

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE POLÍTICAS  
PÚBLICAS E SEGURANÇA SOCIAL  
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL

**ANÁLISE GEOGRÁFICA INTEGRADA DO PARQUE ESTADUAL  
DAS SETE PASSAGENS – MIGUEL CALMON – BAHIA**

MAURICIO OLIVEIRA DA SILVA SUGAI

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA  
JULHO – 2014

**MAURICIO OLIVEIRA DA SILVA SUGAI**

**ANÁLISE GEOGRÁFICA INTEGRADA DO PARQUE ESTADUAL DAS  
SETE PASSAGENS – MIGUEL CALMON - BAHIA**

**Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB para obtenção do título de Mestre em Gestão de Políticas Públicas e Segurança Social.**

**Área de concentração: Gestão de Políticas Ambientais.**

**Orientador: Prof. Dr. Jesus Manuel Delgado Mendez.**

**Cruz das Almas**

**2014**

“Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte – O autor.”

## FICHA CATALOGRÁFICA

S947a	<p>Sugai, Maurício Oliveira da Silva. Análise geográfica integrada do Parque Estadual das Sete Passagens de Miguel Calmon – BA / Maurício Oliveira da Silva Sugai. _ Cruz das Almas, BA, 2014. 120f.; il.</p> <p>Orientador: Jesus Manuel Delgado-Mendez.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Parques nacionais – Sistemas de informação geográfica. 2.Áreas de conservação de recursos naturais – Geoprocessamento. 3.Mapeamento ambiental – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 528.9</p>
-------	--

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB.

SUGAI, M. O. da S. **Análise Geográfica Integrada do Parque Estadual das Sete Passagens de Miguel Calmon – BA.** 120 f. Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia para obtenção do título de Mestre em Gestão de Políticas Públicas e Segurança Social. Área de concentração: Gestão de Políticas Ambientais.

Aprovado em: 18 / 07 / 2014.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Jesus Manuel Delgado Mendez

Instituição: UFRB

Julgamento: APROVADO

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Jaildo Santos Pereira

Instituição: UFRB

Julgamento: APROVADO

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Marcos da Cunha Teixeira

Instituição: UFES

Julgamento: APROVADO

Assinatura: \_\_\_\_\_

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Maura e Arício (in memoriam) que contribuíram decisivamente para a minha formação e caráter, mostrando-me o verdadeiro sentido da educação e dos valores para construção de um futuro mais digno.

Aos meus filhos Alexandre Sugai e Brenda Sugai, pela alegria e ternura, incentivos que renovam minhas forças.

A minha esposa Tatiani Cruz, pelo companheirismo, amor e *paciência*, estando sempre do meu lado, em todos os momentos, sendo amiga, esposa e conselheira.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jesus Delgado, agradeço pelo incentivo, disponibilidade, conselhos, direcionamentos, sugestões valiosas na condução da pesquisa, e por acreditar na minha capacidade desde o nosso primeiro contato. *Um exemplo de vida dedicada à luta em prol do meio ambiente!* Espero algum dia chegar ao seu nível em termos de idealização profissional.

Agradeço aos colegas de Instituição, Fábio Carvalho Nunes e Ricardo Bahia Rios, pelas valiosas sugestões e dicas durante nossas conversas e encontros.

Agradecimento especial ao amigo Marcio Lima Rios, colega de instituição e também de graduação, pelas valiosas dicas, treinamentos, orientações de geoprocessamento e sugestões ao meu trabalho.

À equipe do Inema, órgão coordenador do Parque Estadual Sete Passagens, agradeço em especial à Zélis, Samantha Grimaldi e Juliana Piovesan, por toda a colaboração ao meu trabalho, do ponto de vista administrativo. Agradecimento especial a Evinaldo (Araponga), conhecido de longa data, pelo apoio nos trabalhos de campo e informações.

Agradeço também aos Professores do Programa em Gestão de Políticas Públicas, Herbert Toledo, Célia Regina, Jaildo Pereira e Paulo Serrano, pelas contribuições valiosas nas disciplinas acadêmicas do mestrado.

Meus agradecimentos ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB, pela oportunidade de realização do curso de mestrado na área ambiental.

Por fim, agradeço ao Instituto Federal Baiano pela concessão do meu afastamento para execução da pesquisa de mestrado.

## RESUMO

SUGAI, M. O. S. **Análise Geográfica Integrada do Parque Estadual das Sete Passagens de Miguel Calmon – BA.** 2014. 120 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Políticas Públicas e Segurança Social) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – CCAAB, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2014.

O Parque Estadual das Sete Passagens é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral criada em 2000 com a finalidade de proteger os recursos hídricos, florísticos e faunísticos localizados em Miguel Calmon, na Serra de Jacobina. O presente estudo busca analisar a fragilidade dos ambientes naturais e antropizados sob a ótica da Geografia, com a finalidade de contribuir para o ordenamento territorial das Unidades de Conservação do semiárido. Para tanto, foram utilizados métodos e técnicas de geoprocessamento na análise de fatores ambientais (solo, relevo, clima e litologia) e antrópicos (uso do solo/cobertura vegetal), cujos dados foram integrados em ambiente SIG com álgebra de mapas, obtendo-se uma carta-síntese determinando os graus de fragilidade segundo a proposta metodológica de Ross (1994) de Análise Empírica da Fragilidade Ambiental, apoiada na concepção Ecodinâmica de Tricart (1977). O trabalho incluiu a obtenção da carta geomorfológica com o uso de imagem ASTER e base geológica do Projeto Serra de Jacobina (1978), derivando curvas de nível, mapa de declividade, hipsometria e drenagem, além das técnicas de PDI e fotointerpretação de imagem Landsat 8 da Engesat, para obtenção da carta de uso do solo/cobertura vegetal. Os trabalhos de campo, com uso de GPS e registro fotográfico, deram suporte na classificação da imagem orbital e verificação do estado de conservação da cobertura vegetal e Áreas de Preservação Permanente. O resultado do mapeamento da fragilidade ambiental indicou que 82% da área do parque encontra-se na categoria de média fragilidade, seguidos por 13% com baixa fragilidade e 5%, alta fragilidade. A sobreposição dos usos e da fragilidade ambiental revelou que as atividades desenvolvidas no parque estão coerentes com o grau de fragilidade estabelecido pela pesquisa.

Palavras-chave: Unidade de Conservação; fragilidade ambiental; análise integrada; SIG.

## **ABSTRACT**

The State Park of the Seven Cheap is a Unit of Integral Protection Conservation established in 2000 in order to protect water, plant and animal resources located in Miguel Calmon, the Serra de Jacobina. This study seeks to analyze the fragility of natural and anthropogenic environments from the perspective of geography, in order to contribute to regional planning Conservation Units semiarid. For this purpose, methods and GIS techniques were used in the analysis of environmental factors (soil, topography, climate and lithology) and anthropogenic (land use / land cover), whose data were integrated in a GIS environment to map algebra, obtaining a letter-synthesis determining the degree of frailty according to the methodology proposed by Ross (1994) Empirical Analysis of the Environmental fragility, supported the design ecodynamic Tricart (1977). The work included obtaining geomorphological letter using ASTER and geological base of the Serra de Jacobina Project (1978) image, deriving contour map slope, hypsometry, and drainage, in addition to techniques and PDI photointerpretation of Landsat 8 image the Engesat to obtain the letter of land use / land cover. Fieldwork, using GPS and photographic record, have supported the classification of orbital image and check the condition of the plant and Permanent Preservation Areas coverage. The result of the mapping of environmental fragility indicated that 82% of the park area is in the category of medium frailty, followed by 13% with low fragility and 5%, High fragility. The overlap of uses and environmental fragility revealed that the activities in the park are consistent with the degree of fragility established by research.

**Keywords:** Conservation Unit; environmental fragility; integrated analysis; GIS.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Fluxograma dos sistemas ambientais naturais .....	20
Figura 2 - Modelo de paisagem no contexto ecológico.....	21
Figura 3 – Fluxo da Relação Sociedade/Natureza.....	29
Figura 4 – Mapa de localização do PESP na Bahia .....	51
Figura 5 – Mapa de Relevo do PESP .....	54
Figura 6 – Rede de drenagem do PESP na Bacia do Rio Itapicuru.....	60
Figura 7 - Barragem das Cabaceiras (entorno do PESP): trecho a jusante usado como balneário. Foto de jan. 2014 .....	64
Figura 8 - Localização das principais comunidades do entorno do PESP .....	65
Figura 9 - Localização de garimpo desativado. Trecho localizado na trilha da Cachoeira do Sinvaldo. Coordenadas UTM: 333047, 8741942. Elevação 964 m. Foto de out. 2013. ....	66
Figura 10 - Roteiro Metodológico Geral.....	69
Figura 11 - Estrutura de dados por planos de informação numa matriz tridimensional.....	79
Figura 12 - Principais trajetos realizados para a pesquisa de campo .....	90
Figura 13 - Pontos de amostragem de feições para suporte à classificação de imagens .....	91
Figura 14 – Mapa de Classes de Declividade do PESP .....	94
Figura 15 – Mapa Litológico do PESP.....	96
Figura 16 – Mapa de Solos do PESP.....	98
Figura 17 – Mapa de Cobertura Vegetal do PESP.....	100
Figura 18 – Mapa de Fragilidade das Classes de Declividade .....	102
Figura 19 – Mapa de Fragilidade da Litologia.....	103
Figura 20 – Mapa de Fragilidade dos Solos .....	104

Figura 21 – Mapa de Fragilidade da Cobertura Vegetal .....	105
Figura 22 – Mapa de Fragilidade Potencial do PESP .....	107
Figura 23 - Mapa de Atrativos do PESP .....	110
Figura 24 – Mapa de sobreposição dos usos e fragilidades.....	111

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação entre os conceitos de ambientes naturais e antropizados definidos por Ross (1994) e Tricart (1977) .....	30
Quadro 2 – Fatores e elementos de análise para determinar a fragilidade ambiental .....	31
Quadro 3 – Principais classes de dados geográficos em geoprocessamento.....	34
Quadro 4 – Valores econômicos diretos e indiretos associados à preservação da biodiversidade das espécies e dos ecossistemas.....	38
Quadro 5 – Classes de Unidades de Conservação no Brasil com base na Lei Federal 9.985/2000 .....	42
Quadro 6 – Princípios de planejamento de áreas protegidas com base em teorias de biogeografia de ilhas. ....	45
Quadro 7 - Zoneamento para Unidades de Conservação de uso indireto, de acordo com o Decreto 84.017/1979 (Zonas I a VII) e Lei 9.985/2000 (Zonas VIII a XII) .....	47
Quadro 8 – Classes de Relevo definidas pela EMBRAPA .....	71
Quadro 9 – Classes de fragilidade das declividades.....	72
Quadro 10 – Graus de proteção do solo de acordo com o uso da terra e vegetação .....	77
Quadro 11 – Classes de Fragilidade associadas aos Tipos de Solos .....	77
Quadro 12 – Planos de Informação com graus de fragilidades e respectiva legenda.....	80
Quadro 13 – Plano de Informação com graus de proteção e respectiva legenda .....	80
Quadro 14 – Classes de fragilidade associadas aos tipos de solos .....	81
Quadro 15 - Níveis Hierárquicos dos Comportamento Pluviométrico .....	82
Quadro 16 – Graus de proteção de acordo com os tipos de cobertura vegetal/uso do solo .....	83
Quadro 17 – Graus de Proteção por tipo de Cobertura e Uso do Solo .....	84
Quadro 18 - Escala de Valores AHP para Comparação Pareada .....	86

Quadro 19 – Pesos das variáveis para análise de multicritérios.....	86
---	----

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Classificação das unidades de fragilidade.....	31
Tabela 2 - Balanço hídrico mensal e anual de Miguel Calmon.....	56
Tabela 3 - Resultados do mapeamento de fragilidade ambiental.....	108

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	13
1.1    Objetivos .....	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONCEITUAL .....	19
2.1    Os conceitos de ambiente, paisagem e geossistema.....	19
2.2    A Ecodinâmica e o conceito ecológico .....	21
2.3    A abordagem da Ecodinâmica nos Estudos Ambientais .....	25
2.4    Análise integrada aplicada ao planejamento: a fragilidade dos ambientes .....	28
2.8    Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta para a análise ambiental .....	32
2.6    As Unidades de Conservação e as Políticas Públicas de Proteção Ambiental .....	36
2.7    A organização do SNUC e os Critérios para a Criação de Áreas Protegidas .....	41
2.8    As Unidades de Conservação e o Ordenamento Territorial no Brasil.....	45
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	50
3.1    Localização .....	50
3.2    Geologia e Geomorfologia .....	52
3.3    Clima.....	55
3.4    Solos.....	57
3.5    Hidrografia .....	57
3.6    Cobertura Vegetal .....	61
3.7    Atividades socioeconômicas (Usos da terra).....	62
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	67
4.1    Procedimentos dos trabalhos de campo.....	70

4.2 Procedimentos para o MDE e mapa litológico.....	70
4.3 Procedimentos do mapa de relevo e rede de drenagem.....	72
4.4 Procedimentos do mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo .....	73
4.5 Confeção do mapa de solos .....	77
4.6 Procedimentos da Análise de Multicritérios .....	78
5 ANÁLISE EMPÍRICA DA FRAGILIDADE AMBIENTAL.....	88
5.1 Análise dos produtos intermediários e das variáveis reclassificadas .....	92
5.1.1 Carta de Declividade do PESP .....	92
5.1.2 Carta Litológica do PESP .....	95
5.1.3 Carta de Solos do PESP .....	97
5.1.4 Carta de Cobertura Vegetal/Uso do Solo .....	99
5.1.5 Mapas reclassificados em graus de fragilidade .....	101
5.2 Mapa de Fragilidade Potencial do PESP.....	106
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES .....	113
REFERÊNCIAS .....	116

## INTRODUÇÃO

Segundo Gonçalves (2008), no Brasil, há uma tradição de pouco respeito pela conservação dos recursos naturais. Desde o passado colonial, os recursos naturais foram explorados sem quase ou nenhum planejamento que incorporasse efetivamente a dimensão ambiental. Nossa história revela que o crescimento do país e sua inserção na economia mundial resultou também no aumento da degradação dos recursos naturais, havendo perda de biodiversidade, erosão e empobrecimento dos solos, poluição e escassez de recursos hídricos, dentre outros problemas associados à expansão urbano-industrial, à produção agropecuária sem práticas conservacionistas e ao crescimento demográfico, afetando não somente os ambientes naturais, mas sobretudo o espaço urbano.

No cenário nacional, Leff (2007) aponta que vivemos uma crise socioambiental sem precedentes e que nosso país tem revelado uma política deficiente em defesa do meio ambiente. Apesar desse quadro, alguns avanços, motivados pela ampliação do movimento ecológico ao longo dessas cinco décadas, podem ser percebidos: a elaboração de uma legislação ambiental consistente; ampliação de políticas públicas de implantação de áreas de proteção, conhecidas como Unidades de Conservação (UCs); maior participação da sociedade civil organizada por meio de associações e instituições educacionais; a atuação de ONGs ambientais e a contribuição das pesquisas acadêmicas com a inserção da temática ambiental nas diversas áreas do conhecimento. Dentre esses avanços, a criação de unidades de conservação, segundo Delgado-Mendez (2008), tem-se revelado a política pública mais eficiente para preservação da biodiversidade e conservação ambiental, apesar de existirem problemas de gestão e manejo que comprometem o sucesso de grande número delas.

Na visão de Vallejo (2009), a criação de UCs deve garantir a perpetuação dos recursos naturais para as gerações futuras e a manutenção de serviços ambientais essenciais para a sociedade. Assim, os parques e reservas tornam-se instrumentos do ordenamento territorial, dentro de uma perspectiva de sustentabilidade socioambiental. Segundo Ross (2009), o ordenamento do território deve buscar o planejamento dos usos racionais dos recursos naturais, considerando as potencialidades e fragilidades dos sistemas ambientais. Portanto, o planejamento dessas áreas protegidas deve garantir, em primeiro plano, a sobrevivência dos ecossistemas e a manutenção da biodiversidade. Em resumo, Ross (2009) explica as finalidades do ordenamento territorial:

Sob uma perspectiva de planejamento econômico e ambiental do território, quer seja municipal, estadual, federal, [...] é absolutamente necessário que as intervenções humanas sejam planejadas com objetivos claros de ordenamento territorial, tomando-se como premissas a potencialidade dos recursos naturais e humanos, e as fragilidades dos ambientes naturais. É preciso pôr em prática as políticas públicas ao ordenamento territorial que valorize a conservação e a preservação da natureza, para o desenvolvimento sustentável (ROSS, 2009, p. 53).

O ordenamento territorial é parte integrante do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), cujo instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) objetiva compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico com a conservação ambiental (Brasil, 2002). Conforme dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA), projetos de ZEE já foram elaborados para a Amazônia Legal e o bioma Cerrado, portanto, trata-se de um instrumento de planejamento ambiental e territorial, compartilhado entre União, estados e municípios, e que deve ser adotado por entes públicos e privados.

As políticas públicas ambientais no Brasil têm demonstrado uma preocupação com o planejamento e o ordenamento territorial, estabelecendo, a partir da década de 1990, projetos de ZEE (Ross, 2009). Becker e Egler<sup>1</sup> (1996, apud Ross, 2009) definiram esse conceito através de um documento no qual formularam a metodologia do projeto de ZEE para a Amazônia Legal, atendendo o Programa de Proteção das Florestas Tropicais (PPFT/MMA):

O ZEE é um instrumento político e técnico de planejamento, cuja finalidade consiste em otimizar o uso do espaço e as políticas públicas. Do ponto de vista técnico, ele organiza informações sobre o território, necessárias para planejar a ocupação racional e o uso sustentável dos recursos naturais. Do ponto de vista político, ele serve para aumentar a eficácia das decisões políticas e da intervenção pública na gestão do território [...] (BECKER; EGLER, 1996).

Atendendo a necessidade do ordenamento territorial, a pesquisa da fragilidade ambiental complementa os estudos do plano de manejo que enfatizam as potencialidades e vocações de uma área protegida, definindo, por exemplo, os atributos ecológicos de um ecossistema.

Para Ross (1995) as Unidades de Fragilidades Ambientais são importantes para subsidiar o ZEE, pois com “a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes permite melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial” (ROSS, 1995, p. 73). “O ZEE trabalha,

---

<sup>1</sup> BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. *Detalhamento da metodologia para execução do ZEE pelos estados da Amazônia Legal*. Rio de Janeiro: LAGET/UFRJ/SAE-PR, 1996.

essencialmente, com indicadores ambientais que destacam as potencialidades, vocações e fragilidades do meio natural” (REMPEL, 2009, p. 27).

A proposta de ‘Análise Geográfica Integrada do Parque Estadual das Sete Passagens (PESP)’ surge no intuito de subsidiar as atividades de conservação ambiental na região de estudo, sendo hoje uma necessidade inerente à gestão e planejamento dos recursos naturais e do território. Tal estudo propõe uma investigação do quadro físico da UC por meio de uma análise da fragilidade ambiental, empregando a metodologia proposta por Ross (1994) denominada de “Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados”, definida com base na concepção de Ecodinâmica de Tricart (1977). Mesmo sendo o PESP uma Unidade de Proteção Integral, cuja definição por lei não permite qualquer exploração direta dos recursos naturais ou mesmo a fixação de populações no seu domínio, o método de Ross (op. cit.) aplica-se a esta região de estudo por motivo de, antes da criação do parque, esta área ter sido explorada em diversas atividades (agropecuária, garimpo, pastagens, abastecimento de água e caça), cujas ações provocaram a antropização do ambiente natural, mas que hoje se encontra em processo de regeneração, ainda assim ameaçado pelas atividades do entorno.

Diante desse contexto, torna-se crucial uma abordagem geográfica integrada, pois numa perspectiva complementar aos estudos citados, a proposta de pesquisa será uma ferramenta capaz de determinar a fragilidade dos sistemas ambientais, trazendo contribuições ao planejamento ambiental e ordenamento territorial da UC, em parte já definido pelo plano de manejo. A emergência na aplicação dessa proposta está na manutenção dos atributos naturais e aspectos relevantes da paisagem local por meio de um zoneamento ambiental da fragilidade, somados aos serviços ambientais proporcionados pela UC, também conhecidos como *valores econômicos indiretos*, definidos por Vallejo (2002) como processos e serviços ambientais dos ecossistemas que geram benefícios econômicos sem haver exploração econômica direta, a exemplo a produtividade dos ecossistemas, proteção da água e dos recursos do solo, controle climático, indicadores ambientais, etc. A riqueza do ecossistema local reside principalmente na manutenção desses serviços ambientais, no caso do PESP, o potencial hídrico, a diversidade biológica, a beleza cênica e o potencial turístico. Acrescentam-se também os conflitos existentes na zona de amortecimento da UC, cujas atividades ameaçam a integridade do ecossistema local, como mineração, pastagem, irrigação, caça e tráfico de animais silvestres, poluição dos recursos hídricos e degradação das APPs.

Segundo o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), a criação do PESP no ano de 2000 foi motivada principalmente por ser esta uma área dentro do Polígono das Secas que abriga um potencial hídrico de grande importância local, cujas nascentes e riachos contribuem alimentando o rio Itapicuru-Mirim e outros como o rio Jaqueira e riacho da Horta, com importantes reservatórios onde se localizam as barragens de Itapicuruzinho, Cachoeira Grande e Mato Grosso respectivamente, atendendo principalmente o abastecimento e a agropecuária das comunidades do entorno e cidades circunvizinhas. A área é dotada de atributos naturais e caracteriza-se como refúgio biológico. O relevo serrano apresenta cristas alongadas com vales intercalados, favorecendo a formação de cachoeiras, mirantes e trilhas no local. O clima subúmido, devido à influência da altitude, a diversidade florística e faunística (endemismos) completam a beleza cênica da paisagem local, com grande potencial para o turismo ambiental e pesquisas acadêmicas. Outro motivo está relacionado à ameaça do ecossistema pela atividade mineradora.

O período de abrangência da pesquisa compreende a realização das atividades de campo (jul./2013 – fev./2014) e gabinete (mar./2013 - mar./2014) para a análise integrada dos fatores físicos, bióticos e antrópicos da paisagem atual, cujos dados de cobertura vegetal /uso da terra, descrição física do solo, estado de conservação e importância dos recursos hídricos (APPs, nascentes, zonas de exfiltração<sup>2</sup> e reservatórios para abastecimento), relevo e comportamento pluviométrico, serão utilizados na confecção de cartogramas em escala semidetalhada (1:25.000) para atender o planejamento local.

Os dados serão obtidos mediante atividades de campo, como registro de trajetos e pontos com GPS e câmera fotográfica para identificação dos tipos de vegetação, estado de conservação (APP) das nascentes, riachos e reservatórios, usos do solo. Quanto às atividades de gabinete, estas incluem o uso de softwares de SIG (ArcGIS 9.3 e SPRING 5.2.6) para processamento de arquivos nos formatos *raster*, *shapefile* e *grid*<sup>3</sup>, como imagem de satélite Landsat 8 para análise e interpretação da cobertura vegetal e uso do solo; Modelo Numérico de Terreno (MNT) para extração das curvas de nível, altimetria, declividade e drenagem; e

---

<sup>2</sup> “Processo de vazamento de água, que sai do solo.” (GUERRA; GUERRA, 2009)

<sup>3</sup> Segundo Lang (2009), o formato *shapefile* é um modelo vetorial usado para representar geometricamente objetos espaciais através de pontos, linhas e polígonos; no formato *raster*, a representação de fenômenos espaciais se dá através de pequenas células (pixel), a exemplo as imagens de satélite e fotografias aéreas; já o formato *grid* corresponde a um dado raster definido por parâmetros como coordenadas de origem, resolução e número de linhas e pontos.

base geológica para obtenção de mapa litológico, cujos dados espaciais serão integrados em análise de multicritérios.

A dissertação está organizada em seis capítulos, sendo o primeiro a introdução trazendo a finalidade, contexto e justificativa do trabalho, como também os objetivos da pesquisa. No segundo capítulo, é apresentada a base conceitual e teórica por meio de uma revisão de literatura das principais contribuições que fundamentam esta pesquisa: ecodinâmica, análise da fragilidade ambiental, análise de multicritérios, unidades de conservação e ordenamento territorial. A finalidade de tais abordagens é compreender a necessidade da realização de uma análise integrada que avalie não somente as potencialidades dos ecossistemas, mas também suas fragilidades. Além disso, busca-se enfatizar a criação de UCs como principal ferramenta das políticas públicas de ordenamento territorial no Brasil.

No capítulo terceiro é feita a caracterização física da UC através dos dados de localização, geologia, relevo, solos, vegetação e drenagem. O método é apresentado no quarto capítulo, abordando o emprego de técnicas de geoprocessamento aplicado à análise integrada, cujos fatores de análise da fragilidade ambiental serão representados por produtos cartográficos como cartas de cobertura vegetal, usos do solo, relevo, solos e litologia. Em seguida, será discutido a integração dos fatores em ambiente SIG, através da análise de multicritérios com emprego de média ponderada.

O capítulo quinto apresenta os resultados obtidos, abordando inicialmente a caracterização das variáveis ambientais e sua influência no contexto de fragilidade ambiental, dando sequência com a apresentação da carta de fragilidade ambiental, cujos resultados serão analisados em graus de fragilidade de instabilidade potencial de acordo com método de Ross (1994).

O sexto e último capítulo conclui o trabalho, apresentando as considerações finais e recomendações, dando ênfase à importância dessa pesquisa para o planejamento e gestão das UCs, bem como sugerindo uma extensão da proposta para análises da dimensão social e dos indicadores dos recursos hídricos.

## **1.1 Objetivos**

**Tem-se como objetivo geral de pesquisa estabelecer e avaliar o grau de fragilidade ambiental da UC, mediante uma análise integrada da paisagem, para atender a necessidade do planejamento ambiental e ordenamento territorial no PESP.**

Dentre os objetivos específicos, busca-se:

- Delimitar o geossistema local com ênfase na análise integrada da paisagem;
- Identificar, por meio de geoprocessamento, a fragilidade dos sistemas ambientais que compromete o equilíbrio ambiental da região de estudo;
- Avaliar o grau de fragilidade ambiental da UC.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONCEITUAL

### 2.1 Os conceitos de ambiente, paisagem e geossistema

Para o melhor entendimento da Ecodinâmica e da Fragilidade Ambiental, torna-se necessário uma definição mais precisa dos conceitos básicos de *meio ambiente*, *geossistema* e *paisagem*, inseridos no contexto dos sistemas ambientais. Tais conceitos permitem a operacionalização por meio de procedimentos analíticos e critérios de avaliação. Assim, para Christofolletti (1999), a perspectiva mais adequada para a análise dos sistemas ambientais, seus fluxos e componentes, é aquela que considera a funcionalidade interativa da geosfera-biosfera, com foco na organização dos elementos físicos (abióticos) e bióticos que compõem o meio ambiente, conforme ilustrado na figura 1. O autor acrescenta que apesar de ser uma perspectiva condizente com o sistema ambiental físico, prevalece também a relevância antropogenética, porque se constitui no meio ambiente para a sobrevivência e desenvolvimento das sociedades humanas. Dessa forma, o meio ambiente é constituído pelos sistemas físicos e bióticos que interferem e condicionam as atividades sociais e econômicas, fornecendo materiais e energia, recebendo em troca produtos.

Outro conceito que difere de ecossistema, ou seja, do estudo das interações do ambiente a partir dos seres vivos, é o *geossistema* que, por sua vez, representa a organização espacial da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza, como clima, topografia, geologia, águas, vegetação, solos e animais (Christofolletti, op. cit.) Sendo assim, o geossistema corresponde à expressão espacial dos sistemas ambientais físicos na superfície terrestre. Para o mesmo autor, a natureza organiza-se e alcança um equilíbrio natural ao nível dos ecossistemas e geossistemas, cuja expressão se dá na fisionomia da superfície terrestre, porém, com as atividades socioeconômicas, que geram impactos antropogênicos, há uma modificação dos fluxos de matéria e energia, afetando o equilíbrio natural do ambiente. Daí a necessidade de avaliar a intensidade da ação humana e seus impactos ambientais, de modo a não afetar a fragilidade dos ambientes.



contexto ecológico, segundo modelo elaborado por Zonneveld (1972, apud Christofolletti, 1999):

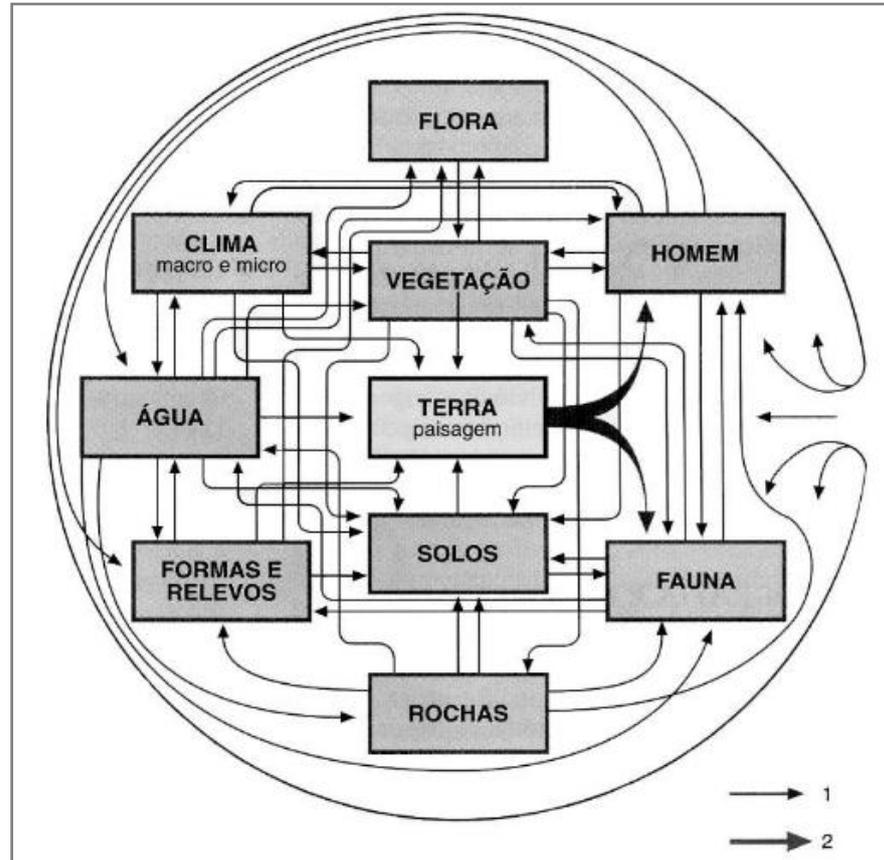


Figura 2 - Modelo de paisagem no contexto ecológico

*As linhas assinaladas em 1 indicam relações de dependência em graus diversos, enquanto as linhas em 2 indicam as duas principais retroalimentações.*

**Fonte.** (adaptado de Zonneveld, 1979 apud Christofolletti, 1999)

## 2.2 A Ecodinâmica e o conceito ecológico

Dentre os estudos relacionados à teoria dos geossistemas, merece destaque o trabalho do francês Jean Tricart, que acumula larga experiência em pesquisas realizadas em países tropicais (América do Sul e África), desenvolvendo estudos integrados do meio natural ligado a geomorfologia e ecogeografia. Sua pesquisa de base ecológica busca analisar os problemas da conservação dos ambientes e dos recursos naturais.

Com a Ecodinâmica ou estudo da dinâmica dos ecótopos<sup>4</sup>, Tricart (1977) apresentou um novo modo de ver a natureza e a sociedade por meio de uma abordagem integrada, sobretudo da natureza sob efeito da sociedade. Tal proposição está atrelada a lógica dos sistemas e aos conceitos de ecologia e ecossistema, conforme definido pelo autor:

Uma unidade ecodinâmica se caracteriza por certa dinâmica do meio ambiente que têm repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses<sup>5</sup>. Geralmente, a morfodinâmica é o elemento determinante [...] A morfodinâmica depende do clima, da topografia, do material rochoso. Ela permite a integração desses vários parâmetros. O conceito de Unidades Ecodinâmicas é integrado ao conceito de ecossistemas. Baseia-se no instrumento lógico de *sistema*, e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia e matéria no meio ambiente (TRICART, 1977, p. 32).

O autor indica como deve ser a gestão dos recursos naturais a partir da adoção do conceito de unidade ecodinâmica:

A gestão dos recursos ecológicos deve ter por objetivo a avaliação do impacto da inserção da tecnologia humana no ecossistema. Isso significa determinar a taxa aceitável de extração de recursos, sem degradação do ecossistema, ou determinar quais as medidas que devem ser tomadas para permitir uma extração mais elevada sem degradação (TRICART, 1977, p. 32).

Compreender a Ecodinâmica pressupõe um conhecimento prévio das noções de *sistema* e do seu derivativo *ecossistema*. Tricart (1977) definiu sistema como um conjunto de fenômenos com relações de dependência mútua, que se processam através de fluxos de matéria e energia, e apresentam propriedades que lhe são inerentes. O autor considera o conceito de sistema o melhor instrumento lógico para os estudos ambientais, porque ele permite adotar ao mesmo tempo uma atitude dialética e uma visão de conjunto acerca do meio ambiente. Ele explica também que o conceito de sistema adotado pela ecologia permitiu a integração dos conhecimentos dispersos e isolados, com os da botânica e zoologia.

Dessa forma, o tipo de avaliação proposto pela Ecodinâmica requer um bom nível de conhecimento do funcionamento do ecossistema, ou seja, dos seus fluxos de energia e matéria, para depois entender como se processam interações advindas das intervenções humanas no ambiente. Diante da necessidade de apropriação do conhecimento acerca do ecossistema, Tricart (op. cit.) demonstra a aplicação do conceito de sistema aos problemas do meio ambiente a partir da visualização do fluxo da energia da radiação solar, influenciando,

---

<sup>4</sup> Ecótopo: meio ambiente de um ecossistema (Tricart, op. cit.)

<sup>5</sup> Biocenose: conjunto dos seres vivos de um ecossistema (Tricart, op. cit.)

direta ou indiretamente, os níveis da baixa atmosfera, da parte aérea da vegetação, da superfície do solo e da parte superior da litosfera.

O autor descreve as principais conseqüências da entrada do fluxo de energia da radiação solar no nível da baixa atmosfera, alimentando os fenômenos ambientais:

A fração da radiação solar que penetra na atmosfera terrestre é parcialmente interceptada por ela, o que significa que lhe transmite energia, principalmente sob a forma de aquecimento. Uma parte da energia absorvida pela atmosfera [...] alimenta a circulação atmosférica, como conseqüência do aquecimento desigual das massas de ar. A esse nível intervém a gravidade, em decorrência da diferença de densidade do ar frio e quente. [...] A circulação atmosférica [...] permite o fenômeno da condensação da umidade atmosférica pelo contato de massas de ar de temperatura desigual. Em certos casos, enseja a formação de precipitação. [...] Outra manifestação concreta da circulação atmosférica é o vento (TRICART, 1977, p. 20; 22).

Dando seqüência, o autor descreve o nível abaixo da atmosfera, ou seja, o da *cobertura vegetal*. Neste nível, a energia proveniente da radiação solar atua de três maneiras: na fotossíntese, na radiação absorvida pelas plantas e na interceptação das precipitações.

A fotossíntese é considerada a base da vida, pois nos níveis tróficos, as plantas são produtores primários, ou seja, tem a capacidade de elaborar hidratos de carbono a partir da radiação e do carbono do ar. Delas dependem os herbívoros e, destes, os carnívoros. O autor ressalta que a fotossíntese utiliza somente cerca de 1% da energia disponível nos ecossistemas com grande biomassa vegetal, dessa forma, os 99% do total de radiação serve para outros fins e está disponível para outros fenômenos.

A fração da radiação absorvida pelas plantas, na forma de ondas térmicas (infravermelho) provoca a transpiração dos vegetais. Esse processo faz com que o fluxo de água extraída do solo seja enviado à atmosfera na forma de vapor (evapotranspiração). Dessa forma, o autor conclui que tal movimento influi na pedogênese<sup>6</sup> e no déficit de escoamento. Acrescenta ainda que em ecossistemas de biomassa abundante, pântanos ou selva tropical, chega a 25% a absorção da radiação térmica, ficando disponíveis 75% para alimentar outros fenômenos.

Para Tricart (op. cit.), as precipitações integram duas fontes de energia: a da radiação solar, que atua na evaporação e nas massas de ar, e a gravidade, que permite a queda dos

---

<sup>6</sup> Segundo Guerra e Guerra (2009), pedogênese é o processo que dá origem a formação dos solos e sua evolução.

núcleos de condensação antes suspensos no ar. O autor conclui que a cobertura vegetal provoca a dispersão da energia cinética das gotas de chuva no momento do impacto, e o formato das folhas concentra o escoamento dessas gotas, o que favorece a infiltração da água no solo, mas pode acontecer também que a água que permanece nas folhas (pela rugosidade), evapore e retorne a atmosfera, causando o déficit de escoamento. Ele considera ainda que, nos casos das goteiras em formações de cobertura vegetal com grande altura, não há dispersão da energia cinética e assim as gotas atingem também a velocidade de queda-livre. Tais processos representam interesse ao planejamento ambiental quando se avalia, por exemplo, a proteção solo, a erosão pluvial e o escoamento.

E por último, o autor destaca o aspecto da influência da parte aérea da vegetação na dispersão parcial da energia do vento, chamado de efeito da rugosidade da vegetação. Em resumo, a cobertura vegetal *freia* o vento e causa aumento da turbulência do ar com sua passagem. No entanto, na falta da vegetação, o vento pode remover partículas minerais, causando instabilidade do meio ambiente, o que impõe severas limitações ao crescimento da vegetação.

Na análise da superfície do solo, o autor destaca os efeitos da água no solo decorrentes do *escoamento* e da *erosão pluvial*. O escoamento superficial ocorre quando o solo já está saturado, não permitindo mais a infiltração da água, ou quando o mesmo está impermeabilizado pelo efeito direto do impacto das gotas de água na terra, provocando a fragmentação dos agregados e posterior decantação de suas partículas nos poros do solo. Dessa forma, vários problemas surgem do ponto de vista ecológico, em decorrência desses fatores: contenção da pedogênese, baixa capacidade de armazenamento hídrico e baixa produtividade vegetal. Em resumo, a erosão pluvial é contida ou retardada por uma cobertura vegetal densa e pelo fornecimento de detritos vegetais que formam uma camada amortecedora que absorve a energia cinética das gotas de água que caem no solo.

Resumindo, Tricart (op. cit.) descreve os aspectos da atuação dos fluxos de energia na parte superior da litosfera e seus efeitos, como último fator para compreensão do funcionamento dos ecossistemas:

- O provimento de detritos vegetais favorece a alimentação de microorganismos produtores de gás carbônico e ácidos orgânicos que, combinados com a água, participam das reações que atuam sobre os minerais das rochas.

- Fluxos de água pela gravidade, no sentido da produtividade, e em sentido contrário, pela extração da água no solo e posterior evaporação física.
- Fluxos de energia em forma de calor geradas pela penetração da radiação solar, favorecendo reações químicas e os fenômenos biológicos.
- Efeitos: pedogênese e meteorização<sup>7</sup> das rochas e dos minerais do solo; processos morfogênicos<sup>8</sup> como os movimentos de massa.

Tricart (1977) conclui que “a adoção do conceito ecológico, usando-se o instrumental lógico dos sistemas, permite estudar as relações entre os diversos componentes do meio ambiente.” A demonstração dos fluxos de energia enfatizou a disponibilidade da energia da radiação solar para alimentar o funcionamento dos vários mecanismos ambientais, tendo a participação da energia da gravidade em certos processos. O autor considerou que o componente mais importante da dinâmica da superfície terrestre é o morfogênico, pois do ponto de vista ecológico, a morfodinâmica<sup>9</sup> é um fator de limitação, pois se verifica que onde a morfodinâmica é intensa, a vegetação é pobre, aberta, com biomassa reduzida e pouca variedade.

### **2.3 A abordagem da Ecodinâmica nos Estudos Ambientais**

A partir da noção de ecossistema e da avaliação do impacto da tecnologia humana, Tricart (1977) estabeleceu uma classificação para os meios morfodinâmicos, denominando-os de meios estáveis, meios *intergrades* e meios fortemente instáveis. Essa classificação tem a ótica dinâmica como ponto de partida da avaliação, ou seja, para estudar a organização do espaço é necessário “determinar como uma ação se insere na dinâmica natural, para corrigir certos aspectos desfavoráveis e para facilitar a exploração dos recursos ecológicos que o meio oferece.” (TRICART, op. cit., p. 35)

Cada meio morfodinâmico corresponde a uma unidade ecodinâmica, assim composta por três categorias: unidades estáveis, unidades de transição (*intergrades*) e unidades fortemente instáveis.

---

<sup>7</sup> “Conjunto de fatores exodinâmicos que intervêm sobre uma rocha acarretando modificações de ordem mecânico-química. (GUERRA; GUERRA, 2009, p. 424)

<sup>8</sup> Relativo à origem das formas de relevo. (GUERRA; GUERRA, 2009, p. 440)

<sup>9</sup> “A análise morfodinâmica é conduzida a partir do estudo das condições climáticas, do relevo e da litologia.” (TRICART, 1977, p.67)

*Unidades Ecodinâmicas Estáveis.* Para o autor a noção de estabilidade aplica-se ao modelado (interface litosfera-atmosfera), evoluindo lentamente por meio de processos mecânicos que atuam pouco e com lentidão. A característica essencial desse meio é a constância de uma lenta evolução, cuja condição se aproxima daquela que os fitoecólogos designam de *clímax*. Os meios estáveis encontram-se em regiões dotadas das seguintes condições (TRICART, op. cit., p. 36):

- Cobertura vegetal suficientemente fechada para opor um freio eficaz ao desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese;
- Dissecação<sup>10</sup> moderada, sem incisão violenta dos cursos d'água, [...], e vertentes de lenta evolução;
- Ausência de manifestações vulcânicas [...].

*Unidades Ecodinâmicas Intergrades.* Elas correspondem a áreas de transição entre meios estáveis e instáveis. Tricart (1977) aponta que esses meios asseguram a passagem gradual entre os meios estáveis e os instáveis, pois não existe nenhum corte e sim a presença de um contínuo. Para o autor “o que caracteriza esses meios é a interferência permanente da morfogênese e pedogênese, exercendo-se de maneira concorrente sobre um mesmo espaço.” No aspecto quantitativo, essa definição se apóia no balanço pedogênese/morfogênese, tendo situações em que a pedogênese ganha vantagem, com transição para os meios estáveis, ou é perturbada devido à intensidade da morfogênese. A cobertura vegetal no balanço pedogênese/morfogênese assume grande importância, portanto sua manutenção deve ser facilitada, exceto em casos de escoamento superficial difuso e movimentos de massa<sup>11</sup>.

*Unidades Ecodinâmicas Instáveis.* Para o autor, são meios nos quais a morfogênese é o elemento predominante na dinâmica natural e fator determinante do sistema natural, ao qual outros elementos estão subordinados. A geodinâmica interna intervém em numerosos casos, em particular no vulcanismo com manifestações mais catastróficas, edificando formas de relevo e destruindo a vegetação por longo período. A cobertura vegetal intervém também, introduzindo uma influência climática, que produz instabilidade onde as condições climáticas

---

<sup>10</sup> Processo em que a paisagem é trabalhada pelos agentes erosivos (GUERRA; GUERRA, 2009).

<sup>11</sup> Quando se tenta conter o escoamento superficial difuso com a ajuda da vegetação, provoca-se o aumento da infiltração, favorecendo os movimentos de massa (TRICART, 1977, p. 51).

são mais instáveis, como é o caso do Nordeste brasileiro com sua irregularidade sazonal da distribuição das precipitações.

A abordagem ecodinâmica não se resume somente aos fatores limitantes dos ecossistemas, ou seja, sua fragilidade ambiental, mas incorpora também uma avaliação integrada das características regionais, cujo diagnóstico está definido nas etapas sucessivas de: *definição do quadro regional; análise morfodinâmica; recursos ecológicos e problemas de gestão do território.*

Para Tricart (op. cit.) a etapa de definição do quadro regional considera dois aspectos: análise da condição climática, do ponto de vista ecológico; e análise do quadro morfoestrutural, definidos pela tectônica (deformações) e pela litologia (formações superficiais).

A análise morfodinâmica, conduzida a partir do estudo da tectônica e da litologia, comporta o *estudo do sistema morfogenético*, que é função das condições do clima, do relevo e da litologia; o *estudo dos processos atuais*, que engloba a natureza, a intensidade e a distribuição dos mesmos; *as influências antrópicas*, para apreciar a amplitude e os graus da degradação; e o *grau de estabilidade morfodinâmica*, calculado a partir dos dados que derivam da análise dos sistemas morfogenéticos, dando atenção as tendências evolutivas.

Para o autor, a etapa de análise dos recursos ecológicos corresponde aos recursos cuja exploração deve intervir na ocupação e reorganização dos territórios. Primeiramente, são definidas três ordens de recursos ecológicos e posterior diagnóstico agrológico:

- Recursos e regimes hídricos (drenagem, saneamento, proteção contra as cheias, irrigação)
- Condições ecoclimatológicas (dados agroclimatológicos, escolha dos cultivos)
- Solos (estudo pedológico no sentido agrológico)
- Diagnóstico Agrológico (apreciação das limitações do meio e indicação dos cultivos ecologicamente mais adequados)

A quarta etapa abarca o diagnóstico agrológico, que enfatiza os problemas relativos ao meio natural que influenciam a exploração dos recursos ecológicos, para tanto, leva em conta as características do meio, suas limitações e possibilidades. O diagnóstico agrológico é indispensável para que se possa decidir e aplicar uma política de organização e gestão do território, mas não é suficiente, pois devem ser adotados ainda outros procedimentos como a apresentação dos diversos tipos de administração e manejo, a classificação das regiões em função dos problemas de gestão e as recomendações ou soluções possíveis.

Quanto ao aspecto da cartografia dos meios ecodinâmicos, o autor recomenda que os trabalhos sejam elaborados nas escalas entre 1:50.000 e 1:25.000 para comportar um número muito maior de informações. A fotointerpretação extensiva deve ser substituída por um levantamento sistemático do terreno, associado frequentemente ao de mapas geomorfológicos. Assim, após diversas experiências e uma reflexão coletiva, foi necessário distinguir duas etapas sucessivas, limitando-se ao mapa ecodinâmico, pois os mapas de estudo de projetos apresentam uma diversidade infinita.

Tricart (op. cit.) define que o mapa ecodinâmico deve apresentar certas informações que influem na dinâmica:

- *Os declives*, que não aparecem diretamente nas cartas topográficas. Os limites das classes de declive devem levar em conta normas técnicas formuladas pelos agrônomos, urbanistas, etc.
- *A litologia*, que associada aos declives, constitui uma espécie de fundo de mapa que fornece dados estáticos do ponto de vista do manejo.
- *A morfodinâmica*, no plano taxonômico, deve colocar em evidência o grau de estabilidade do meio ambiente, como também especificar a natureza dos processos.
- *A pedogênese*, cuja classificação dos solos leve em conta os condicionantes morfodinâmicos.
- *O regime hídrico*, determinando os tipos superficial, hipodérmico [sub-superficial] e freático.
- Por fim, o mapa ecodinâmico deve apresentar também *o arranjo do território* como áreas edificadas, vias de comunicação e os tipos de uso das terras.

## **2.4 Análise integrada aplicada ao planejamento: a fragilidade dos ambientes**

Para Ross (1994), torna-se cada vez mais urgente o planejamento físico-territorial, não só na perspectiva econômico-social, mas também ambiental, em função dos problemas ambientais decorrentes das práticas econômicas predatórias que trazem implicações para a sociedade a médio e longo prazos. Soma-se a isso a perda da qualidade ambiental em virtude do desperdício dos recursos naturais, degradação e poluição.

Para o autor, os estudos integrados pressupõem a compreensão da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem a intervenção humana. Assim, a elaboração do zoneamento ambiental deve adotar uma metodologia de trabalho baseada no conhecimento das características e da dinâmica do ambiente natural e do meio socioeconômico, pois é cada vez mais significativa a ação humana, causando grandes alterações na paisagem natural com um ritmo muito mais intenso que aquele que normalmente ocorre na natureza.

Ross (op. cit.) leva em consideração que os diferentes ambientes naturais são decorrentes das diferentes relações de troca de energia e matéria entre seus componentes, o que, dentro de uma concepção da teoria de sistemas, é denominado de ecossistema, conforme ilustrado na Figura 3, representando os fluxos de energia e matéria entre os componentes da natureza e da sociedade, ou seja, o esboço das forças endógenas e exógenas que atuam na interface atmosfera-litosfera-hidrosfera. Assim, a adoção de práticas conservacionistas e de políticas ambientais deve ser melhor dimensionada, tendo em vista os limites de dependência dos componentes naturais e dos limites de inserção do homem na natureza.

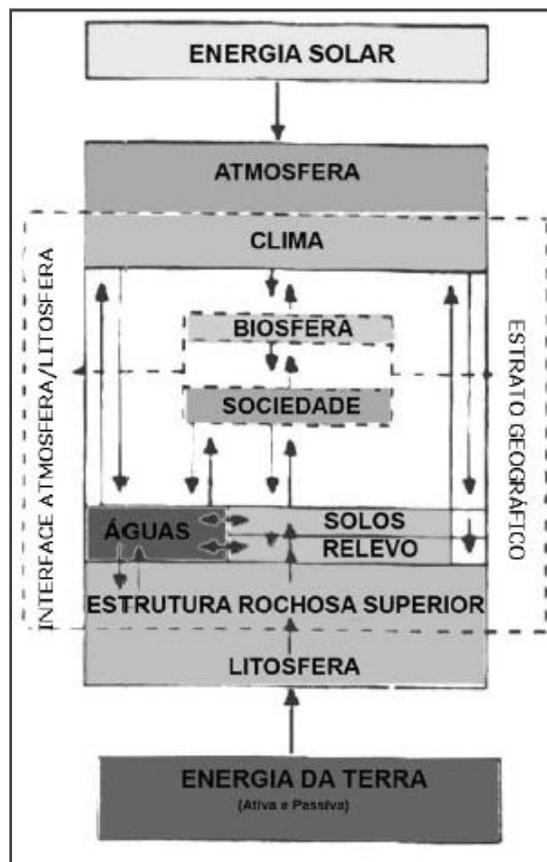


Figura 3 – Fluxo da Relação Sociedade/Natureza

Fonte. Ross (1994)

Para o mesmo autor, o conhecimento das potencialidades dos recursos naturais passa pelos levantamentos dos solos, relevo, rochas, águas, clima, flora, etc., enfim, de tudo que dá suporte a vida. Para a análise da fragilidade, exige que esses conhecimentos setorizados sejam avaliados de forma integrada. Assim, as fragilidades dos ambientes naturais devem ser avaliadas quando se pretende aplicá-las ao planejamento territorial ambiental, com base no conceito de Unidades Ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1977), que definiu os ambientes em *estáveis* (quando estão em equilíbrio dinâmico) e *instáveis* (quando em desequilíbrio).

Para que esses conceitos pudessem ser utilizados como subsídio ao planejamento ambiental, Ross (op. cit.) ampliou o uso dos conceitos, estabelecendo as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente em vários graus, como também para as Unidades Ecodinâmicas Estáveis, que apesar de estarem em equilíbrio dinâmico, apresentam Instabilidade Potencial diante das características naturais e a possível inserção antrópica. Amaral (2009) apresenta um quadro que estabelece a relação entre os conceitos definidos por Ross (1994) e Tricart (1977):

Quadro 1 – Relação entre os conceitos de ambientes naturais e antropizados definidos por Ross (1994) e Tricart (1977)

Autores	Proposta metodológica	Conceituação	
		Ambientes naturais	Ambientes antropizados
TRICART, 1977	Ecodinâmica	Unidades Estáveis	Unidades Instáveis
ROSS, 1994	Fragilidade Ambiental	Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial	Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Emergente

**Fonte.** Amaral (2008 apud Amaral e Ross, 2009).

Para Amaral e Ross (2009), as Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial (Estáveis) são as que apresentam equilíbrio dinâmico em seu estado natural, porém, há também uma instabilidade potencial diante da possibilidade de uma intervenção antrópica. Já as Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Emergente (Instáveis) foram definidas como ambientes naturais que sofreram modificações intensas pelo homem através de suas atividades econômicas e urbanização, tornando-se ambientes antropizados.

Dessa forma, para se obter a classificação das unidades ecodinâmicas é necessário a integração de dados, conforme Quadro 2, sobre o uso da terra (componente antrópica) e do relevo, solos e clima (componentes ambientais), que se constituirão em fatores determinantes dos graus de fragilidade ambiental.

Quadro 2 – Fatores e elementos de análise para determinar a fragilidade ambiental

Fatores de análise para fragilidade ambiental	Elementos
Uso da terra/Cobertura vegetal	Tipos de cobertura vegetal / práticas conservacionistas
Relevo	Classes de declividade
Solos	Tipos de solos
Clima	Distribuição e intensidade da pluviometria

**Fonte.** (Adaptado de Ross, 1994 e Amaral, 2008).

A partir da seleção dos componentes ambientais e antrópicos, Ross (1994) define para os fatores analisados, graus de fragilidade que variam de 1 a 5 (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto). A Tabela 1 traz a hierarquia/graus das unidades de fragilidade potencial e emergente. A composição final do grau de fragilidade é a associação dos fatores analisados para determinar a classificação das unidades ecodinâmicas, cuja análise integrada dá origem à carta-síntese ou Carta das Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial e Emergente.

Tabela 1 - Classificação das unidades de fragilidade

UNIDADES DE FRAGILIDADE	CLASSIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE INTENSIDADE DA FRAGILIDADE	
	QUALITATIVA	NUMÉRICA
Fragilidade Potencial	Muito baixa	1
	Baixa	2
	Média	3
	Forte	4
	Muito forte	5
Fragilidade Emergente	Muito baixa	1
	Baixa	2
	Média	3
	Forte	4
	Muito forte	5

**Fonte:** Ross, 1994.

Em resumo, Ross et al. (2008, apud Santos, 2011) definem que a concepção de fragilidade ambiental é, antes de tudo, uma questão sociocultural, portanto, tendo a sociedade no centro das suas preocupações:

A utilização dos conceitos de Tricart (1977) despertou em Ross (1990 e 1994) a percepção de diferentes níveis de fragilidade dos sistemas ambientais e as características naturais de um lado e de outro o potencial de uso socioeconômico dos recursos naturais. Assim surgiu a concepção de fragilidade ambiental, com análises integradas das relações sociedade-natureza, onde se admite [...] que as questões ambientais são antes de tudo socioculturais (ROSS et al., 2008, apud SANTOS, 2011, p. 56).

## 2.8 Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta para a análise ambiental

Segundo Lang e Blaschke (2009), os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) tiveram suas raízes no planejamento de paisagens e do meio ambiente, em que mais de 40 anos de desenvolvimento trouxeram um grande número de métodos e aplicações. A grande expansão da utilização de SIG dentro da ecologia e das ciências ambientais para análise, planejamento, gestão e pesquisa, coloca em evidência seu enorme potencial como ferramenta holística das mais importantes.

Para os autores, uma grande parte dos dados com os quais trabalhamos tem uma relação com o espaço. Portanto, SIGs são usados para a documentação e visualização, bem como para a análise de fenômenos espaciais, tendo como característica essencial a utilização de um sistema computacional de alta capacidade, que permita o manuseio de grandes conjuntos de dados. Tais dados podem ser integrados por meio de um SIG e relacionados entre si. Com a ajuda de um SIG, podemos explicar e visualizar relações espaciais, podemos representá-las em forma de mapas. O autor lista as possíveis aplicações de SIG como ferramenta central para a análise e planejamento da paisagem:

- *Detecção.* Delimitação de objetos e representação da realidade.
- *Avaliação.* De paisagem e habitats.
- *Planejamento de paisagens.* Preparo de planos, detecção da condição atual, desenvolvimento de cenários, Sistemas de apoio a decisão (SAD).
- *Descrição e análise da estrutura.* Quantificação da configuração espacial e diversidade do espaço.
- *Análise de uso do solo.* Detecção de tipos de uso e suas mudanças.
- *Modelagem da paisagem.* Avaliação de intervenções, avaliação de variáveis e avaliação de planejamento-modelagem.

A história do SIG tem início nos anos 1960, quando o Departamento Canadense de Florestas e Desenvolvimento Regional desenvolveu o “Sistema de Informações Geográficas Canadenses” (CGIS) devido ao aumento da demanda de espaço para arquivar e administrar os dados relevantes para o planejamento (Lang e Blaschke, op. cit.). Sua finalidade era a detecção baseada em mapas e a classificação dos enormes recursos naturais do Canadá, bem como servir de apoio no planejamento do uso dos recursos hídricos, havendo uma preocupação com aspectos de proteção do meio ambiente. Assim, os pioneiros de SIG dessa época contribuíram fortemente para o desenvolvimento conceitual e metodológico do SIG.

No início da década de 1960, SIG, em sentido restrito, designava uma ferramenta de apoio baseada em computador para o manuseio de grandes volumes de dados, mas a partir do grande número de conceitos, métodos e campos de aplicação, desenvolveu-se uma ciência completa (Lang e Blaschke, op. cit.).

Dessa forma, SIG trata-se de um tipo especial de software, de um determinado conjunto de hardware e é também uma metodologia. Para esses autores, um SIG designa um sistema composto de hardware, software e dados, e sua utilização tem uma longa tradição, especialmente no planejamento da paisagem e do meio ambiente em nível internacional. Os SIGs logo entraram nas instituições de pesquisa, administração ambiental e agências de proteção ao meio ambiente, inicialmente nas denominadas estações de trabalho, mais tarde distribuídas em SIG-Desktops. Provenientes da área de análise de sistemas do meio ambiente, o Environmental Systems Research Institute (ESRI), fundado em 1969, contribuiu fortemente no desenvolvimento de softwares para SIG baseados em PCs e de fácil manuseio pelo usuário, tornando-se hoje líder mundial nesse ramo.

Para Câmara et al. (1996), o termo *dado espacial* denota qualquer tipo de dados que descreve fenômenos com alguma dimensão espacial. Os dados utilizados em SIG pertencem a uma classe particular de dados espaciais chamados de *dados georreferenciados* ou *dados geográficos*, ou seja, descrevem fatos, objetos e fenômenos do globo terrestre associados à sua localização sobre a superfície terrestre, num certo momento ou período de tempo.

De forma geral, consultas a dados em SIG podem envolver tanto o estado de um fenômeno quanto a sua distribuição espacial e temporal. No entanto, o autor destaca que, na maior parte dos casos, a dimensão temporal é fixa, ou seja, os usuários determinam o conjunto de dados para trabalho em um determinado instante e raramente executam operações com variações temporais.

Num contexto de aplicações de SIG, o mundo real é frequentemente modelado segundo duas visões complementares: o modelo de campos e o modelo de objetos. Câmara et al. (op. cit.) apontam que o modelo de campos enxerga o mundo como uma superfície contínua, sobre a qual os fenômenos geográficos observados variam segundo diferentes distribuições. Já o modelo de objetos representa o mundo como uma superfície ocupada por objetos identificáveis, com geometria e características próprias. Por exemplo, redes viárias e edificações são tipicamente modeladas como objetos. Outro ponto importante é a questão da identidade, fundamental para distinguir os campos dos objetos.

Para os mesmos autores, a modelagem de dados geográficos difere da tradicional não apenas devido às características espaciais, mas também por envolver a representação, que

varia conforme a perspectiva do usuário ou aplicação, ou ainda segundo fatores técnicos que incluem resolução, escala e projeção cartográfica.

Ainda tratando das representações para campos e objetos, o autor explica que a modelagem dos mesmos reflete no chamado debate *raster* versus *vetorial*: “campos são frequentemente representados no formato matricial, ou seja, em uma matriz cujos elementos são unidades poligonais regulares do espaço (células)” (Câmara et al., op. cit.). O termo *raster* designa células retangulares (pixels), mas comumente é usado como termo genérico para a representação matricial. Para esse tipo de representação, o autor cita uma operação típica como a sobreposição de matrizes, combinando os valores das células através de funções matemáticas. A representação de um objeto geográfico se dá no formato vetorial sendo definido como uma geometria formada de pontos, linhas e polígonos. Linhas são formadas por uma sequência de pontos, e polígonos por uma sequência de linhas.

Em sequência, os autores descrevem resumidamente as principais classes para tratamento de dados geográficos por geoprocessamento:

Quadro 3 – Principais classes de dados geográficos em geoprocessamento

Classes de Dados Geográficos	Definição
Mapas Temáticos	São mapas que mostram uma região geográfica particionada em polígonos, segundo os valores relativos a um tema (por exemplo, uso do solo, aptidão agrícola). Os valores dos dados são em geral inseridos no sistema por digitalização ou, de forma mais automatizada, a partir de classificação de imagens. Em mapas temáticos, os polígonos apresentados são resultado de funções de análise e classificação de dados e não correspondem a elementos identificáveis do mundo real. A maior parte dos sistemas armazena dados para este tipo de mapa usando uma representação topológica do tipo aresta-vértice-face. Um mapa temático também pode ser armazenado no formato matricial (raster). Neste caso, a área correspondente ao mapa é dividida em células de tamanho fixo.
Mapas Cadastrais	Mapas cadastrais, ao contrário, apresentam objetos identificáveis (por exemplo, lotes de terreno). Os dados são em geral armazenados usando uma representação topológica.
Redes	Em Geoprocessamento, o conceito de rede denota as informações associadas a serviços de utilidade pública, como água, luz e telefone; redes relativas a bacias hidrográficas; e rodovias. As informações espaciais são usualmente armazenadas em forma de grafo [diagrama] que armazena informações sobre recursos que fluem entre localizações geográficas distintas. Os grafos usam topologia arco-nó, onde os arcos têm um sentido de

	fluxo e os nós podem ser fontes. Numa rede elétrica, por exemplo, as linhas de transmissão serão representadas topologicamente como os arcos de um grafo orientado, estando as demais informações concentradas em seus nós.
Modelos Numéricos de Terreno (MNT)	Um MNT é usado para denotar a representação de uma grandeza que varia no espaço, comumente usados em altimetria para gerar mapas topográficos. A aquisição de dados é feita através da digitalização de isolinhas <sup>12</sup> a partir de mapas existentes ou a partir de imagens digitais, caso da altimetria. Há dois grupos básicos de MNT: grades regulares e grades triangulares, sendo que as últimas representam melhor as variações do terreno, pois capturam a complexidade do relevo sem a necessidade de grande quantidade de dados redundantes; tem estrutura topológica vetorial do tipo arco-nó, onde os nós são conectados formando triângulos que cobrem totalmente a área de interesse.
Imagens	Tradicionalmente, muitos SIGs utilizam mapas como a forma básica para a construção dos bancos de dados geográficos e tratam imagens obtidas por sensoriamento remoto apenas como uma forma de captura indireta de informação espacial a ser incorporada a tais mapas. Porém, com o desenvolvimento das áreas de Sensoriamento Remoto e Processamento Digital de Imagens, aliadas a técnicas para armazenamento, recuperação e apresentação de imagens, estas passaram a ser utilizadas em conjunto, ou até mesmo em substituição, a mapas. Uma imagem digital consiste em uma matriz de números digitais chamados de pixels (uma abreviação de picture element). Cada pixel corresponde a um retângulo na superfície da imagem original, não-digital. De um modo geral, denomina-se imagem multiespectral a coleção de imagens de uma mesma cena, num mesmo instante, obtida por vários sensores com respostas espectrais diferentes.

**Fonte.** Adaptado de Câmara et al. (1996).

As aplicações ambientais de SIG variam bastante, segundo Câmara et al. (op. cit.), incluindo ecologia, clima e uso dos recursos naturais e podem ter uma abrangência desde a escala global até mesmo a local. Os dados são obtidos principalmente por meio de sensoriamento remoto, usando imagens de satélite ou radar e complementados com a coleta de amostras de campo. O autor descreve em detalhes as possíveis aplicações ambientais de SIG:

---

<sup>12</sup> "Isolinhas são linhas definidas como uma série de coordenadas x e y e rotuladas por uma grandeza z." (Câmara et al., 1996, p. 43)

Enquadram-se em aplicações de meio ambiente modelagem climática e ambiental, previsão numérica do tempo, monitoração do desflorestamento e monitoração da emissão e ação de poluentes. Ilustrando tipos de aplicações de uso de recursos naturais têm-se identificação e mapeamento mineral e petrolífero, planejamento e supervisão de redes hidroelétricas, gerenciamento costeiro e marítimo, e sistemas de informação de recursos hidrológicos (CÂMARA et al., 1996, p. 31).

Para Moura (2007), o termo geoprocessamento ou processamento de dados georreferenciados engloba processamento digital de imagem (PDI), cartografia digital e os SIGs. A montagem de um sistema de geoprocessamento é definida pelas seguintes etapas:

- a. Definição dos objetivos e aplicações no uso do sistema de análise apoiada por geoprocessamento.
- b. Organização da base de dados alfanumérica e cartográfica para montagem do SIG: organização da base cartográfica e alfanumérica; definição dos modos de representação espacial dos dados; conversão de escalas de medição; conversão de dados vetoriais em matriciais (raster).
- c. Uso do SIG nas análises ambientais: escolha e aplicação dos modelos de análise espacial; validação frente à realidade (para verificação dos resultados); se necessário, calibração do sistema pelo ajuste do modelo e retorno às etapas de análise (MOURA, 2007, p. 2901).

Em resumo, os sistemas de geoprocessamento atendem diversas aplicações ambientais, fazendo uso de dados geográficos através de etapas pré-estabelecidas com objetivos, organização de base de dados e aplicações de modelos de análise e avaliação, tornando-se uma ferramenta poderosa que oferece subsídios ao planejamento e gestão ambientais em atividades de conservação e preservação como também de atividades econômicas com impacto ambiental.

## **2.6 As Unidades de Conservação e as Políticas Públicas de Proteção Ambiental**

Dentre os trabalhos que tratam do tema unidades de conservação e ordenamento territorial, destacam-se os de Vallejo (2003; 2009) em “Unidades de Conservação: uma discussão teórica à luz dos conceitos de território e de políticas públicas” e “Os parques e reservas como instrumentos do ordenamento territorial” que trazem uma reflexão acurada e abrangente dessa temática, abordando a evolução desse processo no contexto nacional, sem perder o nexo com o que está acontecendo no mundo em termos de conservação da biodiversidade e proteção dos ecossistemas. Outro trabalho importante que aborda a temática de conservação da natureza no cenário mundial, com enfoque nas regiões tropicais, é de autoria de Terborgh e Schaik (2002), intitulado “Por que o Mundo necessita de Parques”. Outro, com o título de “Projetos Integrados de Conservação e Desenvolvimento: Problemas e

Potenciais” elaborado por Schaik, em parceria com Rijksen, trata das ameaças externas aos parques e a tentativa de reduzi-las com a promoção do desenvolvimento sustentável nas áreas do entorno.

A grande questão a ser respondida antes de tudo é *por que o mundo necessita de áreas protegidas?* Segundo Terborgh e Schaik (2002), especialistas afirmam que as taxas de extinção no mundo estão acontecendo num ritmo muito acelerado e que as áreas protegidas, ainda insuficientes, correspondem a cerca de 5% de sua superfície, sendo que muitas delas são monumentos naturais ou são *parques de papel*<sup>13</sup>. Os autores acrescentam que as regiões tropicais detêm a maior parcela da biodiversidade do planeta (acima de 75%) e que suas experiências com unidades de conservação não têm sido encorajadoras, porque a maioria dessas áreas possui pessoas vivendo dentro delas e convive com atividades ilegais de caça, agricultura, pastoreio, extrativismo etc., revelando, além disso, problemas orçamentários, de infraestrutura e de fiscalização.

Existe um consenso no mundo de que precisamos garantir condições de existência para a sociedade e todas as outras formas de vida, o que implica contribuir para a existência de um planeta saudável, sem poluição e com abundância de recursos naturais. Mesmo que essa missão pareça um tanto utópica, necessitamos, ao menos, reduzir os danos provocados pela degradação ambiental como garantia da manutenção da vida, daí a importância de se criar lugares protegidos para preservar ou recuperar os ecossistemas e habitats intactos e ameaçados.

O conceito de preservação evoluiu ao longo da história atendendo outras finalidades como, por exemplo, na Idade Média, existiram as chamadas reservas de caça que serviam ao lazer da aristocracia. Após a Revolução Industrial, com o crescimento urbano desordenado e a intensa exploração dos recursos naturais, os problemas referentes ao meio ambiente começaram a se intensificar, o que acabou contribuindo para a valorização da vida no campo e dos ambientes naturais (Vallejo, 2009). Surge então nos Estados Unidos, em 1872, o primeiro conceito moderno de parque nacional como área natural e selvagem, sendo que Yellowstone torna-se a primeira área com status de parque nacional do mundo, tendo seu modelo adotado em outras regiões como Canadá, Austrália e África do Sul (Vallejo, op. cit.).

---

<sup>13</sup> “O termo refere-se aos parques que não foram realmente implantados e têm apenas uma existência virtual, como linhas desenhadas em mapas oficiais.” (TERBORGH e SCHAİK, 2002)

No entanto, o modelo americano tinha como finalidade apenas preservar a beleza cênica local e promover a recreação, sendo que hoje outros valores já foram agregados aos parques e às novas categorias de manejo, como a elevação da qualidade de vida e o respeito pelas sociedades tradicionais, a preservação da biodiversidade florística e faunística e dos bancos genéticos, servindo também de laboratórios para as pesquisas em ciências biológicas (Vallejo, op. cit.). O mesmo autor enumerou os propósitos atuais da política mundial de criação de UCs no âmbito das diferentes categorias:

pesquisa científica, proteção da vida selvagem, preservação de espécies e da diversidade genética, manutenção dos serviços ambientais, proteção de aspectos naturais e culturais específicos, recreação e turismo, educação, uso sustentável dos recursos de ecossistemas naturais e manutenção de atributos culturais tradicionais. (VALLEJO,2009, p. 161)

Falando ainda sobre a importância de se criarem unidades de conservação, devem-se considerar os argumentos encontrados na Biologia da Conservação<sup>14</sup> e na Economia Ecológica<sup>15</sup> relacionados à valorização e conservação dos bens naturais (Vallejo, op.cit.). O Quadro 4, adaptado pelo autor, traz essa abordagem desenvolvida por McNeely e McNeely et al. (apud PRIMACK e RODRIGUES, 2001) relacionando os valores econômicos diretos e indiretos proporcionados pela biodiversidade e pelos ecossistemas.

Quadro 4 – Valores econômicos diretos e indiretos associados à preservação da biodiversidade das espécies e dos ecossistemas

<b>Valores econômicos diretos</b> Produtos que são diretamente colhidos e usados pelas pessoas	
<i>Valor de consumo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercadorias, como lenha, plantas medicinais e animais de caça, consumidos internamente, mas que não aparecem nos mercados nacionais e internacionais. Usados na subsistência, sem ser contabilizados nos cálculos dos PIBs nacionais porque não são comprados nem vendidos. Particularmente importantes para as comunidades rurais e sociedades tradicionais em países em desenvolvimento.</li> </ul>
<i>Valor produtivo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produtos extraídos do ambiente e vendidos no comércio nacional ou internacional. Entre os de maiores vendas, estão: lenha, madeira para construção, peixes e mariscos, plantas medicinais, frutas e vegetais, carne e pele de animais silvestres, fibras, mel, cera de abelha, tinturas naturais,</li> </ul>

<sup>14</sup> Segundo Primack e Rodrigues (2001, apud VALLEJO, 2009), a Biologia da Conservação tem como objetivos principais a preocupação com a perda da biodiversidade no mundo e a busca de alternativas de sustentabilidade.

<sup>15</sup> Para May (1995, apud VALLEJO, 2009) a Economia Ecológica considera os limites dos ecossistemas, a valoração dos custos ambientais e os benefícios das alternativas ao desenvolvimento.



	eficiente dos recursos. Além dos argumentos econômicos, não se pode prescindir de aspectos éticos.
--	--

**Fonte.** (PRIMACK e RODRIGUES, 2001)

Vallejo (2002) acrescenta que o crescimento da consciência ecológica em escala global ampliou a participação popular nas questões sobre o meio ambiente e a qualidade de vida, com isso vem aumentando as pressões junto aos governos para a implantação de políticas conservacionistas, dessa forma, contribuindo para o aumento dessas áreas protegidas.

A criação das Unidades de Conservação no mundo se constitui numa das principais formas de intervenção do poder público visando reduzir as perdas da biodiversidade e garantir a proteção de ecossistemas ameaçados pela degradação ambiental imposta principalmente pelas atividades urbanas e econômicas. No entanto, destaca Vallejo (op. cit.), esse processo tem sido acompanhado por conflitos e impactos decorrentes da exclusão de populações dessas áreas protegidas. Outros focos de conflito, segundo Castro Junior, Coutinho e Freitas (2009), estão relacionados aos setores ligados ao capital produtivo (indústria e agricultura), a falta de articulação entre a escala decisória e a local, e a sobreposição de UCs em terras indígenas.

Apenas com a expansão do número de áreas protegidas, a questão ambiental não se resolve, porque esse processo é sempre acompanhado de conflitos, seja pela retirada de populações tradicionais das áreas de proteção integral, pela restrição nos usos do solo e dos recursos naturais no entorno dessas unidades de conservação, ou monitoramento e fiscalização de atividades ilegais como caça, tráfico de animais e desmatamento. Existe, dessa forma, uma crescente pressão vinda do entorno dessas unidades, sendo que, em algumas situações, essas populações não conseguem perceber a importância dessas áreas protegidas e as restrições impostas às zonas de amortecimento tornam-se um incômodo, afetando os únicos meios de sobrevivência desses grupos sociais quanto às formas tradicionais de uso dos recursos.

Diante de tal questão, torna-se necessário ‘conquistar’ o apoio desses grupos ou comunidades tradicionais para que se tornem colaboradores e co-responsáveis pela preservação do ambiente local. Em resposta ao problema, Schaik e Rijkssen (2002) falam sobre a criação dos *Projetos Integrados de Conservação e Desenvolvimento* (ICDPs), que têm o objetivo principal de reduzir as ameaças externas aos parques por meio da promoção do desenvolvimento sustentável das áreas do entorno, considerado um meio efetivo para apoiar *de fora* o manejo dos parques. Tais autores acrescentam que alguns fatores contribuíram para

que houvesse pouca vontade política em defesa da implantação de parques, como o crescimento populacional pós-guerra, que aumentou a pressão por mais áreas e recursos; o fato de que os benefícios advindos da conservação ambiental são sentidos somente em longo prazo e o seu custo de oportunidade não ser facilmente mensurável; críticas alegando que não era justo negar aos países tropicais (ex-colônias) a oportunidade de explorar seus próprios recursos e, por último, que seria antiético excluir as pessoas dos parques, porque muitas populações tradicionais haviam vivido em harmonia com a natureza por séculos nesses lugares. Assim, diante de tais críticas, a comunidade conservacionista necessitou de uma mudança de rumo, trazendo uma abordagem com ênfase num modelo de conservação atrelado ao desenvolvimento econômico sustentável. Em resumo, Schaik e Rijkssen (op. cit.) colocam que a mudança do paradigma conservacionista consegue dar uma resposta às críticas, fazendo com que houvesse uma aceleração do estabelecimento de parques na década de 1980 e início da década de 1990, porém, a proteção de espécies ficou subordinada ao desenvolvimento socioeconômico.

Fica evidente, então, a necessidade de se aperfeiçoar o modelo de gestão baseado na implantação de áreas protegidas. Ainda que a geração de conflitos e a lógica do desenvolvimento sustentável tornem esse processo um tanto problemático, não se questiona que a criação de UCs se traduz na política pública mais eficiente para a proteção da natureza, portanto, deverá ser ampliada e corrigida em suas deficiências. A efetividade dessa política pública depende da atuação conjunta e colaborativa do Poder Público, das empresas e da sociedade em geral.

## **2.7 A organização do SNUC e os Critérios para a Criação de Áreas Protegidas**

Segundo Castro Júnior, Coutinho e Freitas (2009), os tratados internacionais sobre o meio ambiente e a atuação de ONGs tiveram profundas influências na definição da política de conservação do Brasil, provocando o surgimento de leis, decretos e normas, principalmente as que se referem à política de áreas protegidas.

As áreas protegidas no Brasil são parte integrante de um contexto maior denominado Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), criado pela Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000 com o objetivo de estabelecer critérios e normas para criação, implantação e gestão das unidades de conservação. O SNUC é gerido pelo Conselho Nacional do Meio

Ambiente (CONAMA), órgão consultivo e deliberativo, pelo MMA, órgão central que coordena o sistema, e pelos órgãos executores, como o Instituto Chico Mendes e o IBAMA, que vão implementar, subsidiar e administrar as UCs (BRASIL, 2000).

De modo geral, no Brasil, o SNUC divide as áreas de proteção em duas categorias básicas: as *unidades de proteção integral*, permitindo somente o uso indireto dos recursos naturais; e as *unidades de uso sustentável*, algumas com a presença de populações tradicionais, conciliando preservação da natureza com uso sustentável de parcela dos recursos naturais. O Quadro 5 apresenta as classes e finalidades das UCs, com base na Lei nº. 9.985/2000:

Quadro 5 – Classes de Unidades de Conservação no Brasil com base na Lei Federal 9.985/2000<sup>16</sup>

<b>Unidades de Proteção Integral</b>	
<i>Estações Ecológicas</i>	Preservação da natureza e realização de pesquisas científicas. É proibida a visitação pública, exceto quando com objetivo educacional, de acordo com o que dispuser o Plano de Manejo da unidade ou regulamento específico. São de posse e domínio públicos.
<i>Reservas Biológicas</i>	Preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais. São de posse e domínio públicos. É proibida a visitação pública, exceto aquela com objetivo educacional.
<i>Parques Nacionais</i>	Preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico. São de posse e domínio públicos. Quando criadas pelo Estado ou Município, serão denominadas, respectivamente, Parque Estadual e Parque Natural Municipal.
<i>Monumentos Naturais</i>	Preservação de sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica. Podem ser constituídos por áreas particulares.
<i>Refúgios de Vida Silvestre</i>	Proteção de ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória. Pode ser constituído por áreas particulares, desde que seja possível compatibilizar os objetivos da unidade com a utilização da terra e dos recursos naturais do local.
<b>Unidades de Uso Sustentável</b>	
<i>Áreas de Proteção Ambiental (APAs)</i>	A Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou

<sup>16</sup> Adaptado pelo autor com base na Lei 9.985/2000.

	culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. São constituídas por terras públicas ou privadas. Deverá dispor de Conselho presidido pelo órgão responsável por sua administração e constituído por representantes dos órgãos públicos, de organizações da sociedade civil e da população residente.
<i>Área de Relevante Interesse Ecológico</i>	Áreas em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional, e tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza. São constituídas por terras públicas ou privadas.
<i>Florestas Nacionais</i>	Áreas com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas. São de posse e domínio públicos, porém é admitida a permanência de populações tradicionais que a habitam quando de sua criação. Quando criadas pelo Estado ou Município, será denominada, respectivamente, Floresta Estadual e Floresta Municipal.
<i>Reservas Extrativistas</i>	Áreas utilizadas por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, e tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade. São de domínio público, com uso concedido às populações extrativistas tradicionais. São proibidas a exploração de recursos minerais e a caça amadorística ou profissional.
<i>Reservas de Fauna</i>	Áreas naturais com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos. São de posse e domínio públicos.
<i>Reservas de Desenvolvimento Sustentável</i>	Áreas naturais que abrigam populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desenvolvidos ao longo de gerações e adaptados às condições ecológicas locais e que desempenham um papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica. Tem como objetivo básico preservar a natureza e, ao mesmo tempo, assegurar as condições e os meios necessários para a reprodução e a melhoria dos modos e da qualidade de vida e exploração dos recursos naturais das populações tradicionais, bem como valorizar, conservar e aperfeiçoar o conhecimento e as técnicas de manejo do ambiente, desenvolvido por estas populações.
<i>Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)</i>	Área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica. Só poderá ser permitida, na Reserva Particular do Patrimônio Natural, conforme se dispuser em regulamento, a pesquisa científica e a visitação com objetivos turísticos, recreativos e educacionais. É de domínio privado.

Atualmente, conforme definição de Vallejo (2009), existem diversos critérios de formulação de políticas públicas voltadas para a criação e consolidação de áreas protegidas, sendo que a seleção de áreas ocupa o primeiro lugar e é orientada por critérios *econômicos, político-institucionais e ecológicos*.

Para o mesmo autor, o critério econômico é orientado por três abordagens: eficiência econômica para maximizar a conservação biológica com o menor custo possível, análise custo-benefício com base na valoração monetária ou energética a partir de valores estimados, e os padrões mínimos de segurança, com o objetivo de assegurar a proteção mínima necessária à conservação das espécies, segundo Morsello<sup>17</sup> (1999, apud Vallejo, 2009).

Na sequência, tem o critério político institucional, variando de acordo com a situação regional, levando em consideração a presença ou não de população e sua participação na criação da área de proteção. Para Morsello (op. cit.) o modelo mais usado, na maior parte dos casos, é o de áreas remanescentes e terras desprovidas de habitantes. Vallejo (op. cit.) acrescenta que, no Brasil, esse critério tem norteado a criação da maioria das áreas protegidas, ao lado da aquisição de terras por pessoas físicas e organizações de conservação, do envolvimento popular através de ONGs e das parcerias com governos de países ricos e organizações internacionais, coexistindo ainda o processo de delimitação de áreas para proteção de populações tradicionais em que ocorre a criação de *unidades de uso sustentável*.

E por fim tem-se os critérios ecológicos, onde são definidas as prioridades para a proteção de áreas, respondendo questões como, conforme Johnson (1995, apud Vallejo, 2009), *o que precisa ser protegido, onde e como deve ser protegido*. Dessa forma, Vallejo (op. cit.) enumera os três critérios que podem ser utilizados na definição dessas prioridades:

1. *Diferenciação* – a prioridade recai sobre as comunidades biológicas quando elas se compõem de espécies endêmicas raras, mais do que aquelas formadas por espécies comuns e amplamente disseminadas.
2. *Perigo* – espécies ou comunidades ameaçadas e em perigo de extinção merecem atenção prioritária no processo de preservação de áreas.
3. *Utilidade* – as espécies de valor atual ou potencial têm mais importância para a conservação do que as espécies sem uso evidente para as pessoas. Nesse caso, destacam-se as espécies selvagens parentes de espécies utilizadas pela sociedade, como o arroz, potencialmente úteis no melhoramento genético das variedades cultivadas.<sup>18</sup> (VALLEJO, 2009, p. 171)

O autor conclui que os mesmos critérios adotados em relação à conservação da biodiversidade podem ser aplicados perfeitamente aos recursos hídricos e geológicos, aos solos, ecossistemas e seus processos ecológicos básicos. A partir dessa etapa, segue-se o

---

<sup>17</sup> MORSELLO, C. Unidades de Conservação Públicas e Privadas: Seleção e Manejo no Brasil e Pantanal Mato-Grossense. In: Jacobi, Pedro Roberto (org.) *Ciência Ambiental – Desafios da Interdisciplinaridade*. São Paulo: Annablume, 1999, p.333-358.

<sup>18</sup> Segundo Vallejo (2009) o critério de utilidade é polêmico, porque uma espécie sem valor aparente hoje poderá se tornar importante quando novas pesquisas científicas demonstrarem seu valor.

planejamento das unidades de conservação, adotando-se algumas recomendações conforme Quadro 6 adaptado de Shafer<sup>19</sup> (1997, apud Vallejo, 2009) comparando as piores e melhores formas para delimitação de áreas de proteção.

Quadro 6 – Princípios de planejamento de áreas protegidas com base em teorias de biogeografia de ilhas.

Pior	Melhor
a) Proteção parcial do ecossistema	Proteção total do ecossistema
b) Área protegida menor	Área protegida maior
c) Área fragmentada	Área não fragmentada
d) Menor número de áreas protegidas	Maior número de áreas protegidas
e) Áreas isoladas	Áreas com corredores
f) Hábitat uniforme	Hábitats diversificados (morros, lagos, florestas)
g) Forma irregular	Forma próxima a circular
h) Somente grandes áreas	Mistura de áreas grandes e pequenas
i) Áreas manejadas individualmente	Áreas manejadas regionalmente
j) Exclusão social	Inclusão social: zonas-tampão

Fonte. Adaptado de Shafer (1997).

Para finalizar, Vallejo (op. cit.) destaca outras questões que complementam o quadro comparativo anterior, citando, por exemplo, que alguns autores defendem a delimitação de áreas pequenas e bem localizadas para manutenção de habitats e populações de espécies raras, servindo também como centros de estudo e educação ambiental, além do que, estariam elas mais protegidas de acidentes como os grandes incêndios. Outro ponto faz referência à diversidade de habitats dentro dos parques e reservas, que devem ser contemplados em sua totalidade, para tanto, sugere-se o critério de delimitação da área por sua bacia hidrográfica. Quanto à participação popular no estabelecimento de áreas protegidas, baseado no modelo de criação dos primeiros parques, deve-se ter cuidado para que não se tornem focos de conflitos entre governo e população, uma vez que o SNUC não evoluiu no sentido de garantir a permanência de grupamentos tradicionais em parques e reservas, sendo contrário à orientação da União Internacional de Conservação da Natureza (UICN).

## 2.8 As Unidades de Conservação e o Ordenamento Territorial no Brasil

Considerando que o foco deste trabalho é analisar a fragilidade ambiental de uma UC, a abordagem teórica e conceitual limita-se a um conteúdo específico, relacionado ao zoneamento ambiental. Após a apresentação dos argumentos que justificam a criação de áreas

---

<sup>19</sup> SHAFER, C. L. Terrestrial nature reserve design and the urban/rural interface. In: Schuartz, M. W. (ed.) *Conservation in Highly Fragmented Landscapes*. Nova York: Chapman and Hall, 1997, p. 345-378.

de proteção e a organização do seu sistema no Brasil, passa-se ao estudo do ordenamento territorial, cuja análise da fragilidade dos ambientes é parte integrante desse contexto de estudos integrados da paisagem. Outros pontos importantes relacionados ao tema unidades de proteção, como planos de manejo e caracterização geográfica, não serão abordados com ênfase, uma vez que estamos dando atenção a uma etapa prévia do planejamento, que é identificar os graus de fragilidade como subsídio ao zoneamento ambiental. A caracterização física ou geográfica, de certo modo, será contemplada na metodologia de análise da fragilidade ambiental, que integra dados físicos da litologia, relevo, cobertura vegetal e clima.

Ordenamento é um termo amplo que tem relação com os conceitos de ordem, modelo, regras, controle e planejamento, estando presente nos espaços social, político, econômico, religioso, etc., pois todos eles possuem um sistema no qual há uma integração de todos ou parte desses conceitos. Diante das várias questões conceituais sobre ordenamento territorial identificando-o, com planos e projetos, organização e desenvolvimento, conjunto de regras e normas, adotamos inicialmente a definição de Soares (2009), de ordenamento como arranjo espacial, por ser um conceito mais abrangente:

A palavra *ordenamento*, derivativo de ordem, significa que as relações da sociedade arrumam-se na forma de um arranjo do espaço que leva a que seus movimentos converjam para uma finalidade predeterminada, orientando e organizando o rumo da sociedade no sentido dessa finalidade (SOARES, 2009, p. 72).

Outra definição importante, mais específica para a questão ambiental, considera o ordenamento um processo de planejamento, conforme Sanchez e Silva<sup>20</sup> (1995, apud Bohrer e Dutra, 2009):

Entende-se por Ordenamento Territorial o processo de planejamento envolvendo estratégias para resolver distorções, divergências ou mesmo conflitos nas relações entre os atributos ecológicos ou naturais e os aspectos socioeconômicos, tendo por objetivo o desenvolvimento sustentável (SANCHEZ e SILVA, 1995, apud BOHRER e DUTRA, 2009).

Segundo Vallejo (2009), o zoneamento ambiental é um instrumento de ordenamento territorial utilizado no manejo das unidades de conservação, o qual estabelece usos diferenciados para cada zona de acordo com seus objetivos e planos. O autor completa que o Decreto 84.017/1979 já definia as zonas de I a VII e que, com o advento da Lei 9.985/2000, foram incluídas novas categorias (zonas de VIII a XII), conforme discriminado no Quadro 7:

---

<sup>20</sup> SANCHEZ, R. O.; SILVA, T. C. da. Zoneamento Ambiental: uma estratégia de ordenamento da paisagem. *Cadernos de Geociências*, Rio de Janeiro, n.14, p. 47-53, abr/jun. 1995.

Quadro 7 - Zoneamento para Unidades de Conservação de uso indireto, de acordo com o Decreto 84.017/1979 (Zonas I a VII) e Lei 9.985/2000 (Zonas VIII a XII)

Zonas	Descrição/Objetivos
<b>I – Zona Intangível</b>	Área onde as condições mais primitivas da natureza permanecem sem qualquer alteração humana, representando o mais alto grau de preservação e proteção dos ecossistemas. Atua como matriz de repovoamento para outras zonas onde são permitidas atividades humanas regulamentadas.
<b>II – Zona Primitiva</b>	Aquela onde tenha ocorrido pequena ou mínima intervenção humana, contendo espécies da flora e fauna e outros recursos naturais de grande valor científico. É uma zona de transição entre a Zona Intangível e a Zona de Uso Extensivo. Além da preservação, objetivam-se a pesquisa científica e a de educação ambiental, permitindo-se exercer formas de recreação.
<b>III – Zona de Uso Extensivo</b>	Constituída, em sua maior parte, por áreas nativas com algumas alterações humanas, oferece acesso ao público para fins educativos e recreativos, sendo transição entre a Zona Primitiva e a de Uso Intensivo.
<b>IV – Zona de Uso Intensivo</b>	Constituída por áreas naturais ou alteradas pelo homem. Deve dispor de centro de visitantes, museus, serviços e demais facilidades; deve facilitar a recreação intensiva e a educação ambiental.
<b>V – Zona Histórico-Cultural</b>	Apresenta amostras do patrimônio histórico/cultural ou arqueopaleontológico que serão estudadas, preservadas, restauradas e interpretadas para o público.
<b>VI – Zona de Recuperação</b>	Áreas consideravelmente alteradas pela ação humana que poderão ser restauradas e incorporadas a uma das Zonas Permanentes. Espécies exóticas deverão ser removidas e a restauração poderá ocorrer naturalmente ou de forma induzida. O uso público está restrito às atividades educativas.
<b>VII – Zona de Uso Especial</b>	Áreas necessárias às atividades administrativas, manutenção e aos serviços da Unidade de Conservação, contemplando habitações, oficinas, etc. A escolha dos espaços para esse fim não pode conflitar com os elementos naturais, devendo localizar-se na periferia da unidade de conservação, sempre que possível.
<b>VIII – Zona de Uso Conflitante</b>	Espaços no interior da UC cujos usos e finalidades, estabelecidos antes da criação, conflitam com os objetos de conservação. Podem ser empreendimentos como gasodutos, oleodutos, linhas de transmissão, antenas, captação de água, barragens, estradas, etc. Devem-se buscar alternativas para a minimização dos impactos sobre a unidade de conservação.
<b>IX – Zona de Ocupação Temporária</b>	Áreas onde ocorrem concentrações de populações humanas residentes e respectivas áreas de uso. Uma vez realocada a população, será incorporada a uma das zonas permanentes.
<b>X – Zona de Superposição Indígena</b>	Contém áreas ocupadas por uma ou mais etnias indígenas, superpondo partes da unidade de conservação. São subordinadas a um regime especial de regulamentação, sujeitas à negociação com as partes envolvidas (etnias e órgãos do governo). Uma vez regularizada a situação, será incorporada a uma das zonas permanentes.
<b>XI – Zona de Interferência Experimental</b>	Específica para áreas de estações ecológicas. Áreas naturais ou alteradas pelo homem. Podem sofrer alterações por conta do desenvolvimento de pesquisas,

	não podendo exceder a 3% da área total e limitada a 1.500 ha, conforme previsto em lei. O objetivo é o desenvolvimento de pesquisas comparativas em áreas preservadas.
<b>XII – Zona de Amortecimento</b>	Localização no entorno da unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a restrições, com o objetivo de minimizar os impactos negativos sobre a unidade.

Fonte. Vallejo (2009).

Vallejo (op. cit.) afirma que a demarcação e a extensão das zonas devem estar vinculadas aos objetivos de criação da UC e às características preexistentes da área, utilizando-se de critérios tais como a representatividade dos recursos naturais de maior proteção (zona intangível ou primitiva), a presença de espécies em extinção, raras, endêmicas e os sítios de reprodução e alimentação, inclusive na definição das zonas de uso público, de maneira que os visitantes possam apreciar tais características. O autor acrescenta que outros critérios, como a diversidade de espécies, áreas de transição, sítios arqueológicos e paleontológicos, também irão nortear o zoneamento.

Ainda em relação ao uso público, Vallejo (op. cit.) destaca que os atrativos da unidade de conservação precisam ser condicionados ao uso permitido, onde as atividades de contato direto com a natureza não poderão apresentar caráter de competição; suas áreas não poderão sofrer modificações intensas, de modo a comprometer os objetivos para que foram criadas; e particularmente, nos parques, deve haver um criterioso planejamento do uso das áreas, com a demarcação e sinalização de trilhas, número permitido de usuários por atividade, palestras educativas e fiscalização constante.

Quanto à infraestrutura, o autor chama a atenção para as edificações, destinadas à fiscalização, estada de funcionários, centro de visitantes, laboratórios, recepção, etc., que serão de uso especial quando utilizadas para serviço, e de uso intensivo se destinado ao público. No caso de estradas e caminhos, Galante et. al<sup>21</sup> (2002, apud Vallejo, 2009) sugere racionalizar seu uso ou promover sua desativação, quando necessário.

Para a zona de amortecimento, a resolução Conama 428/2010, que trata do licenciamento de empreendimentos de significativo impacto ambiental, recomenda uma faixa de 3 km a partir do limite da UC, cuja Zona de Amortecimento (ZA) não esteja estabelecida (BRASIL, 2010). Para Vallejo (op. cit.), o uso de referenciais de campo e o

---

<sup>21</sup> GALANTE et al. *Roteiro Metodológico de Planejamento*. Parque Nacional, Reserva Biológica e Estação Ecológica. Brasília: MMA/IBAMA/DIREC, 2002, 135 p.

georreferenciamento dos limites facilitam sua identificação, sendo que, a partir desses limites, são aplicados critérios de inclusão ou exclusão dos usos conforme a aproximação da área em questão. O autor relaciona as possibilidades de inclusão e de restrição (exclusão) que podem ocorrer, nos seguintes casos:

*Inclusão:* microbacias drenantes para a Unidade de Conservação; áreas de recarga de aquíferos; locais de nidificação de aves migratórias ou não; sítios de alimentação, repouso e reprodução de espécies que ocorrem na Unidade de Conservação; Unidades de Conservação em áreas contíguas, etc.

*Exclusão:* áreas urbanas já estabelecidas; áreas estabelecidas como expansão urbana pelos planos diretores municipais ou equivalentes. (VALLEJO, 2009, p.188)

As políticas públicas ambientais no Brasil têm demonstrado uma preocupação com o planejamento e o ordenamento territorial, estabelecendo, a partir da década de 1990, projetos de ZEE (Ross, 2009). Becker e Egler<sup>22</sup> (1996, apud Ross, 2009) definiram esse conceito através de um documento no qual formularam a metodologia do projeto de ZEE para a Amazônia Legal, atendendo o Programa de Proteção das Florestas Tropicais (PPFT/MMA):

O ZEE é um instrumento político e técnico de planejamento, cuja finalidade consiste em otimizar o uso do espaço e as políticas públicas. Do ponto de vista técnico, ele organiza informações sobre o território, necessárias para planejar a ocupação racional e o uso sustentável dos recursos naturais. Do ponto de vista político, ele serve para aumentar a eficácia das decisões políticas e da intervenção pública na gestão do território [...] (BECKER; EGLER, 1996).

---

<sup>22</sup> BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. *Detalhamento da metodologia para execução do ZEE pelos estados da Amazônia Legal*. Rio de Janeiro: LAGET/UFRJ/SAE-PR, 1996.

## **3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **3.1 Localização**

O Parque Estadual das Sete Passagens (PESP) está localizado no município de Miguel Calmon, Piemonte da Diamantina, Centro Norte do estado da Bahia, fazendo parte da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, no limite com a Bacia do Rio Jacuípe. O PESP ocupa uma área de aproximadamente 2.821 ha, encaixado totalmente na parte sul da Serra de Jacobina, sendo considerado um ponto de destaque dessa formação geológica. A pesquisa limita-se à poligonal do parque, cujas coordenadas planas S 8734616.3365, S 8746999.9322, W 331394.5176 e W 335698.2621 indicam os pontos extremos do parque, com altitudes que variam entre 580 a 1260 metros.

A Figura 4 representa a localização do PESP, distante cerca de 7 km a NE da sede do município de Miguel Calmon. As informações ambientais da área de estudo ainda são incipientes, sendo a maioria de estudos de abrangência regional, como por exemplo, do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), cuja escala não atende satisfatoriamente a necessidade dos estudos locais.

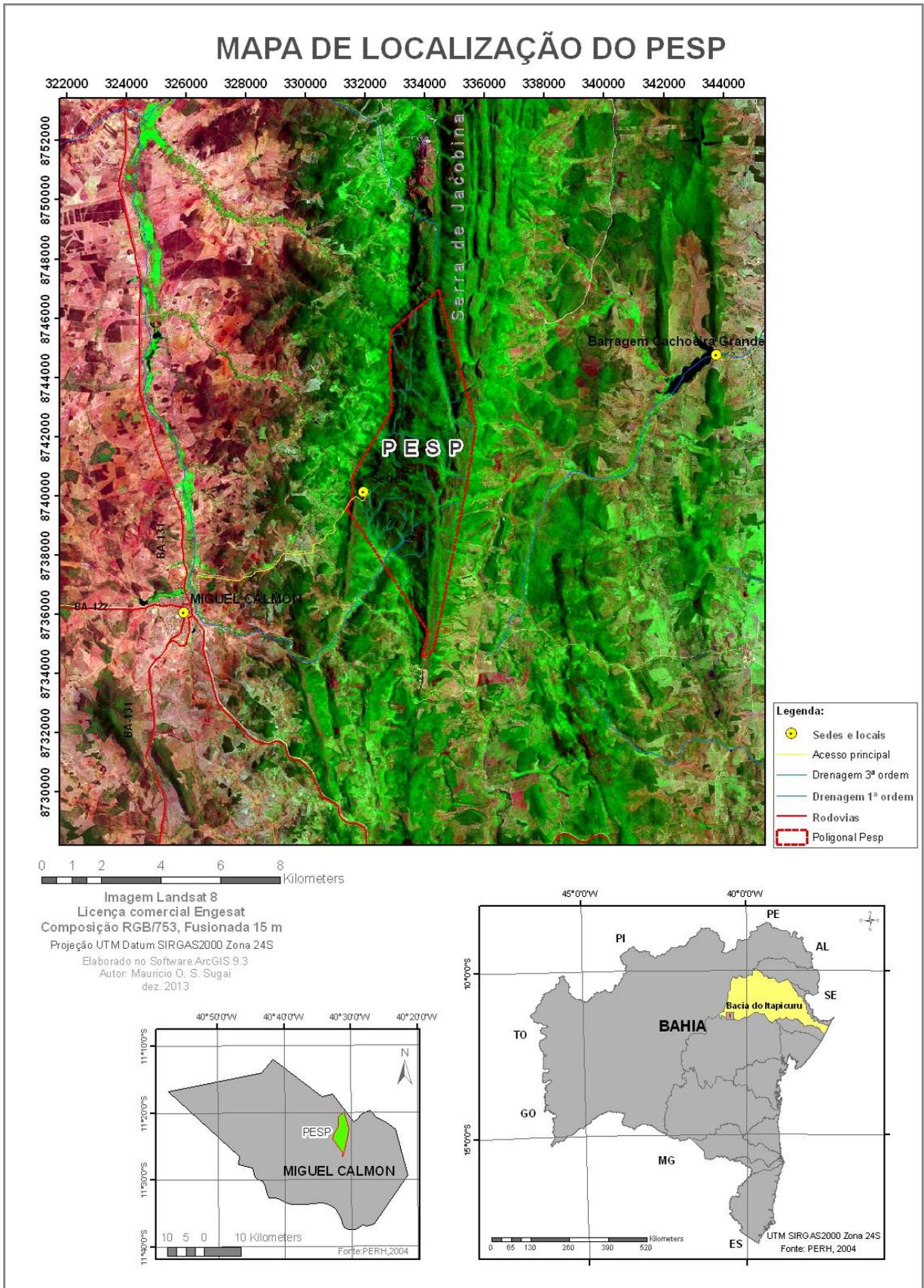


Figura 4 – Mapa de localização do PESP na Bahia

### 3.2 Geologia e Geomorfologia

A área de estudo representada pelo PESP reflete três importantes formações que fazem parte de um contexto maior de relevo montanhoso, denominado Serra de Jacobina: Formação Rio do Ouro e Serra do Córrego (Grupo Jacobina), e o Complexo Itapicuru (Unidade Itapura). As Formações Rio do Ouro e Serra do Córrego são compostas basicamente por ortoquartzitos, enquanto o Complexo Itapicuru apresenta quartzitos finos a conglomeráticos.

Tendo como base o Projeto Serra de Jacobina (Convênio DNPM-CPRM), coordenado por Couto et al. (1978), as informações acerca da geologia local são fundamentais para compreensão de aspectos relacionados à formação do relevo e dos solos da área de estudo. O relevo montanhoso da serra de Jacobina, com orientação norte-sul, tem cerca de 200 km de extensão, sendo sustentado por ortoquartzitos e metaconglomerados, nivelados em cota média de 1.100 m e dissecado por vales profundos e estreitos contendo rochas de maior alteração e desgaste, como ultramafitos e xistos, resultando em desníveis topográficos de até 500 metros, dessa forma, apresentando formações de escarpas abruptas, topos planos e canyons (COUTO et al., op. cit.). Com relação à idade dos tipos litológicos do Grupo Jacobina e Complexo Itapicuru, que constituem a Serra de Jacobina, têm origem no Período Pré-Cambriano Médio a Inferior, portanto, na escala geológica, são formações que pertencem aos períodos mais antigos. (COUTO et al. op. cit.).

Segundo Leo et al.<sup>23</sup> (1964, apud COUTO et al., op. cit.), são partes do Grupo Jacobina as formações Serra do Córrego e Rio do Ouro, constituídas basicamente de ortoquartzitos brancos a verdes, com camadas de metaconglomerados interestratificadas na base (Formação Serra do Córrego), gradando lateral e verticalmente para ortoquartzitos foliados e/ou estratificados (Formação Rio do Ouro). Segundo o autor, o Grupo Jacobina aflora em uma faixa que se constitui do centro ao sul da área, no corpo mais proeminente da Serra de Jacobina, sendo seu relevo montanhoso, orientado de norte a sul, conde se verificam cotas médias de 1.200 metros, entalhados por profundos e estreitos vales longitudinais e transversais, onde estão intercalados corpos de serpentinitos, andaluzita ou cianita-xistos. Nos vales transversais ocorrem diques delgados de rochas básicas a intermediárias.

A Formação Rio do Ouro apresenta ortoquartzitos bastante puros, em cores branco a esverdeado, de granulação fina a média, bem endurecidos e recristalizados, formando blocos

---

<sup>23</sup> LEO, G. W.; COX, D. P.; CARVALHO, J. P. P. *Geologia da Parte Sul da Serra de Jacobina, Bahia, Brasil*. Rio de Janeiro: DNPM, 1964. 87 p. (Boletim DNPM/DGM, 209)

de serras paralelas, dispostas meridionalmente (Couto et al., op. cit.). A sul de Jacobina e região de Campo Limpo, os ortoquartzitos da Formação Rio do Ouro apresentam-se intensamente brechados, cortados por falhas de empurrão e com deformações plásticas, reflexos de intrusões graníticas nas proximidades destas áreas.

Segundo o autor, os ortoquartzitos e metaconglomerados da Formação Serra do Córrego destacam-se pelas importantes mineralizações de ouro, associadas a urânio. A unidade aparece individualizada ao longo do bordo ocidental da Serra de Jacobina.

Por fim, o Complexo Itapicuru apresenta-se como uma espinha dorsal, aflorando em quase todas as folhas que compõem o projeto Serra de Jacobina, mostrando no geral, relevo montanhoso, com regiões localmente pediplanizadas. Dentre as rochas que compõem o Complexo Itapicuru, existem os filitos/filonitos, xistos e quartzitos. No parque, sua localização se dá numa faixa NW-SE, margeando a poligonal no flanco ocidental, e outra NE-S, estreita, no flanco oriental, apresentando depósitos de tálus intercalados. A figura 5 apresenta a litologia da área de estudo.

O relevo do PESP (Figura 5), de modo geral, é representado por uma sucessão de cristas e barras alinhadas apresentando, às vezes, topos abaulados ou planos. Representa um modelado de dissecação. As incisões são profundas, com escarpas abruptas e incidência de canyons. Os solos são pouco desenvolvidos, de textura arenosa, e facilmente sujeitos à degradação por erosão, tendo em vista as fortes declividades dos terrenos. As classes de altitude variam de 580 m a 1270 m de acordo com o modelo digital de elevação (MDE) baseado em dados de imagem ASTER/GDEM, onde pode ser visualizado com mais detalhes as topologias presentes no relevo do parque e suas classes de altitude.

Segundo Leo et al. (1964), na Serra de Jacobina, a erosão diferencial das rochas produziu um relevo bem desenvolvido de vales e cristas dirigindo-se para o norte. Os quartzitos formam cristas com elevação de até 1000 m e exibem uma vegetação rala e esparsa de gramíneas e arbustos baixos; os xistos e rochas ultrabásicas<sup>24</sup> metamórficas estão erodidos profundamente, produzindo vales de paredes verticais e ravinas em fendas, densamente cobertos de vegetação.

---

<sup>24</sup> Rochas ultrabásicas apresentam em sua composição química um teor de sílica inferior a 45%, acarretando pobreza ou ausência de feldspatos (GUERRA; GUERRA, 2009, p. 624).

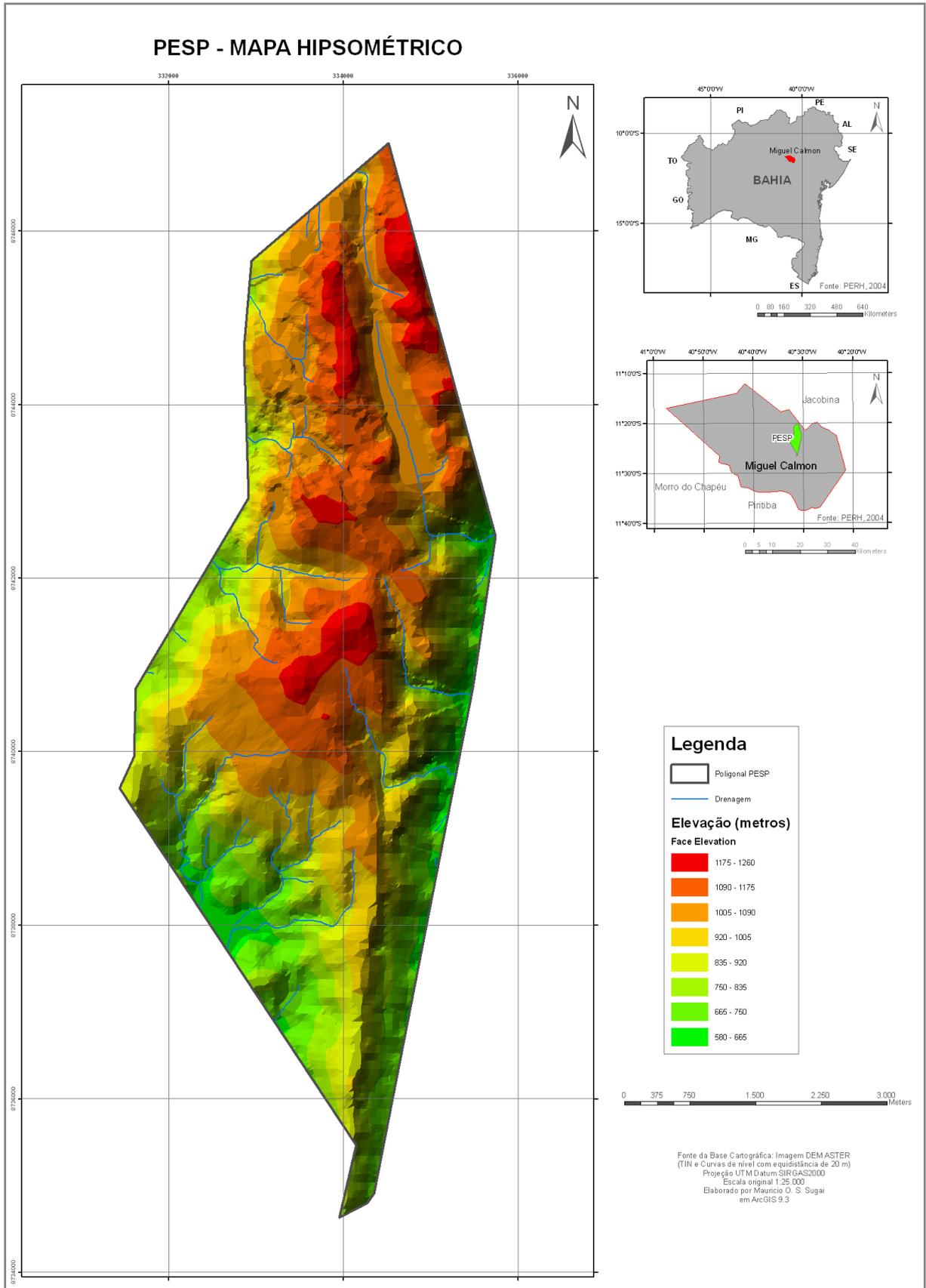


Figura 5 – Mapa de Relevo do PESP

### 3.3 Clima

Para a caracterização do clima foram considerados dados do entorno do PESP, em virtude da inexistência de registros locais da área em estudo. Segundo Vieira et al. (2005), o município de Miguel Calmon faz parte do tipo climático semiárido e está inserido no chamado “Polígono das Secas”, no entanto, o relevo serrano do parque, que reflete o contexto da Serra de Jacobina do qual faz parte, difere do entorno em relação à umidade e formação vegetal. Quanto à influência do relevo no sertão nordestino, do qual o PESP é exemplo, Suassuna (2002) destaca que “encontram-se, encravadas nessa extensa região, áreas privilegiadas por chuvas orográficas, isto é, causadas pela presença de serras e outras elevações topográficas, que permitem a existência de matas úmidas, regionalmente conhecidas como brejos.”

Souza e Oliveira (2006) comprovam que no contexto geocológico do semiárido ocorrem ambientes de exceção que se configuram em enclaves úmidos e subúmidos, e que, via de regra, apresenta superfícies topograficamente elevadas de relevos serranos, submetidos às influências de mesoclimas<sup>25</sup> de altitude.

Segundo Gonçalves (1976, apud COUTO et al., 1978), a Serra de Jacobina está quase totalmente inserida nos domínios do clima tropical semiúmido, com totais pluviométricos anuais entre 750-1.000 mm, temperaturas médias de 20°C a mais de 26 °C e estação seca de 4 a 5 meses, o que confere variações climáticas em consequência do contraste da topografia serrana com o relevo aplainado das regiões adjacentes. Abrangendo a maior parte da área, predomina na região o clima tipo Aw, tropical, quente úmido com período seco no inverno e chuvas no verão, ocasionando vegetação savana e campos gerais.

No entorno do parque, entretanto, segundo a classificação de Köppen, predomina o tipo climático BSw<sub>h</sub>, semiárido, com verão chuvoso (outubro a abril) e inverno seco (maio a setembro). Para Prado (2003), o clima semiárido apresenta características meteorológicas como alta temperatura média anual (acima de 20°C - 22°C para áreas com altitude superior a

---

<sup>25</sup> Segundo Reis (1988, apud SOUZA; OLIVEIRA, 2006), mesoclima é uma unidade climática intermediária, isso porque, os macroclimas correspondem às grandes unidades climáticas regionais, enquanto que os microclimas, com significado bem mais restrito, representam condições ambientais que podem ser modificadas pelo homem.

250 m), evapotranspiração potencial elevada, precipitações inferiores a 750 mm (em cerca de 50% da área) e chuvas irregulares (concentradas em três meses no verão com risco alto de secas e cheias). A análise do balanço hídrico do município de Miguel Calmon na Tabela 2 permite constatar as diferenças do clima para o entorno do PESP:

- A temperatura média anual no período de 40 anos manteve-se acima de 23 °C, considerada elevada para a altitude do município, apresentando saldos negativos de P-EP (precipitação - evapotranspiração potencial) em todos os meses do ano no período.
- Segundo Prado (op. cit.), os índices térmicos elevados, associados à baixa pluviosidade, mantém a evapotranspiração elevada (EP), acima dos 80 mm mensais, com exceção do período de inverno, com registros próximos dos 65 mm.
- A precipitação média anual (P) no período foi de 566 mm, caracterizando um índice dos mais baixos para o semiárido, enquanto a deficiência hídrica (DEF) no mesmo período ficou em 603,3 mm.
- Não ocorreu excedente hídrico (EXC) em nenhum mês do ano no período.

Tabela 2 - Balanço hídrico mensal e anual de Miguel Calmon

Período: 1943-1983.

Altitude: 533m. Latitude: 11° 26'. Longitude: 40° 36'. CAC: 125 mm

Tipol. Climática: Köppen - BSw; Thornthwaite e Mather - DdA'a' (semi-árido)

Mês	T (°C)	EP (mm)	P (mm)	P-EP (mm)	Neg. Acum.	ARM (mm)	ER (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	IA	IU	IH
Jan	24,7	121,4	69,7	-51,7	0,0	0,0	69,7	51,7	0,0	42,6	0,0	-25,6
Fev	25,0	110,2	60,9	-49,3	0,0	0,0	60,9	49,3	0,0	44,7	0,0	-26,8
Mar	24,7	116,1	90,9	-25,2	0,0	0,0	90,9	25,2	0,0	21,7	0,0	-13,0
Abr	24,1	101,6	41,3	-60,3	0,0	0,0	41,3	60,3	0,0	59,4	0,0	-35,6
Mai	22,7	87,0	28,7	-58,3	0,0	0,0	28,7	58,3	0,0	67,0	0,0	-40,2
Jun	21,6	74,7	27,6	-47,1	0,0	0,0	27,6	47,1	0,0	63,1	0,0	-37,8
Jul	20,7	64,8	32,0	-32,8	0,0	0,0	32,0	32,8	0,0	50,6	0,0	-30,4
Ago	21,2	72,3	19,6	-52,7	0,0	0,0	19,6	52,7	0,0	72,9	0,0	-43,7
Set	22,4	83,9	12,9	-71,0	0,0	0,0	12,9	71,0	0,0	84,6	0,0	-50,8
Out	23,8	105,4	19,6	-85,8	0,0	0,0	19,6	85,8	0,0	81,4	0,0	-48,8
Nov	24,5	113,5	77,5	-36,0	0,0	0,0	77,5	36,0	0,0	31,7	0,0	-49,0
Dez	24,5	118,4	85,3	-33,1	0,0	0,0	85,3	33,1	0,0	28,0	0,0	-16,8
Anual	23,3	1169,3	566,0				566,0	603,3	0,0	51,6	0,0	-31,0

Fonte: INMET,1991  
SEI,1999

Legenda:

T = temperatura média

EP = evapotranspiração potencial (quantidade de água necessária para manter a evaporação turgescente)

P = pluviosidade média

ER = evapotranspiração real (quantidade de água utilizada pelas plantas e que evapora do solo)

DEF = deficiência hídrica (insuficiência de água no solo)

EXC = excedente hídrico (água sujeita à infiltração, percolação ou escoamento superficial na estação chuvosa)

IA = índice de aridez (relação entre DEF e EP expressa em %)

IU = EXC expresso em % da EP anual

IH = relação segundo a expressão  $100EXC-60DEF/EP$

### 3.4 Solos

Segundo o PERH-BA (2004), os solos das classes do latossolo, argissolo e neossolo correspondem a cerca de 80% do território baiano. A área do parque não é uma exceção, apresentando somente duas ordens de solos, argissolos e neossolos, além de afloramentos rochosos, conforme dados cedidos pelo INEMA (no prelo) por ocasião dos estudos para o Plano de Manejo do PESP.

Segundo informações do INEMA (no prelo), o quadro pedológico do PESP apresenta uma pedogênese incipiente, comandada, sobretudo, pelo substrato rochoso, composto em sua maior parte por quartzitos e conglomerados. Dessa forma, devido à natureza das rochas, o clima subúmido não é suficiente para engendrar diferentes tipos de solos, apesar dos terrenos apresentarem classes de declividade diversas. Em decorrência desses fatores, predominam na área do parque a classe dos *neossolos litólicos distróficos*, de textura arenosa, ocupando diferentes posições no relevo e nos tipos vegetacionais, sendo identificados 8 diferentes unidades desse tipo de solo. Na porção sul do parque ocorrem 2 unidades diferentes da classe dos argissolos. De modo geral, as duas ordens de solos, ocorrem predominantemente sob vegetação de cerrado (savana arbórea aberta, savana parque e savana gramíneo-lenhosa), sendo que alguns ambientes aplainados, como fundo de vales, podem desenvolver vegetação de porte arbóreo (savana arborizada e florestas).

### 3.5 Hidrografia

A rede de drenagem do PESP e seu entorno integram a bacia do rio Itapicuru (Figura 6), limitando-se ao norte com o Itapicuru-Mirim e ao sul com o rio Jacuípe (Bacia do Paraguçu). Os cursos d'água do entorno, nas porções leste, norte e oeste, integram a sub-bacia do rio Itapicuru-Mirim, tendo como destaque os tributários rio da Jaqueira e os riachos

Olhos d'água e Caldeirão, cujas nascentes tem origem no parque. Na porção sul, integram a sub-bacia do rio Jacuípe, a exemplo do riacho Preto.

A rede de drenagem do PESP e do seu entorno é formada por cursos d'água de caráter efêmero e intermitente, pois se verifica que, em geral, os riachos escoam durante as estações chuvosas e secam nas de estiagem. As cabeceiras de drenagem, ou seja, o trecho inicial dos riachos, apresentam caráter efêmero, com água corrente nos leitos apenas por ocasião das chuvas, já os intermitentes apresentam um período mais longo de permanência de água. No entanto, segundo Bahia (1995, apud RIOS, 2011), o estudo do sistema hidrográfico do Alto Itapicuru, que inclui a Serra de Jacobina, verificou que as maiores contribuições para o volume de água estão ao longo da serra, devido ao maior índice pluviométrico associado à retenção de água favorecida pelo solo e vegetação da área, tendo como resultado vazões específicas maiores e a manutenção do fluxo da rede de drenagem por um tempo maior comparado ao entorno.

Nos limites da poligonal do parque e no entorno existem importantes mananciais (barragens) que servem ao abastecimento das comunidades, irrigação<sup>26</sup> e dessedentação animal, com destaque para as barragens de *Cabaceiras e Murici*, a noroeste do parque; *Bananeiras*, a sul, inserida na poligonal; *Barragem da Leste*, nos limites da poligonal e próxima à porção central, hoje parcialmente desativada, foi durante muito tempo o manancial que abastecia o município de Miguel Calmon antes da construção da Barragem do França no Rio Jacuípe em 1996; a noroeste do parque, *Barragem de Olhos d'água*; e a leste, *Cachoeira Grande*, fora da zona de amortecimento, abastece a cidade de Jacobina, tendo um importante tributário que nasce no parque, o rio Covas. É importante destacar que o rio Itapicuru-Mirim, situado a norte da UC, importante tributário da bacia do rio Itapicuru, recebe também as águas dos riachos Cabaceiras e Olhos d'água, pois estes alimentam o rio Caldeirão que forma a Lagoa Antonio Sobrinho, cujo escoadouro leva ao Itapicuru-Mirim.

Quase todos os cursos d'água da área de amortecimento têm suas nascentes no PESP, daí a necessidade de preservação de suas cabeceiras, uma vez que, além de fornecer água para os reservatórios que atendem as comunidades do entorno situadas na caatinga, ainda proporcionam serviços ambientais a exemplo do turismo ambiental, pois muitos desses

---

<sup>26</sup> Segundo observações in loco, a irrigação serve para atender atividades voltadas para a agricultura familiar, a exemplo, horticultura e fruticultura de pouca expressão regional.

riachos servem como balneários naturais, a exemplo das localidades de Cabaceiras e Olhos d'água, pontos turísticos locais bastante apreciados pela população de Miguel Calmon, Jacobina e adjacências.

De modo geral, a importância e necessidade de preservação e conservação das nascentes e cursos d'água advêm da oferta de água de boa qualidade para o abastecimento e a agropecuária, numa localidade de clima semiárido, portanto, uma área com deficiência hídrica regular, inclusive inserida na região do polígono das secas.

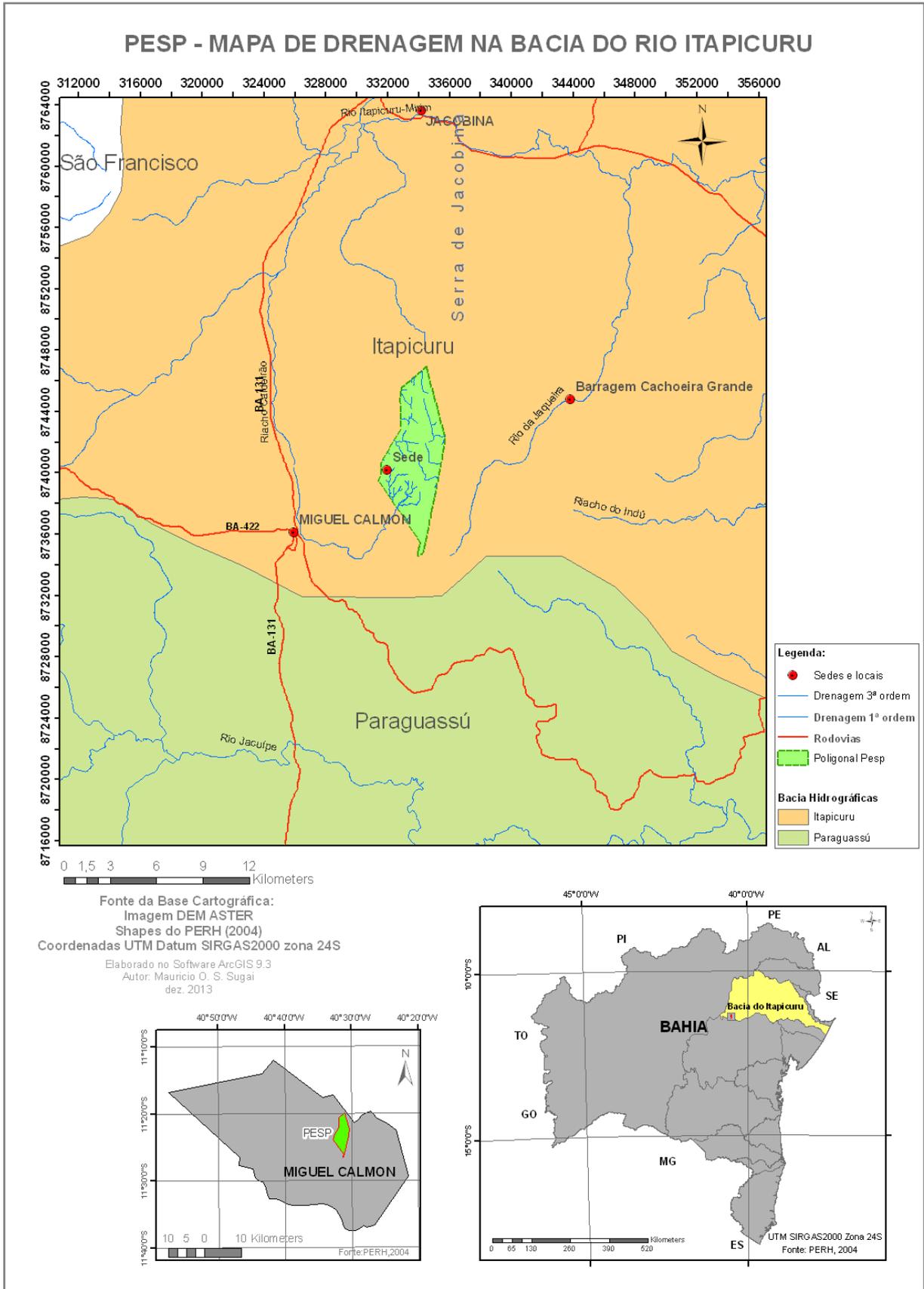


Figura 6 – Rede de drenagem do PESP na Bacia do Rio Itapicuru

### 3.6 Cobertura Vegetal

O PESP pertence ao bioma caatinga, entretanto, sua topologia vegetacional difere da caatinga popularmente conhecida pertencente ao tipo savana-estépica. Segundo Tabarelli e Silva (2003, p. 778), “trata-se de um ecossistema exclusivamente brasileiro, composto único por um mosaico de florestas secas e vegetação arbustiva (savana-estépica), com enclaves de florestas úmidas montanas e de cerrados.” Os autores falam da importância da caatinga para a manutenção dos padrões regionais do clima, da disponibilidade de água potável, conservação dos solos e da biodiversidade do planeta. Apesar de deter grande diversidade biológica e endemismos, ainda permanece como um ecossistema pouco conhecido cientificamente, devido à insuficiência de pesquisas.

A vegetação do parque, assim como sua geologia e clima, reflete o contexto da Serra de Jacobina, possuindo enclaves de floresta úmida montana e cerrado (TABARELLI; SILVA, 2002). Segundo dados cedidos pelo INEMA (no prelo), a vegetação da área é descrita como um mosaico formado de caatinga, cerrado, campo rupestre e floresta semidecidual montana, sendo que todos os tipos já passaram por algum processo de antropização, principalmente ligado ao garimpo e uso para pastagem nos períodos de estiagem.

O entorno do PESP apresenta uma vegetação predominante de caatinga, mas também áreas de transição caatinga/cerrado e mata estacional semidecidual, sendo que a maioria já sofreu processo de antropização causado por atividades de pastagem e predomínio da agricultura de sequeiro. A ação antrópica pode ser observada também nas áreas ciliares dos cursos d'água, notadamente nas barragens locais, onde, além do uso agrícola e pastagem, soma-se o uso das águas para fins de recreação (balneários), o que resulta em poluição, principalmente pelo descarte de embalagens de alimentos/bebidas dos visitantes.

A caatinga encontra-se nas áreas mais baixas do entorno do parque, apresentando uma vegetação estacional, de caráter xerofítico, garrachenta, por vezes com plantas espinhosas, suculentas ou afilas, com acentuado aspecto tropofítico, dada a sua caducidade no período da seca. Esses atributos estão relacionados com as condições climáticas do semiárido, bem como de sua natureza hídrica e pedológica: irregularidade de chuvas, deficiência hídrica e solos incipientes. Na área de estudo predomina a caatinga arbustivo-arbórea.

O cerrado mistura-se com a caatinga e o campo rupestre, ocorrendo nas encostas mais baixas das serras na forma de arbustos e arvoretas. Apesar de crescerem em solos arenosos,

pobres em nutrientes devido à intensa drenagem, assumem a forma de arvoretas de 2-6 m ou árvores que chegam a atingir 10 m de altura, sendo geralmente perenifólias. Nas áreas alagadas ou embrejadas devido a impedimentos rochosos, existe uma grande predominância de variedades de espécies herbáceas. Ainda nesse domínio, encontra-se a savana arborizada (Mata de Capão), em fragmentos isolados ao redor dos rios e riachos, ou seja, em solos encharcados.

Campo rupestre é um tipo de vegetação aberta, incluída no domínio do cerrado, com ocorrência nas elevações acima de 1000 metros. Segundo Mori e Boom (1981 apud INEMA, no prelo), diferem do cerrado por ocorrerem em solos com afloramentos rochosos, de altitudes elevadas e por terem uma flora formada predominantemente de pequenos arbustos em decorrência do déficit hídrico no substrato. No PESP, é o tipo com área de maior ocorrência, rica em espécies endêmicas.

As áreas de vegetação densa correspondem ao tipo floresta estacional semidecidual. Segundo IBGE (1992, apud RIOS, 2011), esse tipo vegetacional está condicionado pela estacionalidade climática tropical de chuvas intensas ou de estiagem. Ocorrem também nessa área as matas de galeria ou ciliar, localizadas ao longo dos cursos d'água, de grande importância sob diversos aspectos ecológicos, segundo Lima e Zakia (2000):

- Representam excelentes locais de armazenamento de água visando garantia de suprimento contínuo (BREN, 1993, apud Lima e Zakia, op. cit.);
- Do ponto de vista ecológico têm sido consideradas como corredores extremamente importantes para o movimento da fauna ao longo da paisagem;
- Geração do escoamento direto em microbacias: podem produzir escoamento superficial mesmo quando a intensidade da chuva seja inferior à capacidade de infiltração média para a microbacia como um todo;
- Contribui para com o aumento da capacidade de armazenamento da água na microbacia;
- E manutenção da qualidade da água que emana da microbacia, por meio da filtragem de sedimentos e nutrientes.

### **3.7 Atividades socioeconômicas (Usos da terra)**

Os municípios vizinhos que abrangem a área do PESP, Miguel Calmon e Jacobina, possuem baixo dinamismo econômico, refletindo o caráter econômico da região da bacia do

rio Itapicuru, com presença marcante da atividade rural tradicional (Leal, 2004, p. 71). Historicamente a região foi ocupada para criação de gado e garimpo/mineração do ouro desde o século XVII. O processo de povoamento e desenvolvimento urbano, principalmente em Jacobina, se deve ao sucesso da mineração nos séculos XVII e XVIII (PDDU Jacobina, 1999). Com o declínio da atividade mineradora, a região como um todo passou a ter como base econômica a agropecuária. De acordo com dados da SEI (2011), o destaque na agricultura dos dois municípios fica para os cultivos de mandioca, banana, tomate e sisal.

O entorno do parque, considerando hoje o raio de 3 km de distância da poligonal, conforme definido pelo CEPRAM, abriga um total de 13 comunidades, segundo dados da administração. Nos limites do município de Miguel Calmon são 10 povoados: Cabaceiras, Murici, Bananeira, Sapucaia, Campo do Silva, Taquara, Cedro, Covas, Brejo e Pai Afonso. Pertencendo ao município de Jacobina, na porção norte do parque, existem os povoados de Olhos d'água de cima, São Gonçalo e Itaitú. Em todas as comunidades, predominam atividades de agricultura de sequeiro, pecuária extensiva e uso de mananciais para abastecimento e dessedentação animal, dentre outras menos expressivas como o artesanato, subprodutos da mandioca, etc. Não foram relatados também problemas fundiários no entorno, o que, supostamente, indica uma situação de acomodação relativo à posse e uso da terra. Baseado em informações obtidas com a administração do parque, guarda-parques, entrevistas locais nas comunidades e observações *in loco*, os impactos negativos de ocorrência no entorno da UC são:

- Desmatamento e queimadas para pastagem e agricultura, inclusive nas áreas de proteção permanente;
- Caça e captura de animais, principalmente da avifauna;
- Poluição das barragens e riachos devido ao uso para recreação (Figura 7);
- Destino inadequado do lixo;
- Áreas de pastagem no entorno dos mananciais;
- Localização das comunidades nas proximidades dos cursos d'água, podendo ocorrer também desmatamento e poluição.

Há uma impossibilidade de tratamento estatístico dos impactos ambientais observados, devido à dificuldade de obtenção de dados precisos nas fontes, e algumas atividades ocorrem em graus diversos a depender da localização e disponibilidade/acesso aos recursos. Os moradores locais evitam fazer comentários sobre questões específicas, de cunho mais sigiloso,

como, por exemplo, a captura e venda de animais silvestres, embora relatos na cidade denunciem a existência de tais práticas. A área considerada como entorno do PESP, formada por 11 comunidades (Figura 8), sofre necessariamente algumas restrições de uso da terra, o que inclui a vegetação e a fauna, conforme prevê a legislação. O trabalho de monitoramento dos guarda-parques, em número de 20 pessoas, tem a finalidade de coibir principalmente as atividades de caça, extrativismo, desmatamento e poluição, e necessariamente, são obrigados a exercer algum tipo de coerção ao identificar tais práticas nessas comunidades. De modo geral, percebe-se que a relação entre os funcionários do parque e os membros da comunidade não chega a ser conflituosa, pois a maioria dos guarda-parques pertence a essas comunidades e chegam a ter vínculos com as associações locais, inclusive ocupando cargos dentro dessas organizações civis.



Figura 7 - Barragem das Cabaceiras (entorno do PESP): trecho a jusante usado como balneário. Foto de jan. 2014

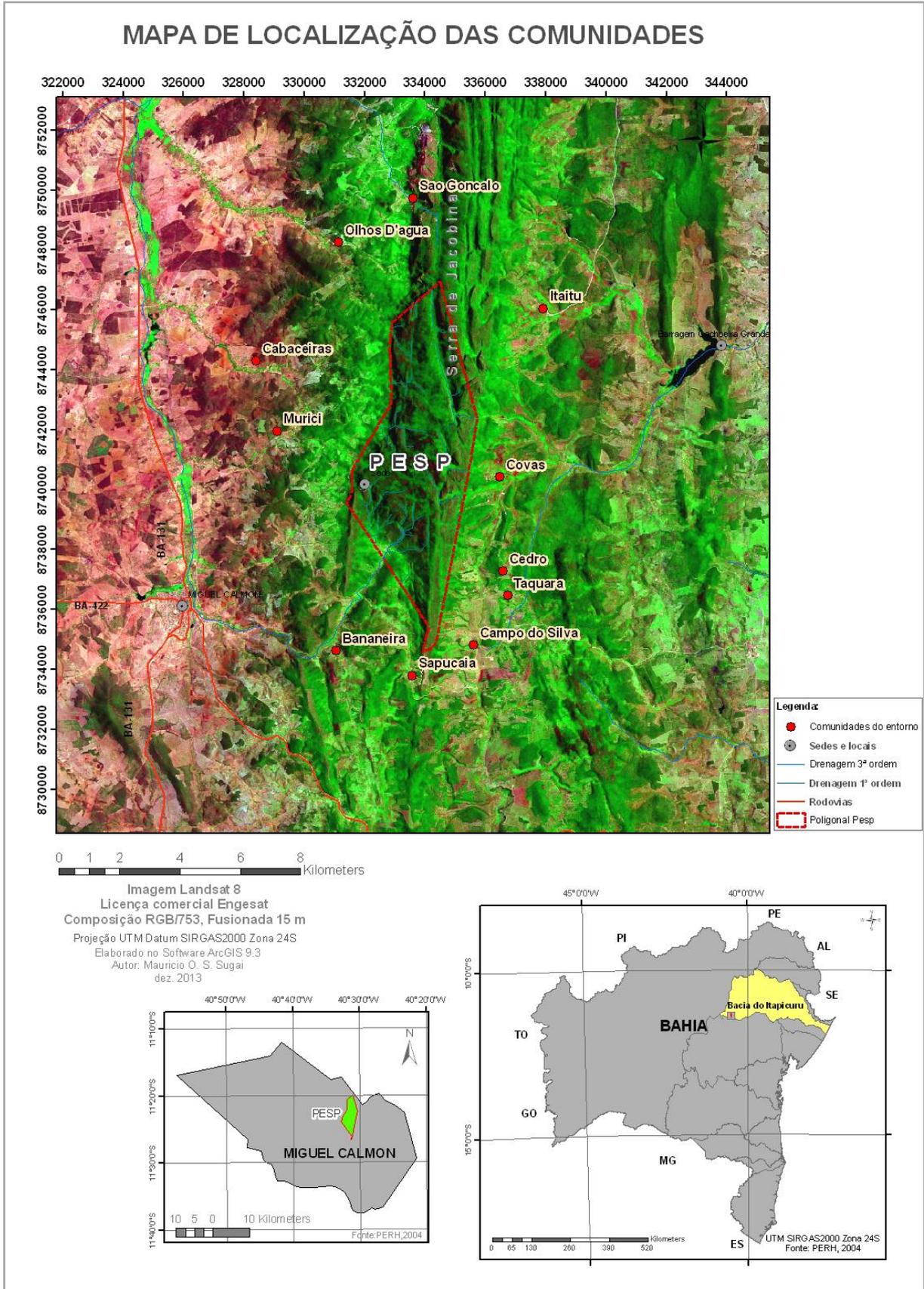


Figura 8 - Localização das principais comunidades do entorno do PESP

Dentre as atividades do entorno do PESP, a mineração, sem dúvida, é a que representa maior ameaça para o ecossistema, pois degrada com mais intensidade o solo, a vegetação e os recursos hídricos. Surgida no século XVIII, a atividade de garimpo foi considerada uma ameaça nessa região, pois até o ano 2000, época em que foi criado a UC, ainda existia garimpeiros em atividade na área do parque. Algumas cicatrizes no terreno ainda podem ser observadas (Figura 9), outras foram encobertas pelo crescimento da vegetação.

A extração industrial de minério no município de Jacobina, principalmente de ouro na bacia do rio Itapicuru, existe há mais de 50 anos, com destaque para a empresa canadense Yamana Gold (Jacobina Mineração e Comércio Ltda.). Segundo relatos, é considerada a principal ameaça à UC, porque suas minas, em atividade nas adjacências do povoado de Itapicuru de Jacobina, já chegaram aos limites do entorno do parque, num raio de 5 km de distância a norte da poligonal. Considerando-se que os conglomerados da Formação Serra do Córrego são auríferos, segundo Leo et al. (1964), tendo uma área bastante representativa dentro do parque, há um interesse de que seja viabilizada sua exploração. No entanto, a criação da UC de proteção integral no ano 2000 coibiu a tentativa de avanço da mineradora em direção à porção norte do PESP, garantindo, dessa forma, a proteção do ecossistema local.



Figura 9 - Localização de garimpo desativado. Trecho localizado na trilha da Cachoeira do Sivaldo. Coordenadas UTM: 333047, 8741942. Elevação 964 m. Foto de out. 2013.

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho pretende realizar o levantamento de informações detalhadas sobre a fragilidade ambiental de uma UC de Proteção Integral, com base na utilização de técnicas de geoprocessamento. Os produtos cartográficos gerados em escala de 1:25.000, considerada de semidetalhe, requereu trabalhos de campo para registro de pontos e trajetos e reconhecimento de topologias do relevo, vegetação e drenagem; e análise e interpretação de imagens de sensoriamento remoto, de modo a viabilizar o estudo integrado da paisagem natural, baseados nos conceitos da Ecodinâmica aplicados em ambiente SIG.

Para atingir tal objetivo, foram adotadas metodologias específicas para a confecção de modelo digital de elevação, digitalização e vetorização de mapa litológico e pedológico, confecção de mapas de relevo, de cobertura vegetal/uso do solo, finalizando com a integração dos dados em ambiente SIG para elaboração da carta síntese de fragilidade ambiental da área de estudo.

Para o roteiro metodológico geral destacam-se os procedimentos adotados por Ross (1995, 1994, 1992), Moura (2007) e IBGE (2012, 2009), representado no fluxograma da Figura 10. Os procedimentos operacionais com softwares ArcGIS 9.3, SPRING 5.2. e QGIS 2.4.1 tiveram como suporte teses e dissertações, manuais, tutoriais, apostilas e sites oficiais e especializados, com destaque para as obras de Meneses e Almeida (2012), Rios (2011) com seu trabalho sobre a vulnerabilidade da microbacia do riacho do Coxo na Serra de Jacobina, Silva e Rodrigues (2009) e Moreira (2007). Os softwares e instrumentos empregados na geração dos produtos cartográficos e análises foram:

- ArcGIS 9.3 (ESRI) para manipulação de dados raster e vetorial, georreferenciamento, elaboração de layout e análise de multicritérios;
- QGIS 2.0 Dufour para realce de imagem e manipulação de dados de GPS;
- *Spectral Transformer for Landsat-8 imagery*, aplicado da Geosage (<http://www.geosage.com/>) para composição e fusão de imagem LDCM (Landsat 8);
- *SPRING 5.1.7 e 5.2.6* (INPE) para composição, fusão, vetorização, realce, filtragem, segmentação e classificação de imagem Landsat 8;
- Microsoft Office Excel 2007 para elaboração de tabelas e cálculos a serem exportados para o ArcGIS 9.3;

- Microsoft Office Power Point 2007 para elaboração de fluxogramas;
- Adobe Photoshop CS4 Extended, editor de imagens para visualização e conversão de arquivos nos diversos formatos (JPEG, TIFF, PNG);
- GPS eTrex 30 com altímetro e bússola eletrônica para registro de trajetos, pontos e localização;
- Câmera digital semiprofissional modelo Fuji Finepix 14MP;
- Gravador digital de voz marca Sony modelo ICD-BX112;
- Notebook STI IS1412 para instalação dos softwares de geoprocessamento, PC Desktop para digitação dos trabalhos, e impressora jato de tinta HP Deskjet F4280.

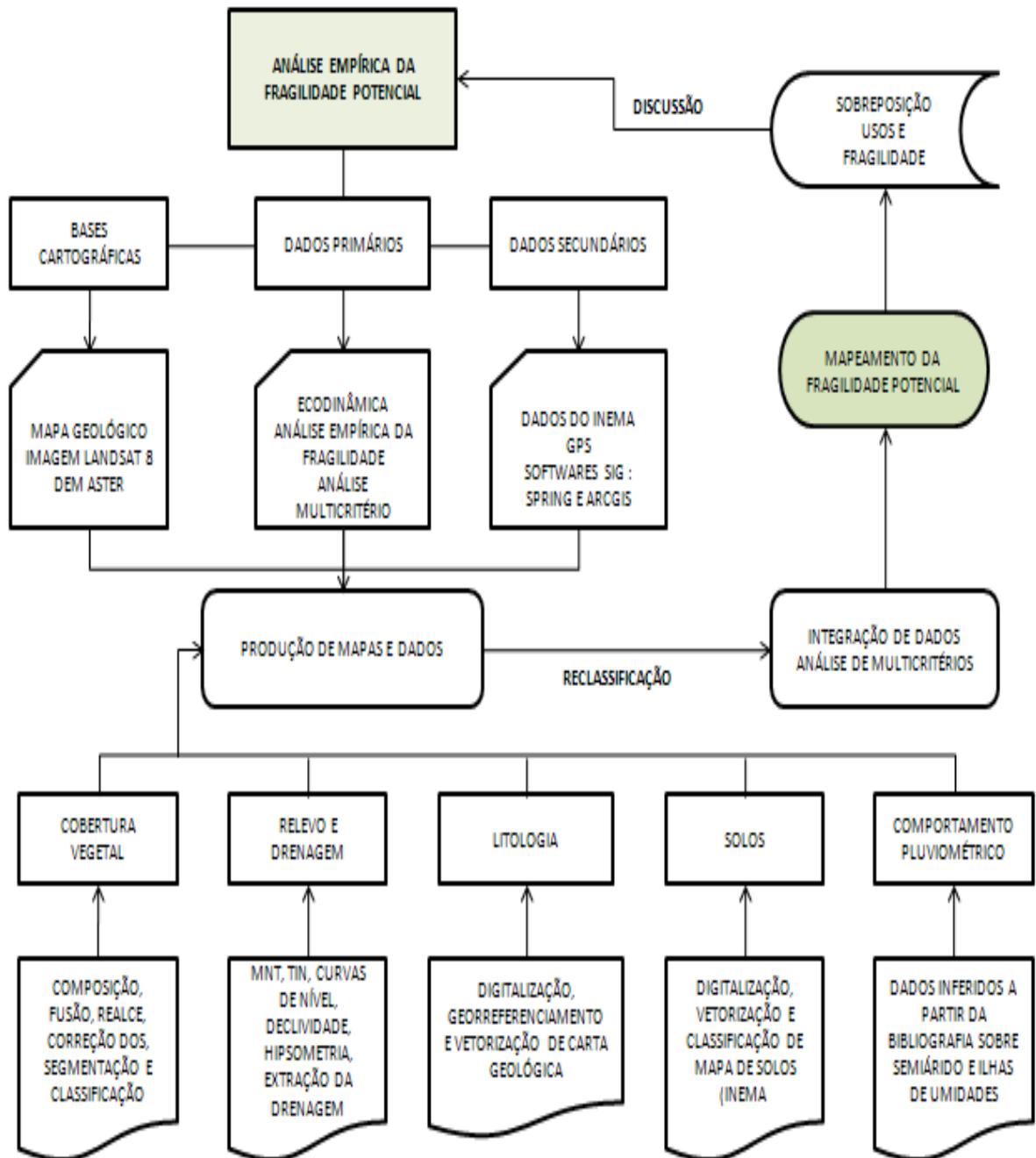


Figura 10 - Roteiro Metodológico Geral

## 4.1 Procedimentos dos trabalhos de campo

As incursões a campo tiveram o objetivo de fazer o reconhecimento das trilhas do parque, pontos notáveis, estado de conservação das nascentes e zonas de exfiltração, matas de galeria e a identificação de processos de antropização relacionados ao solo e vegetação. O registro in loco foi auxiliado com o uso de GPS eTrex 30, para o registro dos trajetos e pontos utilizados durante o reconhecimento da cobertura vegetal das zonas ripárias (matas de galeria), associados ao registro fotográfico e anotações em caderneta. Além das incursões nos limites da poligonal do parque, foi realizado também o reconhecimento do seu entorno, com prioridade voltada aos cursos d'água, mananciais e suas respectivas APP. O registro de pontos para identificação de feições serviu de apoio ao procedimento de classificação de imagem para o mapa de cobertura vegetal e uso do solo.

A definição da área do projeto teve início com a aquisição do arquivo shapefile da poligonal do parque, obtido no arquivo Unidades de Conservação Estadual (PERH-BA, 2005). Com a conversão do arquivo shapefile para o formato **kml**, o mesmo foi lançado no Earth Explorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) para confirmação de sua localização e definição das coordenadas extremas do parque, cujos valores foram utilizados na calculadora geográfica do INPE (<http://www.dpi.inpe.br/calcula/>) e convertidos em coordenadas planas UTM. A área do projeto e seus limites, em formato retangular, foram definidos com distância de 5 km a partir dos pontos extremos da poligonal do parque, condizente com o entorno ou área de amortecimento estabelecida pelo CEPRAM.

## 4.2 Procedimentos para o MDE e mapa litológico

O trabalho teve início no software ArcGIS 9.3 com a extração das curvas de nível da área do projeto a partir do MDE ASTER, cena S12W041, obtida gratuitamente no portal ASTER GDEM (<http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/>). A opção por este produto foi devido a resolução espacial de 30 m e boa acurácia, portanto, apresentando um aspecto visual mais refinado do que o MDE SRTM, distribuído gratuitamente pela Embrapa com resolução de 90 metros. Após a extração das curvas de nível com equidistância de 20 metros, foi confeccionado o Modelo Digital de Elevação (MDE) do tipo TIN (Triangulated Irregular Network) representando as variações do relevo em três dimensões. Essa tarefa foi essencial para interpretação da hipsometria, reconhecimento da drenagem e declividade do relevo local. Foi produzido MDE tipo *Face Slope* para definir o conjunto das declividades do relevo, e

outro tipo *Face Elevation* definindo classes de elevação para reconhecimento das unidades de relevo. As classes de declividade adotadas obedecem às definidas pela EMBRAPA (2009) conforme descrição do Quadro 8. O arranjo das classes de declividade em categorias de fragilidade está descrito no Quadro 9.

A segunda tarefa foi a elaboração da carta litológica realizada a partir do georreferenciamento, vetorização e edição do recorte da poligonal do PESP no mapa geológico do Projeto Serra de Jacobina (DNPM/CPRM), sendo assegurada a mesma legenda do original. Tendo em vista a dificuldade na identificação da litologia da área em virtude do número elevado de elementos gráficos do mapa original sem colorido, foi realizado o processo de vetorização automática no SPRING versão 5.2.6 e posterior edição, reduzindo o mapa à litologia da área de estudo. A sobreposição entre o MDE e o mapa litológico revelou informações importantes sobre a evolução e configuração das formas de relevo da área de estudo.

Quadro 8 – Classes de Relevo definidas pela EMBRAPA

<b>Classes de Relevo</b>	<b>Caracterização</b>	<b>Declividade</b>
Plano	Superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos.	0 a 3 %
Suave ondulado	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50m e de 50 a 100m), apresentando declives suaves.	3 a 8 %
Ondulado	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros, apresentando declives moderados.	8 a 20 %
Forte ondulado	Superfície de topografia movimentada, formada por outeiros ou morros (elevações de 50 a 100m e de 100 a 200m de altitudes relativas) e raramente colinas, com declives fortes.	20 a 45 %
Montanhoso	Superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes ou muito fortes.	45 a 75 %
Escarpado	Áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes, tais como: aparados, itaimbés, frentes de cuevas, falésias, vertentes de declives muito fortes.	> 75 %

Fonte. (EMBRAPA, 2009)

Quadro 9 – Classes de fragilidade das declividades

<b>Fragilidade</b>	<b>Categorias hierárquicas</b>	<b>Graus</b>
Muito Fraca	0 a 3 %	0 a 2.7
Fraca	3 a 8 %	2.7 a 7.2
Média	8 a 20 %	7.2 a 18
Forte	20 a 45 %	18 a 40.5
Muito Forte	> 45 %	> 40.5

**Fonte.** Adaptado de Soares-Filho et al. (2010), EMBRAPA (2009) e Ross (1994)

### 4.3 Procedimentos do mapa de relevo e rede de drenagem

O procedimento para elaboração do mapa de unidades de relevo obedeceu à mesma sequência utilizada para o MDE, ou seja, a partir da extração das curvas de nível da imagem ASTER e obtenção do modelo TIN, cujas elevações foram representadas em classes de 100 m com rampa de cores, foram melhor visualizados os aspectos do relevo serrano do parque como vales, encostas e cristas.

O modelo de drenagem foi desenvolvido com o ArcGIS 9.3 por meio das extensões *Hydrology* e *Spatial Analyst*. Trata-se de um processo de delimitação automática de bacia hidrográfica subdividido em quatro etapas, conforme descrito por Alves Sobrinho et al. (2009):

- A acurácia dos dados do MDE depende da topografia local, sendo que foi constatada maior incidência de erros em áreas de relevo íngreme ou montanhoso, assim, torna-se necessário o preenchimento dessas pequenas depressões consideradas empecilhos ao escoamento. A função *fill* dá o primeiro tratamento à matriz de altitudes.
- A direção de fluxo de água na rede de drenagem é obtida pela função “flow direction”, que gera uma grade regular definindo as direções de fluxo, tomando-se por base a linha de maior declividade do terreno. A execução da função “flow direction” com o MNT já corrigido na etapa anterior fornece o mapa de direção de fluxo.
- O fluxo acumulado (função *flow accumulation*) é um parâmetro que indica o grau de confluência do escoamento e pode ser associado ao fator comprimento de rampa aplicado em duas dimensões, sendo também denominado de área de captação, ele representa a rede hidrográfica.

- A delimitação das bacias é realizada processando os mapas de direção de fluxo e fluxo acumulado na função *basin*.

Na sequência, o processo foi concluído com o traçado da rede de drenagem, utilizando a ferramenta *Raster Calculator* da extensão *Spatial Analyst*. Fazendo uso dos dados de fluxo acumulado, foram introduzidos limiares que geraram os cursos d'água de 1ª, 2ª e 3ª ordem, sendo que tal resultado foi comparado com o mapa de hidrografia do PESP cedido pelo INEMA para confirmação das tipologias de drenagem.

#### **4.4 Procedimentos do mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo**

Segundo o IBGE (2012), uma série de procedimentos deve ser adotada para o mapeamento da vegetação aplicada a diversas escalas. Em linhas gerais, está organizado nas seguintes etapas:

- *Área e escala de trabalho*: levantamento das coordenadas de enquadramento e escolha da projeção a ser utilizada. Para este objetivo foi utilizado o arquivo shape das unidades de conservação estadual do PERH (2004), sendo selecionada a poligonal do PESP na projeção UTM datum SAD69 zona 24S.
- *Levantamento de mapeamentos preexistentes e material bibliográfico auxiliar*: dados cedidos pelo INEMA dos estudos do Plano de Manejo do PESP trouxeram informações detalhadas sobre as topologias vegetacionais da área. O modelo digital de elevação auxiliou na delimitação das formações da vegetação, através da observação do relevo. Material bibliográfico denso, de grande importância na caracterização da área, foi a obra de Leal et al. (2003), *Ecologia e Conservação da Caatinga*, Ed. UFPE.
- *Seleção e aquisição de imagens de sensores orbitais*: compreendeu primeiramente um levantamento exaustivo da disponibilização de imagens gratuitas de sensores diversos (LANDSAT, CBERS, ASTER, etc.), nos sítios do INPE e USGS principalmente, buscando oferecer a melhor resolução espacial possível para atender os objetivos da pesquisa. Diante da impossibilidade de obter uma imagem CBERS fusionada de alta resolução, devido ao percentual elevado de cobertura de nuvens, optou-se pela imagem LDCM, adquirida na Engesat, pois esta oferecia todos os parâmetros para ortorretificação, além de ser a mais atualizada dentre todas as pesquisadas, com total ausência de nuvens ou névoas na área de estudo.
- *Processamento digital de imagens*: compreendeu o conjunto de técnicas aplicadas na imagem digital para facilitar a extração de informações. Essa etapa foi realizada a

partir do processamento digital da imagem LDCM (Landsat 8) adquirida em out./2013 junto a EngeSat. O produto foi adquirido com bandas separadas, já ortorretificado e georreferenciado. Inicialmente, foram feitas no aplicativo livre Spectral Transformer (<http://www.geosage.com/>) as composições em falsa cor RGB 753/543/432 e fusão com a banda 8 (pancromática), resultando em um produto final multiespectral (colorido) com resolução espacial de 15 metros. Com o software QGIS 2.0, foi aplicado o realce na imagem fusionada, com a técnica de ampliação do contraste de feições da cena, melhorando sua qualidade visual, sendo que a composição RGB 753 foi a que apresentou melhor resultado. No segundo momento, diante da necessidade de melhorar o aspecto qualitativo da imagem, trazendo ganho de informação, foi realizada a correção atmosférica com o método DOS (Subtração de Objeto Escuro) de Chavez (1989). Fazendo uso da ferramenta *Raster Calculator* do ArcGIS 9.3, os números digitais (ND) foram convertidos em valores físicos de radiância e reflectância no topo da atmosfera (TOA) para as bandas 6 e 8, e radiância e reflectância de superfície para as bandas 4 e 5, cujas imagens ficaram prontas para atender os demais processos de segmentação e classificação. Foi aplicado em seguida, no software SPRING (INPE), versão 5.1.7, o realce de contraste linear e, em sequência, a composição e fusão das bandas 6, 5, 4 e 8 (pan-cromática). Na sequência, foi aplicado o filtro de mediana (Gonzalez, 1992 apud Bins et al., 1993), cuja etapa antecede o processo de segmentação e, que, segundo o autor, tem o objetivo de suavizar a textura e manter as informações de bordas, importantes para a fase de segmentação.

- *Interpretação preliminar da imagem*: baseada na análise dos padrões de cor, textura e drenagem associados ao clima, faz-se uma delimitação dos diferentes ambientes ecológicos, que estão relacionados com os diferentes tipos de vegetação. Foi importante o apoio de bibliografia inerente à área, bem como os dados de cobertura vegetal cedidos pelo INEMA (no prelo).
- *Operações de campo*: com base na interpretação preliminar da imagem, são programadas as saídas para campo com o objetivo de verificar a correlação destes padrões com a cobertura vegetal e áreas antrópicas.

Com relação aos procedimentos para elaboração do mapa de cobertura vegetal e uso do solo na escala de semidetalle, foram adotadas duas metodologias: a **segmentação** de imagem pelo método de crescimento de regiões e a **classificação** ISOSEG, ambas executadas

no SPRING 5.1.7 e antecedidas pela correção atmosférica, realce de contraste linear e uso de filtro de mediana.

Segundo Almeida-Filho et al. (1997), a segmentação é um processo que permite particionar uma imagem em regiões homogêneas com base em critérios de descontinuidade, o qual detecta mudanças abruptas nos níveis de cinza de uma cena, e similaridade, que agrega pixels que guardam semelhanças com os vizinhos. Para este autor, o processo tem início a partir de um pixel-semente que vai agrupando vizinhos que atendam o critério de similaridade, e o crescimento da região continua até encontrar pixels que não mais satisfaçam esse critério, dando início a uma nova região.

Outra etapa importante no processo de segmentação é a definição de valores para os limiares, pois, segundo Corte et al. (2008), ela exige maior atenção devido à inexistência de valores padronizados para as variáveis do algoritmo, influenciando diretamente na acurácia dos resultados da segmentação. De acordo com Meneses e Almeida (2012), o usuário é quem deve definir e avaliar o limiar de similaridade e o tamanho mínimo para os polígonos, sendo que tal etapa torna-se ainda mais complexa na medida em que a área de estudo for mais heterogênea, o que acaba levando a procedimentos de tentativa e erro até que se consiga uma configuração adequada dos segmentos. O mesmo autor cita que “quanto menor for esse número, menores poderão ser as regiões, o que em decorrência pode gerar um grande número de pequenos polígonos que muito pouco acrescenta à qualidade da classificação posterior.” Complementando, Almeida-Filho et al. (op. cit.) ressaltam:

A definição do limiar de similaridade é uma etapa crítica do processo, pois determinará a densidade da segmentação: se o limiar de similaridade for muito baixo, o processo agregará poucos pixels às regiões; por outro lado, se for muito alto, pixels representativos de muitas regiões serão incorretamente agrupados. (ALMEIDA-FILHO et al., 1997, p. 45)

Para os mesmos autores, o processo de segmentação representa a etapa que deve preceder a classificação por região, e o classificador Ioseg, como procedimento não-supervisionado, foi considerado o mais eficiente por apresentar uma classificação mais coerente com a verdade de campo. Para Meneses e Almeida (op. cit.), os classificadores que apresentaram o melhor desempenho, discriminando diferentes tipos de alvos, foram aqueles que utilizaram uma imagem segmentada.

Segundo Moreira (2007), “a classificação por regiões consiste em identificar e rotular, como uma classe, os polígonos que apresentam mesma similaridade de níveis de cinza.” Assim, para cada classe, o algoritmo atribui uma cor específica. O autor destaca que o

algoritmo mais utilizado no mapeamento de áreas com vegetação tem sido o Isoseg. Moreira (op. cit.) define o classificador Isoseg como um algoritmo de agrupamento de dados não-supervisionado, aplicado sobre um conjunto de regiões extraídas a partir de seus atributos estatísticos, ou seja, trata-se de uma técnica de classificação que agrupa regiões a partir de uma medida de similaridade entre elas, denominada de distância de Mahalanobis entre a classe e as regiões candidatas à pertinência com esta classe, que se dá por meio de um limiar de aceitação definido pelo usuário, de modo que as regiões pertencentes a uma dada classe estejam distantes dela por uma distância inferior a esta. Na etapa seguinte ocorre o agrupamento das regiões em classes, em ordem decrescente de área, e, por fim, as regiões são reclassificadas, considerando-se os parâmetros definidos nas etapas anteriores.

A etapa de pré-processamento da imagem digital Landsat 8 obedeceu as orientações obtidas no site do *GIS Ag Maps* (<http://www.gisagmaps.com/>), cuja ênfase é mostrar aplicações de imagem Landsat para fins agrícolas, fornecendo também informações de sensoriamento remoto, dados e análise para diferentes aplicações, incluindo produtos derivados do recente satélite Landsat 8, cujos artigos embasaram os procedimentos de correção atmosférica desta pesquisa, realizados no ArcGIS 9.3 através da Ferramenta Raster Calculator.

O processo de correção atmosférica deve ser realizado com a finalidade de corrigir os efeitos de sombra provocados pela topografia e pela atmosfera que reduzem o contraste das imagens, trazendo com isso perda de informação pela dificuldade de visualizar as feições nitidamente. Segundo Meneses e Almeida (2012), “na maioria das vezes, os efeitos do espalhamento atmosférico são sempre o de diminuir o contraste entre os alvos presentes na imagem.”

A técnica de realce de contraste linear teve por objetivo melhorar a qualidade visual da imagem, dessa forma, trazendo ganho de informação para o processo de interpretação. Segundo Santos et al. (2010), a técnica de realce, na prática, manipula o histograma original de uma imagem, distribuindo melhor os níveis de cinza ao longo de sua escala. A grande vantagem da função linear para Meneses e Almeida (2012) é a manutenção das relações originais de reflectância dos alvos, ou seja, não há alteração radiométrica da imagem, por isso, tem sido a opção preferida para se aumentar o contraste espectral da maioria dos sensores conhecidos.

A este resultado pôde ser criado um mapa temático a partir da classificação da imagem, aplicando-se falsa-cor para definir com nitidez os tipos vegetacionais, águas e áreas

com solo exposto ou afloramento rochoso. A matriz para o fator uso da terra e cobertura vegetal foi demonstrada no Quadro 10.

Quadro 10 – Graus de proteção do solo de acordo com o uso da terra e vegetação

Graus de Proteção	Tipos de uso da terra/cobertura vegetal
Muito Alto	Mata de Galeria/ Floresta Estacional
Alto	Mata de Capão
Médio	Campo Rupestre/Cerrado/Caatinga
Baixo	Pastagem com alto pisoteio*
Muito baixo	Solo exposto / Urbanização*

**Fonte.** Adaptado de Soares-Filho et al. (2010), Amaral e Ross (2009) e Ross (1994)

\* Os graus de proteção “baixo e muito baixo” são de ocorrência no entorno do parque.

#### 4.5 Confecção do mapa de solos

Para avaliar o fator solos e elaborar a carta pedológica, foi feita uma análise com base no levantamento realizado pelo INEMA para os estudos do plano de manejo do PESP. O mapa de solos cedido pelo INEMA (no prelo), formato JPEG, foi digitalizado e vetorizado para ser integrado na carta-síntese. De acordo com cada tipo de solo, foi possível determinar os graus de fragilidade. A área de estudo tem como característica principal a ocorrência predominante de *neossolos*, que correspondem a solos pouco desenvolvidos, cujos horizontes guardam características mineralógicas relativamente próximas às do material de origem. De forma mais específica ocorrem *neossolos litólicos*, solos rasos associados à pedregosidade e rochosidade. Constata-se ainda a presença de manchas de argissolo vermelho-amarelo nas faixas SW e E da poligonal do parque.

Os critérios para esta variável passam pelas características de textura, profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais e estão relacionadas diretamente com o relevo, a litologia e o clima. Dessa forma, com base em Amaral e Ross (2005), Kawakubo et al. (2005), Soares-Filho (2005) e Ross (1994), ficaram definidas as classes de fragilidade no Quadro 11, adaptado aos tipos de solos que ocorrem no parque.

Quadro 11 – Classes de Fragilidade associadas aos Tipos de Solos

Graus de Fragilidade	Tipos de Solos (ocorrências na área de estudo)
Muito Baixo	(sem ocorrência)
Baixo	(sem ocorrência)
Médio	(sem ocorrência)
Alto	Argissolos Vermelho-Amarelo
Muito Alto	Neossolos Litólicos com afloramentos de rochas

**Fonte.** Amaral e Ross (2005), Kawakubo et al. (2005), Soares-Filho (2005) e Ross (1994)

## 4.6 Procedimentos da Análise de Multicritérios

A Análise de Multicritérios, segundo Moura (2007), é um procedimento metodológico de cruzamento de variáveis, amplamente aceito em análise espacial, cujos modelos podem traçar cenários ou simular fenômenos, contribuindo dessa forma para o planejamento ambiental com o estudo da realidade representada, de suas correlações e comportamentos.

A partir da avaliação detalhada de cada fator de análise, associado ao seu respectivo produto cartográfico, foi realizada a análise integrada dos dados no programa ArcGIS 9.3 através de sobreposição e uso de matrizes de correlação. No software ArcGIS, tal procedimento envolveu o uso da ferramenta *3D Analyst* para cruzamento das informações armazenadas em planos de informação georreferenciados.

Segundo Moura (op. cit.), a elaboração da base de dados cartográficos, na forma de planos de informação, deverá seguir a tendência das operações dos modelos em formatos matriciais (raster), pois a adoção desse formato é justificado pela otimização no cruzamento dos dados, apresentando as seguintes vantagens:

A vantagem de adoção do sistema em raster está na necessidade de modelar o dado desde a sua representação inicial, até o seu cruzamento com outros dados. A aplicação de processos de consultas, cruzamentos e ponderações de variáveis requerem o conhecimento das características específicas do dado, o seu modo de coleta, assim como a adoção de modelos de análise. Assim, a proposta é a de representação de variáveis em planos de informação armazenados na forma de matrizes. (MOURA, 2007, p. 2900)

Os planos de informação no sistema matricial são definidos por Xavier-da-Silva (2001, apud RIOS, 2011) por uma matriz tridimensional denominada de  $A_{i,j,k}$  na qual há um referencial geográfico que define a localização de qualquer ponto na base de dados através da latitude (i) e longitude (j), mais uma terceira coordenada (k) para a posição dos atributos (Figura 11).

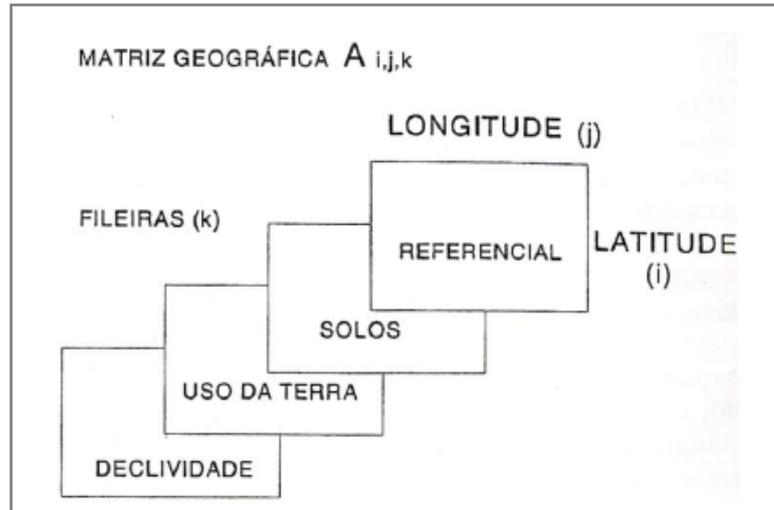


Figura 11 - Estrutura de dados por planos de informação numa matriz tridimensional

**Fonte.** XAVIER-DA-SILVA (2001, p. 67 apud RIOS, 2011, p. 73)

Moura (2007) ressalta que o cruzamento dos dados dos planos de informação deverá apresentar a mesma resolução de armazenamento, ou seja, o mesmo tamanho do pixel, no entanto, é comum ocorrer dados apresentados em diferentes escalas e resoluções, nesse caso, adota-se a pior resolução dentre todas, pois não é correto melhorar a apresentação de um dado cuja fonte é de pior qualidade.

No presente trabalho, a análise de multicritérios baseia-se no cruzamento dos planos de informação (litologia, solos, declividade, cobertura vegetal/uso do solo e clima), na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes, empregando-se a matemática de média ponderada (Moura, op. cit.), objetivando obter uma carta-síntese da fragilidade ambiental de uma unidade de conservação do semiárido.

Com base em Rios (2011), Amaral e Ross (2009), Soares-Filho et al. (2005), Crepani et al. (2001), Ross (1994; 1992) e Couto et al. (1978), os Quadros 12 e 13 definem os planos de informação (PI) e a fragilidade do ambiente em categorias hierárquicas com a atribuição da respectiva legenda de notas.

Quadro 12 – Planos de Informação com graus de fragilidades e respectiva legenda

Fragilidade	Categorias hierárquicas	Legenda
<b>Declividade (% e graus)</b>		
Muito Fraca	0 a 3 % (0 a 2.7)	1
Fraca	3 a 8 % (2.7 a 7.2)	2
Média	8 a 20 % (7.2 a 18)	3
Forte	20 a 45 % (18 a 40.5)	4
Muito Forte	> 45 % (> 40.5)	5
<b>Litologia</b>		
Muito baixa	Quartzitos, ortoquartzitos e conglomeráticos, granito	1
Baixa	(sem ocorrência)	2
Média	Filitos/filonitos, quartzo-moscovita-xisto	3
Alta	Serpentinitos, rochas básicas	4
Muito alta	Depósito de tálus	5
<b>Tipos de Solos</b>		
Muito baixa	(sem ocorrência)	1
Baixa	(sem ocorrência)	2
Média	(sem ocorrência)	3
Alta	Argissolos Vermelho-Amarelo	4
Muito alta	Neossolos Litólicos com afloramentos de rochas	5
<b>Comportamento pluviométrico</b>		
Muito baixa	(sem ocorrência)	1
Baixa	(sem ocorrência)	2
Média	(sem ocorrência)	3
Alta	Clima Aw, com médias anuais entre 750-1.000 mm	4
Muito alta	(sem ocorrência)	5

Quadro 13 – Plano de Informação com graus de proteção e respectiva legenda

Graus de Proteção	Categorias hierárquicas	Legenda
<b>Cobertura Vegetal / Uso da terra</b>		
Muito Alto	Mata de Galeria/ Floresta Estacional	5
Alto	Mata de Capão	4
Médio	Campo Rupestre/ Cerrado/ Caatinga	3
Baixo	Pastagem com alto pisoteio	2
Muito Baixo a nulo	Solo exposto e culturas de ciclo curto	1

A definição dos parâmetros para as categorias dos planos de informação (PI) a serem utilizados na análise de multicritérios, obedeceu aos seguintes critérios:

**PI Declividade.** Para a definição das classes de declividade, foram considerados os limites estabelecidos pela Embrapa (1979, apud Santos et al., 2005), abrangendo as topografias de superfícies planas a montanhosas/escarpadas, mais condizentes com a realidade do parque, cujo relevo apresenta um mosaico de vales, cristas e canyons. A proposta adotada por Ross (1994), mais voltada para estudos da capacidade de uso do solo e aptidão agrícola, já considera a classe de declividade acima de 30% (27° de inclinação) como de fragilidade muito alta, dessa forma, dá uma ênfase nas classes baixas e médias.

**PI Litologia.** Segundo Crepani et al. (2001), a litologia está relacionada aos processos erosivos e de intemperismo (denudação) a depender do grau de coesão das rochas. Nas rochas pouco coesas prevalecem os processos erosivos, modificadores das formas do relevo (morfogênese), enquanto nas muito coesas vão prevalecer os processos de intemperismo e formação do solo (pedogênese). Dessa forma, torna-se uma variável importante no quadro da fragilidade ambiental, pois tem influência na formação do relevo e dos solos. Na área de estudo, pode-se observar um relevo com formas residuais, devido a resistência de rochas como ortoquartzitos, ou vales devido a presença de ultramafitos de fácil decomposição. Os solos litólicos, pouco desenvolvidos, são resultado da resistência das rochas das Formações Rio do Ouro e Serra do Córrego, que abrangem a maior área do parque. A classificação segundo o grau de resistência das rochas à morfogênese, foi definida a partir de Crepani et al. (2001) numa visão mais geral, e de Couto et al (1978), mais específico com informações da Serra de Jacobina, que engloba a área do parque.

**PI Solos.** A definição dos graus de fragilidade por tipo de solo obedeceu aos parâmetros de classificação estabelecidos em Amaral e Ross (2009) e Ross (1994), considerando que o parque apresenta somente duas ordens de solos (argissolos e neossolos) mais afloramentos de rocha, devido a sua pedogênese incipiente. O Quadro 14 define as classes de fragilidade adotadas por Ross (1994), tendo como base pesquisas do Instituto Agrônomo de Campinas e os levantamentos técnicos realizados pelo autor no Projeto Radambrasil. Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), os Argissolos eram classificados anteriormente como Podzólico Vermelho-Amarelo, e os Solos Litólicos são reconhecidos atualmente como Neossolos Litólicos.

Quadro 14 – Classes de fragilidade associadas aos tipos de solos

Graus de Fragilidade	Tipos de Solos
1 - Muito Baixo	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho Amarelo textura argilosa.
2 - Baixo	Latossolo Amarelo e Vermelho-amarelo textura média/ argilosa.
3 - Médio	Latossolo Vermelho-amarelo, Terra roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo textura média/ argilosa.
4 - Alto	<b>Podzólico Vermelho-amarelo</b> textura média/arenosa, Cambissolos.
5 - Muito Alto	Podzolizados com cascalho, <b>Litólicos</b> e Areias Quartzosas.

**Fonte.** Adaptado de Ross (1994)

Observação: os tipos de solos em negrito correspondem àqueles de ocorrência na área de estudo.

**PI Comportamento Pluviométrico.** Como não foi possível apurar diferenças de comportamento pluviométrico na área de estudo, devido à inexistência de registros que permitam a classificação climática, foram consideradas as características predominantes para a região da Serra de Jacobina, cujo clima é definido como Tropical semi-úmido, devido à influência do relevo serrano, considerado uma “ilha de umidade”, conforme já descrito na caracterização da área de estudo. Quanto à distribuição e intensidade das chuvas, a área de estudo obedece ao padrão do entorno, caracterizado como semiárido, com concentração de chuvas no verão, geralmente de outubro a abril, e estação seca no inverno. Em resumo, a área do parque difere do seu entorno somente em relação ao volume de precipitação, que geralmente supera o do entorno podendo chegar aos 1000 mm/a. Segundo Spörl (2001), “a distribuição e a intensidade das chuvas ao longo do ano são fatores decisivos no processo de intemperismo de rochas e solos”, o que influencia no potencial de erosividade das chuvas, portanto, sendo um fator de grande relevância para a análise da fragilidade ambiental. Dessa forma, Ross (inédito, apud Spörl, 2001) define os níveis hierárquicos de fragilidade ambiental relacionados a cada comportamento pluviométrico no Quadro 15. O comportamento pluviométrico em destaque (nível 4) corresponde à situação mais próxima para a realidade da área de estudo, cujo padrão apresenta similaridade com o clima regional da área. Comparando com Amaral e Ross (2009), a situação pluviométrica com distribuição anual desigual, período seco entre 2 e 3 meses no inverno, verão com maior intensidade de dezembro a março e média anual de 1500 mm, foi classificada como grau de fragilidade médio, o que serve de parâmetro para classificar o clima do PESP como de fragilidade alta devido sua maior variação de temperatura e de distribuição/intensidade de chuvas.

Quadro 15 - Níveis Hierárquicos dos Comportamento Pluviométrico

<b>Níveis Hierárquicos</b>	<b>Características Pluviométricas</b>
1- Muito Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ ano.
2 - Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ ano.
3 - Média	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março.
4 - Forte	<b>Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas.</b>

5- Muito Forte	Situação pluviométrica com distribuição regular ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500 mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de alta intensidade e volumes anuais baixos, abaixo de 900 mm/ano (semiárido).
----------------	--

**Fonte.** Adaptado de Ross (inédito, apud Spörl, 2001)

Observação: o campo em destaque corresponde a situação de ocorrência para a área de estudo.

**PI Cobertura vegetal / uso da terra.** Considerando a necessidade de se obter uma informação cartográfica atualizada e com possibilidade de atender a escala de semidetalhe pretendida para este trabalho, foram utilizadas imagens do satélite LDCM (Landsat Data Continuity Mission) ou Landsat 8, órbita/ponto 217/68, cena de 05 de outubro de 2013, projeção UTM, datum SAD 69, fuso 24 S, ortorretificada e georreferenciada pela ENGESAT Imagens de Satélites S/C Ltda. A escolha das bandas visou atender principalmente a análise da vegetação, portanto, foram selecionadas as bandas do infravermelho médio (banda 6), infravermelho próximo (banda 5) e vermelho (banda 4) para realização da composição colorida RGB e posterior fusão com a banda pancromática (banda 8), obtendo-se um produto final colorido com 15 metros de resolução espacial. Soares-Filho et al. (2005) justifica a escolha da composição RGB654:

A escolha dessas bandas baseou-se no comportamento espectral da vegetação exibido no processo de interação com a radiação eletromagnética. Desse modo, a faixa do vermelho mede a concentração de pigmentos foliares, a do infravermelho próximo a densidade de biomassa e a do infravermelho médio a concentração de umidade foliar. Diferentes fisionomias vegetais, em diversos estados fenológicos, se diferenciarão por suas respostas espectrais em uma imagem composta por essas bandas. (SOARES-FILHO et al., 2005, p. 49)

A cada uma das bandas da composição foi aplicado correção atmosférica com o método DOS (Chavéz, 1988), realce de contraste linear e filtro de mediana, trazendo ganhos de informação com a melhora da qualidade visual para a etapa de interpretação e preparando a imagem para os demais processos de segmentação e classificação. Ross (1994), baseado em pesquisas do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em Casseti (1984, apud Ross op. cit.) e em suas observações de campo efetuadas, define a capacidade de proteção conforme Quadro 16.

Quadro 16 – Graus de proteção de acordo com os tipos de cobertura vegetal/uso do solo

Graus de Proteção	Tipos de Cobertura Vegetal
1 – Muito Alta	<b>Florestas/Matas naturais</b> , florestas cultivadas com biodiversidade.
2 – Alta	Formações arbustivas naturais com extrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária,

	Cerrado denso, Capoeira densa). Mata Homogênea de Pinus densa, Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau.
3 – Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas), pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas.
4 – Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), <b>culturas de ciclo curto</b> (arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento).
5 – Muito Baixa a nula	<b>Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.</b>

**Fonte.** Adaptado de Ross (1994)

Observação: os tipos destacados em negrito correspondem àqueles de ocorrência no parque e entorno.

Entretanto, a classificação de Ross (1994) não atende satisfatoriamente a realidade da área de estudo, em virtude da existência de outras ocorrências como caatinga e campo rupestre, porém, serve de parâmetro principalmente nos graus de proteção muito alta, baixa e muito baixa. Com a finalidade de complementar as ideias de Ross (op. cit.), foi analisado o quadro 17 elaborado por Soares-Filho et al. (2005), cuja classificação se aplica melhor a realidade do PESP. Baseado na similaridade entre Campo Rupestre e Caatinga arbustivo-arbórea, sendo os dois tipos constituídos de formações abertas, de baixa densidade, estas foram então classificadas como de média fragilidade, pois se situam num grau inferior de proteção em relação às formações arbustivas densas discriminadas por Ross (1994).

Quadro 17 – Graus de Proteção por tipo de Cobertura e Uso do Solo

Graus de Proteção	Tipos de Cobertura	Legenda
Muito Alto	<b>Mata Estacional, Mata Ciliar</b>	5
Alto	<b>Cerrado, Capoeira</b>	4
Médio	Reflorestamento, Campo Cerrado, <b>Campo Rupestre</b> , Cerrado em Regeneração	3
Baixo	Agricultura Irrigada, <b>de Sequeiro, Pasto</b>	2
Muito Baixo a Nulo	Área Urbana, Mineração	1

**Fonte.** Adaptado de Soares-Filho et al., (2005)

Observação: os tipos destacados em negrito correspondem àqueles de ocorrência no parque e entorno.

Dessa forma, a definição dos parâmetros para cada plano de informação (PI) resultou na classificação dos Quadros 12 e 13 a serem utilizados como base na análise de multicritérios para obtenção da carta-síntese de fragilidade ambiental do PESP. As cinco variáveis, representadas pelos PIs de declividade, litologia, solos, comportamento pluviométrico e cobertura vegetal/uso do solo, deverão ser reclassificadas segundo a legenda de notas

atribuída aos graus de fragilidade e valores/informações da tabela de atributos, com a utilização da extensão Spatial Analyst do ArcGIS e sua ferramenta Reclassify.

Segundo o procedimento de média ponderada adotado por Moura (2007), cada plano de informação recebe um peso, cujo conjunto soma 100%, e cada componente de legenda dos PIs, neste caso, recebe notas de 1 a 5, dessa forma, criando um espaço classificatório e ordinal. Para este trabalho foram adotados critérios de classificação dos graus de fragilidade, definidos por Ross (1994) em “muito baixo/fraco”, “baixo/fraco”, “médio”, “alto/forte” e “muito alto/forte”.

Diante da dificuldade de definição de critérios que permitam hierarquizar a importância relativa das variáveis para ocorrência de um fenômeno, Moura (op. cit.) indica o método Delphi para obtenção de pesos e notas, ou seja, baseia-se na consulta direta a um painel de especialistas. Dessa forma, a ponderação dos planos de informação (variáveis) é submetida a um grupo multidisciplinar de especialistas, conhecedores do fenômeno avaliado, ou mesmo da realidade espacial em que ele se localiza, ao qual é solicitado uma hierarquia das variáveis, como também o grau de pertinência de cada componente de legenda. Compreende-se que o método permite reduzir o nível de subjetividade diante da busca de um consenso de especialistas ao lidar com um problema complexo. Para este trabalho, as notas atribuídas para os componentes de legenda dos planos de informação tiveram por base os critérios já definidos por Soares-Filho et al. (2005) e Ross (1994), fundamentados nos conceitos de Ecodinâmica pré-estabelecidos por Tricart (1977), apresentados anteriormente nos Quadros 13 e 14.

O emprego da média ponderada na análise de multicritérios requer, além das notas dos componentes de legenda, a atribuição de pesos às variáveis. O critério adotado na obtenção dos pesos é o de *análise ponderada das variáveis*, buscando estabelecer uma relação de importância entre cada variável e as demais. O procedimento aplicado neste caso, denominado de AHP (Análise Hierárquica de Pesos), foi desenvolvido pelo Prof. Thomas Saaty em 1978 e, segundo Moura (2007), auxilia na atribuição dos pesos dos planos de informação e determina a contribuição relativa de cada um, propondo a comparação pareada das variáveis com critérios de importância relativa entre eles, definidos segundo uma escala de valores, conforme apresentado no Quadro 18. Para o autor, mesmo auxiliando na distribuição dos pesos, ainda assim o especialista deve definir a hierarquia entre as variáveis e as notas de cada componente de legenda. Para atender esse requisito de definição da

hierarquia de variáveis, tendo em vista a similaridade dos dados para comparação e aproximação, serviram de base os trabalhos de Martins e Rodrigues (2012) e Miara e Oka-Fiori (2007).

Quadro 18 - Escala de Valores AHP para Comparação Pareada

Intensidade de importância	Definição e Explicação
1	Importância igual - os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada - um fator é ligeiramente mais importante que o outro
5	Importância essencial - um fator é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada - um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Importância extrema - a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre julgamentos - possibilidade de compromissos adicionais

Fonte. INPE (2005)

Segundo Moura (op. cit.), são atribuídos valores numéricos aos processos de decisão de pesos e notas das variáveis e seus componentes de legenda, de modo a traduzir a hierarquia definida, permitindo que dados qualitativos sejam apresentados de modo quantitativo (numérico). Para tanto, transforma-se uma escala de mensuração em valores numéricos com a atribuição de pesos aos planos de informação (somando 100% na média ponderada) e de notas de 0 a 10 (ou 0 a 5) para os componentes de legenda, traduzindo melhor a natureza contínua de uma situação analisada.

Para o procedimento de obtenção dos pesos foi utilizado o módulo de comparação pareada do software Idrisi 32. A partir da informação processada, como também dos ajustes baseados em trabalhos similares, obteve-se a relação de pesos de cada variável para o PESP, conforme Quadro 19.

Quadro 19 – Pesos das variáveis para análise de multicritérios

VARIÁVEIS	PESOS (0 – 1)
Declividade	0,35
Solos	0,25
Cobertura vegetal	0,20
Comportamento pluviométrico	0,15
Litologia	0,05

Após a atribuição de pesos e notas aos planos de informação, estes deverão ser convertidos para o formato matricial (raster) e reclassificados segundo às notas atribuídas aos componentes de legenda de cada variável. O procedimento foi realizado no software ArcGIS 9.3 através do uso das extensões/ferramentas *ArcToolbox/Conversion Tools* para conversão de arquivos vetoriais em matriciais, e *3D Analyst/Reclassify* para reclassificação dos valores selecionados nas tabelas de atributos. Conforme já mencionado Por Moura (2007), o formato matricial otimiza o cruzamento de dados a ser realizado na análise de multicritérios.

## 5 ANÁLISE EMPÍRICA DA FRAGILIDADE AMBIENTAL

Segundo Moura (2007), a análise de multicritérios se destina a estudos da realidade vigente e preditivos de situações futuras. A primeira etapa caracteriza a realidade, espacializa as informações, calcula extensões territoriais de ocorrências, identifica alterações espaciais e verifica combinações de variáveis, caracterizando determinado fenômeno. A segunda etapa é entendida como uma composição de potenciais gerados a partir da combinação de variáveis, segundo indicações dos especialistas. Entre os estudos realizados desta forma, Moura (op. cit.) cita os riscos ambientais, potenciais ambientais e definição de necessidades de proteção, gerando ainda a partir do cruzamento de análises, as incongruências de uso, áreas críticas, potenciais conflitantes e impactos ambientais. Segundo a autora, nas análises preditivas, as simulações são realizadas com a introdução de características ambientais fictícias a um conjunto de dados, para, a partir daí, construir análises espaciais tendo como componentes aquelas situações hipotéticas.

No presente trabalho, ao analisarmos os dados ambientais da unidade de conservação, teremos como foco a realidade presente, ou seja, trabalharemos com dados da realidade ambiental da área com a finalidade de caracterizar as unidades de fragilidade potencial (estável) e emergente (instável). A diferenciação entre instabilidade/fragilidade potencial e emergente proposta por Ross (1994) se dá com a introdução da variável antrópica representada pelo “uso do solo”, pois na definição do autor, a fragilidade torna-se emergente (instável) quando as atividades econômicas inseridas no ambiente natural provocam modificações no ambiente e alterações no seu equilíbrio. Amaral e Ross (2009) destacam que as áreas com cobertura vegetal natural ou cultivada com biodiversidade de alto grau de proteção, devem ser classificadas automaticamente como unidades de instabilidade potencial. As demais áreas, com outros tipos de cobertura, são classificadas como unidades de instabilidade emergente.

Considerando que a área de estudo é uma unidade de proteção integral, não teremos uma carta de uso do solo, mas sim de cobertura vegetal, pois as atividades econômicas ou de produção se aplicam ao entorno do parque, e são representadas basicamente pelas pequenas propriedades rurais que praticam agricultura de sequeiro, fruticultura e pastagem sem prática conservacionista. As atividades permitidas para UCs desse tipo são controladas e se resumem ao turismo ambiental, pesquisa e educação ambiental, o que pode provocar um impacto muito reduzido durante a apreciação das trilhas, cachoeiras, mirantes e da flora/fauna. No entanto,

para complementação da análise, será feita a sobreposição dos usos da unidade de conservação, o que inclui, além dos pontos notáveis e trilhas, as áreas de barragens que foram mantidas nos limites da poligonal da UC.

As principais incursões da pesquisa de campo ocorreram em out./2013 e mar./2014, e foram todas acompanhadas por um guarda-parque disponibilizado pela administração do PESP, sendo a maioria dos trajetos percorrida com caminhadas diurnas, com exceção do acesso ao parque e as comunidades do entorno, que necessitaram de veículo para transporte. Nos dias 17 a 23 out. foram percorridos os cursos d'água das nascentes do riacho do Jajai, da Cachoeira do Sivaldo e da Barragem da Leste. No dia 25 out. teve como destino observar o entorno do parque, visitando as áreas das barragens do Murici, riacho Cabaceiras e Cachoeira Grande, principais mananciais com nascentes no parque, percorrendo uma distância média de 65 km. Durante o mês de março, em dias alternados, as saídas a campo tiveram o objetivo de reconhecimento de feições para auxiliar o processo de classificação de imagem. A Figura 12 demonstra os principais trajetos realizados para o trabalho. O apoio de um guarda-parque auxiliou na identificação dos tipos de vegetação e áreas antrópicas, nas incursões de difícil acesso nas APPs para reconhecimento do estado de preservação das mesmas, nas trilhas e pontos notáveis do parque, e por fim coletar pontos de amostragem (Figura 13) e trajetos, bem como registro fotográfico das topologias do relevo, da vegetação e da drenagem para auxiliar a classificação de imagem.

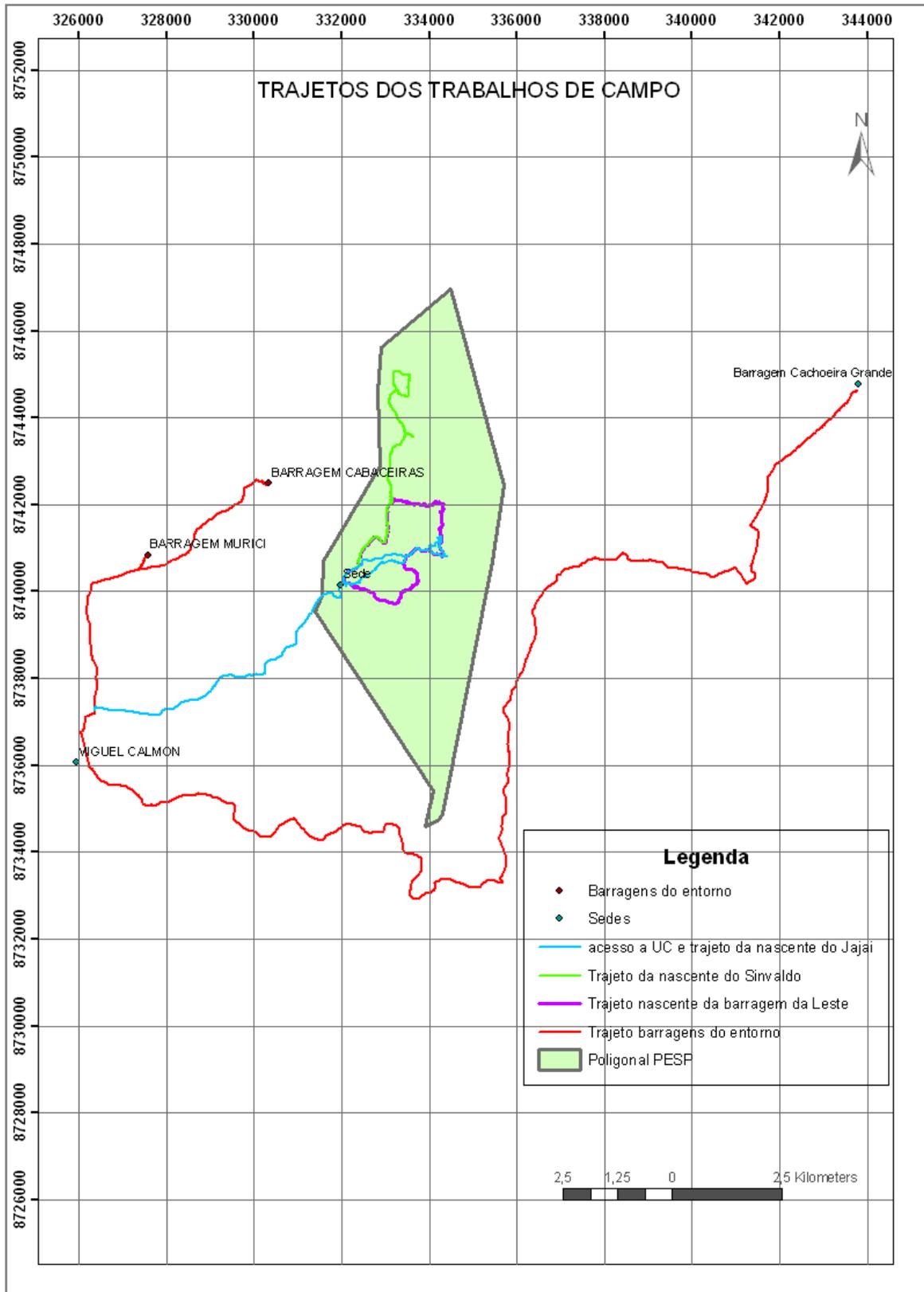


Figura 12 - Principais trajetos realizados para a pesquisa de campo

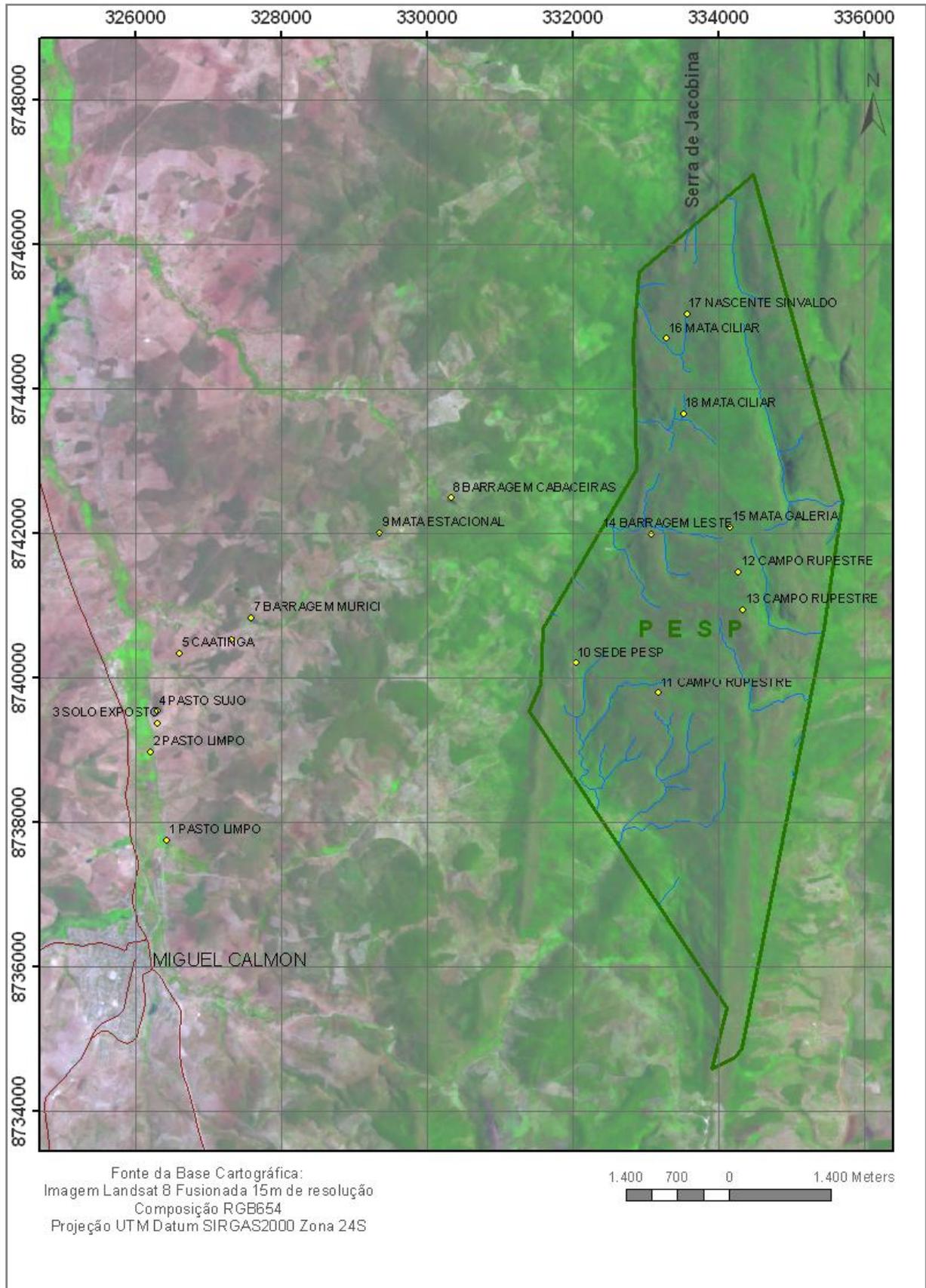


Figura 13 - Pontos de amostragem de feições para suporte à classificação de imagens

## 5.1 Análise dos produtos intermediários e das variáveis reclassificadas

Os produtos cartográficos intermediários correspondem às variáveis empregadas na álgebra de mapas, avaliadas de modo integrado para compor a carta-síntese de fragilidade potencial do parque Sete Passagens. Cada produto foi elaborado na escala semidetalhada de 1:25.000 de modo a atender os objetivos dos estudos locais. Os procedimentos de confecção das cartas podem ser observados no capítulo 4 que trata da metodologia empregada no presente estudo. As cartas de declividade, solos, cobertura vegetal e litologia foram selecionadas de acordo a proposta metodológica de Ross (1994), desenvolvida com base no estudos de Tricart (1977). A partir do mapeamento das variáveis, estas foram compor os planos de informação a fim de serem reclassificados, segundo a definição dos graus de fragilidade indicados no método citado.

O procedimento de reclassificação das variáveis em formato raster permitiu verificar com mais clareza cada feição da área com seu respectivo grau de fragilidade associado ao componente de legenda. De acordo os parâmetros estabelecidos nos procedimentos para análise de multicritérios descritos no capítulo anterior, as variáveis declividade, solo, cobertura vegetal, comportamento pluviométrico e litologia foram processadas no software ArcGIS usando a ferramenta *Reclassify* da extensão *3D Analyst* obtendo-se planos de informação com seus respectivos componentes de legenda reclassificados em graus de fragilidade de 1 a 5, de acordo com a legenda proposta por Ross (1994).

Cada plano de informação com seus respectivos pesos e notas será analisado segundo dois procedimentos adotados por Moura (2007) que são a identificação de áreas com verificação da classificação obtida, e a realização de trabalho de campo para verificação de certas classificações e ocorrências surgidas na análise, tendo o registro fotográfico e de pontos de coordenadas como elementos de observação de similitudes ou divergências.

### 5.1.1 Carta de Declividade do PESP

A variável declividade recebeu o maior peso, pois dentre os fatores ambientais, é o que tem importância direta com relação aos processos erosivos. No PESP essa condicionante revela-se de grande importância para a morfogênese, pois a área apresenta um relevo serrano formados por cristas e vales influenciados pela litologia, determinando padrões na drenagem por exemplo, com a presença de várias cachoeiras. A área considerada de média declividade corresponde a cerca de 39%, enquanto as fortes declividades totalizam 45% da área do

parque. O mapa de declividade pode ser observado na Figura 14, definido conforme as categorias descritas no Quadro 12.

A declividade média corresponde a um relevo ondulado, com declives moderados. Já as superfícies de declividade forte abrangem as classes de relevo forte ondulado, montanhoso e escarpado, indicando uma topografia vigorosa, de formas abruptas ou muito íngremes. Esta primeira análise indica que o relevo do PESP apresenta vulnerabilidade aos processos de erosão, portanto, condição para que prevaleça a morfogênese ou instabilidade do relevo.

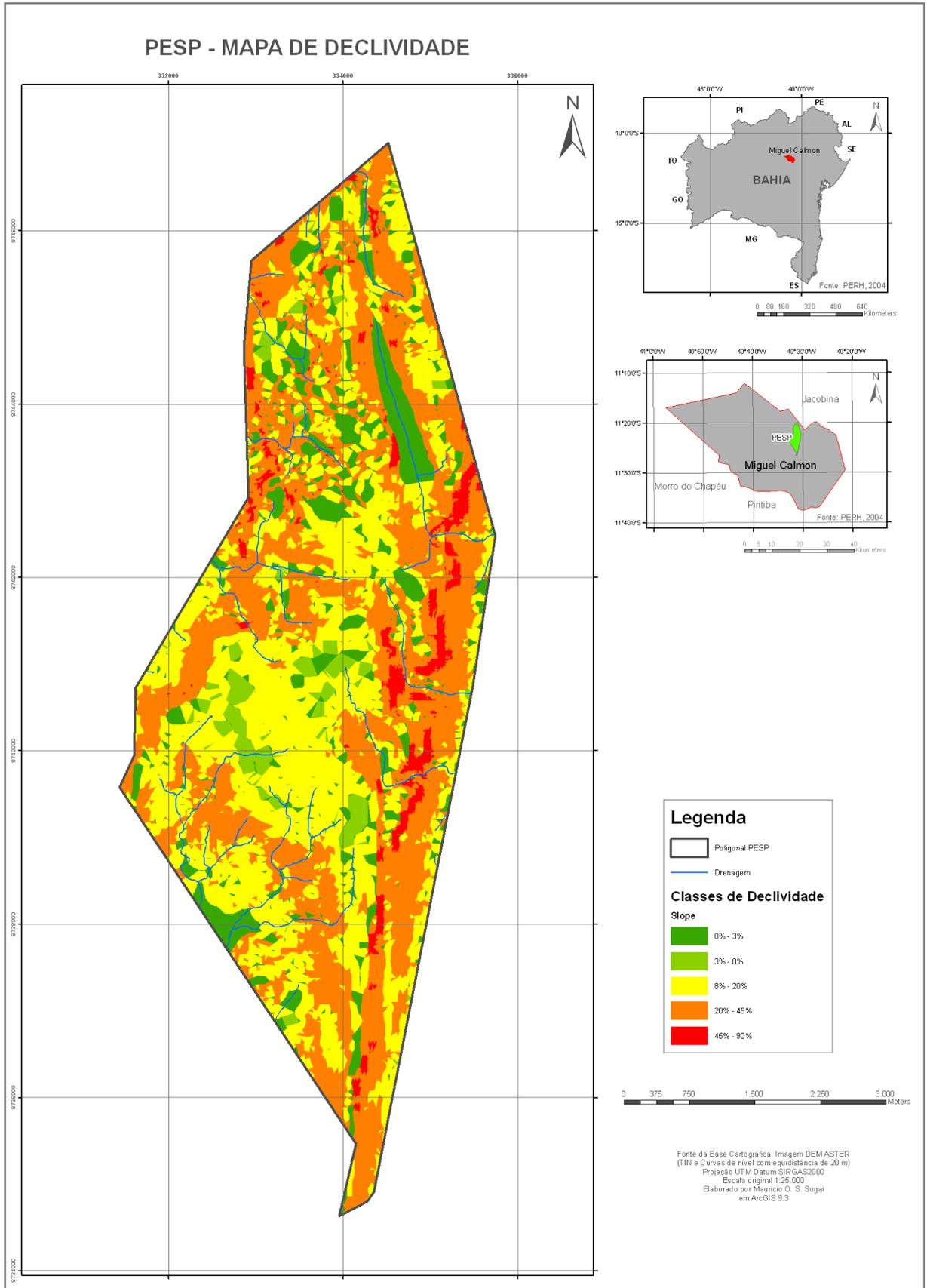


Figura 14 – Mapa de Classes de Declividade do PESP

### 5.1.2 Carta Litológica do PESP

O fator litológico, dentre os fatores ambientais, tem importância direta em determinar a morfologia do relevo com referência aos vales, topos e encostas presentes na UC. Conforme verificado em Rios (2011), ao realizar a comparação entre o mapa litológico e o mapa hipsométrico, pode-se confirmar que as características estruturais e litológicas influenciaram a morfologia do relevo.

De modo geral, com base em Rios (2011) verifica-se para o PESP que as formas residuais, ou seja, mais estáveis e resistentes do relevo correspondem aos ortoquartzitos e quartzitos, presentes nas Formações Rio do Ouro e Serra do Córrego, onde sobre essas litologias se encontram as cotas altimétricas mais elevadas e as maiores declividades. Quanto aos filitos/filonitos, serpentinitos e rochas básicas, estes correspondem aos vales longitudinais, devido à estrutura dessas rochas oferecerem baixa resistência ao intemperismo, que pode se intensificar se associado a falhas e fraturamentos (Rios, 2011). A litologia do PESP, baseada no mapa geológico do Projeto Serra de Jacobina de Couto et al. (1978), pode ser observada na Figura 15. Conforme definição dos graus no Quadro 13, as Formações Rio do Ouro e Serra do Córrego e o Complexo Itapicuru correspondem a 88% da área do parque, representando as formas residuais e as maiores cotas altimétricas. As áreas de vales, representadas pelos serpentinitos e rochas básicas, correspondem a 6,20% da área.

A litologia do parque possibilitou a formação de cachoeiras e mirantes que trouxeram um incremento para a beleza cênica da paisagem local, revelando mais um atrativo turístico para apreciação da natureza e prática esportiva como o rapel e trilhas. A formação Serra do Córrego, bastante representativa na área do parque, atraiu, num passado recente, a presença de garimpeiros em busca de ouro, trazendo impactos para o solo e vegetação locais.

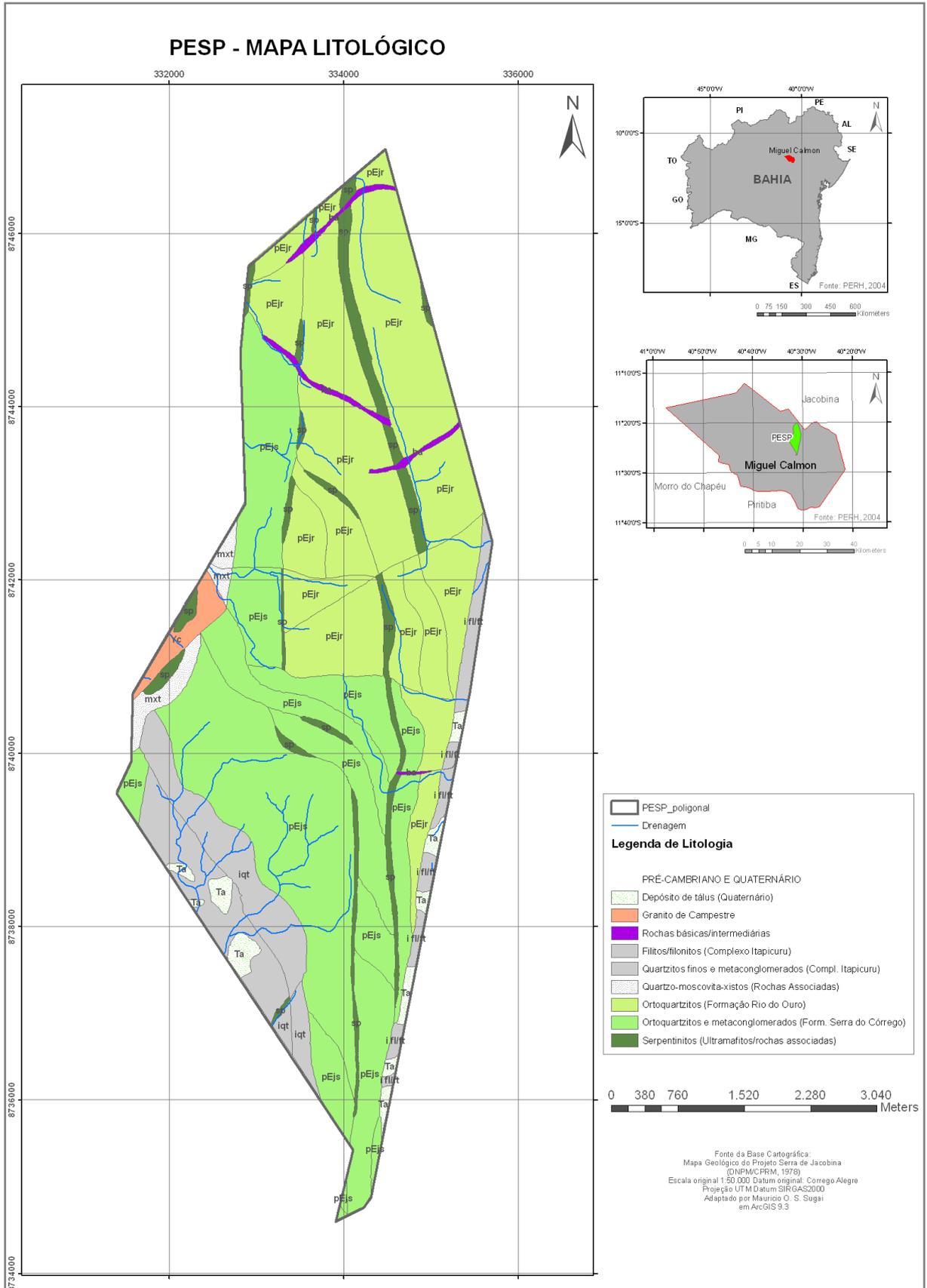


Figura 15 – Mapa Litológico do PESP

### 5.1.3 Carta de Solos do PESP

De acordo a definição em capítulo anterior, na caracterização da área de estudo, a pedogênese incipiente dessa área é responsável pela formação de duas ordens de solos, argissolos e neossolos. Devido à natureza das rochas, formado em sua maior parte por ortoquartzitos e conglomerados, os solos se apresentam pouco desenvolvidos, com muitos afloramentos de rochas. Os neossolos litólicos dominam a paisagem local em 92% da área, representando quase a totalidade dos solos, tendo como principais características a textura arenosa, fase pedregosa, associada aos afloramentos rochosos, fazendo parte do relevo forte ondulado a montanhoso (INEMA, no prelo).

As características pedológicas da área associadas às formas do relevo, contribuem para uma condição de instabilidade do ecossistema local, pois solos rasos e arenosos apresentam pouca resistência diante de agentes erosivos. A Figura 16 apresenta o mapa de solos do parque.

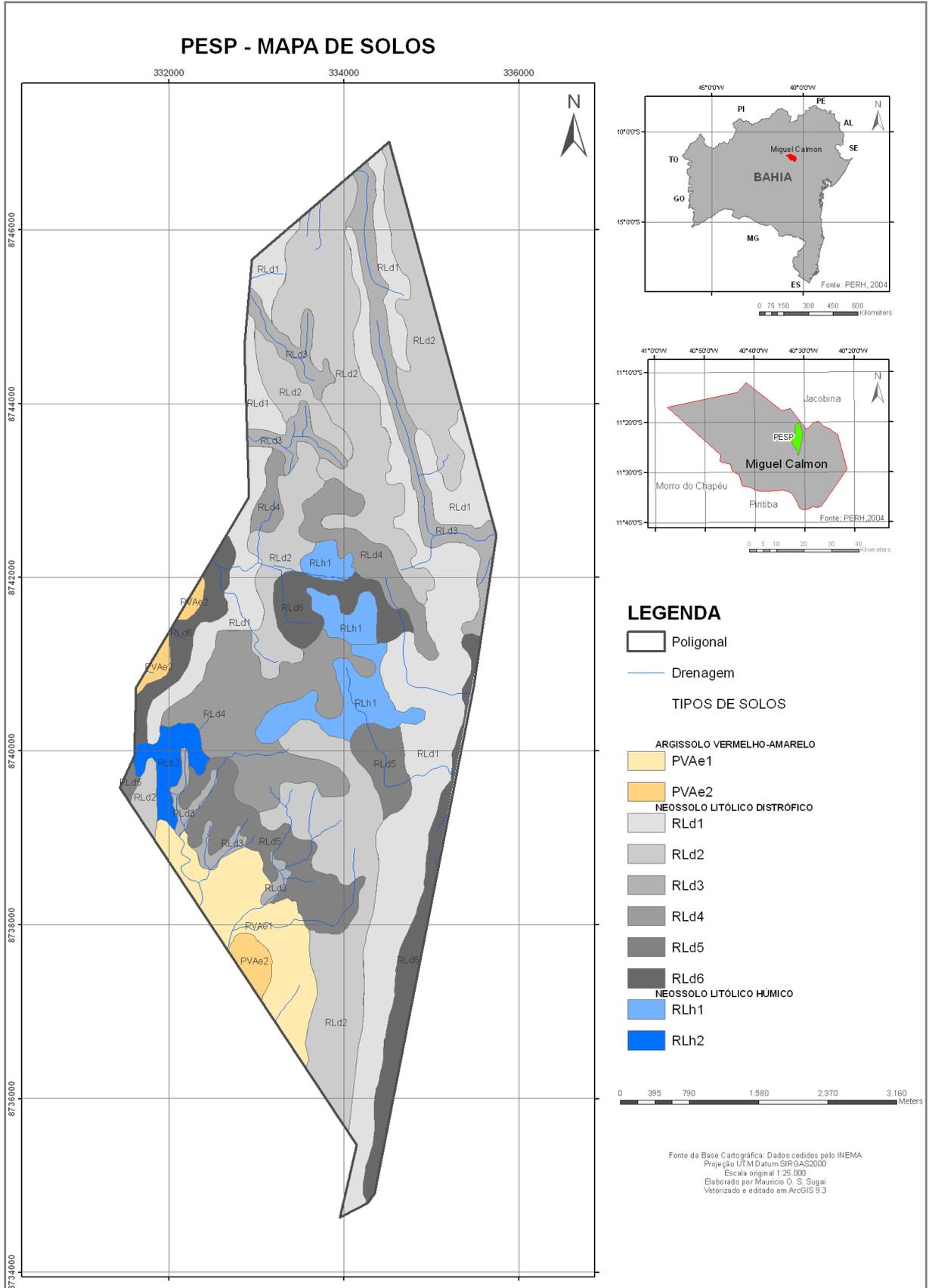


Figura 16 – Mapa de Solos do PESP

#### **5.1.4 Carta de Cobertura Vegetal/Uso do Solo**

O mapa de cobertura vegetal, elaborado a partir da interpretação de imagem de satélite atualizada e de trabalhos de campo para reconhecimento de padrões, representa a proteção do solo e, dentre os fatores ambientais, assume posição privilegiada para o ecossistema, pois exerce influência sobre a drenagem, oferecendo proteção as zonas ripárias, abrigo para a fauna endêmica, regulador térmico em virtude de absorver a radiação solar com o processo de fotossíntese, contribuindo para a formação de um mesoclima diferenciado do entorno do parque. As matas de galeria correspondem a cerca de 14% da área do PESP, e a mata de capão domina 27% da paisagem, totalizando 41% de área com alta proteção ao ecossistema. No entanto, o parque é dominado pelos campos rupestres que correspondem a 58% da área de estudo, oferecendo média proteção para as áreas acima de 1.000 m de altitude, pois se trata de uma vegetação aberta, pouco densa, que se forma em solos arenosos e pedregosos. A Figura 17 apresenta a cobertura vegetal do parque.

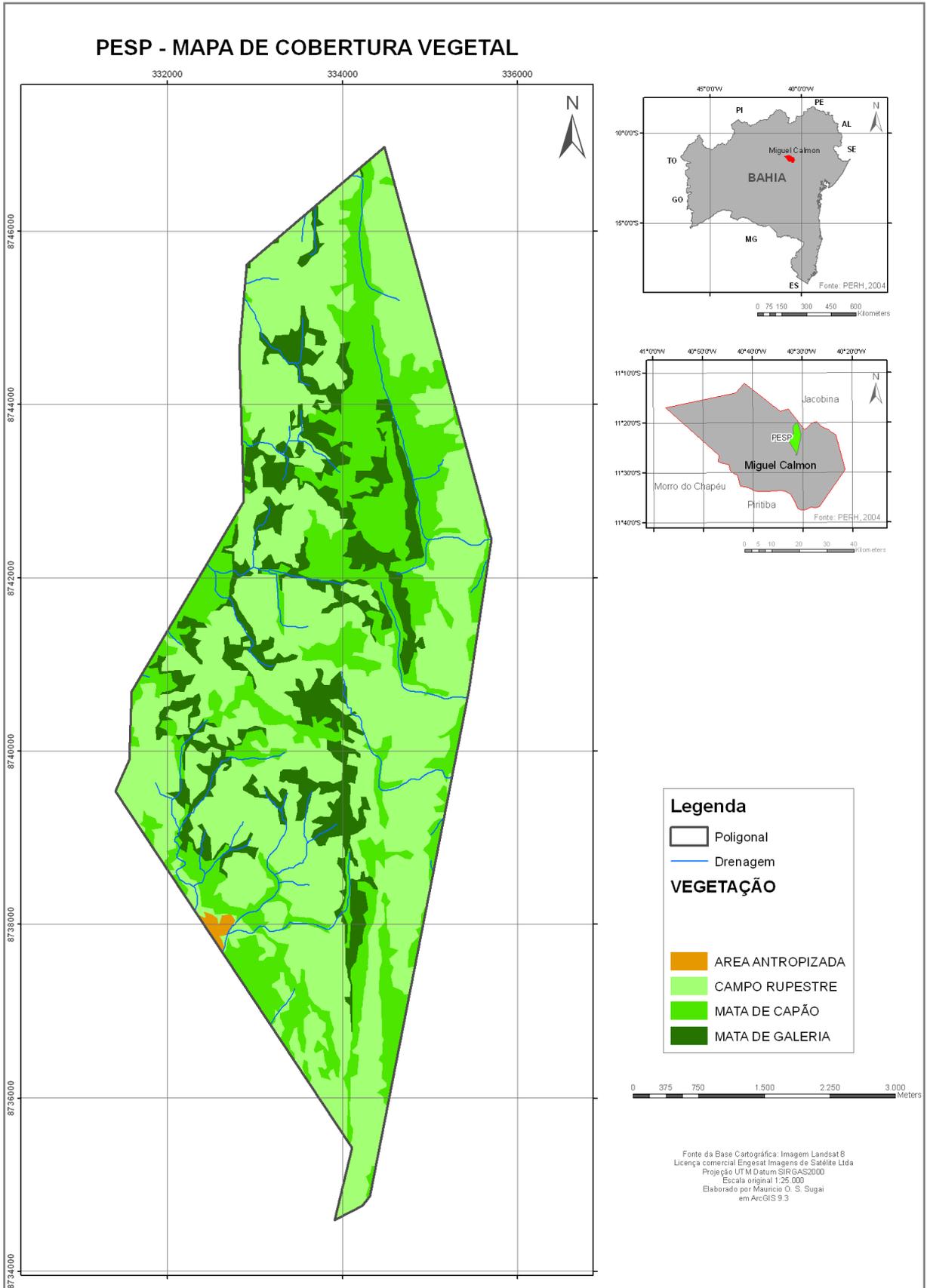


Figura 17 – Mapa de Cobertura Vegetal do PESP

### **5.1.5 Mapas reclassificados em graus de fragilidade**

Os mapas elaborados e convertidos para o formato matricial foram reclassificados conforme os parâmetros definidos nos Quadros 13 e 14, compondo os planos de informação utilizados na análise de multicritérios. A reclassificação é um procedimento necessário na composição das variáveis (PIs) para a álgebra de mapas, devendo cada PI apresentar a mesma resolução de armazenamento e mesmo sistema de projeção e datum. No estudo em questão, a resolução adotada foi a escala semidetalhada de 1:25.000 com sistema UTM, Datum SIRGAS2000 zona 24S, conforme padrão exigido pelo IBGE para mapas produzidos a partir do ano de 2014. As Figuras 18 a 21 apresentam as cartas de declividade, litologia, de solos e de cobertura vegetal, respectivamente, reclassificadas segundo os graus de fragilidade adotados por Ross (1994). O PI referente ao comportamento pluviométrico não está representado em mapa devido exibir um único valor (clima tropical semi-úmido), considerado como fator de alta fragilidade, porém, é considerado na álgebra de mapas com peso de 15% na hierarquia das variáveis.

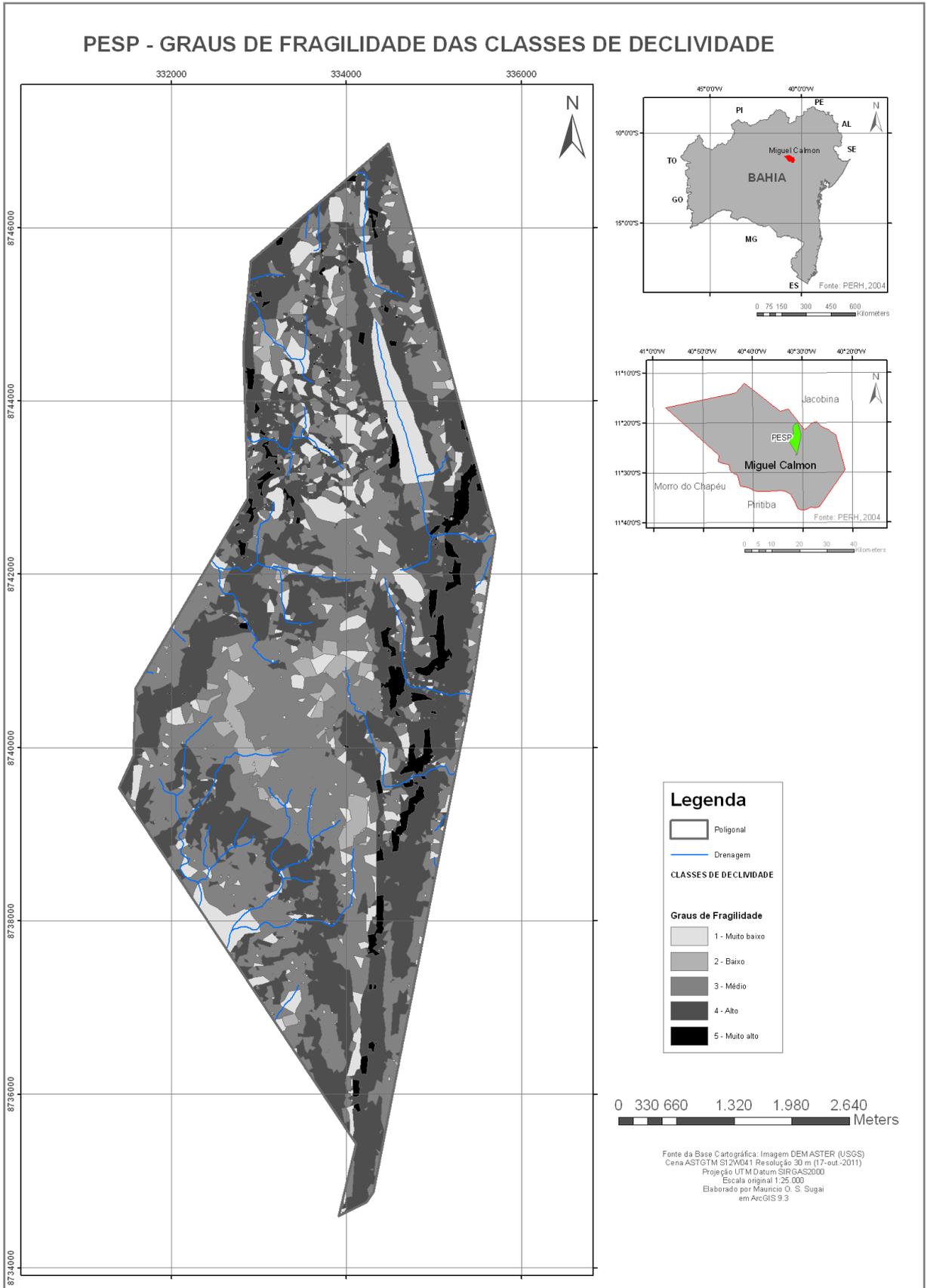


Figura 18 – Mapa de Fragilidade das Classes de Declividade

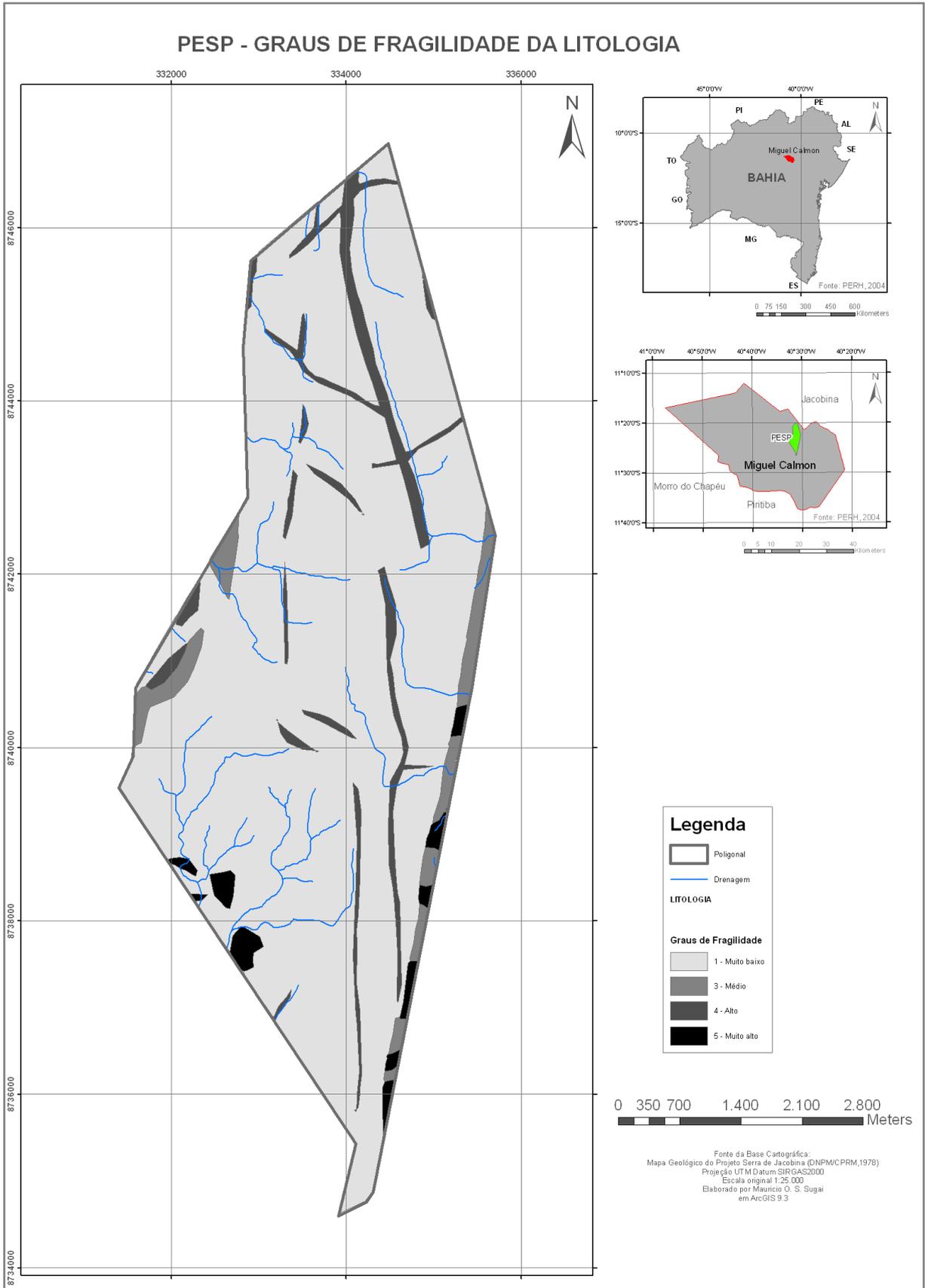


Figura 19 – Mapa de Fragilidade da Litologia

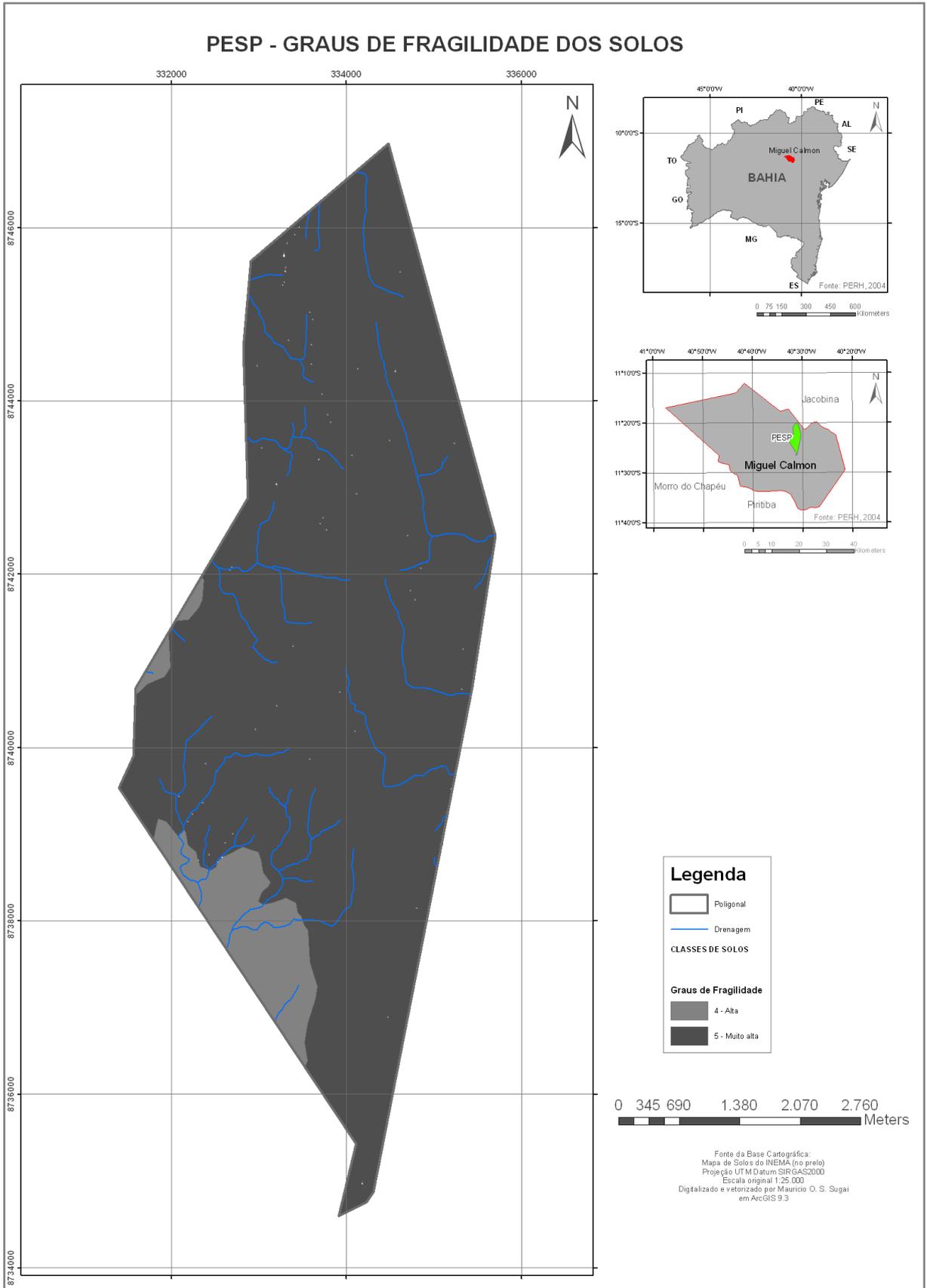


Figura 20 – Mapa de Fragilidade dos Solos

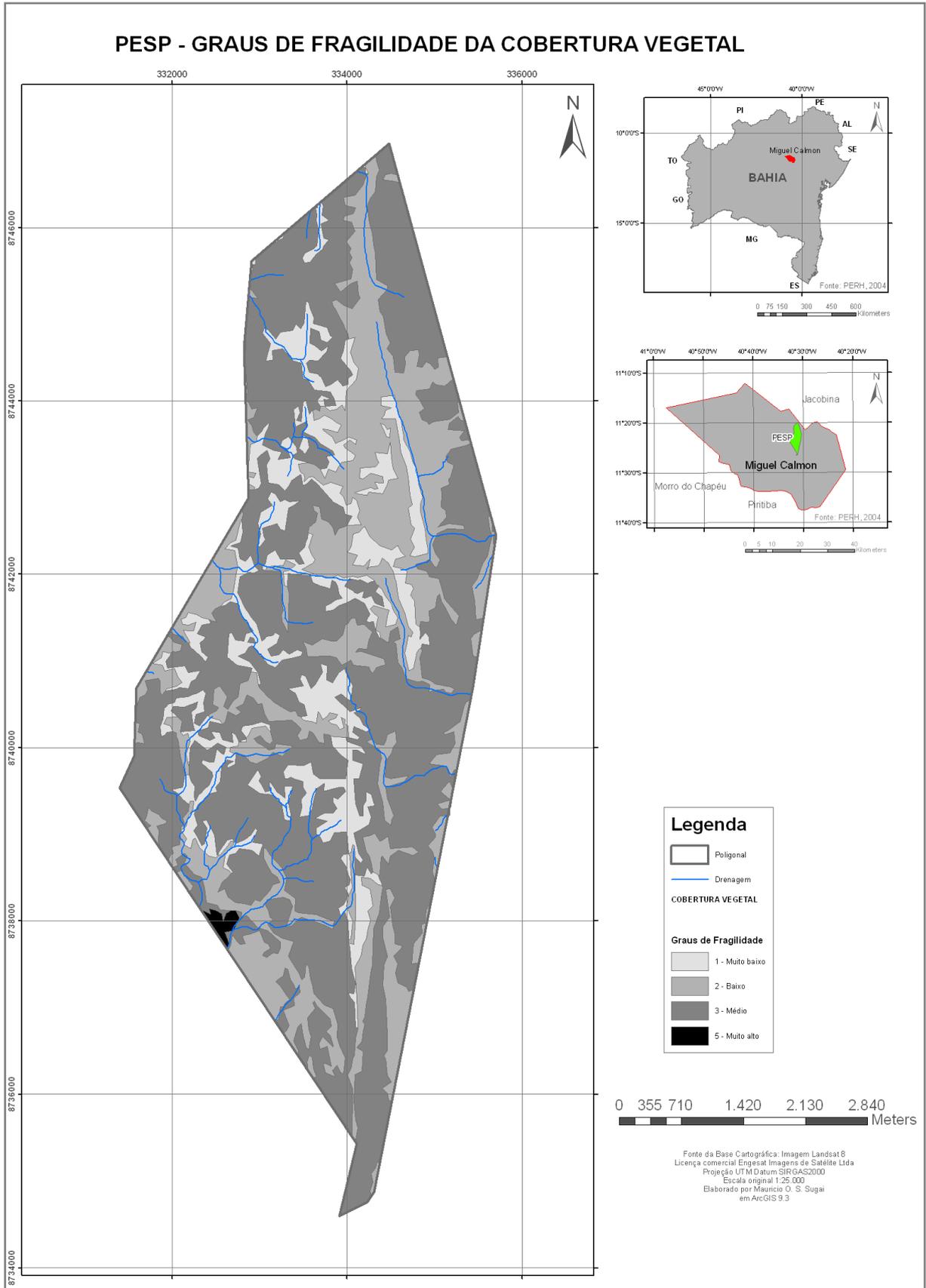


Figura 21 – Mapa de Fragilidade da Cobertura Vegetal

## 5.2 Mapa de Fragilidade Potencial do PESP

Segundo os procedimentos adotados no item 4.6 da metodologia de análise de multicritérios, os pesos e notas dos planos de informação discriminados nos Quadros 13 e 14, foram calculados no software ArcGIS com a ferramenta *Raster Calculator* empregando a matemática de média ponderada adotada por Moura (2007). A Figura 22 apresenta o resultado final da fragilidade ambiental. A carta-síntese denominada de fragilidade potencial indica que não foi aplicado o cruzamento do mapa de uso do solo, pois considerando que o PESP é uma UC de proteção integral, o uso do solo será determinado pela sobreposição da carta de usos e atrativos do parque que apresenta a localização de trilhas, cachoeiras e mirantes abertos ao público para visitação. Conforme definido por Amaral e Ross (2009), o que diferencia as unidades de fragilidade potencial (estáveis) das unidades de fragilidade emergente (instáveis) é o fator “uso da terra/cobertura vegetal”.

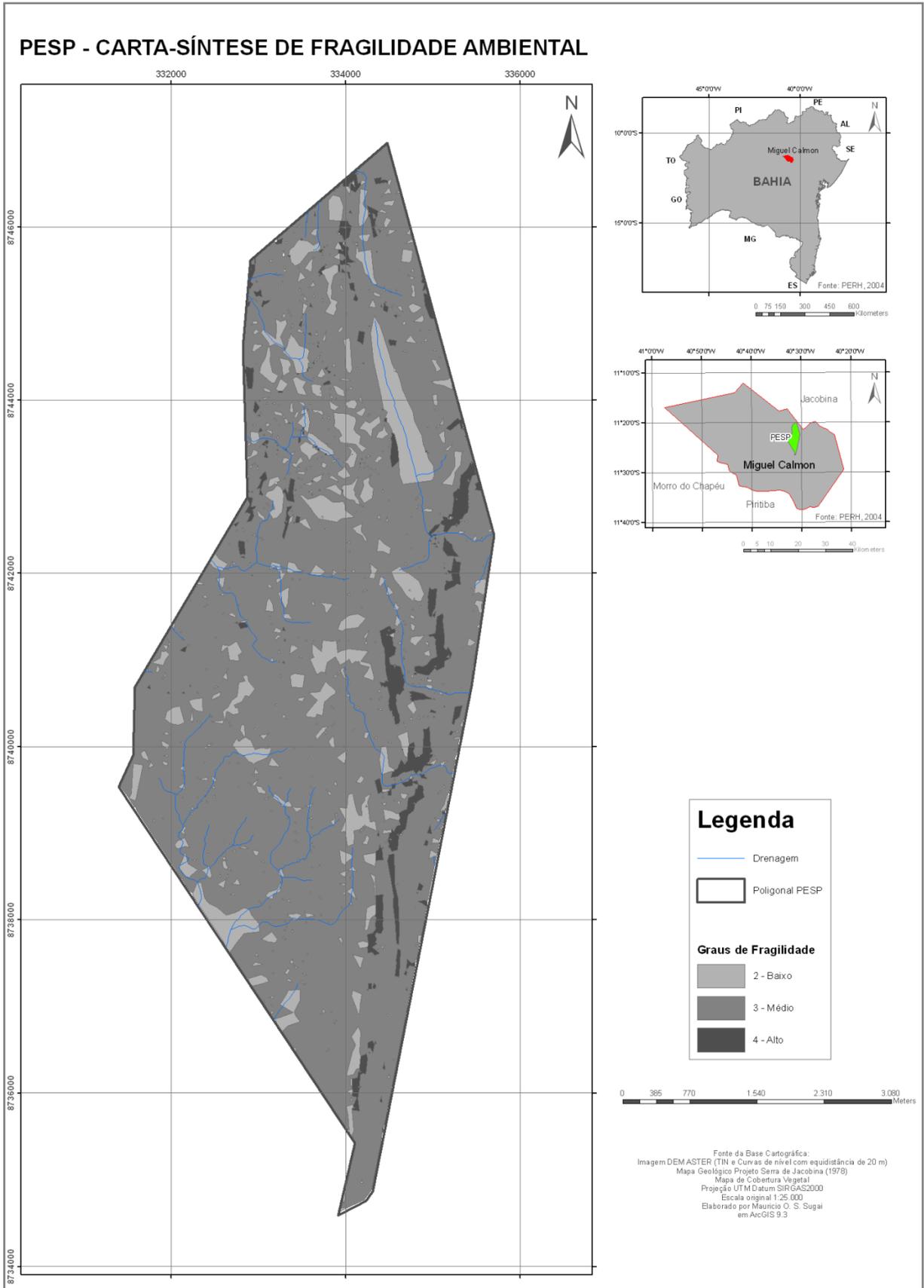


Figura 22 – Mapa de Fragilidade Potencial do PESP

O resultado obtido apresentou os graus de fragilidade baixo, médio e alto para a área de estudo, distribuídos conforme a tabela 3.

Tabela 3 - Resultados do mapeamento de fragilidade ambiental

Graus de Fragilidade	Área (%)	Área (hectares)	Observações (sobreposição de mapas)
Baixa	13%	366	Influência da baixa declividade (< 3%)
Média	82%	2.297	Influência da cobertura vegetal
Alta	5%	126	Influência das fortes declividades (>45%)

Fonte. Elaborado pelo autor.

O mapa de fragilidade ambiental e a tabela de resultados do mapeamento demonstram que a área do parque se encontra, quase em sua totalidade, na categoria de **média fragilidade**, podendo-se estabelecer uma influência da cobertura vegetal de média e alta fragilidade, representadas pelos campos rupestres e mata de capão. A **fragilidade alta** correspondeu somente a 5% da área do parque e pode ser verificada na sobreposição de mapas que tem relação com as fortes declividades localizadas próximas à linha de charneira<sup>27</sup> do flanco leste do parque, concentrada numa faixa paralela de cristas à linha da poligonal. A **baixa fragilidade** apresentou uma relação estreita com a baixa declividade (de 0 a 3%), correspondendo a uma área de 14% no parque, bem distribuídas em pequenas áreas fragmentadas, com destaque para o vale localizado numa extensa faixa paralela à borda superior leste da poligonal.

Os usos do solo no PESP (Figura 23) podem se resumir aos atrativos do parque que incluem as trilhas, cachoeiras, mirantes e a observação das comunidades florísticas e avifauna, podendo ser considerados de baixo impacto ambiental em virtude do controle e da fiscalização na execução dessas atividades por turistas. A apreciação da natureza nas trilhas e cachoeiras, além das atividades de camping, são todas monitoradas por guarda-parques, tendo um número reduzido de pessoas por grupo, para facilitar o controle e o acompanhamento. Para a execução de atividades de pesquisa na área, há necessidade de autorização do INEMA após análise dos objetivos e dos procedimentos a serem adotados, como, por exemplo, a coleta de material do solo e da vegetação.

Dessa forma, a figura 24 apresenta o mapa de sobreposição dos usos nas áreas de fragilidade potencial do parque. Observa-se que os usos encontram-se bem distribuídos nas áreas classificadas como de baixa e média fragilidades. A zona de uso especial, representada

<sup>27</sup> Segundo Guerra e Guerra (2009) é a parte mais convexa de um anticlinal (dobra).

pela sede administrativa e seu entorno, também se encontra bem localizada, em relevo plano a ondulado, com pouca alteração da paisagem natural. O mesmo se aplica à zona de uso intensivo, neste caso, correspondendo ao espaço reservado para camping. As cachoeiras, localizadas nos mapas das Figuras 23 e 24, podem ser classificadas como zona de uso extensivo, pois oferecem acesso ao público para fins recreativos. A Figura 25 identifica alguns pontos notáveis do zoneamento da UC, associados aos graus de fragilidade identificados no parque. A alteração da legenda de cores nas Figuras 24 e 25, sem obedecer o padrão da escala de cinza dos mapas anteriores, teve a finalidade de melhorar o aspecto visual das áreas de fragilidade.

No entanto, torna-se necessário avaliar as áreas consideradas como ‘zonas de uso conflitante’, representadas pelas barragens, balneários e propriedades particulares existentes nos limites do parque. O problema das barragens está vinculado ao atendimento dos serviços de manutenção, que acaba gerando impactos pelo uso de máquinas, ferramentas e material de construção. Outro destaque a ser incluído nessa categoria é a localização de um antigo balneário muito apreciado na região, a cachoeira do Sidônio, próximo à barragem de Itapiranga. Segundo relatos, o acesso a esta localidade acontece por caminho externo ao parque, portanto, não há como ter controle sobre a frequência e quantidade de turistas que usam o lugar para recreação, além disso, o mapa de usos e atrativos revela que não existe uma trilha regulamentada para o local, pois a área está localizada em propriedade particular, apesar de estar incluída nos limites da poligonal da UC. Outra área identificada pela fotointerpretação de imagem como solo exposto, está localizada nas proximidades da barragem da Bananeira, outro ponto situado na zona de uso conflitante. Relatos informam que a área foi degradada por atividade mineradora e hoje se tornou uma propriedade particular, apesar de sua inclusão na poligonal.

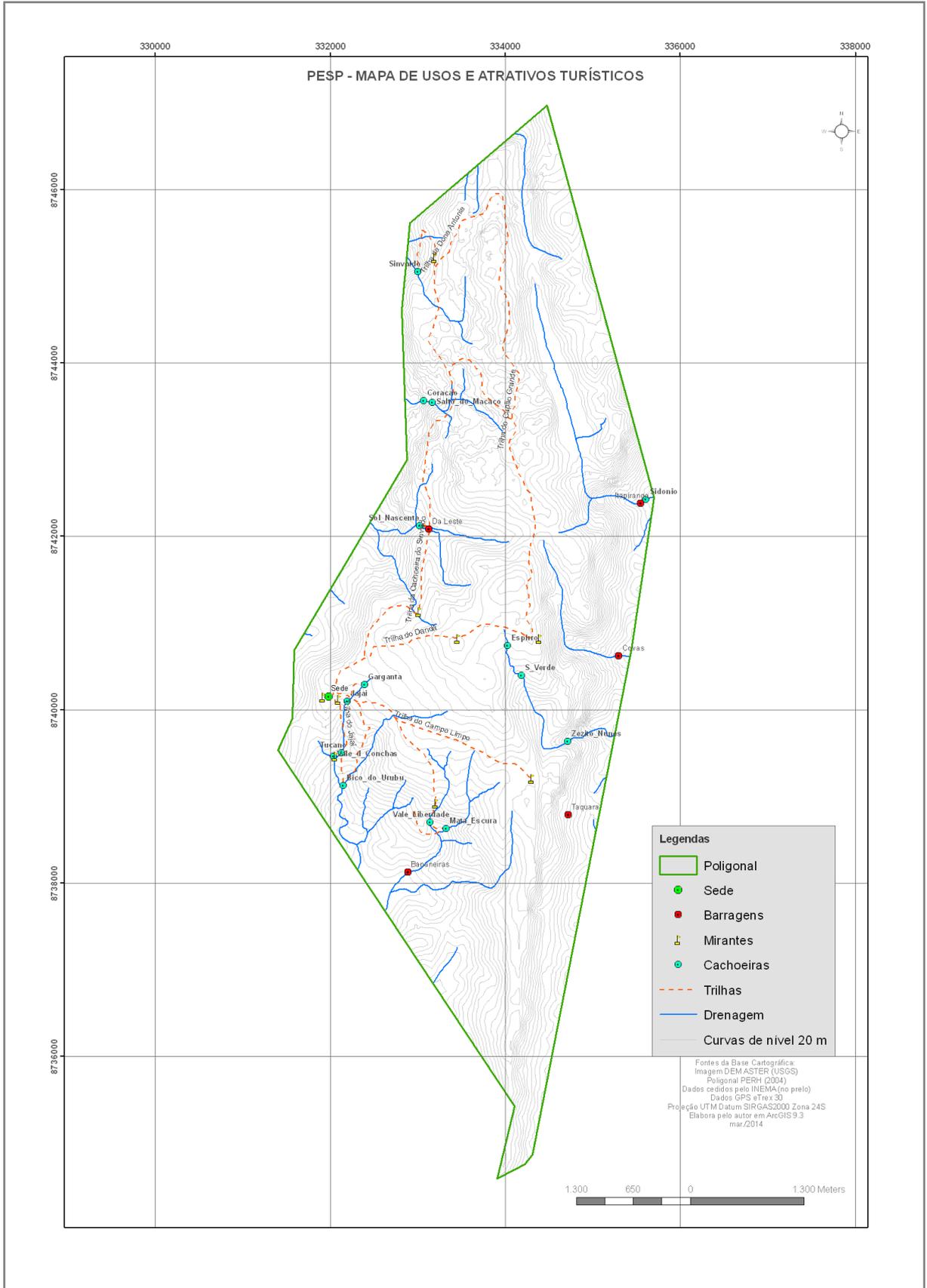


Figura 23 - Mapa de Atrativos do PESP

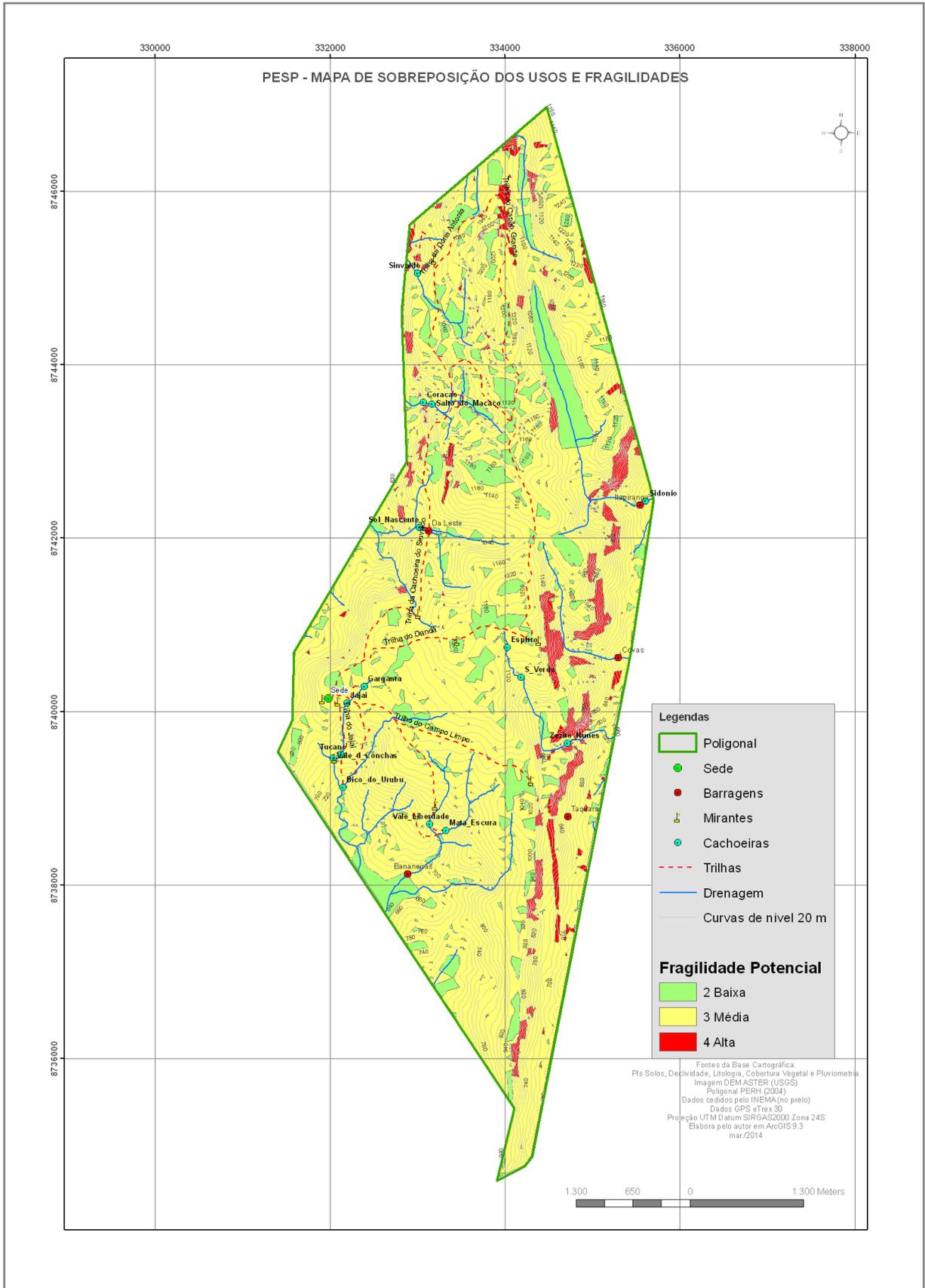


Figura 24 – Mapa de sobreposição dos usos e fragilidades

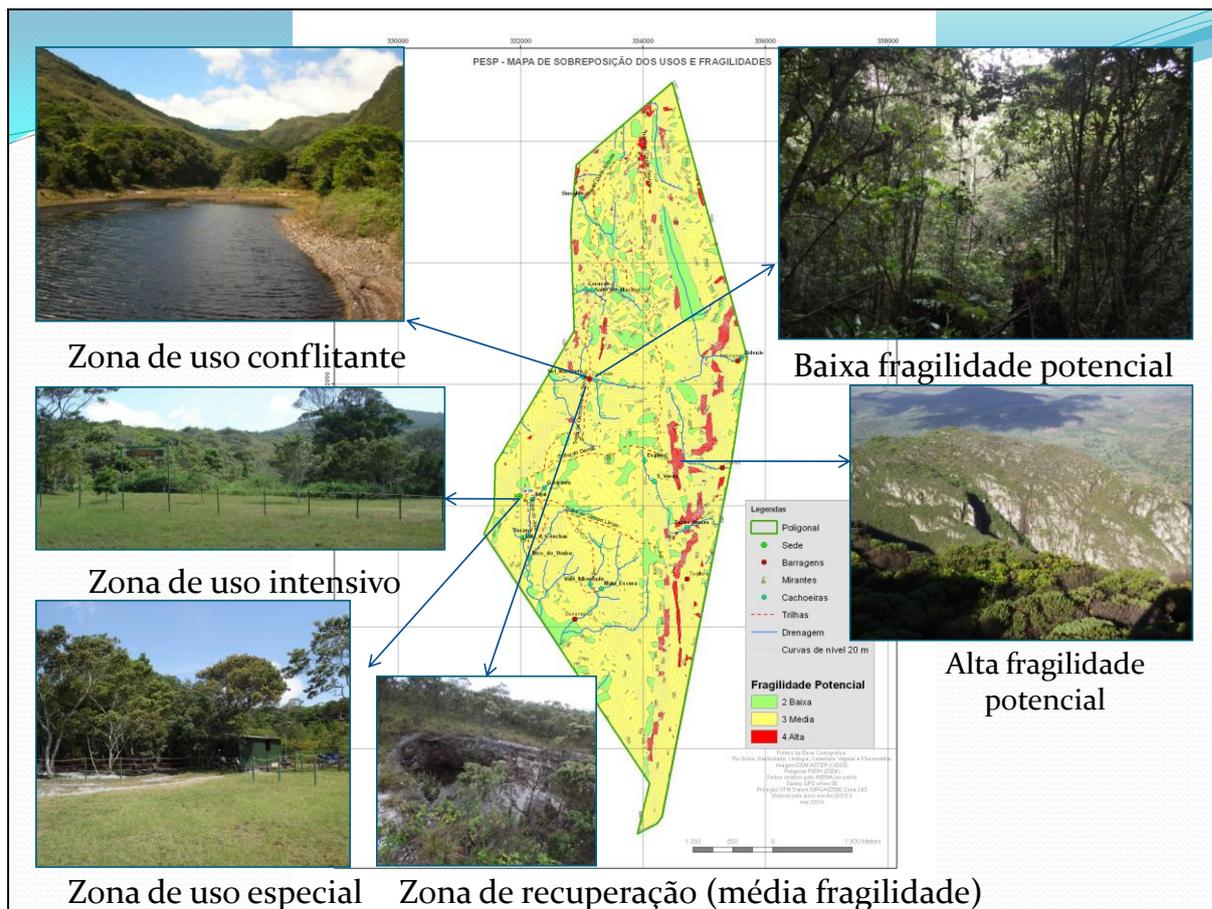


Figura 25 – Pontos notáveis do zoneamento associado à fragilidade ambiental

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O estudo da fragilidade ambiental de áreas protegidas atende a recomendação da Política Nacional do Meio Ambiente com referência ao uso de instrumentos de ordenamento territorial como o ZEE. Quando uma UC realiza os estudos para elaboração do plano de manejo, ela dá prioridade às potencialidades do ecossistema, com ênfase na conservação dos atributos naturais, principalmente do meio biótico. Considerando a metodologia do ZEE, o plano de manejo atende em parte o planejamento ambiental, pois considera somente as potencialidades e vocações do ambiente, e não avalia suas fragilidades. Um planejamento adequado deve considerar não somente as potencialidades e vocações do território, mas também suas fragilidades. Dessa forma, a análise da fragilidade complementa os estudos do plano de manejo, enriquecendo a análise de suporte ao ordenamento territorial.

A metodologia aplicada neste trabalho mostrou-se satisfatória para atender o objetivo de uma análise de síntese dos sistemas ambientais naturais ou antropizados, do ponto de vista da fragilidade dos ecossistemas. De acordo com Ross (1995), a abordagem geográfica acompanhada de pesquisa analítica e multidisciplinar, e de produtos cartográficos, permite avaliar os sistemas ambientais, sua funcionalidade e dinâmica, de forma a planejar ações que considerem a fragilidade ambiental e o equilíbrio dinâmico dos ecossistemas.

A aplicação do método de Ross (1994) representa uma etapa inicial da avaliação de cunho ambiental, pois os componentes ambientais do meio físico e biótico representam a base dos ecossistemas, portanto, determinam o equilíbrio dos sistemas naturais. O embasamento fornecido pela Ecodinâmica revela a possibilidade de mensuração da dinâmica dos padrões fisionômicos da paisagem, através de técnicas de campo e de laboratório. Segundo Ross (1995), o dinamismo da paisagem se releva com as trocas/fluxos de energia e matéria entre os componentes da natureza (relevo, vegetação, litologia, solos, drenagem), manifestando-se na ciclagem dos nutrientes, no ciclo das águas, no desenvolvimento dos solos, nos processos de erosão, transporte e deposição, nas alterações dos padrões climáticos, etc. Dessa forma, a funcionalidade dos sistemas ambientais naturais se revela na litosfera (relevo, solos e rochas), na biosfera (flora e fauna) e na baixa atmosfera (clima). A análise da fragilidade ambiental permite avaliar a funcionalidade dos sistemas ambientais, de modo a ordenar as intervenções das sociedades humanas, manifestadas pela apropriação dos recursos naturais e geração dos recursos econômicos (Ross, op. cit.).

O modelo de avaliação proposto neste trabalho atende de modo satisfatório a avaliação da funcionalidade do sistema ambiental natural da unidade de conservação. O trabalho desenvolvido para uma unidade de conservação assume importância devido ao objetivo proposto na legislação para este espaço público de tutela ambiental, que é garantir a manutenção e o equilíbrio dos ecossistemas para as sociedades. Trata-se de avaliar o sistema ambiental ou ecossistema e não os componentes ambientais de forma isolada.

Garantir o equilíbrio do ecossistema significa contribuir para a permanência dos atributos e serviços ambientais. Considerando que a área do PESP se revela como uma ilha de umidade no bioma caatinga, a presença dos atributos ambientais do parque assume grande importância numa área de endemismos e de conservação de nascentes, além da beleza cênica da paisagem para o turismo ambiental. A riqueza local se traduz através desses serviços ambientais localizados em pleno semiárido.

O resultado da análise ambiental do PESP revelou um grau de estabilidade médio para o ecossistema local, portanto, considerando as características da área de estudo como o relevo serrano, solos pouco desenvolvidos com afloramentos de rochas, predomínio de vegetação aberta e de baixa densidade (campo rupestre), drenagem com vazões específicas maiores que as do entorno, o PESP requer um sistema eficiente de proteção do ecossistema, incluindo o monitoramento do entorno, onde as atividades de mineração, agricultura, pecuária extensiva e pastagem, com impactos diretos nos solos, na vegetação e nos recursos hídricos, ameaçam a estabilidade do parque no chamado *efeito de borda*. Atenção especial deve ser direcionada também às zonas de uso conflitante nos limites da poligonal.

A pesquisa desenvolvida deve ser considerada como uma etapa inicial e complementar ao plano de manejo da UC, pois, para melhoria das condições ambientais da área, é importante não só garantir a preservação do parque, mas também do entorno, que tem a função de conter os efeitos externos que ameaçam o ecossistema protegido. É importante ressaltar que as comunidades do entorno são beneficiadas pela manutenção dos serviços ambientais, dos atributos culturais tradicionais, da recreação e do turismo ambiental (VALLEJO, 2009). Por tudo isso, as comunidades devem cumprir seu papel de conter os efeitos de borda. Os estudos apontam no sentido de desenvolver uma proposta complementar que possa avaliar também a dimensão social e econômica do entorno, bem como a fragilidade do ambiente antropizado e a percepção ambiental dessas comunidades. Alguns problemas são facilmente identificados no entorno do PESP, conforme pesquisa de questionário com as associações rurais. Com o

objetivo de resolver as questões ambientais do entorno, melhorando a qualidade de vida local, devem ser incentivados projetos para contenção do escoamento superficial, com a finalidade de controle da erosão laminar e do assoreamento, impedir que o solo fique exposto com a adoção de técnicas de cultivo adequadas e revegetação de áreas degradadas, capacitação técnica dos pequenos produtores para rendimento da produtividade local, conservação das APPs dos riachos e mananciais, fiscalizar e conter a caça e o tráfico de animais silvestres, dentre outras sugestões. A gestão participativa dos agentes do entorno deverá ser também estimulada em virtude da necessidade de garantir apoio dessas populações para legitimação do espaço territorial sob tutela do poder público, neste caso uma UC de Proteção Integral. Atenção especial deve ser dada ao *entorno* e às *zonas de uso conflitante* para conter os efeitos de borda que ameaçam o ecossistema protegido.

Os recursos hídricos merecem uma atenção especial e se traduzem como elemento de grande importância para a região semiárida do entorno, que tem no parque as nascentes de seus mananciais que servem ao abastecimento e à produção agrária. Apesar do caráter intermitente da rede de drenagem, estudos das vazões do entorno e de suas principais barragens serão interessantes para a complementação do diagnóstico ambiental. Além do estudo das vazões, podem ser realizados estudos dos indicadores da qualidade da água, dos índices de poluição, balanço hídrico, outorgas, etc. A fiscalização e monitoramento dos recursos hídricos devem ser intensificados, pois assumem alta relevância ecológica para o semiárido.

A metodologia proposta permitiu realizar uma modelagem fazendo uso de técnicas de geoprocessamento e de análise de multicritérios. É importante salientar que o resultado obtido buscou elaborar um cenário para representar a realidade sob a ótica da fragilidade dos sistemas ambientais. Outros modelos são utilizados com o mesmo objetivo, por exemplo, o de Crepani et al. (2001), que dá ênfase aos estudos da morfogênese/pedogênese.

A análise empírica da fragilidade potencial contribuiu para o entendimento da fragilidade natural da unidade de conservação, cuja modelagem apresentou uma condição média da fragilidade em 82% da área do parque (2.297 **ha**), o que mostra ser um indicador razoável, tendo em vista as características pedológicas e topográficas já analisadas. Esta proposta, aliada ao plano de manejo da UC, permitirá um planejamento adequado do ordenamento territorial da área de estudo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Flávio Gomes de; SOARES, Luiz Antônio Alves (Org.). *Ordenamento Territorial: Coletânea de textos com diferentes abordagens no contexto brasileiro*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

ALMEIDA-FILHO et al. *Avaliação de técnicas de segmentação e classificação automática de imagens Landsat-TM no mapeamento do uso do solo na Amazônia*. Acta Amazonica 28 (I); 41-54, 1998.

ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; AYRES, F. M. (). Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. Engenharia Agrícola [online], v.30, n.1, 2010. p.46-57.

AMARAL, R.; ROSS, J. L. S. *A aplicação do conceito de unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP*. Geosp (USP), v. 26, p. 59-78, 2009.

ASTER GLOBAL DEM. U.S. Geological Survey. Modelo Digital de Elevação. Cena ASTGDEM2\_0S12W041. Resolução espacial de 30 metros.

BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. *Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal*. Brasília: SAE - Secretaria de Assuntos Estratégicos/ MMA - Ministério do Meio Ambiente, 1996.

BERTRAND, Georges. Paisagem e Geografia Física Global - esboço metodológico. *Caderno de Ciências da Terra*. São Paulo, SP: Instituto de Geografia – USP, 1972.

BINS, L. S.; ERTHAL, G. J.; FONSECA, L. M. G. Um método de classificação não supervisionada por regiões. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA E PROCESSAMENTO DE IMAGENS, 6. (SIBGRAPI). *Anais...* Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1993. p. 65-68.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 341, de 25 de Setembro de 2003. Dispõe sobre critérios para a caracterização de atividades ou empreendimentos turísticos sustentáveis como de interesse social para fins de ocupação de dunas originalmente desprovidas de vegetação, na zona costeira. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res03/res34103.xml>>. Acesso em 05 jul. 2013.

BRASIL. Lei nº 9.985/2000. *Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza*. Brasília: MMA/SBF, 2002. 52p.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 428/2010 - Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=641>>. Acesso em: 10 ago. 2013.

BREN, L. L.. Riparian Zone, Stream and Floodplain Issues: A Review. *Journal of Hydrology*, 1993, 150:277-299.

CÂMARA, Gilberto; CASANOVA, Marco Antônio; HEMERLY, Andréa S.; MAGALHÃES, Geovane Cayres; MEDEIROS, Cláudia Maria Bauzer. *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica*. Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP. 197 p., il., 1996.

CASSETI, V. *Ambiente e apropriação do relevo*. São Paulo: Contexto, 2. ed. 1991.

CASTRO JR, E.; COUTINHO, B. H.; FREITAS, L. E. Gestão da Biodiversidade e Áreas Protegidas. In: GUERRA, A. J. T.; & COELHO, M. C. N. (Org). *Unidades de Conservação: Abordagens e Características Geográficas*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de Sistemas Ambientais*. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CORTE, A. P. D. DLUGOSZ, F. L., CENTENO, J. A. S., Testes de limiares para a segmentação de imagens spot-5 visando a detecção de plantios florestais. *Revista Acadêmica Ciências Agrárias Ambientais*. Curitiba, v. 6, n. 2, p. 249-257, abr./jun. 2008.

COUTO et al. Mapa Geológico de Miguel Calmon. Folha – SC.24-Y-C-III-4 – MIGUEL CALMON. Projeto Serra de Jacobina. DNPM/CPRM, Salvador, 1978. 1 mapa. Escala: 1:50.000.

COUTO, P. A.; GIL, C. A. A.; LOUREIRO, H. C.; ARCANJO, J. B.; FERNANDES FILHO, J.; GUIMARÃES, J. T.; AMPELO. R.; MASCARENHAS, J. R.; BRUNI, D. C.; TOLEDO, L. A. A.; GONÇALVES, G. D. *Projeto Serra de Jacobina: geologia e prospecção geoquímica*. Relatório final. Departamento Nacional de Produção Mineral / Companhia de Produção de Recursos Minerais, 1978. 347 p.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. *Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao Ordenamento Territorial*. São José dos Campos, INPE, 2001.

DELGADO-MENDEZ, J. M. *Proteção de áreas naturais e desenvolvimento social: percepções de um conflito na gestão de unidades de conservação de proteção integral*. 203 f. 2008. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Manual de métodos de análise de solos*. Rio de Janeiro, 1979.

EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 306 p.

GIULIETTI, A. M.; NETA, A. L. B.; CASTRO, A. A. J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VIRGINIO, J. F.; QUEIROZ, L. P.; FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V.; HARLEY, R. M. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: TABARELLI, Marcelo; SILVA, José Maria Cardoso da; FONSECA, M. T.

(Org.). *Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2004.

GONÇALVES, C. W. P. *Os (des)caminhos do meio ambiente*. São Paulo: Contexto, 2008.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. *Novo dicionário geológico – geomorfológico*. Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 2009.

IBGE. *Manual técnico da vegetação brasileira*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p.

\_\_\_\_\_. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 92p.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia. In: *Anais do XII SBSR*. Goiânia. Instituto de Pesquisas Espaciais, 2005. p. 16-21.

Landsat 8 Atmospheric Correction. GIS Ag Maps. Ohio. Disponível em: <<http://www.gisagmaps.com/landsat-8-atco-guide/>>. Acesso em 02 jan. 2014.

LANDSAT 8. Engesat Imagens de Satélite Ltda. Imagem de Satélite. Bandas 1-2-3-4-5-6-7-9 com 30 m, Banda 8 com 15 m (Pan). Órbita/Ponto: 217/068. Ortorectificado e georreferenciado.

Lang, S.; Blaschke, T. *Análise da Paisagem com SIG*. Tradução de Hermann Kux, São Paulo, Oficina de Textos, 2009. 424 p.

LEAL, I. O. J. *Avaliação do processo de gestão participativa de recursos hídricos na bacia do rio Itapicuru: o caso da microrregião de Jacobina*. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília. Brasília, 2004.

LEAL, Inara R.; TABARELLI, Marcelo; SILVA, José Maria Cardoso da. *Ecologia e conservação da caatinga*. (Ed.) Recife, Ed. Universitária da UFPE, 2003. 822 p.

LEFF, Henrique. *Epistemologia ambiental*. São Paulo, Cortez Editora, 2007. 240 p.

Leo, G. W.; COX, D. P.; Carvalho, J. P. P. *Geologia da parte sul da Serra de Jacobina. Bahia, Brasil*. DNPM/DGM, Boletim 209, 1964. 87 p.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. *Matas ciliares: Conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP, 2000. p. 33-44.

MARTINS, I. S. M.; RODRIGUES, S. C. Análise e mapeamento dos graus de fragilidade ambiental da bacia do médio-baixo curso do rio Araguari, Minas Gerais. *Cadernos de Geografia*, v. 22, n. 38, 2012. p. 14-34.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de. *Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto*. 1 ed. Brasília, UnB/CNPq, v.1, 2012.

MIARA, M. A.; OKA-FIORI, C. Análise por múltiplos critérios para a definição de níveis de fragilidade ambiental – um estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Cará-Cará, Ponta Grossa/PR. *R. RA E GA*, n. 13, p. 85-98, 2007.

MOREIRA, M. A. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de Aplicação*. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001. 208 p.

MOURA, Ana Clara Mourão. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseado em Análise de Multicritérios. In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, INPE, v.1, p. 2899-2906.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, Inara R.; TABARELLI, Marcelo; SILVA, José Maria Cardoso da (Ed.). *Ecologia e conservação da Caatinga*. p. 3-73. Recife, Editora Universitária da UFPE, 2003.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. (2001) *Biologia da conservação*. Londrina: Efraim 2001, 327 p.

REMPEL, C. *Ecologia da Paisagem e suas Ferramentas podem aprimorar o Zoneamento Ambiental? O caso da região política do Vale do Taquari*. 2009, 146 f. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Brasil, 2009.

RIOS, M. L. *Vulnerabilidade à Erosão nos Compartimentos morfológicos da Microbacia do Córrego do Coxa/ Jacobina-Ba*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2011.

ROSS, J. L. S. *O Registro Cartográfico dos Fatos Geomorfológicos e a Questão da Taxonomia do Relevo*. Revista do Departamento de Geografia (USP), São Paulo, v. 06, 1992.

\_\_\_\_\_. *Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados*. Revista do Departamento de Geografia (USP), São Paulo, v. 08, 1994.

\_\_\_\_\_. *Análises e Sínteses na Abordagem Geográfica do Planejamento Ambiental*. Revista do Departamento de Geografia (USP), São Paulo, v. 09, 1995.

\_\_\_\_\_. *Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

SANTOS, A. R.; PELUZIO, T. M. O.; SAITO, N. S. *SPRING 5.2.1: Passo a passo: Aplicações práticas*. Alegre: CAUFES, 2010.

SANTOS, J. de O. Fragilidade e Riscos Socioambientais em Fortaleza-CE: contribuições ao ordenamento territorial. 311 f. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia Física. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

SCHAIK, C. V.; RIJKSEN, H. D. Projetos integrados de conservação e desenvolvimento: problemas e potenciais. In: *Tornando os parques eficientes: estratégias para conservação da natureza nos trópicos*. Curitiba: Universidade Federal Paraná, 2002. p. 37-51.

SOARES FILHO, Britaldo Silveira; CARMO, Valéria Amorim do; NOGUEIRA, Wagner J. Metodologia de elaboração da carta do potencial Erosivo da bacia do Rio das Velhas (MG).

In: *Geonomos*. v. 6, n. 2, p. 45-54, 1998.

SOUZA, Marcos José Nogueira de; OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal de. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do Nordeste Brasileiro. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, ano 05, n. 9, 2006.

SPÖRL, C. *Análise da Fragilidade Ambiental Relevo-Solo com Aplicação de Três Modelos Alternativos nas Altas Bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Riberião da Prata*. 2001. 152 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - FFLCH – USP, São Paulo, 2001.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. São Paulo, *Revista GEOUSP – Espaço e Tempo*, N°15, p.39-49, 2004.

SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. Camara G, Souza RCM, FreitasUM, Garrido J *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

SUASSUNA, João. *SEMIÁRIDO: proposta de convivência com a seca*. FUNDAJ. 2002. Disponível em <<http://www.fundaj.gov.br/docs/tropico/desat/js070202.html>>. Acesso em 25 set. de 2013.

Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Balanço hídrico do estado da Bahia. Salvador: SEI, 1999. 250 p. (Série Estudos e Pesquisas, 45).

TABARELLI, Marcelo; SILVA, José Maria Cardoso da. Áreas e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga. In: LEAL, Inara R.; TABARELLI, Marcelo; SILVA, José Maria Cardoso da (Ed.). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Recife, Editora da Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

TERBORGH, J.; VAN SCHAIK, C (2002). Por que o mundo necessita de parques? In: TERBORGH, J.; VAN SCHAIK, C.; DAVENPORT, L.; RAO M. (Org.). *Tornando os parques eficientes: estratégias para a conservação da natureza nos trópicos*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. cap. 1, p. 25-36.

TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, SUPREN, 1977.

VALLEJO, Luiz Renato. Unidades de Conservação: Uma Discussão Teórica à Luz dos Conceitos de Território e de Políticas Públicas. *Geographia* 8: 77-106, 2003.

VALLEJO, L. R. Os Parques e Reservas como Instrumentos do ordenamento Territorial. In: ALMEIDA, F.G. & SOARES, L. A. A. (Orgs) *Ordenamento Territorial: coletânea de textos com diferentes abordagens no contexto brasileiro*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.