com intercalações de filitos, ardósias, xistos e metarcóseos e gabros</p>
	Associações de solos	<p>▪ RLI Neossolo Litólico + Cambissolo Háptico ambos Tb distróficos textura arenosa e média pedregosos ou não e rochosos ou não (meta arenito, quartizito), RL2 Neossolo Litólico + Cambissolo Háptico Tb distróficos textura média e argilosa (meta ritimito, meta silito, meta brecha), CX7 Cambissolo Háptico Tb distrófico textura média e</p>

Montanhosos e Escarpados	
	argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não (granitóides, homfels, meta ritimito, meta siltito, micaxisto, meta brecha)
Dinâmica superficial	<ul style="list-style-type: none"> ▪Erosão laminar e em sulcos localizadas e de moderada a intensidade. ▪Entalhe e erosão fluvial e movimentos de massa do tipo rastejo, escorregamento planar e queda de blocos são freqüentes e de alta intensidade
Potencialidades	<ul style="list-style-type: none"> ▪Predominam Áreas para proteção e abrigo da fauna e da flora silvestre, para fins de recreação e turismo
Restrições	<ul style="list-style-type: none"> ▪Solos ácidos e pobres em nutrientes, com severas restrições para o uso agrícola, pastoril ou florestal devido a sua elevada capacidade de degradação, a elevada erodibilidade, a forte a muito forte limitação a trafegabilidade ▪Dificuldades de escavação e de cravação de estacas, possibilidade de recalques diferenciais em fundações estruturais devido à presença de matacões no solo. ▪Risco de escorregamentos e queda de blocos, devido à exposição do contato solo/rocha, em áreas saturadas ou com surgência d'água e ao descalçamento em taludes de corte ou superfície de encosta ▪Risco de erosão em sulcos e ravinamentos é mais intenso em cortes do que em aterros, que podem ser compactados ▪Risco de assoreamento dos canais fluviais próximos às áreas de intervenção devido a erodibilidade elevada dos solos
Diagnóstico	<p>Fragilidade Muito Alta</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪Terrenos impróprios e/ou muito susceptíveis à interferência devido à inclinação acentuada de suas encostas, a erodibilidade dos solos de alteração, a intensidade dos processos erosivos, principalmente escorregamentos, naturais e induzidos

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Freqüente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*

Tabela 49. Características dos Terrenos Amoreados Cársticos que tem ampla distribuição no PETAR e ocorre em sua área de amortecimento

Amoreados Cársticos		
Relevo	<p>Morrotos e Morros Cársticos Amplitude: 60 a 160 m Inclinação: 15 a 60%</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪Associam-se morrotos e morros de forma cônica ou de torre. Topos convexos estreitos e em forma picos cônicos. Perfis de encosta descontínuos com segmentos convexos e raramente retilíneo. Ocorrem dolinas, cavernas, abismos e afloramentos rochosos com lapíes ▪Vales erosivos encaixados com drenagem intermitente com presença de sumidouros e surgências
Substrato rochoso, sedimentos e coberturas	<ul style="list-style-type: none"> ▪Mármore dolomíticos e cálcíticos 	
Associações de solos	<ul style="list-style-type: none"> ▪CX4 Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Ta/Tb eutróficos textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não (carbonato e mármore), LAI Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo distrófico + Cambissolo Háplico Ta/Tb eutrófico/distrófico pedregoso ou não e rochoso ou não ambos textura média e argilosa (mármore, carbonatos) 	
Dinâmica superficial	<ul style="list-style-type: none"> ▪Erosão laminar e em sulcos, e movimentos de massa: rastejo, escorregamento planar e abatimento são freqüentes de média intensidade. ▪Intemperismo bioquímico, dissolução e carbonatação são processos generalizados e de alta intensidade 	

Amoreados Cársticos	
Potencialidades	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solos de boa permeabilidade interna e que não oferecem resistência a penetração das raízes. Predominam solos de bom potencial agrícola. ▪ Potencial Mineral para a exploração de calcário, chumbo, cobre, prata, zinco, ouro e arsenopirita ▪ Áreas com alto potencial turístico espeleológico devido a ocorrência de abrigos e cavernas ▪ Áreas para proteção e abrigo da fauna e da flora silvestre, para fins de recreação e turismo
Restrições	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Riscos de subsidências e colapsos ▪ Dificuldades de terraplenagem e aração devido a presença da irregularidade do topo rochoso, freqüente presença de cavidades e de bolsões de solo sem consistência ▪ Restrições ao uso agrícola, pastoril e florestal devido à inclinação das encostas e a capacidade de degradação e a elevada erodibilidade dos solos. ▪ Alta vulnerabilidade do aquífero carstico
Diagnóstico	<p>Fragilidade Muito Alta</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Terrenos muito susceptíveis à interferência devido ao patrimônio espeleológico: dolinas, cavernas, abismos e sumidouros e ao do risco de contaminação e descaracterização do aquífero carstico

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Freqüente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta*.

4.8.1.3 Unidade de Terreno – Amorreados Íngremes

Os terrenos Amorreados Íngremes, caracterizados na Tabela 50 constituem a Serrania do Ribeira, ocorrem principalmente na área de entorno, ocorrendo apenas em pequeno trecho no extremo sul do PETAR, no vale do Córrego Bombas.

Esses terrenos são constituídos por relevos com amplitude e declividade de encostas altas e vales encaixados com canais em rocha, blocos e matacões com cachoeiras e poços, e escoamento torrencial, porém de menor magnitude que os terrenos Montanhosos e Escarpados.

Esses terrenos comportam de forma geral, solos pouco desenvolvidos, rasos a pouco profundos, mesmo quando na presença de latossolos (metapelitos), com presença de pedregosidade e rochosidade e associados à litologia na seguinte conformidade:

- Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo + Cambissolo Háplico Tb pedregoso ou não e rochoso ou não (filito, xisto, granitóides, homfels, micaxisto) ambos distróficos textura média e argilosa; e, Cambissolo Háplico Tb distrófico textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não (granitóides, homfels, meta ritimito, meta siltito, micaxisto, meta brecha);
- Neossolo Litólico + Cambissolo Háplico ambos Tb distróficos textura arenosa e média pedregosos ou não e rochosos ou não (meta arenito, quartizito);
- Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Tb distróficos textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não (filitos, xistos, meta ritimito, meta siltito, micaxisto, meta brecha);
- Cambissolo Háplico Tb distrófico textura argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não (gabro, meta básica).

Esses atributos conferem a esses terrenos uma Susceptibilidade Alta à interferência devido à inclinação acentuada de suas encostas, a erodibilidade dos solos de alteração, e a intensidade dos processos erosivos, principalmente aqueles relacionadas a movimentos de massa do tipo escorregamentos planares e quedas de blocos, sejam eles naturais ou induzidos pela interferência antrópica, que é mais freqüente nesses terrenos.

4.8.1.4 Unidade de Terrenos – Amorreados

Os terrenos Amorreados, caracterizados na Tabela 51 constituem grande parte da área de entorno a oeste do Parque no Planalto de Guapiara, ocorrendo no PETAR apenas uma pequena área no extremo norte do Parque.

Esses terrenos comportam de forma geral, cambissolos e latossolos, esses últimos em áreas menos declivosas e associados à litologia na seguinte conformidade:

- Latossolo Amarelo/Latosssolo Vermelho Amarelo + Cambissolo Háplico Tb pedregoso ou não e rochoso ou não (filito, xisto, granitóides, homfels, micaxisto) ambos distróficos textura média e argilosa;
- Cambissolo Háplico Ta eutrófico, sobre litologia de carbonato xisto + Latossolo Vermelho Amarelo/Latosssolo Amarelo distrófico, ambos textura média e argilosa;
- Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Ta/Tb eutróficos textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não (carbonato e mármore); e,
- Nitossolo Vermelho férrico distrófico textura argilosa e muito argilosa.

Esses terrenos, sustentados por rochas do embasamento cristalino e constituídos por relevos de Morrotes e Morros com amplitudes médias, vertentes inclinadas e vales encaixados e abertos com canais erosivos e erosivos acumulativo com planícies fluviais descontínuas, apresentam Susceptibilidade Alta à interferência; que é devida a erodibilidade dos solos de alteração, à inclinação acentuada de suas encostas, e a intensidade dos processos erosivos, associados ao escoamento superficial das águas e a movimentos de massa do tipo rastejo e escorregamentos planares.

4.8.1.5 Unidade de Terrenos – Morrotes

A unidade de terrenos Morrotes, caracterizados na Tabela 52, ocorre na parte noroeste do PETAR, nas nascentes do córrego da Campina e Ribeirão Temimina, no Planalto de Guapiara e ao longo dos vales do córrego Ribeirãozinho e do rio dos Pilões, na Serrania do Ribeira. Na área de entorno esses terrenos têm ampla distribuição ocorrendo também no Planalto de Guapiara e na Serrania do Ribeira.

Esses terrenos constituídos por rochas do embasamento cristalino apresentam relevos de baixa amplitude com encostas pouco inclinadas e vales abertos erosivos-acumulativos e acumulativos, com canais erosivos-aluviais de baixa sinuosidade em planícies estreitas e descontínuas. Tais características diminuí em muito a atuação dos processos erosivos, nesses terrenos, cuja intensidade é controlada pela susceptibilidade dos solos de alteração ao escoamento superficial, geralmente intensificado e concentrado pelas interferências associadas a aração, obras de terra planagem e abertura de estradas.

Esses terrenos comportam de forma geral, os latossolos e argissolos que ocorrem na área associados à litologia na seguinte conformidade:

- Latossolo Amarelo/Latosssolo Vermelho Amarelo + Cambissolo Háplico Tb pedregoso ou não e rochoso ou não (filito, xisto, granitóides, homfels, micaxisto) ambos distróficos textura média e argilosa e Latossolo Vermelho Amarelo distrófico textura média e argilosa (granitóides);

- Latossolo Amarelo/Latosssolo Vermelho Amarelo + Cambissolo Háplico Tb pedregoso ou não e rochoso ou não (filito, xisto, granitóides, homfels, micaxisto) ambos distróficos textura média e argilosa e Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo distrófico + Cambissolo Háplico Ta/Tb eutrófico/distrófico pedregoso ou não e rochoso ou não ambos textura média e argilosa (carbonato xisto);
- Argissolo Amarelo + Cambissolo Háplico Tb pedregosos ou não e rochosos ou não ambos distróficos textura arenosa e média (meta arenito); e,
- Latossolo Vermelho + Cambissolo Háplico Tb pedregoso ou não e rochoso ou não (meta básica) ambos distróficos textura argilosa e Latossolo Vermelho férrico distrófico textura argilosa e muito argilosa (gabro, diabásio).

Esses atributos conferem a esses terrenos uma Susceptibilidade Moderada à interferência condicionada a erodibilidade dos solos de alteração, e localmente à inclinação acentuada de suas encostas.

Tabela 50. Características dos Terrenos Amorreados Altos que ocorrem na área de entorno e no PETAR

Amorreados Ingrimes		
Relevo	<p>Cristas e Morros paralelos Amplitude: 130 a 280 m Inclinação: 20 a 45%</p> <p>Morros paralelos Amplitude: 130 a 300 m Inclinação: 20 a 50%</p> <p>Morros maciços Amplitude: 100 a 200 m Inclinação: 20 a 40%</p> <p>Morros angulosos Amplitude: 120 a 280 m Inclinação: 17 a 40%</p> <p>Morros pedimentares Amplitude: 90 a 170 m Inclinação: 25 a 40%</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Associam-se cristas alongadas segundo a foliação regional e morros perpendiculares. Topos estreitos agudos. Perfis de encostas contínuas e retilíneas nas formas de maior amplitude. Topos estreitos convexos e perfis de vertente contínuos e convexos nas formas de menor amplitude ▪ Formas desniveladas forte controle estrutural. Topos estreitos, agudos e convexos. Perfil de vertente contínuo e descontínuo com segmentos retilíneos ou convexos ▪ Formas niveladas. Topos estreitos agudos formando picos. Perfil de vertente contínuo com segmentos retilíneos ▪ Formas desniveladas. Topos estreitos, agudos convexos e alongados. Perfil de vertente descontínuo, segmentos retilíneos e convexos com campos de matações, paredes rochosas e lajeiros ▪ Formas subniveladas desenvolvidas a partir de rupturas de declive negativa no sopé de relevos mais elevados. Topos estreitos, agudos e convexos. Perfil de vertente descontínuo segmentos convexos e retilíneos, por vezes rochosos
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vales erosivos encaixados a muito encaixados. Canais erosivos em rocha, matações e blocos das drenagens serranas com cachoeiras, poços e escoamento torrencial. Vales encaixados erosivos-acumulativos com canais em solo de alteração, ou rocha alterada e aluvial com planícies colúvio-aluviais ▪ Densidade de drenagem alta a média 	
Substrato rochoso, sedimentos e coberturas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Metarenitos, metassiltitos, ardósia, filitos, quartzito filitos, metassiltitos quartzitos micáceos e feldspáticos com intercalações de filitos, xistos e metarcóseos e gabros, granitos foliados, granulação fina a média, porfiríticos 	
Associações de solos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CX13 Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Tb distróficos textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não (filitos, xistos, meta ritimito, meta siltito, micaxisto, meta brecha), RL2 Neossolo Litólico + Cambissolo Háplico Tb distróficos textura média e argilosa (meta ritimito, meta siltito, meta brecha) 	
Dinâmica superficial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erosão laminar e em sulcos, e movimentos de massa: rastejo, escorregamentos planar e rotacional, queda de blocos são freqüentes de média a alta intensidade ▪ Boçorocas ocasionais e de alta intensidade ▪ Entalhe fluvial é generalizado e de média a alta intensidade 	
Potencialidades	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Terras aptas para a utilização como abrigo e proteção da fauna e da flora silvestre e como ambiente para recreação e lazer 	
Restrições	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solos rasos de baixa fertilidade, problemas de toxidez por alumínio, baixa capacidade de retenção de umidade e de fertilizantes aplicados 	

Amorreados Ingrimes	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪Susceptibilidade a erosão laminar, em sulcos quando da remoção do solo superficial devido à aração, a obras de terraplenagem ou a obras de drenagem que provocam a concentração do escoamento superficial ▪Terras impróprias para a agricultura, pastagens e silvicultura ▪Dificuldades de escavação e de cravação de estacas, possibilidade de recalques diferenciais em fundações estruturais devido à presença de matacões no solo ▪Risco de escorregamentos e queda de blocos, devido à exposição do contato solo/rocha, em áreas saturadas ou com surgência d'água e ao descalçamento em taludes de corte ou superfície de encosta ▪Risco de erosão em sulcos e ravinações é mais intenso em cortes do que em aterros, que podem ser compactados ▪Risco de assoreamento dos canais fluviais próximos às áreas de intervenção devido a erodibilidade elevada dos solos
Diagnóstico	<p>Fragilidade Alta</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪Terrenos muito susceptíveis à interferência devido à inclinação acentuada de suas encostas e a intensidade dos processos erosivos

Tabela 51. Características dos Terrenos Amorreados que predominam na área de entorno do PETAR

Amorreados		
Relevo	<p>Morrotos e Morros Amplitude: 60 a 160 m Inclinação: 20 a 60% Altitudes: 900 a 1000 m</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪Formas desniveladas. Topos estreitos convexos. Perfil de vertente contínuo e descontínuo, com segmentos curtos convexos e retilíneos. Vales encaixados e erosivos nas cabeceiras, e aberto e erosivo-acumulativo nas drenagens maiores, com planícies fluviais estreitas e descontínuas Canais erosivos-aluviais de baixa sinuosidade em planícies estreitas e descontínuas
Substrato rochoso, sedimentos e coberturas	<ul style="list-style-type: none"> ▪Carbonatos xistos, granitos e granodioritos foliados, granulação fina a média, porfiríticos e mármores ▪Diques de rochas básicas: diábasios, basaltos e gabros (b) de modo restrito 	
Unidades de solos	<ul style="list-style-type: none"> ▪CX2 Cambissolo Háplico Ta eutrófico, sobre litologia de carbonatos + Latossolo Vermelho Amarelo/Latossolo Amarelo distrófico, ambos textura média e argilosa, LAI Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo distrófico + Cambissolo Háplico Ta/Tb eutrófico/distrófico pedregoso ou não e rochoso ou não ambos textura média e argilosa (mármore, carbonatos) 	
Dinâmica superficial	<ul style="list-style-type: none"> ▪Erosão laminar, em sulcos (ravinas), rastejo, pequenos escorregamentos e entalhe fluvial são frequentes e de média a alta intensidade 	
Potencialidades	<ul style="list-style-type: none"> ▪Solos com boas drenagens internas. Porosidade e friabilidade elevada favorecem o enraizamento. Solos bons para uso em aterros e estradas ▪Potencial mineral para a exploração de calcário, chumbo, cobre, prata, zinco, ouro e arsenopirita. Áreas com potencial espeleológico. 	
Restrições	<ul style="list-style-type: none"> ▪Podem favorecer a contaminação de aquíferos devido a permeabilidade elevada ▪Baixa disponibilidade de nutrientes e toxicidade por Al³⁺ ▪Susceptibilidade a erosão laminar quando da remoção do solo superficial devido à aração, a obras de terraplenagem ou de drenagem ▪Dificuldades de escavação e de cravação de estacas, possibilidade de recalques diferenciais em fundações estruturais devido à presença de matacões no solo ▪Riscos localizados de subsidências e colapsos e de contaminação do aquífero carstico 	

Diagnóstico e qualidade ambiental	Fragilidade Alta ▪Terrenos sensíveis a interferências, devido à erodibilidade dos solos, a presença de setores de encostas mais íngremes e a ocorrência localizada de processos carsticos
--	---

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*

Tabela 52. Características da unidade de terrenos Morrotes que predominam na área de entorno do PETAR

Morrotes		
Relevo	<p>Morrotes Amplitude: 30 a 90 m Inclinação: 15% a 40 %</p> <p>Morrotes Pedimentares Amplitude: 50 a 90 m Inclinação: 20 a 40%</p> <p>Morrotes e Colinas pequena Amplitude: 30 a 80 m Inclinação: 10 % a 30 %</p>	<p>▪Formas niveladas. Topos estreitos e convexos. Perfil de vertente contínuo e descontínuo com segmentos retilíneos ou convexos. Vales abertos erosivos nas cabeceiras e erosivos-acumulativos ou acumulativos com planícies fluviais nas drenagens maiores</p> <p>▪Formas subniveladas desenvolvidas a partir de rupturas de declive negativa no sopé de relevos mais elevados. Topos estreitos, agudos e convexos. Perfil de vertente contínuo segmentos curtos retilíneos. Vales erosivos e erosivos acumulativos. Planícies estreitas e descontínuas</p> <p>▪Associam-se Morrotes e Colinas pequenas subniveladas, com topos estreitos convexos. Perfil de vertente contínuo e descontínuo com segmentos convexos e retilíneos, podendo ser mais íngreme nas nascentes. Vales abertos erosivos-acumulativos e acumulativos, com planícies</p> <p>▪Canais erosivos-aluviais de baixa sinuosidade em planícies estreitas e descontínuas</p>
Substrato rochoso, sedimentos e coberturas	▪Granitos e granodioritos, micaxistos, metarenitos, metassiltitos, gabros e diabásios, filito, metaritimito, ardósias e filitos	
Associações de solos	▪LA2 Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo + Cambissolo Háplico Tb pedregoso ou não e rochoso ou não (filito, xisto, granitóides, homfels, micaxisto) ambos distróficos textura média e argilosa, PVA2 Argissolo Vermelho Amarelo + Latossolo Vermelho Amarelo ambos distróficos textura média e argilosa	
Dinâmica superficial	<p>▪Erosão laminar, em sulcos e rastejo e entalhe de canal são frequentes e de média intensidade</p> <p>▪Escorregamentos planares e rotacionais ocasionais e de baixa intensidade</p> <p>▪Predomina transporte fluvial de finos</p>	

Potencialidades	<ul style="list-style-type: none"> ▪Solos com boas drenagens internas. Porosidade e friabilidade elevada favorecem o enraizamento ▪Terras aptas para a agricultura, pastagem e silvicultura, mas que necessitam de praticas complementares de melhoramento ▪Bom para uso em aterros e estradas
Restrições	<ul style="list-style-type: none"> ▪Podem favorecer a contaminação de aquíferos devido a permeabilidade elevada. ▪Baixa disponibilidade de nutrientes e toxidade por Al³⁺ ▪Susceptibilidade a erosão laminar, em sulcos e a pequenos escorregmentos, quando da remoção do solo superficial devido à aração, a obras de terraplenagem ou a obras de drenagem que provocam a concentração do escoamento superficial, principalmente nos granitos ▪Dificuldades de escavação e de cravação de estacas, possibilidade de recalques diferenciais em fundações estruturais devido à presença de matacões no solo
Diagnóstico	<p style="text-align: center;">Fragilidade Moderada</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪Terrenos susceptíveis à interferência devido a devido à erodibilidade dos solos e ocasionalmente a setores de encostas mais inclinados

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*

4.8.1.6 Unidade de Terrenos – Cones de Dejeção e Corpos de Tálus

A unidade de terreno Cones de dejeção e Corpos de Tálus, caracterizados na Tabela 53, ocorre no PETAR e na área de entorno, fazendo parte da Serrania do Ribeira.

Esses terrenos representam depósitos de encosta e fundos de vale que caracterizam o sopé dos terrenos Montanhosos e Escarpados, e ocorrem sobre a forma de acumulações convexas ou formando rampas inclinadas.

Esses terrenos apresentam processos de rastejo freqüente e de alta intensidade sendo os escorregamentos ocasionais. O entalhe fluvial vertical e lateral de canais também é freqüente, porém apresenta baixa intensidade. Por estarem localizados no sopé de relevos mais elevados e ingremes, ocorre em pontos localizados e de modo ocasional, acúmulo de detritos provenientes de escorregamentos e de torrentes. A sua constituição heterogênea favorece a presença de vazios, que condicionam a ocorrência de *piping* e de sumidouros.

Esses terrenos comportam de forma geral, os cambissolos e argissolos que ocorrem na área associados à depósitos das litologias na seguinte conformidade:

- Cambissolo Háplico Tb pedregosos ou não e rochosos ou não sobre litologias de filitos, xistos, granitóides, meta ritimito, meta siltito e meta brecha + Argissolo Amarelo ambos distróficos textura média e argilosa; e,
- Cambissolo Háplico Ta/Tb pedregosos ou não e rochosos ou não, sobre mármore + Argissolo Amarelo ambos eutróficos/distróficos textura média e argilosa.

Esses atributos conferem a esses terrenos uma Susceptibilidade Alta à interferência devido à inclinação de suas encostas, a erodibilidade dos solos, e a ocorrência de rastejo e pequenos escorregamentos planares.

Tabela 53. Características da unidade de terrenos Cones de dejeção e Corpos de Tálus que ocorrem no PETAR e na área de entorno

Cones de Dejeção e Corpos de Tálus		
Relevo	Cones de dejeção e corpos de tálus Inclinação: 10 % a 40 % Altitudes: 20 a 600m	▪ Rampas deposicionais subhorizontais e/ou convexas, associadas ao fundo de vales e ao sopé de vertentes íngremes. Formados por ação gravitacional, fluvial e pluvial
Substrato rochoso, sedimentos e coberturas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Constituídos por matacões, blocos e seixos polimíticos, angulosos a subarredondados, semi-alterados a alterados imersos em matriz areno-argilosa arcoseana ou arenosa ▪ Nos cones de dejeção intercalam-se areias médias e grossas, micáceas, por vezes argilosas, e seixos orientados 	
Associações de solos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CX10 Cambissolo Háplico Tb pedregosos ou não e rochosos ou não (filitos, xistos, granitóides, meta ritimito, meta siltito, meta brecha) + Argissolo Amarelo ambos distróficos textura média e argilosa, CX3 Cambissolo Háplico Ta/Tb pedregosos ou não e rochosos ou não (mármore) + Argissolo Amarelo ambos eutróficos/distróficos textura média e argilosa 	
Dinâmica superficial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entalhe vertical e lateral de canais é freqüente e de média intensidade ▪ Rastejo freqüente e de alta intensidade. Escorregamentos ocasionais e de alta intensidade ▪ Acumulo de detritos localizados e ocasionais a montante 	
Potencialidades	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Predominam Áreas para proteção e abrigo da fauna e da flora silvestre, para fins de recreação e turismo 	
Restrições	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solos ácidos e pobres em nutrientes, com severas restrições para o uso agrícola, pastoril ou florestal devido a sua elevada capacidade de degradação, a elevada erodibilidade ▪ Dificuldades de escavação e de cravação de estacas, possibilidade de recalques diferenciais em fundações estruturais devido à presença de matacões no solo ▪ Problemas localizados de instabilidade devido à presença de blocos, matacões, processos de rastejo e pequenos escorregamentos ▪ Risco de intensificação de processos erosivos devido a inclinação acentuada de suas encostas e a heterogeneidade do material ▪ Risco de assoreamento dos canais fluviais próximos às áreas de interferência 	
Diagnóstico	<p style="text-align: center;">Fragilidade Alta</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Terrenos muito susceptíveis à interferência devido à mobilidade dos depósitos e a suscetibilidade alta a escorregamentos, naturais e induzidos 	

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Freqüente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta*.

4.8.1.7 Unidade de Terrenos – Terraços

A unidade de terreno Terraços, descrita na Tabela 54, ocorre essencialmente na área de entorno, ao longo do rio Ribeira, no sopé dos terrenos Montanhosos e Escarpados ou Amorreiros Íngremes

Os Terraços na área encontram-se elevados de 20 a 30 m acima do leito atual do rio, sendo constituídos por cascalhos oligomíticos com seixos de quartzo e quartzito em matriz arenosa.

Os Terraços apresentam Gleissolo Háplico associado ao Cambissolo háplico gleico ambos Tb/Ta eutróficos e distróficos textura média e argilosa (sedimentos colúvio-aluviais)

Esses terrenos apresentam relevos planos e ondulados, levemente inclinados em direção ao rio, com processos de erosão laminar, em sulcos e entalhe fluvial ocasional e de baixa intensidade, apresentando Baixa Susceptibilidade a interferência e sendo geralmente são aptos à ocupação antrópica.

4.8.1.8 Unidade de Terrenos – Planície Fluvial

A unidade de terreno Planície fluvial, descrita na Tabela 55, ocorre no PETAR e na área de entorno, fazendo parte do Planalto de Guapiara e da Serrania do Ribeira.

Essa unidade de terreno compreende a planície de inundação, os baixos terraços e as rampas colúvias interdigitadas com os sedimentos aluviais. Nestes terrenos encontram ainda áreas alagadiças e com lençol freático aflorante e canais abandonados.

Esses terrenos são constituídos por camadas de areias, silte, argilas e matéria orgânica, ocorrendo seixos e blocos de quartzo, quartzito, granitos e xisto, com intercalações de areias médias, grossas, micáceas, com grânulos angulosos de quartzo e feldspato e ocasionalmente matacões, nas proximidades de relevos mais íngremes.

Nesses terrenos predominam Gleissolo Háplico Tb/Ta distrófico/eutrófico textura média e argilosa associado ao Neossolo Flúvico textura arenosa, média e argilosa (sedimentos aluviais) por vezes com camadas de seixos, que se desenvolvem em meio a áreas alagadiças.

Esses terrenos apresentam freático elevado e enchentes sazonais, sendo que nas margens ocorrem processos de erosão lateral e vertical do canal, deposição de finos durante as enchentes por decantação e de areias e seixos por acréscimo lateral. Nas planícies processos de erosão laminar e em sulcos são localizados e de baixa intensidade.

De modo geral esses terrenos constituem Áreas de Preservação Permanente, e são considerados terrenos de Alta Susceptibilidade a interferências antrópicas, que

geralmente provocam assoreamentos, aterramento de nascentes e destruição da mata ciliar

Tabela 54. Características da unidade de terrenos Terraço que predominam na área de entorno do PETAR

Terraços		
Relevo	Terraço fluvial Inclinação < 5% Elevados acima do rio de 20 a 70 m	■ Áreas planas ou onduladas, levemente inclinadas em direção ao rio. São descontínuos e apresentam bordas abruptas. Incluem dois níveis um superior elevado de 35 a 70 m e um intermediário elevado de 20 a 35 m
Substrato rochoso, sedimentos e coberturas	■ Cascalhos oligomíticos, de quartzo e quartzitos arredondados e orientados, areias arcoseanas e lamitos. Espessuras até 10 m	
Unidades de solos	■ GXI Gleissolo Háplico + Cambissolo háplico gleico ambos Tb/Ta eutróficos e distróficos textura média e argilosa (sedimentos colúvio-aluviais)	
Dinâmica superficial	■ Erosão laminar, em sulcos e entalhe fluvial ocasional e de baixa intensidade	
Potencialidades	■ Terras aptas para a agricultura, mas que necessitam de práticas complementares de melhoramentos ■ Favoráveis a implantação de obras civis	
Restrições	■ Solos ácidos e pobres em nutrientes, com restrições para o uso agrícola, pastoril ou florestal. ■ Pouco adequados à disposição de efluentes, aterros sanitários e lagoas de decantação devido à alta permeabilidade e a pouca profundidade do lençol freático. ■ Proximidade de Áreas de Preservação Permanente (APP)	
Diagnóstico	Fragilidade Baixa ■ Terrenos pouco susceptíveis a interferência, que, no entanto precisa ser controlada devido à proximidade dos rios e de APP	

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta*.

Tabela 55. Características da unidade de terrenos Planícies que predominam no PETAR e na área de entorno

Planície Fluvial		
Relevo	<p>Planície Fluvial Inclinação <2% Elevada de 3 a 10m</p> <p>Planície colúvio aluvial Elevada de 0,5 a 3 m</p>	<ul style="list-style-type: none"> Áreas amplas levemente inclinada em direção ao rio apresentam margens abruptas e são bem desenvolvidas nas proximidades do sopé da serra. É formada pela planície de inundação, por alagadiços e pelo terraço baixo, só inundado em cheias excepcionais Rampas de deposição subhorizontais e/ou côncavas associadas ao fundo de vales e a sua chegada na planície, onde se alargam formando leques que se interdigitam com os depósitos das planícies aluviais. Formados por ação fluvial, pluvial e gravitacional
Substrato rochoso, sedimentos e coberturas	<ul style="list-style-type: none"> Predominam areias, silte, argilas e matéria orgânica, ocorrendo seixos e blocos de quartzo, quartzito, granitos e xisto, com intercalações de areias médias, grossas, micáceas, com grânulos angulosos de quartzo e feldspato e ocasionalmente matacões, nas proximidades de relevos mais íngremes 	
Associações de solos	<ul style="list-style-type: none"> GXI Gleissolo Háptico + Cambissolo háptico gleico ambos Tb/Ta eutróficos e distróficos textura média e argilosa (sedimentos colúvio-aluviais), GX2 Gleissolo Háptico Tb/Ta distrófico/eutrófico textura média e argilosa + Neossolo Flúvico textura arenosa, média e argilosa (sedimentos aluviais) 	
Dinâmica superficial	<ul style="list-style-type: none"> Freático elevado. Erosão lateral e vertical do canal, solapamento de margens, intersecção de meandros, deposição de finos durante as enchentes por decantação e de areias e seixos por acréscimo lateral. Enchentes anuais. Erosão laminar e em sulcos localizados e de baixa intensidade 	
Potencialidades	<ul style="list-style-type: none"> São solos com boa fertilidade e relevo aplainado Terras com Aptidão Restrita e Regular para lavouras de nível tecnológico médio e alto respectivamente, para culturas de ciclo curto 	
Restrições	<ul style="list-style-type: none"> Freático elevado, enchentes anuais, alagadiços e solos moles, erosão lateral e vertical do canal e das margens, deposição de finos durante as enchentes, estabilidade precária das paredes de escavação, recalque de fundações, danificação das redes subterrâneas por recalque Áreas favoráveis ao assoreamento Áreas de Preservação Permanente (APP) 	
Diagnóstico	<p>Fragilidade Alta</p> <ul style="list-style-type: none"> Terrenos muito susceptíveis à ocupação, com risco de inundação e contaminação e de interferência com APP 	

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta*.

4.8.2 Fragilidade Geoambiental dos Terrenos do PETAR e sua Área de Entorno

Os diferentes terrenos que constituem o PETAR e a área de entorno, foram avaliados quanto ao seu grau de fragilidade que foi estabelecida com base nos atributos, na dinâmica superficial e no comportamento geotécnico apresentados pelos terrenos, considerando-se ainda a extensão e a vulnerabilidade apresentadas pelo aquífero cárstico, cuja abrangência transcende aos terrenos Amorreiros cársticos.

Os sistemas aquíferos, descritos no item Geologia, que ocorrem no PETAR e na área de entorno são representados por um sistema granular ou poroso, associado aos restritos depósitos sedimentares coluviais, fluviais e aos solos; pelo sistema aquífero fraturado que é o mais extenso e está associado aos sistemas de descontinuidades (juntas, fraturas, falhas, estratificação, xistosidade); e pelo sistema aquífero cárstico associado à presença das rochas carbonáticas.

A análise da vulnerabilidade desses sistemas aquíferos indica que o sistema cárstico apresenta vulnerabilidade Alta quando coberto e Extrema quando não coberto.

A variação da vulnerabilidade nas áreas do sistema aquífero cárstico está associada à presença da cobertura detritica de solos espessos e das características da rocha carbonática. Assim nos locais onde os solos são mais espessos e as rochas menos fraturadas e com menor possibilidade de escoamento superficial, ocorre uma maior proteção do aquífero e, portanto, uma menor vulnerabilidade.

Nos locais em que a cobertura detrítica é menos espessa e as rochas mais fraturadas tem-se uma Extrema vulnerabilidade do aquífero cárstico. Essa vulnerabilidade está condicionada a uma maior intensidade do escoamento superficial e concentrado, com formação de fluxos perenes e ou intermitentes, que se infiltram diretamente no sistema de sumidouros e cavidades cársticas, carreando poluentes diretamente para o aquífero.

Podem-se ter diferentes gradações quanto à vulnerabilidade do Aquífero Cárstico de acordo com fatores que interferem nas características dos processos de infiltração como a cobertura vegetal, a topografia, os solos, as coberturas sedimentares, a estrutura das rochas, a constituição química dos calcários e a intensidade das chuvas, que são determinantes para esse processo, de modo que:

■ As zonas mais vulneráveis estariam associadas às regiões em que ocorre uma injeção de fluxos concentrados diretamente no aquífero, que correspondem às áreas de depressões autóctones ou alóctones – com recarga difusa por infiltração no solo e recarga concentrada em sumidouros, com grande incidência de feições cársticas como ressurgências, dales, poldjes, cones cársticos e cavernas;

■ As zonas com vulnerabilidade intermediária estariam associadas às regiões carbonáticas com baixa incidência de feições cársticas, onde a recarga se dá

exclusivamente por infiltração difusa nos solos e o escoamento superficial converge para rios de superfície ou áreas não carbonáticas; e

▪As zonas com vulnerabilidade baixa, sem risco para a contaminação do aquífero, estariam associadas às regiões não carbonáticas onde o escoamento não converge para áreas cársticas.

Com base nesses critérios, na área de ocorrência das rochas carbonáticas, no limite das bacias hidrográficas de contribuição do cárste e na direção de fluxo do escoamento superficial na área cárstica delimitou-se no Mapa 10. Fragilidade Geoambiental do PETAR e Área de Entorno a área do Sistema Aquífero Cárstico, que foi considerada de Fragilidade Muito Alta.

Para a interpretação da fragilidade, os solos contribuíram na análise com os atributos textura e espessura do solo, declive e presença de impedimentos, que permitem a diferenciação dos graus de fragilidade.

A textura do solo é um elemento importante na estabilidade e na morfodinâmica de uma área. Assim, textura mais grossa implica em maior desagregação, menor estabilidade e capacidade de arraste maior, enquanto que os materiais mais finos são mais estáveis. No que se refere aos impedimentos são considerados os seguintes atributos: presença de pedregosidade ou rochosidade, lençol freático próximo à superfície, pouca profundidade efetiva do solo e relevo com inclinação acentuada. Esses atributos configuram um alto grau de fragilidade, na medida em que, qualquer uso nessas áreas pode acarretar prejuízos à conservação do solo e à recuperação da cobertura vegetal natural, possibilitando o aparecimento de processos erosivos e assoreamento de nascentes e canais fluviais.

Com base nos atributos e características dos Terrenos e na análise do Sistema Aquífero cárstico, foram estabelecidas quatro categorias de fragilidades: Muito Alta (Sistema Aquífero Carstico, terrenos Montanhosos e Escarpados e Amorreados Cársticos); Alta (Amorreados Íngremes, Amorreados, Cones de dejeção e Corpos de Tálus e Planície fluvial); Moderada (Morrotes); e, Baixa (Terraços).

Foram diferenciados na área de estudo oito (8) unidades de terrenos cujos atributos e sua descrição e avaliação da fragilidade encontram-se sumariados na Tabela 56 com distribuição espacializada no Mapa “Fragilidade Geoambiental do PETAR e Área de Entorno”.

Tabela 56. Síntese da fragilidade dos terrenos e do sistema cárstico do PETAR

Terreno Morfometria Dinâmica superficial	Substrato rochoso, Cobertura detritica e Solos (*)	Restrições e comportamento geotécnico	Fragilidade
<p>Montanhosos e Escarpados</p> <p>Amplitude: 150 a 800 m Inclinação: 25 a 70%</p> <p>Erosão laminar e em sulcos localizadas e de moderada a intensidade. Entalhe e erosão fluvial e movimentos de massa do tipo rastejo, escorregamento planar e queda de blocos são freqüentes e de alta intensidade</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪Granitos e granodioritos ▪O solo de alteração é areno-siltoso a argilo-siltoso por vezes micáceos e rico em grânulos de quartzo e feldspato, sendo comum à presença de matacões imersos. O solo superficial é argilo arenoso também com grânulos de quartzo ▪Unidades de mapeamento de solo dominantes CX7, LA2 	<ul style="list-style-type: none"> ▪Dificuldades de terraplenagem, escavação, e de cravação de estacas devido à presença de matacões no solo ▪Possibilidade de recalques diferenciais em fundações estruturais implantadas sobre matacões ▪Escorregamento em taludes de corte na transição solo/rocha, comumente associado a surgências de água ▪Instabilidade e queda de blocos por descalçamento em taludes de corte e em superfícies de encosta 	Muito Alta
	<ul style="list-style-type: none"> ▪Metarenitos, quartzitos e metarcóseos ▪Solo de alteração pode ser arenoso, areno-siltoso e areno-argiloso conforme a rocha associada ▪Unidades de mapeamento de solo dominantes RL1, CX11 	<ul style="list-style-type: none"> ▪Problemas de estabilidade relacionados a quedas de blocos e rupturas clássicas devido ao diaclasamento ou o acamamento desfavorável e a presença de planos de percolação ▪Recalque diferencial devido à baixa densidade do solo de alteração; ▪Ocorrência de processo de piping que pode provocar erosão remontante ▪Os solos de alteração francamente arenosos são sensíveis a erosão laminar e em sulcos 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪Metassiltitos, Filitos, Ardósias, Xistos ▪Rochas de granulometria fina com foliação bem desenvolvida. O solo superficial é silto-argiloso, argilo-siltoso e areno-siltoso-argiloso nos termos mais quartzosos ▪Unidades de mapeamento de solo dominantes RL2, CX13, CX7 	<ul style="list-style-type: none"> ▪Erosão em sulcos controlada pela direção de xistosidade Dificuldade de compactação causada pelas micas e pelo silte ▪Escorregamentos condicionados pela foliação desfavorável ao talude natural ou de corte 	

Terreno Morfometria Dinamica superficial	Substrato rochoso, Cobertura detritica e Solos (*)	Restrições e comportamento geotécnico	Fragilidade
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gabros e diques de basalto ▪ O solo de alteração e o superficial são argilosos a muito argilosos, podendo apresentar blocos e fragmentos de rocha imersos no solo de alteração. Unidades de mapeamento de solo dominantes CX9, CX12 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baixa aderência dos solos superficiais argilosos ▪ Queda de blocos em taludes de corte devido ao sistema de fraturamento intenso, que favorece a percolação de água 	
<p>Amorreados Cársticos</p> <p>Amplitude: 60 a 160 m Inclinação: 15 a 60%</p> <p>Erosão laminar e em sulcos, e movimentos de massa: rastejo, escorregamento planar e abatimento são freqüentes de média intensidade. Intemperismo bioquímico, dissolução e carbonatação são processos generalizados e de alta intensidade</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mármore dolomítico, mármore calcítico e dolomito ▪ Rocha alterada e sã aflora nas encostas mais íngremes, sendo o solo de alteração e superficial é argiloso a muito argiloso, mais desenvolvido em relevos mais suaves ▪ Unidades de mapeamento de solo dominantes CX4, LA I 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Risco de subsidências e colapsos, devido a processos de dissolução química das rochas (fenômenos cársticos associados à formação de dolinas e cavernas) ▪ Dificuldade de terraplenagem, aração e abertura de valas devido à presença eventual de cavidades e a irregularidade do topo rochoso. ▪ Alta vulnerabilidade do aquífero cárstico 	Muito Alta

Terreno Morfometria Dinamica superficial	Substrato rochoso, Cobertura detritica e Solos (*)	Restrições e comportamento geotécnico	Fragilidade
<p>Amorreados Ingrimes</p> <p>Amplitude: 100 a 300 m Inclinação: 20 a 50%</p> <p>Erosão laminar e em sulcos, e movimentos de massa: rastejo, escorregamentos planar e rotacional, queda de blocos são freqüentes de média a alta intensidade.</p> <p>Boçorocas ocasionais e de alta intensidade.</p> <p>Entalhe fluvial é generalizado e de média a alta intensidade</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪Granitos e granodioritos ▪O solo de alteração é areno-siltoso a argilo-siltoso por vezes micáceos e rico em grânulos de quartzo e feldspato, sendo comum à presença de matacões imersos. O solo superficial é argilo arenoso também com grânulos de quartzo. Unidades de mapeamento de solo dominantes LA2, CX7 	<ul style="list-style-type: none"> ▪Dificuldades de terraplenagem, escavação, e de cravação de estacas devido à presença de matacões no solo ▪Possibilidade de recalques diferenciais em fundações estruturais implantadas sobre matacões ▪Escorregamento em taludes de corte na transição solo/rocha, comumente associado a surgências de água ▪Instabilidade e queda de blocos por descalçamento em taludes de corte e em superfícies de encosta 	<p>Alta</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ▪Metarenitos, quartzitos e metarcóseos ▪Solo de alteração pode ser arenoso, areno-siltoso e areno-argiloso conforme a rocha associada. Unidades de mapeamento de solo dominantes RL1 	<ul style="list-style-type: none"> ▪Problemas de estabilidade relacionados a quedas de blocos e rupturas clássicas devido ao diaclasamento ou o acamamento desfavorável e a presença de planos de percolação ▪Recalque diferencial devido à baixa densidade do solo de alteração; ▪Ocorrência de processo de piping que pode provocar erosão remontante; ▪Os solos de alteração francamente arenosos são sensíveis a erosão laminar e em sulcos 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪Metassiltitos, Filitos, Ardósias, Xistos ▪Rochas de granulometria fina com foliação bem desenvolvida. O solo superficial é silto-argiloso, argilo-siltoso e areno-siltoso-argiloso nos termos mais quartzosos. Unidades de mapeamento de solo dominantes CX13, CX8, RL2 	<ul style="list-style-type: none"> ▪Erosão em sulcos controlada pela direção de xistosidade Dificuldade de compactação causada pelas micas e pelo silte ▪Escorregamentos condicionados pela foliação desfavorável ao talude natural ou de corte 	

Terreno Morfometria Dinamica superficial	Substrato rochoso, Cobertura detritica e Solos (*)	Restrições e comportamento geotécnico	Fragilidade
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gabros e diques de basalto ▪ O solo de alteração e o superficial são argilosos a muito argilosos, podendo apresentar blocos e fragmentos de rocha imersos no solo de alteração. Unidades de mapeamento de solo dominantes CX6, CX9, CX12 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baixa aderência dos solos superficiais argilosos. ▪ Queda de blocos em taludes de corte devido ao sistema de fraturamento intenso, que favorece a percolação de água 	
<p>Amorreados</p> <p>Amplitude: 60 a 160 m Inclinação: 20 a 60%</p> <p>Erosão laminar, em sulcos (ravinas), rastejo, pequenos escorregamentos e entalhe fluvial são freqüentes e de média a alta intensidade</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Granitos e granodioritos ▪ O solo de alteração é areno-siltoso a argilo-siltoso por vezes micáceos e rico em grânulos de quartzo e feldspato, sendo comum à presença de matacões imersos. O solo superficial é argilo arenoso também com grânulos de quartzo. Unidades de mapeamento de solo dominantes LA2, LVA 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dificuldades de terraplenagem, escavação e de cravação de estacas devido à presença de matacões no solo ▪ Possibilidade de recalques diferenciais em fundações estruturais implantadas sobre matacões ▪ Escorregamento em taludes de corte na transição solo/rocha, comumente associado a surgências de água; ▪ Instabilidade e queda de blocos por descalçamento em taludes de corte e em superfícies de encosta 	Alta
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Xistos ▪ Rochas de granulometria fina com foliação bem desenvolvida. O solo superficial é silto-argiloso, argilo-siltoso e areno-siltoso-argiloso nos termos mais quartzosos. Unidades de mapeamento de solo dominantes CX2, CX8, 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erosão em sulcos controlada pela direção de xistosidade Dificuldade de compactação causada pelas micas e pelo silte ▪ Escorregamentos condicionados pela foliação desfavorável ao talude natural ou de corte 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mármore dolomítico, mármore calcítico e dolomito ▪ Rocha alterada e sã aflora nas encostas mais íngremes, sendo o solo de alteração e superficial é argiloso a muito argiloso, mais desenvolvido em relevos mais suaves. Unidades de mapeamento de solo dominantes CX4, LV2 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Risco de subsidências e colapsos, devido a processos de dissolução química das rochas (fenômenos carsticos associados à formação de dolinas e cavernas); ▪ Dificuldade de terraplenagem, aração e abertura de valas devido à presença eventual de cavidades e a irregularidade do topo rochoso. ▪ Alta vulnerabilidade do aquífero carstico. 	

Terreno Morfometria Dinamica superficial	Substrato rochoso, Cobertura detritica e Solos (*)	Restrições e comportamento geotécnico	Fragilidade
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gabros e diques de basalto ▪ O solo de alteração e o superficial são argilosos a muito argilosos, podendo apresentar blocos e fragmentos de rocha imersos no solo de alteração. Unidades de mapeamento de solo dominantes NV, LV3 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baixa aderência dos solos superficiais argilosos ▪ Queda de blocos em taludes de corte devido ao sistema de fraturamento intenso, que favorece a percolação de água 	
<p>Morrotes</p> <p>Amplitude: 30 a 90 m Inclinação: 10 % a 40 %</p> <p>Erosão laminar, em sulcos e rastejo e entalhe de canal são freqüentes e de média intensidade.</p> <p>Escorregamentos planares e rotacionais ocasionais e de baixa intensidade</p> <p>Predomina transporte fluvial de finos</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Granitos e granodioritos ▪ O solo de alteração é areno-siltoso a argilo-siltoso por vezes micáceos e rico em grânulos de quartzo e feldspato, sendo comum à presença de matacões imersos. O solo superficial é argilo arenoso também com grânulos de quartzo. Unidades de mapeamento de solo dominantes LA2, LVA 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dificuldades de terraplenagem, escavação, e de cravação de estacas devido à presença de matacões no solo ▪ Possibilidade de recalques diferenciais em fundações estruturais implantadas sobre matacões 	Moderada
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Metassiltitos, Filitos, Ardósias, Xistos ▪ Rochas de granulometria fina com foliação bem desenvolvida. O solo superficial é silto-argiloso, argilo-siltoso e areno-siltoso-argiloso nos termos mais quartzosos. Unidades de mapeamento de solo dominantes LA2, LA1 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erosão em sulcos controlada pela direção de xistosidade Dificuldade de compactação causada pelas micas e pelo silte 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Metarenitos ▪ Solo de alteração pode ser arenoso, areno-siltoso e areno-argiloso conforme a rocha associada. Unidades de mapeamento de solo dominantes PA2, PVA1, PVA2, CX7 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recalque diferencial devido à baixa densidade do solo de alteração; ▪ Ocorrência de processo de piping que pode provocar erosão remontante ▪ Os solos de alteração francamente arenosos são sensíveis a erosão laminar e em sulcos 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gabros e diques de basalto ▪ O solo de alteração e o superficial são argilosos a muito argilosos, podendo apresentar blocos e fragmentos de rocha imersos no solo de alteração. Unidades de mapeamento de solo dominantes LVI, LV3 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baixa aderência dos solos superficiais argilosos 	

Terreno Morfometria Dinamica superficial	Substrato rochoso, Cobertura detritica e Solos (*)	Restrições e comportamento geotécnico	Fragilidade
<p>Cones de Dejeção e Corpos de Tálus</p> <p>Inclinação: 10 % a 40 % Altitudes: 20 a 600m</p> <p>Entalhe vertical e lateral de canais é freqüente e de média intensidade Rastejo freqüente e de alta intensidade. Escorregamentos ocasionais e de alta intensidade. Acumulo de detritos localizados e ocasionais a montante</p>	<p>▪Matacões, blocos e seixos polimíticos, angulosos a subarredondados, semi-alterados a alterados imersos em matriz areno-argilosa arcoseana ou arenosa. Nos cones de dejeção intercalam-se areias médias e grossas, micáceas, por vezes argilosas, e seixos orientados</p> <p>▪Unidades de mapeamento de solo dominantes CX10, CX3</p>	<p>▪Instabilidade com quedas de blocos por descalçamento em taludes de corte e em superfícies de encosta</p> <p>▪Possibilidade de recalques diferenciais de fundações de estruturas devidos implantação sobre matacões</p> <p>▪Ocorrência de processo de piping que pode provocar erosão remontante e desestabilização de blocos e matacões.</p> <p>▪Dificuldades de escavação e de cravação de estacas, possibilidade de recalques diferenciais em fundações estruturais devido à presença de matacões disperso no solo</p> <p>▪Problemas localizados de instabilidade devido à presença de blocos, matacões, processos de rastejo e pequenos escorregamentos.</p> <p>▪Risco de intensificação de processos erosivos devido à inclinação acentuada de suas encostas e a heterogeneidade do material.</p> <p>▪Risco de assoreamento dos canais fluviais próximos às áreas de interferência</p>	<p>Alta</p>
<p>Terraço Fluvial Inclinação < 5%</p> <p>Erosão laminar, em sulcos e entalhe fluvial ocasional e de baixa intensidade</p>	<p>▪Casalhos oligomíticos, de quartzo e quartzitos arredondados e orientados, areias arcoseanas e lamitos. Espessuras até 10 m.</p> <p>▪Unidades de mapeamento de solo dominantes GXI</p>	<p>▪Erosão laminar e em sulcos, ocasionais e de baixa intensidade.</p> <p>▪Solapamento e pequenos escorregamentos das margens são freqüentes e de baixa intensidade</p> <p>▪No período de estiagem as margens da planície são estáveis observando-se solapamento somente em pontos localizados.</p> <p>▪Risco localizado de erosão laminar, em sulcos e de pequenos escorregamentos e solapamento das margens</p>	<p>Baixa</p>

Terreno Morfometria Dinamica superficial	Substrato rochoso, Cobertura detritica e Solos (*)	Restrições e comportamento geotécnico	Fragilidade
<p>Planície Fluvial Inclinação < 2%</p> <p>Freático elevado. Erosão lateral e vertical do canal, solapamento de margens, intersecção de meandros, deposição de finos nas enchentes por decantação e de areias e seixos por acréscimo lateral. Enchentes anuais. Erosão laminar e em sulcos localizados e de baixa intensidade</p>	<p>▪ Predominam areias, silte, argilas e matéria orgânica, ocorrendo seixos e blocos de quartzo, quartzito, granitos e xisto, com intercalações de areias médias, grossas, micáceas, com grânulos angulosos de quartzo e feldspato e ocasionalmente matacões, nas proximidades de relevos mais íngremes. Unidades de mapeamento de solo dominantes GX2</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Risco de contaminação do freático e enchentes ▪ Risco de assoreamento dos canais fluviais ▪ Áreas planas, freático elevado, alagadiços, solos moles e com baixa capacidade de suporte ▪ Estabilidade precária das paredes de escavação ▪ Recalque de fundações ▪ Danificação das redes subterrâneas por recalque ▪ Danificação do subleito de vias devido à saturação do solo 	Alta
<p>Sistema Carstico</p> <p>Permeabilidade primária muito baixa ou nula. A absorção, o transporte e o armazenamento de água ocorre em subsuperfície, associados a porosidade secundária, causadas pela dissolução da rocha, que forma cavidades que estão associadas ao sistema de descontinuidades (juntas, fraturas, falhas e estratificação)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mármore dolomítico, mármore calcítico e dolomito ▪ Rocha alterada e sã aflora nas encostas mais íngremes, com solo de alteração e superficial é argiloso a muito argiloso mais desenvolvido em relevos mais suaves ▪ Unidades de mapeamento de solo dominantes CX4, LA1 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presença de áreas com depressões autóctones ou alóctones com grande incidência de feições cársticas como sumidouros, ressurgências, cones cársticos e cavernas – associadas a recarga difusa por infiltração no solo e a recarga concentrada em sumidouros ▪ Extrema Vulnerabilidade devido à falta de filtração de água no aquífero, pelo fato das águas superficiais e subterrâneas serem conectadas diretamente ▪ Colapso da superfície, inundações em dolinas ▪ Risco de contaminações subterrâneas severas, e interferência com comunidades bióticas ▪ Risco de contaminantes fluírem diretamente para o aquífero, sem diluição ou filtragem ▪ Problemas complexos para remediação do aquífero 	Muito Alta

(*) LA1; Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo distrófico + Cambissolo Háplico Ta/Tb eutrófico/distrófico pedregoso ou não e rochoso ou não substrato mármore e carbonatos, ambos textura média e argilosa; LA2; Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo + Cambissolo Háplico Tb pedregoso ou não e rochoso ou não substrato metapelitos, ambos distróficos textura média e argilosa; LV1; Latossolo Vermelho + Cambissolo Háplico Tb pedregoso ou não e rochoso ou não substrato meta básica, ambos distróficos textura argilosa; LV2; Latossolo Vermelho distrófico + Cambissolo Háplico Ta/Tb eutrófico/distrófico pedregoso ou não e rochoso ou não substrato mármore, ambos textura média e argilosa; LV3; Latossolo Vermelho férrico distrófico textura argilosa e muito argilosa; LVA; Latossolo Vermelho Amarelo distrófico textura média e argilosa; NV; Nitossolo Vermelho férrico distrófico textura argilosa e muito argilosa; PA2; Argissolo Amarelo + Cambissolo Háplico Tb pedregosos ou não e rochosos ou não substrato meta arenito, ambos distróficos textura arenosa e média; PVA1; Argissolo Vermelho Amarelo textura arenosa e média + Latossolo Vermelho Amarelo textura média ambos distróficos; PVA2; Argissolo Vermelho Amarelo + Latossolo Vermelho Amarelo ambos distróficos textura média e argilosa; CX2; Cambissolo Háplico Ta eutrófico, substrato carbonatos + Latossolo Vermelho Amarelo/Latossolo Amarelo distrófico, ambos textura média e argilosa; CX3; Cambissolo Háplico Ta/Tb pedregosos ou não e rochosos ou não substrato mármore + Argissolo Amarelo ambos eutróficos/distróficos textura média e argilosa; CX4; Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Ta/Tb eutróficos textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não substrato carbonato e mármore; CX6; Cambissolo Háplico Tb distrófico textura argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não substrato mármore e carbonatos, ambos textura média e argilosa

não e rochosos ou não substrato gabro e metabasito; CX7; Cambissolo Háplico Tb distrófico textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não substrato granitóides e metapelitos; CX8; Cambissolo Háplico Tb substrato metapelitos + Latossolo Amarelo/Latossolo Vermelho Amarelo ambos distróficos textura média e argilosa; CX9; Cambissolo Háplico Tb substrato gabro + Nitossolo Vermelho férrico ambos distróficos textura argilosa e muito argilosa; CX12; Cambissolo Háplico Tb pedregosos ou não e rochosos ou não substrato tálus e sedimentos coluviais + Argissolo Amarelo ambos distróficos textura média e argilosa; CX13; Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Tb distróficos textura arenosa e média pedregosos ou não e rochosos ou não substrato meta arenito e quartzito; CX14; Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Tb distróficos textura argilosa e muito argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não substrato meta básica, gabro e diabásio; CX15; Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico ambos Tb distróficos textura média e argilosa pedregosos ou não e rochosos ou não substrato metapelitos; RL1; Neossolo Litólico + Cambissolo Háplico ambos Tb distróficos textura arenosa e média pedregosos ou não e rochosos ou não substrato meta arenito e quartzito; RL2; Neossolo Litólico + Cambissolo Háplico Tb distróficos textura média e argilosa substrato metapelitos; GX1; Gleissolo Háplico + Cambissolo háplico gleico ambos Tb/Ta eutróficos e distróficos textura média e argilosa substrato sedimentos colúvio-aluviais; GX2; Gleissolo Háplico Tb/Ta distrófico/eutrófico textura média e argilosa + Neossolo

Flúvico textura arenosa, média e argilosa substrato sedimentos aluviais.

A área do PETAR é constituída em sua maior parte pelos terrenos Montanhosos e Escarpados e pelos Amorreados Cársticos, tendo-se ainda pequenas áreas constituídas pelas unidades de terrenos Amorreados íngremes, Morrotes, Cones de dejeção e Corpos de tálus, e Planícies fluviais. Na área de entorno além dessas unidades de terrenos ocorre exclusivamente a unidade Terraços.

A partir da análise integrada foi possível definir as fragilidades da área. Desta forma, obteve-se para as unidades de relevos montanhosos e escarpados uma fragilidade muito alta, definida principalmente pelas altas declividades (25 a 70%), associadas aos problemas de estabilidade ocasionados por quedas de blocos, rupturas acentuadas e pela ocorrência de solos de alteração sensíveis à erosão laminar e em sulcos. O mesmo grau de fragilidade foi proposto para a área de amorreados cársticos devido ao risco de subsidências e colapsos de solos e a alta vulnerabilidade do aquífero cárstico.

Para as unidades de amorreados íngremes e amorreados, estabeleceu-se a fragilidade alta em função da possibilidade de queda de blocos em taludes de corte devido ao fraturamento intenso das rochas, acentuados pelas inclinações 20 a 60% e eventualmente processos de subsidências e colapso.

As unidades definidas como cones de dejeção e corpos de tálus e planície fluvial apresentam-se também de alto grau de fragilidade. A primeira, em função do risco de intensificação de processos erosivos devido à inclinação acentuada de suas encostas e a heterogeneidade do material e a segunda, por se tratarem de áreas planas, com lençol freático elevado, alagadiços, solos moles, com baixa capacidade de suporte e risco de contaminação.

Para a unidade de morrotes definiu-se fragilidade moderada por apresentar ocorrência de processos de piping que podem provocar erosão remontante, sendo os solos também, sensíveis a erosão laminar e em sulcos.

O terraço fluvial foi considerado de baixo grau de fragilidade, pois apresenta risco localizado e ocasional de erosão laminar, em sulcos e de pequenos escorregamentos e solapamento das margens dos rios.

O Parque e sua área de amortecimento encontram-se em setores que exigem cuidados especiais para seu manuseio, pois, situam-se quase que em sua totalidade, em terrenos frágeis a muito frágeis quanto aos aspectos do meio físico, principalmente quando se pensa em abastecimento de lençol d'água e aquíferos, devido aos terrenos cársticos que o envolvem. O conceito de unidades de terreno permite visualizar a similaridade do arranjo espacial dos componentes e atributos do meio físico podendo ser facilmente reconhecido pela sua fisionomia, tanto em campo quanto por meio de imagens de sensores remotos, permitindo realizar a análise conjunta das características da área.

FIGURA 10 – Clima (arquivo anexo para melhor visualização)

