

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

TESE DE DOUTORADO

**PROPOSTA DE REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE DADOS DA
GEODIVERSIDADE UTILIZANDO CARTOGRAFIA TEMÁTICA E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Geologia Sedimentar e Ambiental

DOUTORANDO: Utaiguara da Nóbrega Borges

ORIENTADOR: Prof. Dr. Gorki Mariano

RECIFE – PE

2013

UTAIGUARA DA NÓBREGA BORGES

Bacharel em Geografia, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, 2004
Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação,
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, 2009

**PROPOSTA DE REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE DADOS DA
GEODIVERSIDADE UTILIZANDO CARTOGRAFIA TEMÁTICA E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO**

Tese que apresento ao Programa de Pós-Graduação em Geociências, do Centro de Tecnologia e Geociências, da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelo Prof. Dr. Gorki Mariano, em preenchimento parcial para obter o grau de Doutor em Geociências, na área de concentração Geologia Sedimentar e Ambiental.

RECIFE - PE

2013

Catálogo na fonte

Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

B732p Borges, Utaiguara da Nóbrega.

Proposta de representação gráfica de dados da geodiversidade utilizando cartografia temática e tecnologias da geoinformação / Utaiguara da Nóbrega Borges. – Recife: O Autor, 2013.

193f., il., figs., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Gorki Mariano.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2013.

Inclui Referências e Anexos.

1. Geociências. 2. Geodiversidade. 3. Geoconservação. 4. Geoprocessamento. I. Mariano, Gorki (Orientador). II. Título.

551 CDD (22.ed) UFPE/BCTG-2013 / 241

**PROPOSTA DE REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE DADOS DA
GEODIVERSIDADE UTILIZANDO CARTOGRAFIA TEMÁTICA E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO**

UTAIGUARA DA NÓBREGA BORGES

Aprovada em: _____/_____/_____

Professor Dr. Gorki Mariano

Professora Dra. Alcina Magnólia Franca

Professor Dr. Admilson da Penha Pacheco

Professor Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima

Professor Dr. Marcos Antônio Leite do Nascimento

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à minha mãe, Maria José, e à minha irmã, Ubiratânia, por toda força e compreensão durante toda essa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudo no período de realização da pesquisa.

Ao orientador Prof. Dr. Gorki Mariano, por ter me dado a honra de ser seu orientando, pela compreensão e atenção durante todo o período do Doutorado, e pela confiança e amizade que deixou ser construída durante essa jornada.

Ao Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima, por estar mais uma vez presente nessa luta acadêmica, e como membro da banca.

Ao Prof. Dr. Admilsom da Penha Pacheco, por ser uma pessoa bastante aberta ao diálogo, e com grandes contribuições científicas, melhorando de forma exponencial o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Marcos Antônio Leite do Nascimento, por ter demonstrado atenção pela proposta apresentada, e pelas orientações cedidas no decorrer das atividades.

A Prof (a). Dra. Alcina Magnólia Franca, pela aceitação do convite para compor a banca de defesa, e pelas sugestões no exame de qualificação que muito contribuiu para melhoria da tese.

Ao Prof. Dr. Bartholomeu, por toda atenção e ajuda fornecida durante o desenvolvimento da pesquisa.

Aos alunos e funcionários do Programa Pós-graduação em Geociências da UFPE pelas grandes contribuições, amizade, confiança, entre várias outras conquistas que não caberiam nessa folha se fossem listadas, e que chegaram a extrapolar as barreiras acadêmicas. Não só agradeço, como irei cultivar durante toda minha vida. Em especial à Thais Guimarães, Edjane Santos, Igor (Secretária) e Alex Souza Moraes.

A todo pessoal de São João do Tigre – PB, em especial a seu Paulo, o guia da APA, grande companheiro e amigo durante todo o trabalho de campo.

Aos meus familiares, que compreenderam o meu interesse pelo universo acadêmico, e que indiretamente contribuíram para a realização desse sonho.

À minha filha querida, Tainanda Ligia, a quem muitas vezes não pude dar a atenção merecida e mutuamente desejada, em função dos estudos e do trabalho.

Aos grandes amigos Marivaldo Wagner, Rodrigo Barbosa, e David Dantas, por todos os momentos de descontrações vividos nos momentos difíceis dessa grande etapa da minha vida.

A Dr. Ignez de Andrade, pela paciência demonstrada no final dessa batalha, e por servir de fonte inspiradora e motivadora para o fechamento desse ciclo.

E por fim, gostaria de agradecer de forma singular a duas pessoas mais que especiais, que apareceram no término dessa caminhada, Dr. Ana Lúcia e Dr. Alice Maia, que foram mais do que amigas, uma verdadeira fonte de inspiração, carinho, cumplicidade e compreensão, sempre dispostas a ajudar nos momentos mais críticos dessa jornada, tornando possível a realização desse sonho, e conquistando um espaço único no meu coração. Carinho e admiração eterna.

RESUMO

A Geodiversidade consiste na variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos que resultam na origem e evolução das paisagens, rochas, minerais e solos, suportes para a vida na Terra. Geoconservação trata da proteção desses elementos. Nesse contexto, esse trabalho visa contribuir com instrumentos que envolvam elementos da geodiversidade e tecnologias de tratamento de dados georreferenciados, nos estudos de conservação do patrimônio geológico. Os métodos de avaliação para quantificar a geodiversidade carecem de representação cartográfica. Esses valores são representados em tabelas e gráficos convencionais (p. ex. barra, pizza, linhas), dificultando a leitura rápida, objetiva e comparativa. Neste trabalho apresentamos um método para a representação gráfica destes dados, utilizando geoprocessamento e cartografia temática. Foi aplicado um método de representação cartográfica, símbolos proporcionais, para representação dos valores absolutos, e de interpolação de dados, denominado *Kernel* onde são representadas as variações de densidade, por unidade de área, em escala de cor. Como campo de experimento adotamos uma Área de Preservação Ambiental, APA das onças, município de São João do Tigre, Estado da Paraíba. Foram inventariados e quantificados 14 geossítios, que serviram de base para esta pesquisa. Foram gerados mapas temáticos representando os valores quantificados (p. ex. mapas de valor cultural e econômico). Estes mapas permitem a visualização espacial, favorecendo a interpretação direta dos vários aspectos da geodiversidade. Este método inovador no estudo do patrimônio geológico representa um avanço no que concerne a inventariação e quantificação dos elementos da geodiversidade, podendo ser utilizado de forma rápida e eficiente na definição de estratégias de geoconservação.

Palavras Chave – Geodiversidade, Geoconservação, Geoprocessamento.

ABSTRACT

The Geodiversity consists in a variety of geological environments, phenomena and processes that contribute to the origin and evolution of landscape, rocks, minerals, fossils soils, support for life in the Earth. Geoconservation has as its main goal the protection of these elements. The main objective of this work is to contribute with the use of tools that encompass the elements of geodiversity and the technologies of treatment of georeferenced data obtained during the study of qualification, quantification and conservation of the geologic heritage. The evaluation methods that are currently used lack adequate graphic representation. These data are presented in conventional tables and graphics (bar, pizza and x-y graphics), imposing difficulties in lecture and comparison of the data. This work establishes a method for graphic representation of the quantitative data of the geodiversity using geoprocessing tools and thematic cartography. It was applied a method of cartographic representation, proportional symbols, for the absolute values and interpolation of data called Kernel, constructed with variation of densities for unity of area. In this method variation of densities using color scale are represented, making the interpretation of the data easier and more direct. As experimental field the region of the area of environmental preservation named APA das Onças, located in the municipality of São João do Tigre in the state of Paraíba, Northeast Brazil was used. In this area 14 geosites were selected and have their geodiversity values determined. Based on the obtained data for each geosite several thematic maps were made representing the density by areal unity of the quantified values (thematic maps of cultural and economic values). These maps allow spacial visualization, favoring direct interpretation of the various aspects of the geodiversity. This inovator method applied in the study of geologic heritage represents an advance concerning the inventariation and quatification of the geodiversity elements, promotes their quick and efficient use for the elaboration of geoconservation strategies.

Key Words – Geodiversity, Geoconservation, Geoprocessing.

Criar uma nova cultura não significa apenas fazer individualmente descobertas "originais"; significa também, e sobretudo, difundir criticamente verdades já descobertas, "socializá-las" por assim dizer; transformá-las, portanto, em base de ações vitais, em elemento de coordenação e de ordem intelectual e moral. O fato de uma massa de homens ser levada a pensar de modo coerente e unitário o presente real, é um evento filosófico bem mais importante e original do que a descoberta por parte de um gênio filosófico, de uma nova verdade que permanece como patrimônio de pequenos grupos de intelectuais.

(Antonio Gramsci – Filósofo Italiano)

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS, QUADROS E GRÁFICOS

1 – INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	17
2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1 - PROTEÇÃO DA DIVERSIDADE GEOLÓGICA DA TERRA.....	19
2.1.1 – Geodiversidade: a pluralidade geológica do planeta Terra.....	19
2.1.2 - Patrimônio Natural e o Patrimônio Geológico	23
2.1.3 – Geoconservação como instrumento para conservação dos elementos da Geodiversidade.....	28
2.1.4 - Unidades de Conservação (UC`s).....	39
2.1.4.1- Unidades de Conservação no Estado da Paraíba	41
2.1.5 – Geoturismo: fio condutor para disseminação do conhecimento da geodiversidade	44
2.2 – TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO GEOESPACIAL	47
2.2.1 - Sensoriamento Remoto.....	49
2.2.1.1 - Satélites de Alta Resolução Espacial	51
2.2.1.2 - Processamento Digital de Imagens	56
2.2.1.3 - Correção Geométrica e Transformação de Sistemas em Imagens Orbitais	58

2.2.2 - Cartografia Digital, Sistemática e Temática.....	60
2.2.3 - Sistema de Informação Geográfica – SIG	68
2.2.3.1 - Componentes de um SIG	71
2.2.4 - Análise Espacial de Dados	73
2.2.5 – Interpolação.....	75
2.2.6 - Modelagem Numérica do Terreno – MNT	78
3 - LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	81
3.1 – LOCALIZAÇÃO	81
3.2 – CARACTERIZAÇÃO	84
3.2.1 - Aspectos sócio-econômicos	84
3.2.2 - Aspectos fisiográficos	88
3.2.2.1 – Clima	88
3.2.2.2 – Vegetação	89
3.2.2.3 – Hidrografia	91
3.2.2.4 – Solos	92
3.2.2.5 - Geomorfologia	93
3.2.2.6 - Geologia Regional.....	95
3.2.2.7 - Geologia Local	98
4 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	102
4.1 – MATERIAIS.....	102
4.2 – MÉTODOS	103
4.3 - ETAPAS DO TRABALHO	104
4.3.1 - Levantamento Bibliográfico.....	105
4.3.2 - Levantamento Cartográfico	105
4.3.3 - Trabalhos de Campo.....	110
4.3.4 - Tratamento dos Dados.....	112
4.3.4.1 - Dados Matriciais.....	112
4.3.4.2 - Dados Vetoriais	116
4.3.4.3 - Tabulares - Quantificação dos Geossítios	118
4.3.4.4 - Representação Cartográfica dos Dados Quantificados.....	121

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	125
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	172
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	175

ANEXOS

ANEXO A – Ficha de Inventário dos Geossítios (BRILHA - 2005)

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Elementos representativos da Geodiversidade	27
FIGURA 02 – Fluxograma demonstrando as várias etapas de implementação de uma estratégia de Geoconservação	32
FIGURA 03 - Geólogo Louis Agassiz e a <i>Agassiz Rock</i> – Endiburgo (Escôcia).....	33
FIGURA 04 - <i>Ayers Rock</i> – Austrália	34
FIGURA 05 - Parque <i>Yellowstone</i> – EUA	34
FIGURA 06 - Rede Europeia de Goparques e Rede Global de Goparques UNESCO	36
FIGURA 07 – Parque Nacional do Itatiaia – Primeiro Parque Nacional do Brasil.....	37
FIGURA 08 - Geopark do Araripe – O primeiro das Américas.....	38
FIGURA 09 – Mapa das Unidades de Conservação do Estado da Paraíba.....	42
FIGURA 10 – Vista panorâmica da APA das Onças – PB	43
FIGURA 11 – Parque estadual Pedra da Boca – Araruna/PB	43
FIGURA 12 - Logomarcas de produtos na área de Geoturismo	44
FIGURA 13 - Geoturismo: uma nova forma de entender o sistema terra.....	45
FIGURA 14 – Resolução Espacial	50
FIGURA 15 – Características dos Satélites CBERS 1 e 2	54
FIGURA 16 – Onibus Espacial <i>Endeavour</i> (Missão SRTM) e exemplo de imagem gerada pelo seu sensor	55
FIGURA 17 – Elementos fundamentais do processo de comunicação	63
FIGURA 18 – Tipos de símbolos gráficos utilizados pela linguagem dos sinais	64
FIGURA 19 – Variáveis visuais e seus modos de implantação	67
FIGURA 20 – Representação dos tons de cinza de uma imagem digital.....	70
FIGURA 21 – Componentes do SIG	72
FIGURA 22 – Espaço amostral para interpolação de uma variável desconhecida (x)	76
FIGURA 23 – Interpolação de dados e a primeira lei da geografia	76
FIGURA 24 – Entrada e visão interna da APA das Onças	82
FIGURA 25 – Mapa de localização da área de estudo.....	83
FIGURA 26 – Visão panorâmica do município de São João do Tigre – PB.....	84

FIGURA 27 - Fabricação artesanal de renda renascença em São João do Tigre – PB	87
FIGURA 28 – Vegetação Arbórea Densa. APA das Onças – PB	90
FIGURA 29 – Início do processo de desertificação devido à supressão da vegetação Nativa. APA das Onças – PB	91
FIGURA 30 – Vista panorâmica do Açude Jucurutu localizado no interior da APA	92
FIGURA 31 – Relevo local com presença de áreas planas e elevações.....	94
FIGURA 32 – Encarte tectônico e seção geológica da Província da Borborema	95
FIGURA 33 – Mapa Geológico simplificado do Estado da Paraíba.....	97
FIGURA 34 – Afloramentos de blocos graníticos	98
FIGURA 35 – Mapa geológico da folha Pesqueira (ACCIOLY & SANTOS - 2010) com destaque para área de estudo.....	99
FIGURA 36 - Mapa litológico (Recorte da Folha Pesqueira) de São João do Tigre – PB	100
FIGURA 37 – Fluxograma com as etapas da pesquisa	104
FIGURA 38 – Carta Topográfica e Mapa Geológico.....	106
FIGURA 39 – Grade de referência do sistema CBERS – 2B (destaque área de estudo)	108
FIGURA 40 – Imagens CBERS 2B/HRC	108
FIGURA 41 – Articulação das imagens SRTM com destaque para área de estudo	109
FIGURA 42 - Localização dos Geossítios na Carta Topográfica – Folha Pesqueira..	111
FIGURA 43 – Mosaico realizado com as Imagens CBERS_2B	115
FIGURA 44 – Imagem SRTM com o limite da área da APA	116
FIGURA 45 – Dados vetoriais tratados em ambiente GIS.....	117
FIGURA 46 - Equação do estimador <i>Kernel</i>	123
FIGURA 47 – Estimador de intensidade e distribuição de pontos.....	123
FIGURA 48 – Mapa da APA das Onças - PB com a localização dos Geossítios inventariados	129
FIGURA 49 – Mapa Litológico da APA das Onças – PB.....	130
FIGURA 50 – Imagem CBERS/HRC da APA das Onças – PB	131
FIGURA 51 – Imagem SRTM da APA das Onças – PB	132

FIGURA 52 – Mapa da distribuição dos Geossítios com Valores Intrínsecos	152
FIGURA 53 – Mapa de densidade dos Geossítios com Valores Intrínsecos	153
FIGURA 54 – Mapa da distribuição dos Geossítios com Valores de Uso Potencial..	
.....	166
FIGURA 55 – Mapa de densidade dos Geossítios com Valores de Uso Potencial.....	167
FIGURA 56 – Mapa da distribuição dos Geossítios com Necessidade de Proteção...	168
FIGURA 57 – Mapa de densidade dos Geossítios com Necessidade de Proteção.....	169
FIGURA 58 – Mapa da distribuição dos Geossítios com Necessidade de Proteção (Q)	
.....	170
FIGURA 59 – Mapa de densidade dos Geossítios com Necessidade de Proteção (Q)	
.....	171

LISTA DE TABELAS, QUADROS E GRÁFICOS

TABELA 01 - Satélites de alta resolução espacial	52
TABELA 02 – Elementos do processo de comunicação	63
TABELA 03 – Exemplos de questões tratadas por um SIG	69
TABELA 04 – Características das primitivas gráficas	70
TABELA 05 – Comparação entre os formatos vetorial e matricial.....	71
TABELA 06 – Principais métodos de interpolação.....	78
TABELA 07 – Comparação entre as grades regulares e triangulares	80
TABELA 08 – Síntese do censo demográfico 2010 – São João do Tigre – PB.....	85
TABELA 09 – Faixa etária da população do Município de São João do Tigre – PB	85
TABELA 10 – Descrição da legenda da folha Pesqueira (área de estudo)	101
TABELA 11 – Categorias de modelos de dados do SPRING	113
TABELA 12 – Categorias, Modelos e PIs (Plano de Informação) criados no Projeto APA das Onças	113
TABELA 13 – Quantificação dos geossítios com base na proposta de BRILHA (2005) adaptada de UCEDA (2000).....	163
QUADRO 01 – Definições dos valores atribuídos aos elementos da geodiversidade definidos por GRAY (2004).....	22
QUADRO 02 - Carta de Digne - Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra (1991).....	28
QUADRO 03 – Áreas de Aplicação do Geoprocessamento.....	48
QUADRO 04 – Resumo do sistema CBERS e seus respectivos sensores	107
QUADRO 05 – Critérios quantitativos propostos por BRILHA (2005) adaptado de UCEDA (2000).....	119
GRÁFICO 01 – Distribuição dos Geossítios com Valores Intrínsecos	164
GRÁFICO 02 – Distribuição dos Geossítios com Valores de Uso Potencial.....	166
GRÁFICO 03 - Distribuição dos Geossítios com Necessidade de Proteção	168
GRÁFICO 04 - Distribuição dos Geossítios com Necessidade de Proteção (Q).....	170

1 – INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O uso cada vez mais acelerado e desordenado dos elementos da natureza, seja em decorrência de exploração para fins econômicos como para fins de lazer, vem ocasionando uma série de transtornos ambientais que devem ser equacionados a partir da contribuição de especialistas comprometidos com esse assunto em conjunto com planejadores territoriais e geocientistas para proteção do meio ambiente.

No Brasil, há poucos anos atrás, é que foi despertada a importância dos estudos da proteção dos elementos abióticos da natureza. Segundo a *Royal Society for Nature Conservation* do Reino Unido, a Geodiversidade consiste na variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que dão origem as paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que dão suporte a vida na Terra, ou seja, a Geodiversidade compreende todos os aspectos abióticos da natureza. Já a Geoconservação tem como finalidade a proteção desses elementos naturais, o Patrimônio Geológico.

Nessa conjuntura emergem no cenário científico uma série de trabalhos focados nessa nova temática. Alguns são de caráter mais descritivo, procurando relatar os elementos da geologia que são de grande importância para a proteção e conservação. Outros têm um caráter mais metodológico, procurando estabelecer roteiros e critérios para levantamento e valorização dos elementos do patrimônio geológico.

Observando as pesquisas realizadas no âmbito da quantificação e monitorização dos alvos estudados, os geossítios, conclui-se, que os mesmos carecem de tratamentos cartográficos automatizados, ou seja, a exploração da representação cartográfica com apoio da análise espacial de dados. Procurando contribuir com a melhoria no processamento e representação desses dados, optou-se por adotar novas tecnologias de tratamento de dados espaciais que se tornaram instrumentais essenciais, uma vez que fornece, de forma rápida e eficiente, o conhecimento do espaço analisado. Para isso optou-se por usar as normas da cartografia temática, que compreende o uso da linguagem gráfica, que esta calcada nos preceitos da semiologia gráfica, para facilitar, por parte dos usuários, gestores e planejadores, o processo de leitura e interpretação dos dados gerados no processo de quantificação e seriação dos geossítios.

O uso das tecnologias de geoprocessamento tem demonstrado ser uma ferramenta eficiente, na precisão, competência e rapidez na geração de informação,

permitindo uma melhor visualização dos parâmetros analisados. Na aplicação à Geodiversidade, esta ferramenta permite a manipulação de um grande volume de dados e a apresentação destes em forma de mapas temáticos de fácil leitura e interpretação. Desta forma, esperamos contribuir com as estratégias de geoconservação e na conservação do patrimônio geológico contribuindo com o uso de instrumentos que envolvam os elementos da geodiversidade e as tecnologias de tratamento de dados georreferenciados, nos estudos de conservação do patrimônio geológico.

Os métodos de avaliação que visam quantificar os elementos da geodiversidade, carecem de uma representação cartográfica. Nesse contexto, procurou-se estabelecer um método para a representação gráfica dos dados quantificados da geodiversidade (p.ex. valores de uso didático, científico, e conservação), utilizando geoprocessamento e a cartografia temática (Símbolos Proporcionais) com o intuito de facilitar o acesso e a compreensão dessa informação. Atualmente esses valores são representados em tabelas e gráficos convencionais (p. ex. barra, pizza, linhas). Esse tipo de representação dificulta a leitura de forma rápida e objetiva e comparativa dos dados. Neste trabalho foi aplicado um método de representação cartográfica, símbolos proporcionais, para representação dos valores absolutos, e de interpolação de dados, denominado *Kernel*, onde são representadas as variações de densidade, por unidade de área, em escala de cor. A sua aplicação na análise dos parâmetros relacionados com a geodiversidade permitirá a visualização imediata das características dos geossítios inventariados, através da leitura de mapas temáticos.

Para atender esse anseio, os seguintes objetivos foram traçados: **Geral:** Propor uma forma de representação gráfica para o estudo da geodiversidade com base na cartografia temática e tecnologias de geoinformação. Procurando estabelecer uma sequência para atingir essa meta principal do trabalho, foram estabelecidas etapas específicas. Estas etapas forma grupadas da seguinte forma: **a)** Pesquisar metodologias utilizadas em outras partes do mundo aplicadas aos estudos da conservação do patrimônio geológico; **b)** Mapear potenciais geossítios representativos da história geológica local; **c)** Adaptar fichas de inventariação geológica para atender as necessidades da área de estudo; **d)** Elaborar base de dados (espacial e não espacial) dos aspectos físicos, aspectos sócio-econômicos e culturais da área de estudo e produzir uma documentação cartográfica da área para fornecer suporte as atividades de planejamento e gestão do patrimônio geológico, com o intuito de melhorar o processo de leitura, análise e interpretação dos dados quantificados no processo de inventariação.

2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 - PROTEÇÃO DA DIVERSIDADE GEOLÓGICA DA TERRA

2.1.1 – Geodiversidade: a pluralidade geológica do planeta Terra

Nas últimas décadas a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais terrestres tem sido assunto de grande relevância no cenário mundial. O crescente aumento da população e o atual modelo econômico adotado causaram uma série de problemas ambientais, que tem colocado em jogo o futuro do nosso planeta e conseqüentemente, da humanidade. Nesse contexto desordenado que causa problemas ambientais o homem procurou criar formas de minimizar esses impactos e proteger os recursos naturais da Terra. Como respostas surgiram várias áreas do conhecimento tendo como prioridade a proteção e a qualidade do meio ambiente.

As geociências, que compreendem um universo bastante amplo de ciências que trabalham os aspectos naturais e humanos do nosso planeta, tem sido uma importante fonte de contribuições para a proteção no nosso bem mais precioso, a Terra. Dentre os vários campos do conhecimento, a geologia tem contribuído de forma significativa para o entendimento da estruturação, composição e dinâmica do nosso Planeta, colaborando com a proteção e conservação dos recursos naturais terrestres.

Como toda área nova do conhecimento, o termo geodiversidade aparece na literatura com um leque bastante abrangente de significados, alguns considerando na sua definição o envolvimento apenas dos elementos abióticos, enquanto que outras apresentam os elementos bióticos nas suas definições. Por isso é de grande importância uma revisão da literatura para o melhor entendimento do seu significado. De forma geral a Geodiversidade compreende os diversos ambientes, fenômenos e processos, que dão origem às mais diversas paisagens e elementos que compõem o nosso sistema Terra.

Segundo DIXTON *et al* (1997), a geodiversidade compreende os elementos geológicos, geomorfológicos e edáficos que evidenciam a história da Terra,

envolvendo os processos paleobiológicos ou paleoambientais, bem como os processos geológicos, geomorfológicos e edáficos.

Para JOHANSSON *et al* (1999), a geodiversidade é vista como a diversidade de rochas, depósitos, formas de terreno e processos geológicos que formam as paisagens. Compreende a expressão dos mais diversos ambientes geológicos (vulcânicos, glaciares, fluviais, deltaicos, etc.) e dos distintos ramos da geologia (estratigrafia, paleontologia, petrologia, geomorfologia, etc.), servindo de base para à biodiversidade.

NIETO (2001), em seu levantamento dos significados dessa terminologia propõe a seguinte definição: A Geodiversidade consiste no número e variedade de estruturas (sedimentares, tectônicas, geomorfológicas, hidrogeológicas e petrológicas) e de materiais geológicos (minerais, rochas, fósseis e solos), que constituem o substrato físico e natural de uma região, sobre o qual se assenta a atividade orgânica, incluindo a antrópica.

SHARPLES (2002), de forma simplificada, conceitua a Geodiversidade como a diversidade de características, assembléias, sistemas e processos geológicos (substrato), geomorfológicos (formas da paisagem) e do solo.

Para KOZLOWSKI (2004) a geodiversidade consiste na variedade natural da superfície terrestre, envolvendo os seus aspectos geológicos e geomorfológicos, solos, águas superficiais, bem como todos os demais sistemas resultantes de processos naturais (endógenos e exógenos) ou antrópicos.

Seguindo o conceito adotado por KOZLOWSKI (2004), as ações do homem são levadas em consideração como agente modificador da paisagem natural, SERRANO CAÑADAS e RUIZ FLAÑO (2007), definiu como sendo a variabilidade da natureza abiótica, incluindo os elementos litológicos, tectônicos, geomorfológicos, edáficos, hidrológicos, topográficos e os processos físicos da superfície, mares e oceanos, juntos aos processos naturais endógenos, exógenos e antrópicos que compreendem a diversidade de partículas, elementos e lugares.

Segundo GRAY (2004), geodiversidade é um termo recente para o qual existe dificuldade de definição precisa. As definições tiveram início na década de 90 por pesquisadores do continente Europeu e Australiano. Esse mesmo autor afirma que essa nomenclatura para os elementos abióticos da natureza teve seu desenvolvimento a partir da convenção da Biodiversidade, na conferência Rio-92, realizada no Rio de Janeiro. Alguns autores sugerem que a conceituação desse termo surgiu no ano de 1993, na

Conferência de Malvern, que foi realizada no Reino Unido, e que versava sobre Conservação Geológica e Paisagística.

Segundo BRILHA (2005), Geodiversidade é o título de um artigo publicado por STANLEY (2000) e que foi adotado pela *Royal Society for Nature Conservation* como título de um relatório com informações sobre as Ciências da Terra intitulado de *Geodiversity Update*.

O Serviço Geológico do Brasil define Geodiversidade como o estudo da natureza abiótica, formada por uma variedade de ambientes, composição, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores: intrínseco, cultural, estético, econômico, científico, educativo e turístico (CPRM, 2006).

PEREIRA (2010), afirma que a Geodiversidade corresponde ao conjunto de elementos abióticos do Planeta Terra, incluindo os processos físico-químicos associados, materializados na forma de relevos, rochas, minerais, fósseis e solos, formados a partir das interações entre os processos das dinâmicas interna e externa da Terra e que são dotados de valores intrínsecos, científicos, turísticos e de uso e gestão.

Em algumas acepções observa-se que os autores no âmbito das suas definições começaram a atribuir valores a esses elementos da geodiversidade. Estes valores já haviam sido adotados por SHARPLES (2002), São eles: valores intrínsecos, ecológicos e antropocêntricos. Posteriormente GRAY (2004) amplia esses valores, adicionando as seguintes categorias: intrínseco, cultural, estético, econômico, funcional, científico e educativo. No quadro 01 são apresentados os valores da geodiversidade e seus respectivos significados definidos por GRAY (2004).

QUADRO 01 – Definições dos valores atribuídos aos elementos da geodiversidade definidos por GRAY (2004).

SIGNIFICADOS
<p>I - Valor Intrínseco ou Existência: Refere-se à crença ética com relação aos elementos da natureza. Esse valor vai além do que pode ser usado pelo homem (valor utilitário). Este é o valor mais difícil uma vez que para descrever envolve dimensões éticas e filosóficas das relações entre a sociedade e da natureza.</p>
<p>II - Valor Cultural: Está relacionado ao valor atribuído pela sociedade em alguns aspectos do ambiente físico em razão de sua importância social/comunidade.</p>
<p>III - Valor Estético: Refere-se ao impacto visual fornecida pelo ambiente físico. Isso pode ser através de formas de relevo em todos os níveis escalar, de cordilheiras à lagoas locais, das costas à margens de rios.</p>
<p>IV - Valor Econômico: Compreende o valor mais objetivo de todos. Está relacionado a exploração econômica dos elementos geológicos. Fósseis, rochas, minerais, sedimentos, todos têm valor econômico, embora este mude dependendo da natureza do material envolvido.</p>
<p>V - Valor Funcional: Todos os elementos da geologia tem um papel funcional nos sistemas ambientais, físico e biológico. Por sua vez, podemos reconhecer duas subdivisões de valores funcionais. Primeiro, há valores utilitários para a sociedade humana da geodiversidade <i>in situ</i>. Em segundo lugar, tem a geodiversidade, um valor funcional no fornecimento de substratos essenciais, habitats e processos abióticos, que mantêm os sistemas físicos e ecológicos na superfície da Terra e, assim, sustentando a biodiversidade.</p>
<p>VI - Valor Científico e Educacional: Em muitos aspectos são os mais importantes. O ambiente físico é um laboratório para pesquisas científicas, e muitas vezes é o único local que oferece um teste confiável de muitas teorias geológicas. No âmbito educacional serve como material didático para disseminação do conhecimento das geociências.</p>

FONTE: GRAY (2004)

Vale aqui salientar que nos diversos métodos de quantificação e análise dos elementos da geodiversidade citados na literatura, há uma variação desses elementos de valorização, devido às peculiaridades dos elementos geológicos de cada local e da concepção que cada autor tem a respeito dos respectivos elementos.

A singularidade, raridade e importância para evidenciar a dinâmica geológica do sistema Terra controlam os valores desses elementos da geodiversidade, e tem como intuito classificar esses elementos como patrimônio natural, ou mais especificamente patrimônio geológico, conceito que será apresentado no próximo tópico.

2.1.2 - Patrimônio Natural e o Patrimônio Geológico

Nas últimas décadas o nosso planeta tem respondido às ações realizadas pelo homem no que diz respeito ao seu modo de exploração, irracional e descontrolada, dos recursos naturais terrestres. Essas respostas fizeram com que o mesmo despertasse a sua sensibilidade para a proteção do Meio Ambiente. Desta forma foram realizadas reuniões a nível global entre países, a criação de órgãos competentes, a criação de instrumentos normativos, e de políticas educativas para conscientizar a população em todo o nosso planeta. Estas ações implicam na criação de vários termos que hoje fazem parte dos jargões das ciências ambientais e afins. Dentre essas várias terminologias vale ressaltar: os Patrimônios Naturais, Culturais, e o Geológico.

Para melhor entendermos essas nomenclaturas, vamos nos remeter o significado da palavra patrimônio. Se realizarmos uma pesquisa na literatura buscando as origens desse termo, veremos que a sua fonte é de latina e vem de *patrimonium*, que intrinsecamente nos remete a algo que é herdado de pai para filho. Com o passar do tempo essa terminologia foi se ampliando e passou a abarcar um significado mais abrangente, compreendendo os bens, de forma geral, que eram legados por uma geração e são passados para as gerações subseqüentes. Segundo BEM (2012), à semântica de patrimônio, de origem latina, cujo radical *patri* está presente em *pai* e *pátria*, esse termo surgiu da aproximação lingüística portuguesa com a francesa, nesta, termo *patrimoine* é usado para designar bens coletivos.

Nas esferas ambientais e culturais à acresção dos termos cultural e natural ao termo patrimônio amplia o seu significado, abrangendo os elementos bióticos, abióticos e culturais da natureza. A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), através da Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial Cultural e Natural, de 1972, que tinha entre as suas funções a identificação e a proteção dos lugares mais importantes de interesse cultural e natural do nosso planeta, apresenta nos seus artigos 1 e 2 os seguintes significados para patrimônio cultural e natural, respectivamente:

ARTIGO 1 - Para os fins da presente Convenção, são considerados “patrimônios culturais”:

- **Os Monumentos:** obras arquitetônicas, esculturas ou pinturas monumentais, objetos ou estruturas arqueológicas, inscrições, grutas e conjuntos de valor universal excepcional do ponto de vista da história, da arte ou da ciência;

- **Os Conjuntos:** grupos de construções isoladas ou reunidas, que, por sua arquitetura, unidade ou integração à paisagem, têm valor universal excepcional do ponto de vista da história, da arte ou da ciência;

- **Os Sítios:** obras do homem ou obras conjugadas do homem e da natureza, bem como áreas, que incluem os sítios arqueológicos, de valor universal excepcional do ponto de vista histórico, estético, etnológico ou antropológico.

ARTIGO 2 - Para os fins da presente Convenção, são considerados “patrimônios naturais”:

- Os monumentos naturais constituídos por formações físicas e biológicas ou por conjuntos de formações de valor universal excepcional do ponto de vista estético ou científico;

- As formações geológicas e fisiográficas, e as zonas estritamente delimitadas que constituam habitat de espécies animais e vegetais ameaçados de valor universal excepcional do ponto de vista estético ou científico;

- Os sítios naturais ou as áreas naturais estritamente delimitadas, detentoras de valor universal excepcional do ponto de vista da ciência, da conservação ou da beleza natural”.

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, promulgada em 05 de outubro de 1988, que compreende a lei fundamental e suprema do nosso país, servindo de referencia para validar a todas as demais condições normativas, versa sobre o significado da palavra patrimônio.

Definição de patrimônio na Constituição brasileira (BRASIL, 1988):

“Art. 216. Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem:

I - as formas de expressão; II - os modos de criar, fazer e viver; III - as criações científicas, artísticas e tecnológicas; IV - as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais; V - os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico”

Como referenciado anteriormente, o termo Patrimônio Geológico é para nossa sociedade algo tão recente que até mesmo nos meios acadêmicos, onde se encontra grande parte das mentes esclarecidas da nossa sociedade, essa nomenclatura é bastante desconhecida. Esse termo composto exprime a ideia de passar para as gerações futuras os bens abióticos da natureza. Para GRAY (2004), as primeiras abordagens relacionadas a essa terminologia, surgiram como reconhecimento e valorização dos elementos da geologia, como suporte precípuo à diversidade biológica, e enquanto bens coletivos da humanidade, com diversos tipos de valores científicos, cultural, estético e econômico.

Nesse universo do conhecimento essa terminologia fica restrita aos elementos naturais abióticos, ficando suas competências limitadas aos estudos de natureza geológica, criando uma dependência no que diz respeito aos conhecimentos específicos dessa área da geociência. Considerando numa visão mais holística, a geociência inseriu nos seus preceitos o elemento homem como agente modificador do meio, ou seja, a sociedade com sua dinâmica atuante no meio natural, não pode ser negligenciada uma vez que modifica a paisagem terrestre, aparecendo assim, no conceito de patrimônio geológico, a variável humana, levando em consideração os elementos naturais e culturais.

MUNÓZ (1988), define patrimônio geológico como sendo constituído por recursos geológicos e culturais, ou seja, recursos não renováveis de caráter cultural, que contribuem para o reconhecimento e interpretação dos processos geológicos que

modelaram a Terra, que podem ser distinguidos de acordo com o valor (científico, didático), por sua utilidade (científica, pedagógica, museológica e turística) e relevância (local, regional, nacional e internacional).

Segundo UCEDA (1996), o patrimônio geológico inclui as formações rochosas, estruturas, acumulações sedimentares, formas, paisagens, depósitos minerais ou paleontológicos, coleções de objetos geológicos de valor científico, cultural ou educativo e/ou de interesse paisagístico ou recreativo; pode incluir, ainda, elementos de arqueologia industrial relacionados com instalações para a exploração de recursos do meio geológico.

De acordo com CARVALHO (1999), patrimônio geológico é qualquer ocorrência de natureza geológica, tal como um afloramento rochoso, pedreira, mina abandonada, jazida com fósseis e outros, desde que assuma valor documental e/ou monumental que justifique a preservação como herança às gerações vindouras.

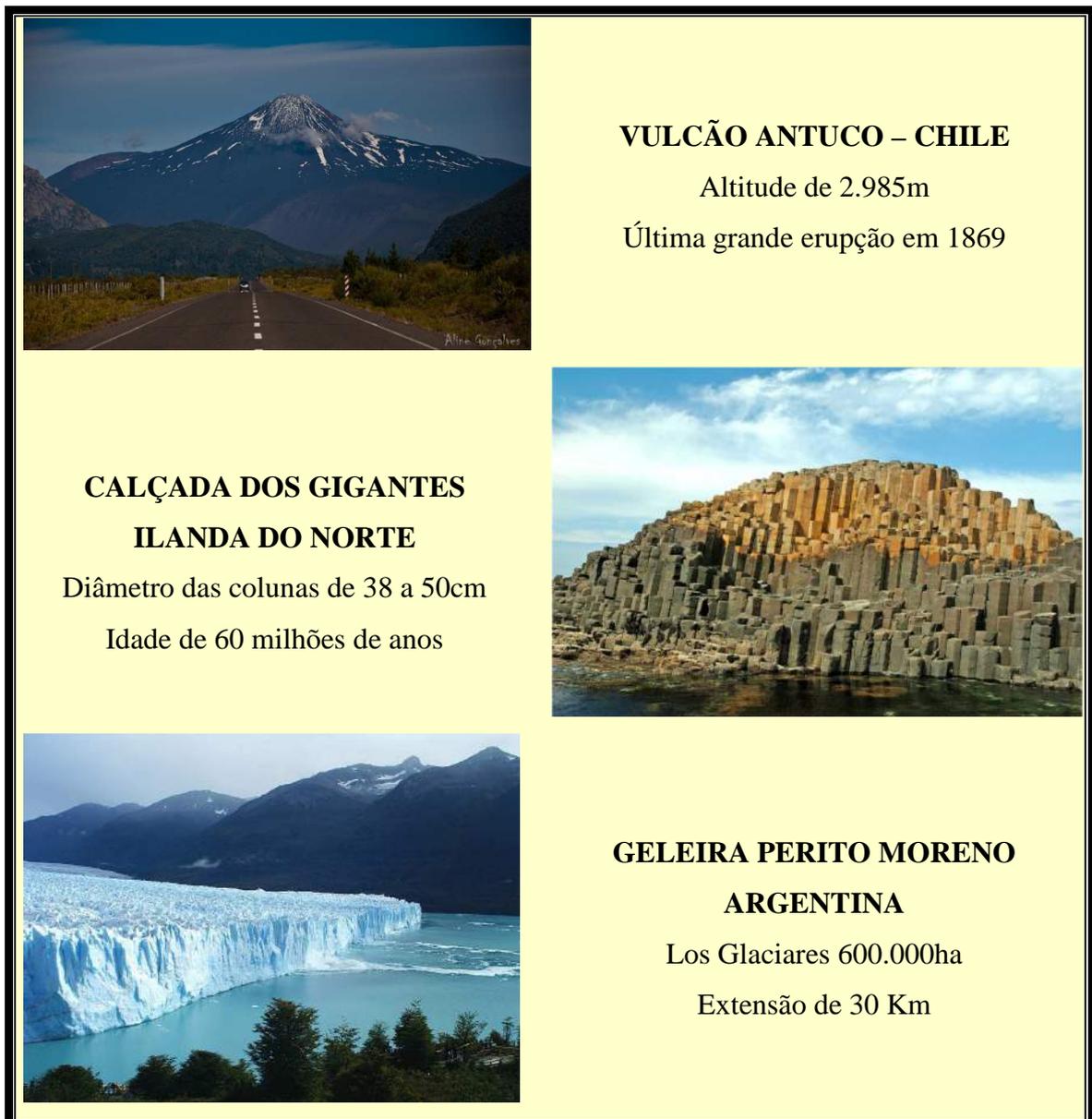
NIETO (2002), afirma que o patrimônio geológico representa todos aqueles recursos naturais não renováveis, incluindo formações rochosas, estruturas e pacotes sedimentares, formas de relevo e paisagens, jazimentos minerais e/ou fossilíferos e coleções de objetos geológicos, que apresentem algum valor científico, cultural ou recreativo que representam a memória da Terra, sobre a qual os seres vivos desenvolvem a sua atividade.

GARCÍA-CORTÉS e URQUÍ (2009) consideram como patrimônio geológico o conjunto de recursos naturais geológicos de valor científico, cultural ou educacional, as formações e estruturas geológicas, formas do terreno, minerais, rochas, meteoritos, fósseis, solos e outros eventos geológicos que possibilitem conhecer, estudar e interpretar: a origem e evolução da Terra, os processos que atuam nas formas rochosas da Terra, os climas e paisagens do passado e presente e a origem e a evolução da vida.

Vale salientar que as definições supracitadas estão, obviamente, passíveis não só de indagações, mas também de discussões mais dilatadas, uma vez que cada autor expressa nas suas definições seu modo de interpretar os elementos da geodiversidade.

Convém ainda esclarecer que o patrimônio geológico integra todos os elementos notáveis que constituem a geodiversidade, englobando, por conseguinte, os patrimônios paleontológico, mineralógico, geomorfológico, petrológico, hidrológico entre outros (BRILHA, 2005). De forma resumida o Patrimônio Geológico é o somatório dos elementos do Patrimônio Natural e Cultural (Figura 01).

FIGURA 01 - Elementos representativos da Geodiversidade.



FONTE: BRIGHT (2008)

Procurando consolidar essa gama de conhecimentos que começaram a aflorar no século XX, com relação à proteção do Patrimônio Geológico, foi realizado no ano de 1991, em Digne-Les-Bains, França, o 1º Simpósio Internacional sobre a Proteção do Patrimônio Geológico, onde mais de cem especialistas de trinta países dos mais diversos continentes, com o intuito de discutir os elementos relacionados a essa temática, teve como produto final um documento que representa os paradigmas para a promoção do Patrimônio Geológico em nível global, a Carta de Digne (Quadro 02).

QUADRO 02 - Carta de Digne - Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra (1991).

- 1 - Assim como cada vida humana é considerada única, chegou a altura de reconhecer, também, o caráter único da Terra;
- 2 - É a Terra que nos suporta. Estamos todos ligados a Terra e ela é a ligação entre nós todos;
- 3 - A Terra, com 4500 milhões de anos de idade, é o berço da vida, da renovação e das metamorfoses dos seres vivos. A sua larga evolução, a sua lenta maturação, deram forma ao ambiente em que vivemos;
- 4 - A nossa história e a história da Terra estão intimamente ligadas. As suas origens são as nossas origens. A sua história é a nossa história e o seu futuro será o nosso futuro;
- 5 - A face da Terra, a sua forma, são o nosso ambiente. Este ambiente é diferente do de ontem e será diferente do de amanhã. Não somos mais que um dos momentos da Terra; não somos finalidade, mas sim passagem;
- 6 - Assim como uma árvore guarda a memória do seu crescimento e da sua vida no seu tronco, também a Terra conserva a memória do seu passado, registrada em profundidade ou à superfície, nas rochas, nos fósseis e nas paisagens, registro esse que pode ser lido e traduzido;
- 7 - Os homens sempre tiveram a preocupação em proteger o memorial do seu passado, ou seja, o seu patrimônio cultural. Só há pouco tempo se começou a proteger o ambiente imediato, o nosso patrimônio natural. O passado da Terra não é menos importante que o passado dos seres humanos. Chegou o tempo de aprendermos a protegê-lo e protegendo-o aprenderemos a conhecer o passado da Terra, esse livro escrito antes do nosso advento e que é o patrimônio geológico;
- 8 - Nós e a Terra compartilhamos uma herança comum. Cada homem, cada governo não é mais do que o depositário desse patrimônio. Cada um de nós deve compreender que qualquer depredação é uma mutilação, uma destruição, uma perda irremediável. Todas as formas do desenvolvimento devem, assim, ter em conta o valor e a singularidade desse patrimônio;
- 9 - Os participantes do 1º Simpósio Internacional sobre a Proteção do Patrimônio Geológico, que incluiu mais de uma centena de especialistas de 30 países diferentes, pedem a todas as autoridades nacionais e internacionais que tenham em consideração e que protejam o patrimônio geológico, através de todas as necessárias medidas legais, financeiras e organizacionais.

2.1.3 – Geoconservação como instrumento para conservação dos elementos da Geodiversidade

Analisando os processos históricos das questões relacionadas ao Meio Ambiente, pode-se observar que a preocupação com essa temática é bastante recente, e foi praticamente no final do século XX que os termos “Preservação” e “Conservação”, passaram a fazer parte do universo das discussões ambientais. Como foi dito anteriormente, uma mudança de paradigma também veio à tona, uma vez que a presença do homem como agente alterador do meio tomou dimensões consideráveis. Nesse sentido não apenas os elementos do meio físico natural tinha importância, mas também,

as ações antrópicas como agentes transformadores do meio passaram a fazer parte da composição dessas terminologias.

De forma sucinta, a preservação e a conservação compreendem em um conjunto de táticas aplicáveis ao amparo dos elementos do meio natural, fazem parte das vertentes ideológicas preservacionistas e conservacionistas, que procuram representar as diversas formas do homem se relacionar com a natureza. O conceito de preservação tende a envolver a proteção da natureza, independente do interesse de seu uso e do valor econômico que possa conter, ou seja, os ambientes preservados tem um caráter bastante protetor, onde as entidades são consideradas como santuários intocáveis. Já o conceito de conservação, mais flexível, está atrelado ao de Desenvolvimento Sustentável, uma vez que consiste em uma forma adequada de administrar os recursos naturais, fazendo uso de forma racional, sem causar danos ao meio ambiente e que não comprometa as gerações futuras.

Alguns autores contestam essa vertente preservacionista. BARRETO (1999), a preservação como forma de proteção pode levar à destruição do patrimônio por falta de condições financeiras para obras de restauro ou de simples manutenção, enquanto que, a conservação compreende que os elementos dos patrimônios passem por mudanças processos de manutenção.

Para PALLEGRINI (2006), esse conceito de preservação não é aplicável ao universo do Patrimônio Geológico, uma vez que para esse autor ele é classificado como um Patrimônio Natural. Esse tipo de Patrimônio está constantemente em processo de modificação devido as dinâmicas dos agentes exógenos e endógenos.

O patrimônio geológico, assim como outros recursos naturais, também pode ser modificado, danificado e até destruído por processos naturais e pela atividade humana. O patrimônio geológico é um recurso natural não renovável. A sua destruição constitui uma perda irrecuperável. Para assegurar a salvaguarda desse patrimônio, desenvolvem-se instrumentos que visam à conservação desses elementos. Desta forma, as atividades que tem como finalidade a conservação e gestão sustentável do patrimônio geológico e dos processos naturais a ele associados denomina-se Geoconservação (BRILHA, 2005).

SHARPLES (2002), compreende que a geoconservação tem como objetivo a conservação da diversidade natural (ou geodiversidade) de significados aspectos e processos geológicos (substrato), geomorfológicos (formas de paisagem) e de

solo, mantendo a evolução natural (velocidade e intensidade) desses aspectos e processos.

Para SHARPLES (2002), os principais objetivos da geoconservação são: **A** – Conservar e assegurar a manutenção da geodiversidade; **B** – Proteger e manter a integridade dos locais com relevância em termos de geoconservação; **C** – Minimizar os impactos adversos dos locais importantes em termos de geoconservação; **D** – Interpretar a geodiversidade para os visitantes de áreas protegidas; **E** – Contribuir com a manutenção da biodiversidade e dos processos ecológicos dependentes da geodiversidade.

Nesse contexto, BRILHA (2005), define como estratégia de conservação como sendo a concretização de uma metodologia de trabalho que visa sistematizar as tarefas no âmbito da conservação do patrimônio geológico de uma determinada área. Para auxiliar nessa estratégia o autor define uma sequência de tarefas a serem executadas para elaboração de um diagnóstico da área de interesse geológico. São elas:

A – Inventário: Início de todo processo de geoconservação. Momento de levantamento dos elementos de interesse da geodiversidade (geossítios). Nessa etapa o objetivo não é levantar todos os elementos do meio abiótico, e sim os de características singulares. Aqui os geossítios devem ser localizados em um mapa (topográfico/geológico), realização de registro fotográfico e uma caracterização utilizando uma ficha de campo;

B – Quantificação: Depois de serem inventariados os geossítios são submetidos a um processo de quantificação com base nos seus valores de relevância. Esse processo deve integrar diversos critérios que levem em consideração as características intrínsecas de cada geossítio, o seu potencial e o nível de proteção necessária. Como isso se pretende estabelecer prioridades nas ações de geoconservação, ou seja, orientar a escolha dos primeiros geossítios a serem sujeitos às etapas posteriores à geoconservação. BRILHA (2005) apresenta a sua proposta de quantificação baseada nos preceitos lançados por UCEDA (2000).

C – Classificação: Essa etapa está relacionada com as políticas ambientais pertinentes a cada País. No Brasil a lei adotada para enquadrar o patrimônio geológico nesse processo é a 9.985/2000, que criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

Essa lei determina a organização e gestão das unidades de conservação no Brasil, estabelecendo suas diversas categorias e seus objetivos de conservação. Segundo NASCIMENTO *et al* (2008), as categorias de unidades de conservação que se enquadram no contexto do patrimônio geológico são: Parque Nacional, Monumento Natural, Área de Proteção Ambiental e Reserva Particular do Patrimônio Natural. Vale salientar que é necessário consultar as legislações ambientais vigentes nos níveis Estaduais e Municipais, uma vez que as mesmas aparecem contraditórias.

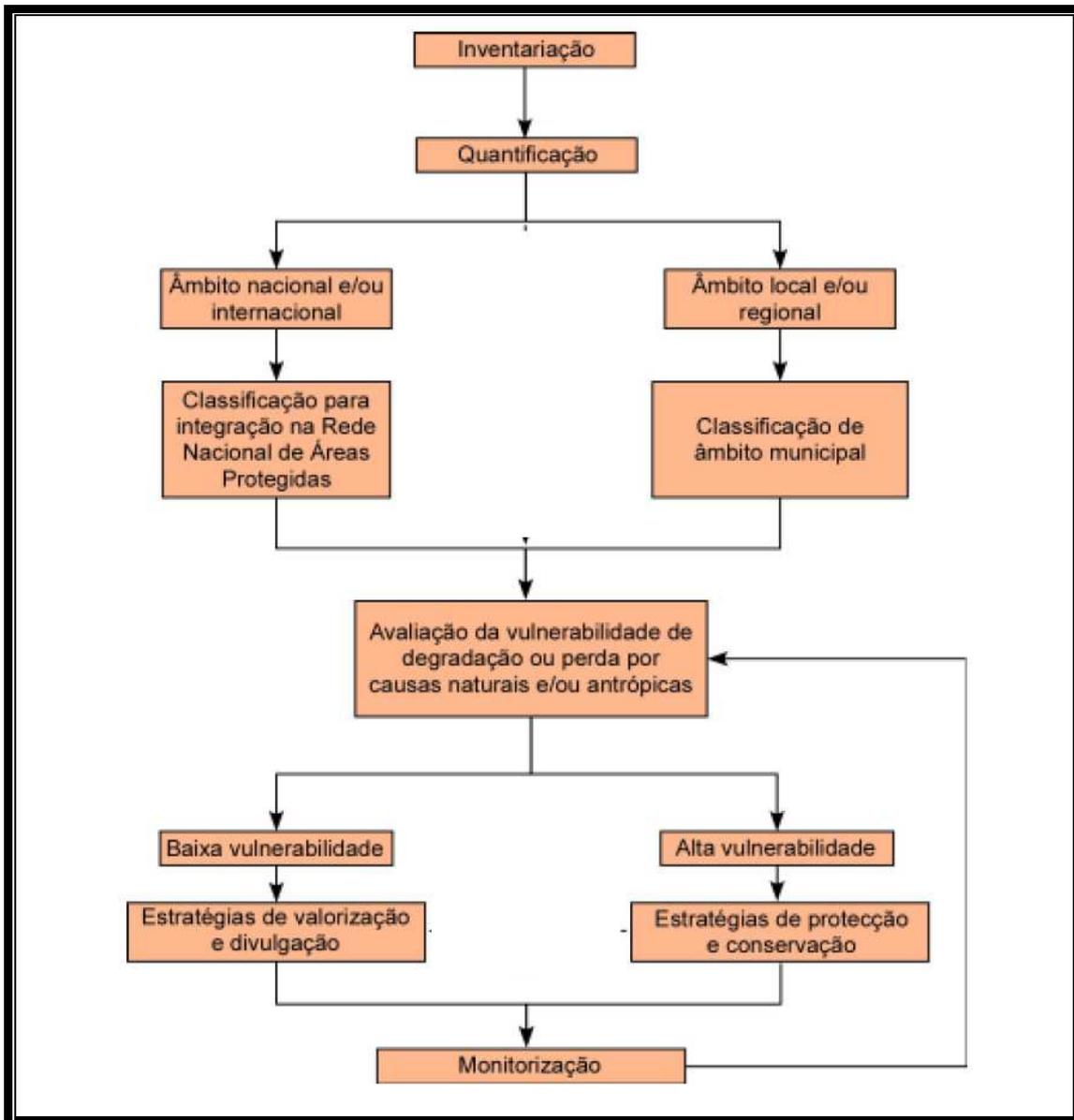
D – Conservação: Essa etapa tem como objetivo selecionar os geossítios que se encontram em maior risco para, de acordo com a sua relevância, definir as estratégias para conservação do mesmo. Como se trata de um ato conservacionista, e não preservacionista, o mesmo terá o intuito de garantir a integridade física do geossítio, sem a proibição do seu acesso pelo público.

E – Valorização/Divulgação: Nessa fase a finalidade é fazer com que o público em geral reconheça o valor dos geossítios. Além de recursos como folders, livros, vídeos, entre outros.

F- Monitoramento: Esse procedimento fornece subsídio para deliberar as ações palpáveis relacionadas à manutenção do geossítio, ou seja, nada mais é do que acompanhar as atividades que estão sendo realizadas e a forma como estão sendo executadas, para garantir a “sobrevivência” dos elementos da geodiversidade.

A figura 02 expõe as etapas para implantação de estratégias de geoconservação definidas por BRILHA (2005).

FIGURA 02 – Fluxograma demonstrando as várias etapas de implementação de uma estratégia de Geoconservação.



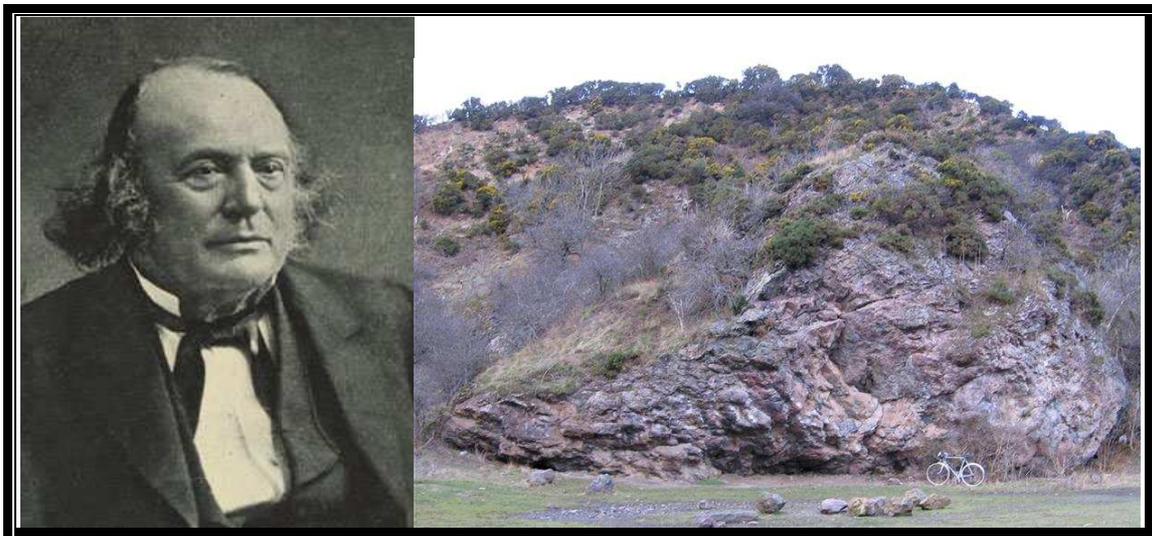
FONTE: BRILHA (2005)

O despertar pelos interesses de conservação dos elementos abióticos da natureza, fazem parte de um processo histórico que segundo BRUSCHI (2007), começou a surgir, de forma pontual e diversificada, em vários países no final do século XIX e meados do século XX, com o registro e amparo do patrimônio geológico e a declaração de áreas protegidas. A autora enfatiza como exemplos desse período os seguintes fatos, cronologicamente:

- 1867 – Proteção da *Agassiz Rock* – Endiburgo (Escôcia). Nesse local o geólogo suíço *Agassiz* evidencia a presença de glaciares na paisagem escocesa (Figura 03);
- 1870 – Declaração da *Ayers Rock* – Austrália. Proteção de feição na paisagem como parte da tradição dos povos indígenas valorizarem os elementos geológicos (Figura 04);
- 1872 – Criação do parque *Yellowstone* – EUA. Concentração de mais da metade dos fenômenos geotérmicos do mundo (Figura 05).

Existem relatos que a abordagem dos estudos de geoconservação é bem mais antiga do que se parece, tendo como exemplo a proteção de um geossítio, no ano de 1668, a montanha de Hartz, na Alemanha.

FIGURA 03 - Geólogo *Louis Agassiz* e a *Agassiz Rock* – Endiburgo (Escôcia).



FONTE: <http://mortenahistoria.blogspot.com.br> - <https://www.scottishclimbs.com>

FIGURA 04 - *Ayers Rock* – Austrália.



FONTE: <http://globalgoodgroup.com>

FIGURA 05 - Parque *Yellowstone* – EUA.



FONTE: <http://thoth3126.com.br>

BRUSCHI (2007), ainda enfatiza que apesar dessas iniciativas que foram datadas no final do século XIX, o processo de geoconservação só começa a ganhar forma no início dos anos 70 do século XX, com o advento da geologia ambiental e do aparecimento de publicações relacionados com a temática.

WIMBLEDON *et al* (1999), destaca os seguintes fatos que marcaram o verdadeiro início da sistemática dos estudos da geoconservação a nível mundial:

- 1988 – Surgimento da “*European Working for Earth Science Conservation*”, que em 1998, foi renomeada de ProGEO – *European Association for the Conservation of the Geological Heritage*;
- 1989 – Criação da Lista Global de Sítios Geológicos (GILGES), compreendia em um inventario mundial de sítios geológicos elaborado pela União Internacional das Ciências Geológicas (IUGS);
- 1991 – Primeiro Simpósio Internacional sobre a Proteção do Patrimônio Geológico, em Digne – França. Onde foi aprovada a Carta de Digne, mais conhecida como Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra;
- 1993 – Realização na Inglaterra a conferência de Malvern, para Conservação Geológica e da Paisagem;
- 1996 – Segundo Simpósio sobre a Conservação do Patrimônio Geológico, realizado em Roma, onde surgiu a criação do Projeto GEOSITES e definido o grupo de trabalho: GGWG – *Global Geosites Working Group*, da IUGS, que teve os principais objetivos:
 - a) Elaborar um inventário global e automatizado dos sítios geológicos de interesse global;
 - b) Promoção de uma política de proteção e apoio às ciências geológicas em nível regional e nacional;
 - c) Estabelecer critérios e assessorar as iniciativas regionais e locais pra realização de inventários.

- 2000 – Criação na Europa da Rede Mundial de Geoparques (Figura 06); Um Geoparque é um território com limites bem definidos e com uma área suficiente alargada de modo a permitir um desenvolvimento sócio-econômico local, cultural e ambientalmente sustentável, o Geoparques deverá contar com geossítios de especial relevância científica e estética, de ocorrência rara, associados a valores arqueológicos, ecológicos, históricos ou culturais (BRILHA – 2005);
- 2004 – Surgimento da Rede Global de Geoparques da UNESCO (Figura 06).

FIGURA 06 - Rede Europeia de Goparques e Rede Global de Goparques UNESCO.



FONTE: <http://www.europeangeoparks.org/>

Existem na literatura vários eventos que marcaram a evolução do processo de geoconservação a nível mundial, para mais detalhe consultar PEREIRA (2010) e BEM (2012).

Com relação às iniciativas de geonconservação no contexto brasileiro, alguns autores definem como marco inicial o ano de 1937, com a criação do Parque Nacional de Itatiaia, e da publicação do Decreto-Lei nº 25, de 30 de Novembro de 1937, que tem como objetivo a proteção do patrimônio histórico artístico e nacional, tombando e protegendo os monumentos naturais (Figura 07).

FIGURA 07 – Parque Nacional do Itatiaia – Primeiro Parque Nacional do Brasil.



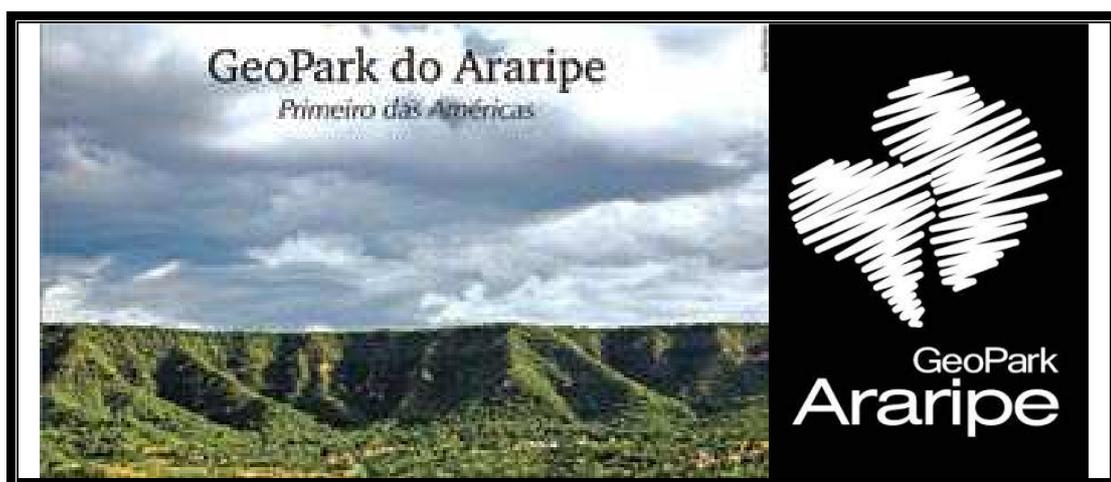
FONTE: <http://etrilhas.com>

Posteriormente outras iniciativas foram tomadas:

- 1997 – Criação da Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), criado pelo Serviço Geológico do Brasil - Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), com objetivo de catalogar os geossítios brasileiros para lista global de sítios geológicos (*Global Indicative List of Geological Sites – GILGES*);

- 2000 – Promulgação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), através da Lei 9.985/2000, compreendendo um instrumento jurídico de fundamental importância para o processo de conservação e geoconservação;
- 2001 – O Projeto Caminhos Geológicos. A iniciativa partiu do Departamento de Recursos Minerais do Rio de Janeiro (DRM-RJ). Esse projeto teve como finalidade a elaboração de material explicativo (painéis) sobre os monumentos geológicos do Estado do Rio de Janeiro. Posteriormente vários projetos de igual finalidade foram desenvolvidos em outros Estados da República Federativa, dentre eles estão: 2003 – Caminhos Geológicos e Paleontológicos do Paraná, desenvolvido pela MINEROPAR; 2003- Caminhos Geológicos da Bahia, tendo a iniciativa da Superintendência Regional da Bahia da CPRM em parceria com a PETROBRAS; 2006 – Monumentos Geológicos do Rio Grande do Norte, idealizado pelo Instituto de Desenvolvimento e Meio Ambiente do RN (IDEMA) e PETROBRAS, entre outros;
- 2006 – Criação do primeiro Geoparque da América Latina, o Geoparque do Araripe, fazendo parte da Rede Global de Geoparques da UNESCO (Figura 08);

FIGURA 08 - Geopark do Araripe – O primeiro das Américas.



FONTE: <http://geoparkararipe.org.br/>

Os estudos de geoconservação no Brasil, apesar de incipientes, encontram-se em um momento de grande expansão. A presença dessa temática em

eventos científicos, trabalhos de pesquisas em centros acadêmicos, e o surgimento de grupos de discussões com interesse na temática, já é bastante evidente. Esperamos que o mais breve possível o nosso País tenha consolidado esses princípios no contexto da nossa cultura, uma vez que os benefícios proporcionados para a nossa população são imensuráveis.

2.1.4 - Unidades de Conservação (UC`s)

Como foi referenciado anteriormente, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) tem sido adotado no nosso país como elemento norteador das políticas de geoconservação. O SNUC foi criado mediante a Lei federal 9.985, de 19 de julho de 2000, e tem como enfoque principal o papel da sociedade, criando incentivos para a gestão participativa e disponibilizando uma nova realidade para a conservação dos elementos da natureza do território Brasileiro.

Dentre vários objetivos do SNUC, destaca-se a proteção das paisagens naturais pouco alteradas e de notável beleza cênica; das características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural; a recuperação dos recursos hídricos e edáficos, promoverem atividades de educação ambiental, atividades recreativas e turísticas onde existe autorização (BEM, 2012).

Apesar de elencar os elementos abióticos nas suas atribuições, as metas do SNUC geralmente subvalorizam esses elementos, levando mais em consideração os elementos bióticos da natureza. Mesmo assim, há possibilidades de inserir nas categorias desse sistema a proteção dos elementos da geodiversidade. Encontram-se nesse sistema, categorias compatíveis para o enquadramento do patrimônio geológico (PEREIRA, 2008).

No Brasil, de acordo com o SNUC, as Unidades de Conservação são classificadas em dois grupos: As **Unidades de Uso Integral**, que tem como característica o uso indireto dos seus recursos naturais, ou seja, o seu usufruto sem envolvimento de consumo, coleta, dano ou deterioração dos mesmos. Fazem parte desse grupo: As Estações Ecológicas (EE), as Reservas Biológicas (RB), os Parques Nacionais (PN), os Monumentos Naturais (MN) e os Refúgios de Vida Silvestre (RVS);

As Unidades de Uso Sustentável, que propõem compatibilizar a conservação do ambiente natural com o uso sustentável de parte de seus recursos naturais, onde fazem parte desse grupo: As Áreas de Proteção Ambiental (APA), as Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), as Florestas Nacionais (FN), as Reservas Extrativistas (REX), as Reservas de Fauna (RF), as Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS), e as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN).

Nesse universo os que enquadram os elementos do patrimônio geológico no contexto das Unidades de Uso Integral são: Os MN, que são destinados à preservação de áreas que possuem uma singularidade, raridade, beleza e vulnerabilidade; e os PN, que compreendem áreas de considerável extensão territorial ou marinha, que contemplem elementos ou paisagem de expressivo valor nacional. Esses parques englobam ecossistemas que não sofrem agressões físicas por exploração humana. A visitação pública e a pesquisa científica das Unidades de Conservação de Proteção Integral dependem das condições e restrições que constam no plano de manejo, às normas estabelecidas pelo órgão responsável pela administração e as previstas em regulamento. A pesquisa científica depende ainda, da autorização prévia do órgão responsável pela administração da Unidade (BEM, 2012).

As Unidades de Uso Sustentável que enquadram a proteção do patrimônio geológico são: As APAs, que são extensas áreas territoriais que apresentam um grau considerável de ocupação humana, e que possuem elementos de grande valia para a qualidade de vida das populações que ali ocupam. As ARIE, o oposto das APAs, possuem pouca extensão territorial e pouca ocupação humana, porém, apresenta características do meio natural de caráter exuberante e singular; As REX, são caracterizadas por serem terem um povoamento tradicional, onde a subsistência esta focada no extrativismo, na agricultura e na pecuária de subsistência; As RDS, são áreas ocupadas por populações tradicionais, onde a sua existência esta relacionada a exploração dos recursos naturais de forma sustentável de acordo com as condições ecológicas locais; e as RPPN, são as áreas onde o intuito principal é a conservação da biodiversidade. Nessas áreas a permissividade da para pesquisa científica, e para fins recreativos, turísticos e educacionais, só será permitida de acordo com as normas vigentes.

2.1.4.1 - Unidades de Conservação no Estado da Paraíba

O Estado da Paraíba apresenta um cenário bastante diversificado com relação aos seus ecossistemas naturais. Essa variação da fisiografia é caracterizada em paisagens com presença de biomas da Mata Atlântica e da Caatinga, e elementos litológicos com feições graníticas e sedimentares. Procurando preservar esses elementos, que são vítimas das agressões predatórias do homem, foram criados até o presente momento um total de 28 áreas protegidas, sendo elas: 03 de responsabilidade municipal, 14 sobre a égide do estado e 11 sobre a tutela da esfera federal. Na figura 09, mapa das unidades do Estado da Paraíba, pode-se observar a distribuição dessas UC's, as esferas administrativas responsáveis e as categorias existentes.

A área que foi adotada como objeto de pesquisa desse trabalho, compreende uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, denominada Área de Proteção Ambiental das Onças (Figura 10). Instituída em 2002, pelo Decreto Estadual nº 22.880/2002, com o intuito de proteger uma ampla, e expressiva, área do Bioma Caatinga. Essa área abriga uma quantidade considerável de sítios arqueológicos, uma fauna composta de animais de grande e médio porte, mamíferos, roedores e répteis, residentes e dependentes dessa região. Com relação ao meio físico, nessa ambiente encontram-se afloramentos de rochas que datam do paleoproterozóico e do neoproterozóico, servindo assim, como elementos ilustrativos, para compor a história geológica da Terra, servindo de exemplo para os estudos da geodiversidade.

A APA das Onças, por ser uma Unidade de Conservação de Desenvolvimento Sustentável, permite que existam residentes no seu interior, conta com a responsabilidade administrativa do órgão Estadual do Meio Ambiente, a SUDEMA, e o apoio cooperativo da Prefeitura Municipal de São João do Tigre.

Atualmente tem se buscado adequar alguns usos e costumes, as necessidades de proteção/conservação da área. Com isto, o envolvimento da comunidade local e seu entorno, torna-se imprescindível, não só para uma nova dinâmica de uso e ocupação do lugar, mas para a geração de uma política de emprego e renda com foco nesta nova orientação conservacionista (SUDEMA, 2005).

FIGURA 09 – Mapa das Unidades de Conservação do Estado da Paraíba.

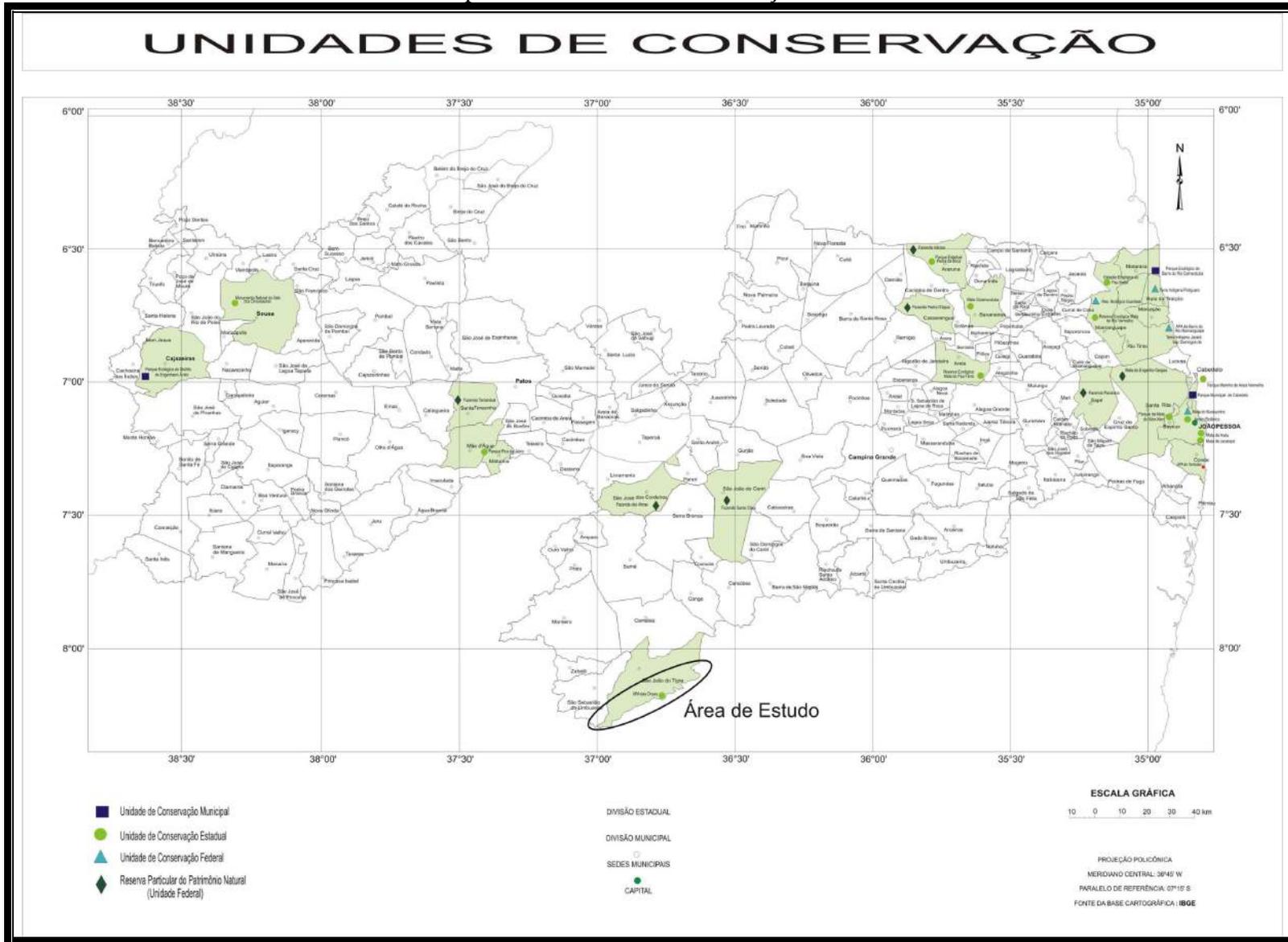


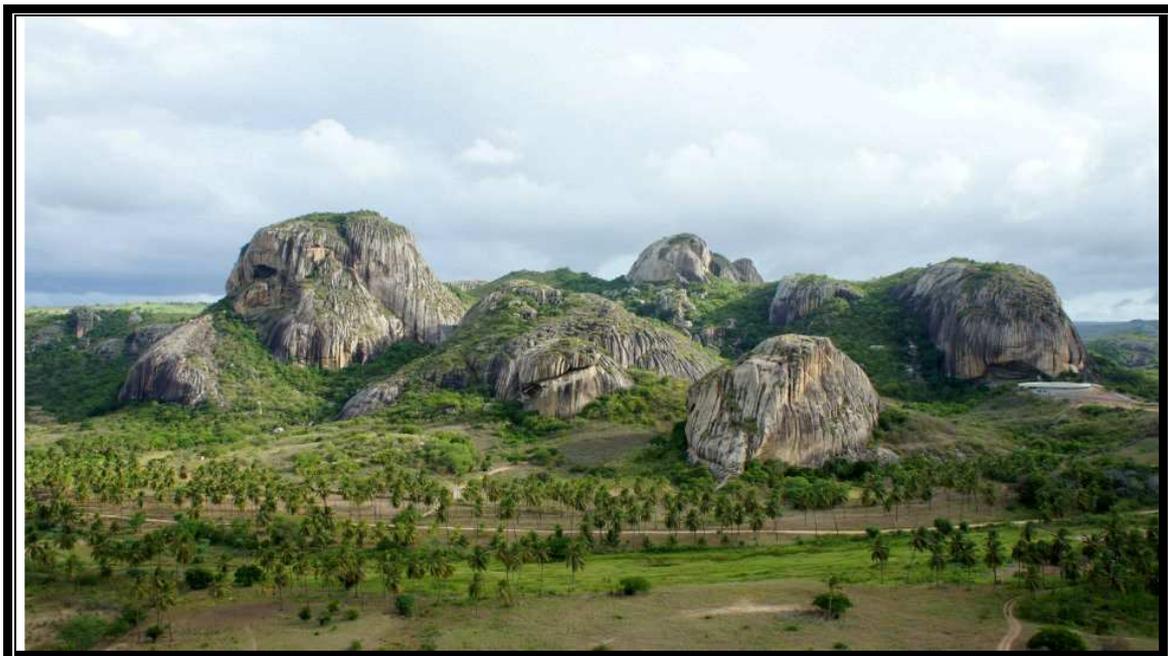
FIGURA 10 – Vista panorâmica da APA das Onças – PB.



FONTE: SUDEMA

Outra área protegida bastante expressiva no Estado da Paraíba é o Parque Estadual Pedra da Boca, localizado no Curimataú paraibano, no município de Araruna, divisa com o Estado do Rio Grande do Norte, abrangendo uma área de 157,26 hectares. Compreende um forte atrativo turístico, onde são desenvolvidas atividades de turismo de aventura e ecoturismo. No seu contexto é forte a presença de cavernas e artes rupestres que mostram a história de ocupação do espaço paraibano, e elementos representativos da história geológica da Terra (Figura 11).

FIGURA 11 – Parque estadual Pedra da Boca – Araruna/PB.



FONTE: SUDEMA

2.1.5 – Geoturismo: fio condutor para disseminação do conhecimento da geodiversidade

No final do século XX, o turismo converteu-se numa das atividades econômicas mais importantes do mundo, crescendo em progressão geométrica, alguns estudiosos denominam de indústria sem chaminé. O seu desenvolvimento é tanto que conseguiu superar os setores tradicionais como indústria automobilística, a eletrônica e a petrolífera. Segundo dados da Organização Mundial de Turismo (OMT), entre 2000 e 2008, as viagens internacionais cresceram 4,2% ao ano, alcançando o total de 922 milhões de turistas em 2008, gerando uma renda de aproximadamente US\$ 5 trilhões (*World Travel & Tourism Council - WTTC*). As projeções para a OMT é que essa cifra suba no ano de 2020 para 1,5 bilhão de viajantes internacionais.

Tentar definir essa área do conhecimento não é atividade fácil, uma vez que suas características são descentralizadas, devido às relações existentes com vários campos de atuação, onde cada um tem uma definição de acordo com os seus próprios interesses. Segundo a OMT, O turismo compreende as atividades que realizam as pessoas durante suas viagens e estadas em lugares diferentes ao seu entorno habitual, por um período consecutivo inferior a um ano, com finalidade de lazer, negócio ou outras. As atividades são os elementos que compõem essa estrutura. Segundo SANCHO (2001), compreendem: 1) **A Demanda:** formado pelos consumidores dos produtos turísticos; 2) **A Oferta:** são os produtos propriamente ditos (Figura 12), os serviços e as organizações envolvidas; 3) **O Espaço Geográfico:** é o local físico onde ocorrem a oferta e a demanda; 4) **O Operadores de Mercado:** são as empresas que tem como função facilitar a interação entre a oferta e a demanda.

FIGURA 12 - Logomarcas de produtos na área de Geoturismo.

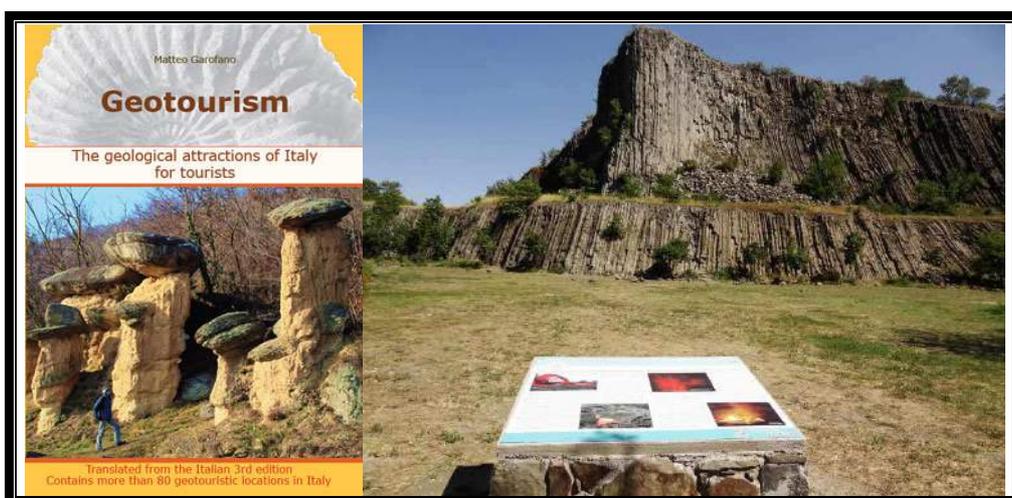


FONTE: <http://www.europeangeoparks.org/>

No quesito oferta, a área de turismo apresenta um leque bastante diversificado de produtos. Ouvimos constantemente falar em turismo ecológico, turismo de aventura, turismo de negócios, turismo sertanejo, turismo pedagógico, turismo religioso, ou seja, a quantidade de adjetivos parece infinita para esse universo de atividades que não para de crescer. No que tange a essas terminologias surgiu recentemente uma nova vertente dessas atividades, alinhada ao contexto científico/pedagógico, que tem como missão disseminar os conhecimentos pertinentes a área da geologia, mais especificamente, aos temas relacionados à geodiversidade. Esse novo segmento procura fomentar a sustentabilidade e a conservação do patrimônio geológico, utilizando conhecimentos científicos específicos, oferecendo atividades e projetos ligados com a interação homem-natureza.

Esse novo ramo, denominado de Geoturismo (Figura 13), ora se confunde com as atividades de Ecoturismo, apesar de estarem em contato com o meio natural biótico e abiótico, se diferenciam na sua essência. Esse último tem por fim o intuito de colocar a população em contato com a natureza, para desfrutar o bem-estar dessa relação. Enquanto que o primeiro, além de proporcionar essa sensação de prazer, agrega os valores educativos uma vez que coloca o turista a frente dos conhecimentos das geociências, para melhor compreender a história evolutiva do nosso planeta, além de compreender melhor o valor dos elementos abióticos da natureza. Podemos pensar o geoturismo como uma fusão do ecoturismo com o turismo pedagógico.

FIGURA 13 - Geoturismo: uma nova forma de entender o Sistema Terra.



FONTE: <http://www.geotourism.it>

Tentar definir esse termo será uma tarefa bastante árdua, assim como tentar definir os termos geodiversidade e patrimônio geológico, por se tratar de uma nova área do conhecimento, encontra-se na literatura um espectro bastante diversificado de definições. Analisando etimologicamente a palavra, “Geo” diz respeito aos elementos do universo da geologia e geomorfologia, compreendendo os elementos da paisagem, do relevo, fósseis, minerais, rochas, levando em consideração os processos que deram origem a esses elementos.

HOSE (2000), define geoturismo como, provisão de serviços e facilidades interpretativas no sentido de possibilitar aos turistas a compreensão e aquisição de conhecimentos de um sítio geológico e geomorfológico ao invés da simples apreciação estética. Esse mesmo autor classificou os turistas com interesses nesse tipo de atividade, os “geoturistas”, em dois grupos: os “geoturistas dedicados”, que são pessoas com interesse em desfrutar e aprender sobre os elementos da geodiversidade; e os “geoturistas casuais”, que são os indivíduos que fazem visitaçao apenas com objetivo de contempla a beleza cênica dos locais, sem nenhuma cobiça de conhecimento geológico.

De acordo com DOWNLING & NEWSOME (2005), o geoturismo relaciona a geologia, geomorfologia, os recursos naturais e seus processos de evolução com o turismo, que, por sua vez, envolve a visitaçao de forma a gerar nas pessoas um sentimento de interesse, apreciaçao e entendimento.

RUCHKYS (2007), conceitua da seguinte forma: um segmento da atividade turística que tem o patrimônio geológico como seu principal atrativo e busca sua proteçao por meio da conservaçao de seus recursos e a sensibilizaçao do turista, utilizando, para isto, a interpretaçao deste patrimônio tornando-o acessível ao público leigo, além de promover a sua divulgaçao e o desenvolvimento das ciências da Terra.

O geoturismo pode ser entendido como "o turismo que mantém ou aprimora o *caráter geográfico* de um lugar, seu ambiente, cultura, estética, patrimônio e o bem-estar de seus moradores." (*National Geographic*, 2011).

Como fio condutor para disseminaçao do conhecimento da geodiversidade, as atividades inerentes ao geoturismo deve ratificar o papel interdisciplinar das Geociências, estimulando o diálogo entre geocientistas, estudantes, profissionais de outras áreas do conhecimento e o público leigo, contribuindo para uma divulgaçao dos saberes geológicos e de geoconservaçao do patrimônio natural, através

do uso de práticas econômicas sustentáveis, que promovam o desenvolvimento efetivo das regiões que abrigam esses geossítios (SANTOS, 2012).

2.2 – TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO GEOESPACIAL

O advento da informática trouxe mudanças significativas no contexto das ciências, tais como: automação dos dados, tratamento de grande volume de informação em um menor intervalo de tempo, e o surgimento de novas áreas de aplicações. Estas transformações atingiram os diversos ramos do conhecimento, acarretando em grande progresso para a sociedade moderna. As Ciências Exatas e da Terra, inseridas neste contexto apresentam avanços no que diz respeito ao tratamento da informação espacial, surgindo como área de aplicação o Geoprocessamento, favorecendo grandes contribuições nos estudos da dinâmica terrestre.

Quando se fala em Geoprocessamento, diversas são as referências errôneas ao seu significado. Vários são os casos em que é atribuída a sua função à confecção de mapas. Etimologicamente, pode-se analisar o termo geoprocessamento da seguinte forma: Geo = terra, esse prefixo denota, nesse contexto toda a informação que se manifesta no âmbito do Planeta Terra. Quanto ao radical processamento, vem de processo, que é do latim *processus*, que significa “andar avante”, “progresso”. Os vocábulos latinos *processus* e *progressus* têm o mesmo significado, que é “andar avante”, “avançar” (SOUZA *et al*, 2011). Esse termo está relacionado ao tratamento da informação automatizada, utilizando ferramentas computacionais. De forma simplificada, o Geoprocessamento tem como característica o processamento automatizado dos dados, que tem como sua origem na análise de dados espaciais.

Assim, pode se acreditar que o termo Geoprocessamento, surgindo no sentido de processamento de dados georreferenciados, ou seja, dados que possuem as coordenadas espaciais que os localizem na superfície terrestre, significa implantar um processo que traga um progresso no estudo da dinâmica do Planeta Terra. Não é somente representar, mas é associar a esse ato um novo olhar sobre o espaço, um ganho de conhecimento em termos de informação.

Não existindo na literatura atual uma definição exata deste termo, cada autor, de acordo com os seus níveis de conhecimento e formação, tem criado ou cria

uma definição própria. Para CÂMARA *et al* (2005), o termo geoprocessamento denota uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas ou georreferenciada (Qualquer tipo de dado que esteja distribuído no espaço terrestre com suas respectivas coordenadas de posicionamento).

Para ROCHA (2000), o geoprocessamento é definido como sendo uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações, associadas a mapas digitais georreferenciados.

Pode-se observar que, quando é levantada qualquer argumentação condizente ao geoprocessamento, em aplicações tanto na área social como na ambiental, a mesma está se referindo a um conjunto de etapas envolvendo a coleta, o armazenamento, o tratamento, e o uso integrado dos dados geográficos. Vale ressaltar que, esses dados, obrigatoriamente, precisam estar georreferenciados.

Compreendendo uma área de caráter multidisciplinar, as suas aplicações são bastante abrangentes, contribuindo para o mapeamento, planejamento, e monitoramento de áreas submetidas às variáveis dos fenômenos terrestres. No quadro 03 segue um resumo das aplicações dessa tecnologia.

QUADRO 03 – Áreas de Aplicação do Geoprocessamento.

- Controle de tráfego;
- Roteamentos turísticos;
- Mapeamento geotécnico;
- Planejamento e estudos ambientais de gasodutos e oleodutos;
- Monitoramento e controle de pragas e doenças;
- Gestão de redes de distribuição de energia elétrica, água e coleta de esgotos;
- Administração municipal e planejamento urbano;
- Administração, caracterização e localização de recursos naturais;
- Monitoramento de bacias hidrográficas;
- Aplicações em Petrologia; Pedologia; Hidrogeologia; Topografia; Mapeamento Geológico; Geomorfologia; Geologia Ambiental; Pesquisa Mineral. Geodiversidade, Geoturismo e Geoconservação.

Adaptado de: ROCHA (2000)

2.2.1 - Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto constitui um conjunto de técnicas de obtenção de informação de um determinado fenômeno ou objeto sem o contato físico com o mesmo, através de sensores a bordo de satélites ou de aviões. Fotografias aéreas, imagens de satélites e radar são exemplos de produtos gerados a partir de dispositivos remotamente sensoriados (PACHECO, 2006). A grande finalidade do sensoriamento remoto é estudar os elementos da superfície terrestre, pelo registro e pela análise das interações entre a radiação eletromagnética e estes elementos.

O Sensoriamento Remoto constitui a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, para transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta terra em suas mais diversas manifestações (MONTANHER, 2013).

A fonte de radiação utilizada em sensoriamento remoto tanto pode ser natural, emitida pelo sol; como artificial, emitida pelo próprio sensor, como é o caso dos radares, que emitem feixes de radiação na faixa das microondas sobre os objetos imageados. A faixa do espectro eletromagnético mais utilizada no Sensoriamento Remoto está compreendida entre 0,3 nm e 15 nm.

Quando se trabalha com sensoriamento remoto, um aspecto deve ser levado em consideração, às resoluções de um sensor que podem ser espectral, espacial, temporal e radiométrica. A resolução espectral é inerente às imagens multiespectrais e hiperespectrais. Compreende o número de bandas (faixa do espectro) disponíveis em um determinado sensor e a amplitude de cada banda. Quanto mais bandas disponíveis, e menor a largura dos comprimentos de onda, melhor será a resolução espectral do sensor. A resolução espacial (Figura 14) está relacionada com a capacidade do sensor em identificar os objetos imageados. Quanto menor o objeto factível de ser identificado, melhor a resolução espacial do sensor. Esta resolução está relacionada ao tamanho do pixel, ou seja, em um sensor com uma resolução espacial de 15 x 15 metros, cada lado do pixel terá 15 metros, e o sensor irá imagear os objetos inseridos em uma área de 225m². A resolução temporal diz respeito à frequência com que o sensor observa uma determinada área. Por exemplo, o satélite LANDSAT obtém imagens a cada 16 dias

uma mesma área. Já o CBERS, a cada 3 dias. Com a melhor resolução temporal, será possível acompanhar o comportamento de um determinado fenômeno no tempo.

Por último, a resolução radiométrica, que está atrelada aos níveis digitais (níveis de cinza) representados nas imagens. Quanto maior o número de níveis de cinza, melhor a resolução radiométrica.

FIGURA 14 – Resolução Espacial.



FONTE: www.engesat.com.br

2.2.1.1 - Satélites de Alta Resolução Espacial

Os sistemas sensores são equipamentos acoplados em plataformas aéreas, ou orbitais, que tem como objetivo registrar e processar informações inerentes aos alvos imageados. As imagens obtidas pelos sensores de alta resolução espacial proporcionam aos usuários aplicações em diversas áreas devido à sua alta resolução espacial, espectral e temporal, e o baixo custo para obtenção quando comparado com os produtos fornecidos pela aerofotogrametria convencional. Esses produtos estão sendo comercializadas para uso civil desde setembro de 1999, com o lançamento do satélite *IKONOS* e em 2001 com o satélite *Quickbird* (PEDRO, 2007).

O *IKONOS* foi colocado em órbita em 24 de setembro de 1999, tendo suas operações iniciadas em janeiro de 2000. A operação e comercialização das suas imagens é de domínio da empresa norte americana *Space Imagin*. As imagens de alta resolução fornecidas por esse satélite é decorrente da liberação da tecnologia fornecida pelo governo norte americano, que antes estava apenas disponível para fins militares.

O *QuickBird* foi projetado e construído por meio da cooperação entre as empresas norte-americanas *DigitalGlobe*, *Ball Aerospace Technologies*, *Kodak e Fokker Space*. O primeiro lançamento em novembro de 2000 fracassou, vindo a ser lançado em órbita com sucesso, no dia 18 de outubro de 2001, pela missão Boeing Delta II, na Base Aérea de *Vandenberg*, na Califórnia, EUA. É um satélite de alta precisão que oferece imagens comerciais de alta resolução espacial da Terra (PETRIE, 2002).

Um sistema que tem apresentado um grande avanço nesse contexto de de alta resolução espacial, é o da família de satélite francês SPOT. Esse projeto tem a iniciativa do governo francês, com a participação da Suécia e Bélgica, o programa é gerenciado pelo Centro Nacional de Estudos Espaciais - CNES, que é o responsável pelo desenvolvimento do programa e operação dos satélites. Recentemente foi lançada a terceira geração desse satélite, o SPOT 6 e 7, oferecendo uma resolução espacial de 1,5 metros em modo pan-cromático, e 6 metros em modo multiespectral (tabela 01).

Outros exemplos de satélites de alta resolução espacial podemos citar o *GeoEye 1*, *WorldView 2*, *LANDSAT 8*, e o *Pléiades 1A* (Tabela 01). A Tabela 01 apresenta um resumo dos aspectos espaciais, espectrais e temporais dos Satélites de Alta Resolução Espacial de grande uso no Brasil.

TABELA 01 - Satélites de alta resolução espacial.

ESPECIFICAÇÕES / SATÉLITES	IKONOS	QUICKBIRD	GEOEYE - 1	WORLDVIEW - 2	LANDSAT - 8	SPOT - 6 e 7	PLÉIADES - 1A
NÚMERO DE BANDAS	1 Pancromática 4 Multiespectrais	1 Pancromática 4 Multiespectrais	1 Pancromática 4 Multiespectrais	1 Pancromática 8 Multiespectrais	1 Pancromática 8 Multiespectrais	1 Pancromática 4 Multiespectrais	1 Pancromática 4 Multiespectrais
RESOLUÇÃO	0,80m Pancromática 3,2m Multiespectral	0,60m Pancromática 2,4m Multiespectral	0,50m Pancromático 2m Multiespectral	0,50m Pancromático 2m Multiespectral	15m Pancromático 2m Multiespectral	1,5m Pancromático 6m Multiespectral	0,70m Pancromático 2,8m Multiespectral
TEMPO DE REVISITA	3 dias	3,5 dias	3 dias	3,7 dias	16 dias	26 dias	26 dias
ALTITUDE DA ORBITA	681km	450km	681km	770km	705km	694km	695km

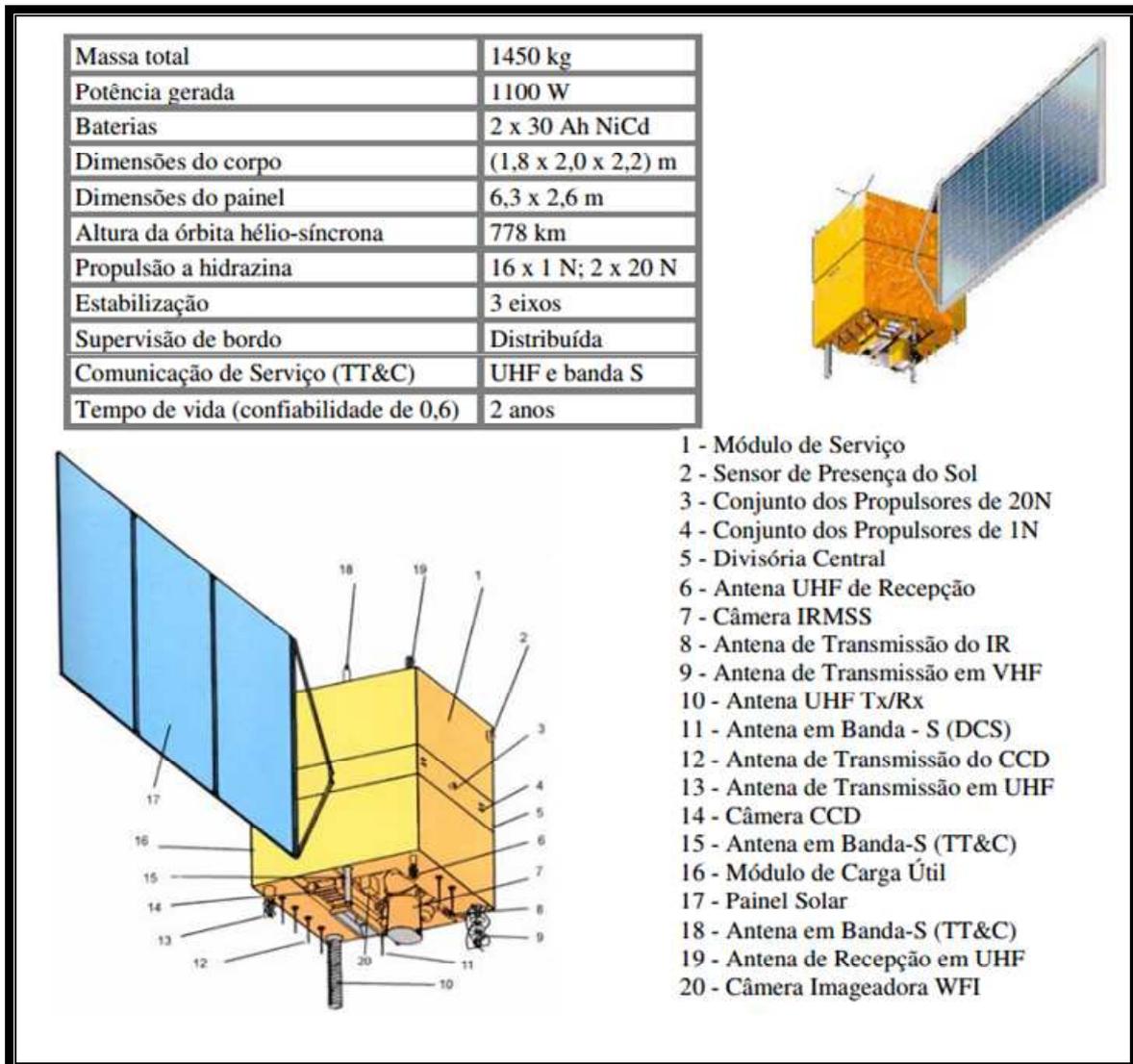
De forma complementar é importante destacar o Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS), que, atualmente, enquadra-se nesse contexto de satélites de alta resolução espacial.

Os satélites CBERS-1 e 2 (Figura 15) são compostos de dois módulos: módulo "carga útil" que acomoda os sistemas ópticos (HR CCD – *High Resolution Charge-Coupled Devices*, IRMSS - *Infra-Red Multispectral Scanner* e WFI - *Wide Field Imager*) e eletrônicos usados para observação da Terra e coleta de dados; e módulo "serviço" que contém os controles, telecomunicações, equipamentos que asseguram o suprimento de energia e demais funções necessárias à operação do satélite. A órbita do CBERS é heliossíncrona, a uma altitude de 778 km, perfazendo cerca de 14 revoluções por dia. Nesta órbita, o satélite cruza o equador sempre na mesma hora local (10h30min), retornando a cada 26 dias ao mesmo ponto de cobertura da Terra.

O satélite CBERS é equipado com câmeras para observações ópticas de todo o globo terrestre, além de um sistema de coleta de dados ambientais. São sistemas únicos devido ao uso de sensores que combinam características especiais para resolver a grande variedade de escalas temporais e espaciais, características de nossos ecossistemas.

“The main payload of the first three CBERS satellites is a CCD camera with 20-m GIFOV (ground instantaneous field of view), five bands (blue, green, red, NIR, pan), 8 bits, 113-km swath, and $\pm 32^\circ$ across-track viewing capability. The second important payload present in these three satellites is a Wide Field Imager (WFI), with two bands (red and NIR), 260-m GIFOV at nadir, 890-km swath. As part of CBERS-1 and -2, there was an Infrared Scanner (IRMS) with four bands (pan, TIR, and two in SWIR), 80-m (160-m TIR) spatial resolution, 120-km swath. For CBERS-2B, this scanner was replaced with a High Resolution Camera (panchromatic, 2.7- m spatial resolution, 27-km swath)” (COSTA et al, 2011).

FIGURA 15 – Características dos Satélites CBERS 1 e 2.

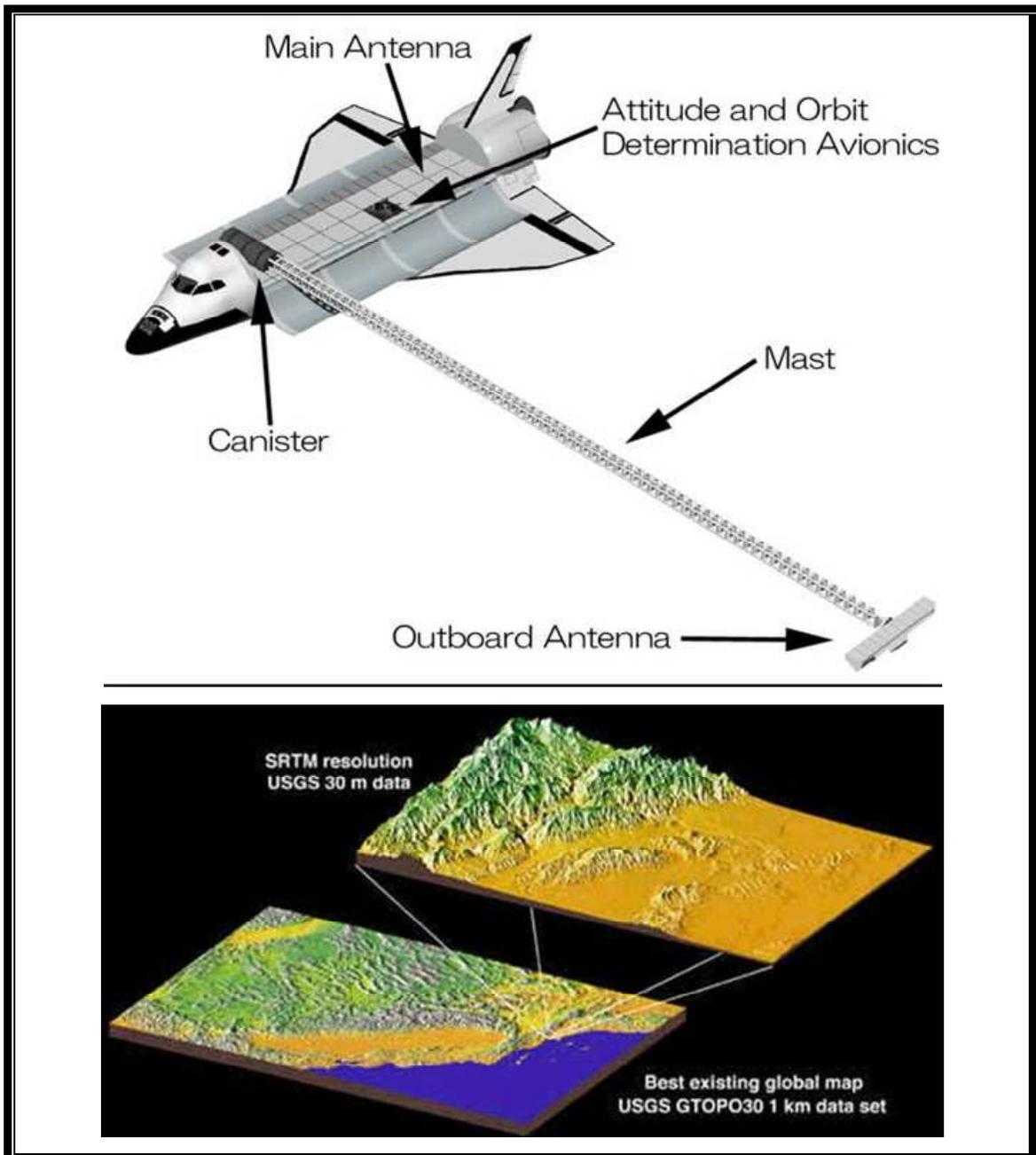


FONTE – INPE/CBERS

Nesse conjunto de tecnologias espaciais de alta resolução devemos levar em consideração os sistemas para geração de imagens tridimensionais. A SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) é uma missão espacial liderada pela NASA em parceria com as agências espaciais da Alemanha (DLR) e Itália (ASI), realizada em fevereiro de 2000. Com 11 dias de duração, seu objetivo foi gerar um modelo digital de elevação quase global. O sensor utilizado foi um radar (SAR) a bordo do ônibus espacial *Endeavour* (Figura 16), que obteve dados sobre mais de 80% da superfície terrestre, nas bandas C e X, fazendo uso da técnica de interferometria. Nesta técnica a altitude dos pontos no terreno é obtida através da medição da diferença de fase entre

duas imagens radar sobre um mesmo local na Terra. A SRTM adquiriu os dados em uma mesma órbita, graças às duas antenas de recepção separadas por um mastro de 60 metros a bordo da plataforma, o que melhora muito a qualidade da informação coletada (VALERIANO, 2007).

FIGURA 16 – Onibus Espacial *Endeavour* (Missão SRTM) e exemplo de imagem gerada pelo seu sensor.



FONTE: NASA

2.2.1.2 - Processamento Digital de Imagens

A coleta de dados em sensoriamento remoto consiste na primeira etapa do trabalho com imagens digitais. Os dados imageados pelos sensores estão passíveis de uma série de falhas oriundas das condições atmosféricas, da curvatura da terra, entre outras. Após a obtenção das imagens se faz necessário a aplicação de técnicas, para processar as imagens, buscando-se as devidas correções.

O processamento digital de imagens (PDI) ou tratamento digital de imagem (TDI) consiste na segunda etapa do trabalho, que tem como finalidade fazer correções geométricas e melhorar a sua visualização para a interpretação por parte do usuário. A função primordial do PDI é facilitar a identificação e a extração de informação contidas nas imagens, removendo barreiras inerentes ao sistema visual humano, e objetivando uma posterior interpretação pelo usuário (PACHECO, 2006).

De acordo com JENSEN (2009), as imagens de sensoriamento remoto são constituídas por um arranjo de elementos sob a forma de uma malha ou grid (matriz). Cada célula desse grid tem sua localização definida de acordo com um sistema de coordenadas do tipo “coluna e linha”, representados por “x” e “y”, respectivamente. O nome dado a essas celas é “pixel”, derivada do inglês “picture element”. Cada pixel possui também um atributo numérico “z”, que indica o nível de cinza representando a intensidade da energia eletromagnética medida pelo sensor, para a área da superfície terrestre correspondente. Em síntese, uma imagem digital compreende uma matriz numérica onde cada célula apresenta dois atributos, localização: x e y; e reflectância: z, que corresponde ao nível de cinza do pixel.

A primeira etapa do tratamento consiste nas correções da imagem devido aos erros oriundos durante o processo de aquisição. Esta etapa compreende a correção geométrica e o registro da imagem. Corrigir uma imagem geometricamente tem como objetivo reparar as distorções da imagem, causadas pela curvatura da terra, velocidade e inclinação do sensor, inserindo-a em um sistema de coordenadas e projeção, herdando tais propriedades. Em outras palavras, a correção geométrica pode ser entendida como a transformação dos dados de sensoriamento remoto, de tal modo que eles adquiram as características de escala e projeção próprias de mapas (MOREIRA, 2010). O registro da imagem envolve o relacionamento da imagem a um sistema de referência, que pode ser uma carta topográfica, uma outra imagem já corrigida, ou pontos de GPS. Vale salientar

que, se a imagem for multiespectral a correção deverá ser executada em cada uma de suas bandas.

A segunda etapa diz respeito às técnicas de realce, que tem como objetivo melhorar a visualização da imagem para facilitar a sua interpretação por parte do usuário. Dentre as várias técnicas de realce existentes, pode-se citar: a composição colorida e a manipulação de contraste. Na composição colorida, o operador atribui para cada plano de cor do computador (Red, Green, Blue) uma banda espectral, melhorando de tal forma o aspecto visual da imagem que possibilita ao usuário fazer as primeiras análises interpretativas. Já a técnica de manipulação de contraste está atrelada a manipulação do histograma da imagem, que descreve estatisticamente a distribuição dos níveis de cinza de cada banda, para melhorar a equalização da mesma. Dentre as funções de manipulação pode-se citar o aumento linear, bilinear, não linear e quase linear de contraste.

A terceira etapa é a de extração automática de informação da imagem, mais conhecida como classificação. Uma imagem classificada trata-se de outra imagem (resultante da original) na qual cada pixel da imagem original é rotulado como pertencente a um determinado tema ou classe (CARVALHO *et al*, 2000). O processo de classificação pode ser realizado de duas formas: supervisionada e não-supervisionada. Na classificação supervisionada o usuário identifica alguns dos pixels pertencentes às classes desejadas e deixa ao computador a tarefa de localizar todos os demais pixels pertencentes àquelas classes, baseadas em algumas regras estatísticas pré-estabelecidas (OLIVEIRA *et al*, 2013). No processo de classificação não-supervisionada o computador decide, também com base em regras estatísticas, quais as classes a serem separadas e quais os pixels pertencentes a cada uma (OLIVEIRA *et al*, 2013).

As técnicas de sensoriamento remoto são bastante utilizadas por vários profissionais devido a popularização da informática, que tornou fácil o acesso aos softwares e hardwares. Dentre as várias aplicações do sensoriamento remoto pode-se citar como exemplos a avaliação de recursos hídricos, mapeamento da drenagem, análise quantitativa e qualitativa da água; ferramenta auxiliar no mapeamento geológico e geomorfológico, no que diz respeito à pesquisa mineral e as ações antrópicas; mapeamento de solo e vegetação; e planejamento urbano, que é de grande valia para o estudo do uso e ocupação do solo urbano.

2.2.1.3 - Correção Geométrica e Transformação de Sistemas em Imagens Orbitais

Um tipo de distorção que as imagens de satélites apresentam são as chamadas distorções geométricas. Essas distorções são causadas pelos deslocamentos sofridos pelo sistema de eixos do sensor que provocam um não alinhamento das varreduras consecutivas, pela variação da altitude do satélite, com distorção na escala, e pela variação da velocidade da plataforma. Outro elemento que também contribui para essa distorção é o movimento de rotação da Terra. Ele provoca um deslocamento gradual das varreduras no sentido oeste, assim como as imperfeições do mecanismo eletro-ótico-mecânico do satélite fazem com que a velocidade de deslocamento do espelho não varie linearmente ao longo de sua trajetória, resultando numa aparente variação no comprimento da varredura.

As imagens têm, portanto, erros geométricos sistemáticos e não-sistemáticos. Dois tipos de correções são frequentemente usadas, a retificação e o registro de imagens. A retificação de imagem é o processo pelo qual uma imagem é transformada planimetricamente. A geometria de uma imagem extraída de sua fonte tem um sistema de coordenadas x, y (linhas e colunas) que não é planimétrico. Para tornar a imagem planimétrica, converte-se o sistema de coordenadas x, y da imagem para um sistema de coordenadas padrão nos mapas, por exemplo, o sistema de coordenadas UTM. Isto pode ser feito associando-se pontos de um mapa padrão uma folha topográfica aos mesmos pontos da imagem a ser retificada (COLWELL, 2000). No entanto, isto não remove distorções causadas pela topografia e deslocamentos do relevo nas imagens. O registro de imagens é o processo que envolve a superposição de uma mesma cena que aparece em duas ou mais imagens distintas, de tal modo que os pontos correspondentes nestas imagens coincidam espacialmente. O objetivo do registro é basicamente manipular dados não diretamente correlacionados, como sobrepor imagens obtidas por diferentes sensores, sobrepor imagens de diferentes épocas, ou de diferentes tomadas de posição etc.. A finalidade é, por exemplo, construir mosaicos, detectar mudanças de alvos, obter composições coloridas ou cruzar diferentes informações. Os mesmos princípios de processamento de imagens são usados para a retificação e o registro de imagens. A diferença é que na imagem retificada a referência é um mapa, com uma projeção cartográfica específica, enquanto que no registro de imagem a referência é outra imagem.

Essas distorções geométricas podem ser corrigidas através do uso de determinados modelos matemáticos que descrevam as distorções existentes nos dados. Após a aquisição dos coeficientes deste modelo, uma função de mapeamento é criada para a construção da nova imagem corrigida. O principal instrumento utilizado para correção geométrica é o modelo polinomial ou função polinomial, onde o ponto de controle é o elemento principal. O ponto de controle pode ser definido como sendo uma característica detectável na imagem, com localização geodésica precisamente conhecida e preferivelmente invariável com o tempo. Aeroporto, cruzamento de estradas, pontes, feições geológicas podem ser tomados como pontos de controle. Esses pontos são necessários para se estimar os coeficientes do modelo matemático. O desempenho desses pontos depende do seu número, distribuição e precisão de localização. O número é importante na determinação do grau do polinômio do modelo matemático. O número mínimo de pontos de controle é 3 para o polinômio de 1° grau, 6 para o polinômio de 2° grau e 10 para o polinômio de 3° grau. Quanto à distribuição, se os pontos de controle não estiverem bem distribuídos na imagem, podem ocorrer faixas sem informações das distorções, dificultando a correção. O ideal é que a imagem tenha um grande número de pontos de controle bem distribuídos e com coordenadas geodésicas e de imagem precisamente conhecidas (ROSA, 2007).

Existem vários métodos de transformação de Sistemas de Referência. Há os que realizam apenas translações, os que realizam translações e escalonamento, e os que realizam translações, escalonamento e rotações nos eixos cartesianos geocêntricos do sistema de referência original para aproximá-lo do sistema de destino. Outros métodos permitem uma transformação variável no espaço, levando em conta as distorções de um sistema e incorporando a modelagem dos resíduos da transformação conforme (COLWELL, 2000).

Para cada método de transformação há valores de parâmetros para cada par de sistemas de origem e destino. Assim, há valores para os parâmetros de transformação entre o WGS-84 e o SAD-69, por exemplo. Ainda podem haver valores de parâmetros específicos para uma região de aplicação, como a transformação entre o WGS-84 e a implementação do SAD-69 no Brasil ou regiões menores. Ainda para o mesmo par de sistemas de origem e destino e a mesma região podem haver valores diferentes para os parâmetros, dependendo da densidade e qualidade da amarração entre os dois sistemas (quantidade e precisão/acurácia dos pontos de controle com coordenadas conhecidas nos dois sistemas).

2.2.2 - Cartografia Digital, Sistemática e Temática

Segundo a Associação Cartográfica Internacional (ACI), a cartografia é definida como: “O conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, baseado nos resultados de observações diretas ou de análise de documentação, visando à elaboração e preparação de cartas, projetos e outras formas de expressão, bem como a sua utilização”.

JOLY (1990) define a cartografia como: “a arte de conceber, de levantar, de redigir e divulgar os mapas”. Para o cartógrafo, implica em um conhecimento aprofundado do assunto a ser cartografado e dos métodos de estudo. Além da prática comprovada da expressão gráfica com suas possibilidades e seus limites, enfim uma familiaridade com os modernos procedimentos de criação e de divulgação dos mapas, desde o sensoriamento remoto até a cartografia computadorizada, passando pelo desenho manual e pela impressão.

A cartografia pode ser definida de diversas formas. Alguns autores a consideram como técnica, outros como ciência, havendo ainda aqueles que a definem como arte, ou como um conjunto que envolve técnica, ciência e arte. Tratar o significado dessas definições não é o intuito deste tópico, e sim, entender no âmago do seu significado, que a cartografia é um elemento de grande importância para o registro e estudo das informações pertinentes à superfície da terra, e que os avanços tecnológicos mudaram as formas de fazer mapas, trazendo à tona a cartografia digital, que utiliza ferramentas computacionais para construção de mapas.

Nas duas últimas décadas a Cartografia experimentou o efeito do surgimento de tecnologias que possibilitam novas maneiras de representar e tratar as informações espaciais (FOSSE *et al*, 2009). Nesse contexto, a cartografia (digital) faz o uso de programas de computador para confecção de mapas. Com o aparecimento dos mapas digitais (digitais por terem sua estrutura binária, 0 e 1), o tratamento e análise das informações tornaram-se mais rápidas e de fácil acesso a todos, podendo cada indivíduo “construir” seus próprios mapas, que antes era limitado àqueles que possuíam o dom da arte de desenhar.

Na cartografia contemporânea dois elementos devem ser considerados de grande importância, a digitalização e a vetorização, que comumente são tidos como sinônimos e, no entanto, apresentam significados diferentes. A digitalização

compreende o processo de converter dados analógicos em digitais, ou seja, transferir as informações existentes em papel, ou analógicas, para o meio digital. Já a vetorização compreende na individualização das entidades que sofreram um processo de generalização (ROCHA, 2000). Tanto a digitalização como a vetorização pode ser executada de forma manual ou automática.

A Cartografia considera os mapas como forma de comunicação de dados e como instrumento de visualização científica (ANDRADE & CARVALHO, 2009). Procurando sistematizar os estudos e categorização dos mapas, os cartógrafos classificaram suas abordagens de acordo com os seus objetivos ou pelo tipo de representação cartográfica.

A **Cartografia Sistemática** trata da Geração de produtos geométrico e descritivo; Cartografia de base ou topográfica. Ligada à produção de mapa geral, que são utilizados para enfatizar a localização espacial de um fenômeno. Tendo como exemplos, a Carta do Brasil ao Milionésimo e a carta topográfica, fruto do Mapeamento Sistemático Nacional. A Carta Topográfica compreende por definição uma representação plana, ou seja, uma superfície bidimensional, ortogonal e em escala de uma porção da superfície da Terra. São considerados mapas básicos ou gerais, e constituem a cartografia oficial de um País. Sua precisão obedece ao Padrão de Exatidão Cartográfica ou PEC. Cada elemento da carta constitui um estrato ou nível de informação, ou seja, a carta pode ser considerada como uma sobreposição de camadas com informações distintas. São representados em uma carta topográfica os elementos de natureza Planimétrica (Rodovias, caminhos, Edifícios e lugares povoados, Elementos de áreas e contornos, Obras públicas e industriais, Pontos de controle, Limites e fronteiras, Elementos hidrográficos em geral; Vegetação) e Altimétrica (Cores Hipsométricas, Curvas de Nível, Pontos Cotados). A Carta Topográfica é um mapa base de uso bastante amplo. Nesse tipo de documento é possível fazer estimativa das distâncias (lineares e curvilíneas), cálculo de área, cálculo de coordenadas, geração de Modelo Numérico do Terreno (MNT), cálculo de declividade, extrair perfil topográfico, delimitar bacias hidrográficas; elaborar perfil longitudinal de um canal fluvial (gradiente), fazer compartimentação do relevo em unidades homogêneas e a elaboração de diversos mapas temáticos (Declividade, Vegetação, Hidrografia, Uso do solo).

Na **Cartografia Temática**, são tratados os mapas analítico e explicativo. Compreende o campo da Cartografia empregado pelas demais ciências. Atrilada à produção de mapas temáticos ou estatísticos, que são usados para enfatizar a

distribuição de um ou mais atributo de variáveis espaciais. Uma das características dos mapas temáticos é a visualização de múltiplas variáveis simultaneamente. Segundo DUARTE (2002), trata-se da parte da cartografia que diz respeito ao planejamento, execução e impressão de mapas sobre um fundo básico, ao qual serão anexadas informações através de simbologia adequada, visando atender as necessidades de um público específico. Em outras palavras, a cartografia temática é responsável em estabelecer as normas técnicas para produção de mapas, no que diz respeito ao processo de comunicação gráfica que é estabelecido através dos símbolos. Toda essa representação, utilizando-se de símbolos gráficos, de fenômenos localizáveis, de qualquer natureza, é elaborada sobre um mapa de referência ou mapa base, onde sua finalidade final é atender um público específico. Ou seja, a cartografia temática traz significados além da trilogia latitude, longitude e altitude (SANN, 2005).

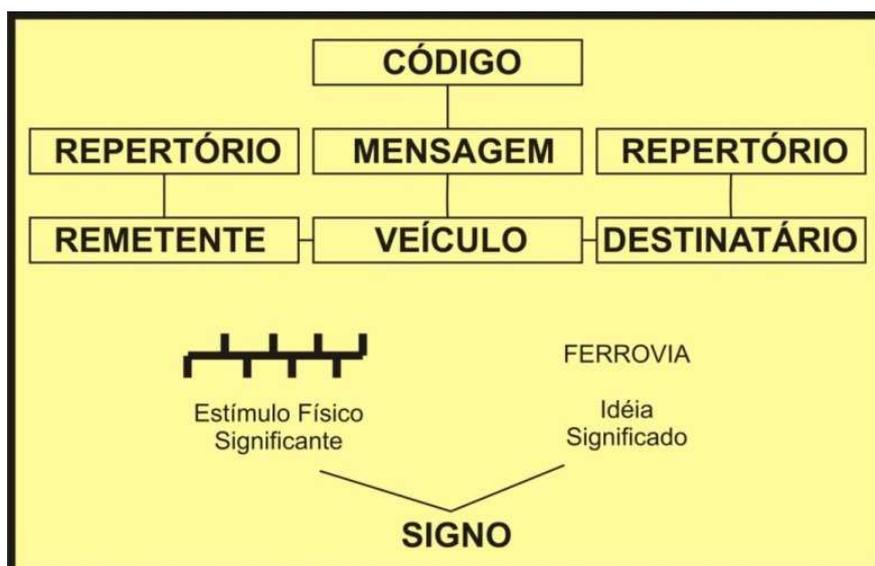
Trabalhar com a cartografia temática é compreender um mapa como um instrumento de comunicação. Na cartografia esse processo é manifestado através dos mapas, que não se constituem em apenas um desenho gráfico que representa elementos da superfície terrestre, e sim como um conjunto complexo de símbolos e cores, que tem como finalidade estabelecer um processo de comunicação. A utilização de mapa temático pode ser considerada como um processo de comunicação visual apresentado através do relacionamento de três elementos: o desenvolvedor (cartógrafo), o canal de transmissão (mapa) e o leitor (usuário) (ANDRADE, 2009). Esse processo de comunicação envolve elementos fundamentais que interagindo entre si, de forma dependente, transmitem uma informação específica. Na tabela 02 e na figura 17 encontram-se, de forma resumida, esses elementos, segundo DUARTE (2002).

TABELA 02 – Elementos do processo de comunicação.

ELEMENTO	FUNÇÃO
Remetente	Envia a mensagem. No caso da cartografia seria o autor do mapa.
Repertório	Conjunto de conhecimentos e experiências que permitirão a elaboração de uma mensagem clara.
Destinatário	Receber a mensagem.
Mensagem	Resultado da associação de idéias a um ou mais estímulos físicos .
Idéia	Pensamento a ser transmitido pelo remetente, conhecida também, como significado
Estímulo físico	Chamado significante seria os sons, as letras, imagens, gestos, palavras, etc.
Código	Norma, convenção ou mesmo uma instrução que amarra ou determina o entendimento de que devemos ter dos signos. O código cria e também controla a relação entre estímulo físico (significante) e idéia (significado). A codificação é o processo pelo qual é transformada uma idéia em mensagem.
Repertório	Conjunto de conhecimentos e experiências que cada pessoa traz consigo.
Esteriótipos	Idéias e conhecimentos que, com o tempo, acabam por se cristalizar em cada pessoa, vindo a fazer parte de sua bagagem cultural.
Veículo	Qualquer elemento de natureza física, usado para transportar ou conduzir a mensagem até o destinatário.

Adaptado de: DUARTE (2002).

FIGURA 17 – Elementos fundamentais do processo de comunicação.



Adaptado de: DUARTE (2002)

Nesse contexto da cartografia temática e da semiologia gráfica, alguns fatores devem ser levados em consideração no regimento dessa gramática cartográfica. Dentre eles estão:

A – O MODO DE IMPLANTAÇÃO

Compreendem a forma como os elementos são representados graficamente. **Pontual** – o fenômeno é representado por um par de coordenadas, ou seja, o seu posicionamento. **Linear** – são os elementos que apresentam um comportamento linear. A sua estrutura gráfica é representada por mais de um par de coordenadas. **Zonal ou Regional** – Os elementos ou fenômenos ocupam áreas ou regiões.

Segundo SLOCUM (1999): ***Point** – Are assumed have no spatial extent and can thus be termed “zero-dimensional”. Locations for point phenomena can be specified in either two-or three dimensional space. **Linear** – Are one-dimensional in spatial extent, having length, but essentially no width. Locations of linear phenomena are defined as an unclosed series of x and y coordinates. **Areal** – Are two-dimensional in spatial extent, having both length and width.*

A determinação do modo de implantação pertinente para uma determinada informação, depende da própria informação. Assim, uma cidade será representada por um ponto ou área, dependendo da escala de representação. Rios, limites e vias serão representados por linhas, densidades e quaisquer informações, ocupando uma área, no modo de implantação zonal (SANN, 2005).

B – A ESCALA DE MENSURAÇÃO

Conceitos oriundos da estatística e que são fundamentais para a melhor tratar e compreender os dados que estão distribuídos na superfície da Terra. Segundo RAMOS (2005), as escalas de mensurações são entendidas como: a atribuição de um número a qualidades de um objeto ou fenômeno segundo regras definidas.

SLOCUM (1999) resume essas escalas da seguinte forma: ***Nominal**- Level of measurement involves a grouping (or categorization), but no ordering; **Ordinal** - Includes categorization plus an ordering (or ranking) of the data; **Intervalar** -*

*Involves an ordering of the data plus an explicit indication of the numerical difference between two categories; **Razão** - Level of measurement has all the characteristics of a interval level, plus a nonarbitrary zero point.*

C – NATUREZA DO FENÔMENO (Contínuos ou Discretos)

Segundo SLOCUM (1999), um elemento de grande importância e que deve ser levado em consideração é a natureza do fenômeno. Essa natureza ou comportamento pode ser classificado em: **CONTÍNUO** – Fenômenos que ocorrem de forma contínua e que ocupam área e volume sem interrupção, ou seja, ocorrem em toda superfície apresentando variação nos seus valores. **DISCRETOS** – Ocorrem em lugares diferentes e ocupam lugar no tempo e no espaço.

O autor ainda considera que esses fenômenos podem ser: **Abruptos** – Quando as mudanças de valores são bruscas; e **Suaves** – Quando os valores se modificam uniformemente ao longo do espaço.

D – VARIÁVEIS VISUAIS

Considera-se variável visual toda diversificação imposta aos símbolos, de modo a traduzir uma informação para a linguagem gráfica (DUARTE, 2005). *The term visual variables is commonly used to describe the various perceived differences in map symbols that are used to represent spatial phenomena. The notion of visual variables was developed by the French cartographer SLOCUM (1999).*

RAMOS *et al* (2005), fala que os fenômenos espaciais são representados por variáveis visuais, que são definidas de acordo com as possibilidades de percepção da retina. A figura 19, ilustra essas variáveis para mapas preto e branco (espaçamento, tamanho, altura em perspectiva, orientação, forma, arranjo e brilho) e colorido (matiz, brilho e saturação), respectivamente.

FIGURA 19 – Variáveis visuais e seus modos de implantação.

	Pontual	Linear	Areal	2 ½ - D	3 - D
Espaçamento					
Tamanho					
Altura em perspectiva					Não é possível
Orientação				Não recomendado	
Forma				Não recomendado	
Arranjo				Não recomendado	
Brilho					
Matiz					
Brilho					
Saturação					

FONTE: RAMOS (2005)

Compreendendo um documento que visa transmitir uma informação, o documento cartográfico, por regra, deverá possuir no seu Layout final, elementos fundamentais para melhor estabelecer o processo de transmissão da mensagem. São eles O título do mapa: realçado, preciso e conciso; as convenções utilizadas; a base de origem (Fonte da Base Cartográfica); as referências (autoria, data, fonte e confecção); Indicação da direção do norte geográficos; a escala; o sistema de projeção utilizado; e o sistema de coordenada utilizado.

2.2.3 - Sistema de Informação Geográfica – SIG

Dentre as várias técnicas utilizadas no universo do geoprocessamento será tratada neste item a mais relevante de todas, os sistemas de informações geográficas – SIGs, também conhecidos como GIS - *Geographical Information Systems*. No contexto conceitual apresenta o mesmo comportamento das demais, por ser “recente” a sua aparição no contexto tecnológico.

GOODCHILD (2000), define SIG como sendo um sistema integrado para capturar, armazenar, manipular, e analisar informações referentes às relações em uma natureza geográfica, ou seja, o SIG é um sistema de informação computacional que tem como especificidade a informação geográfica, georeferenciada, e possui uma forte relação com as demais partes do geoprocessamento, o sensoriamento remoto, a cartografia digital, a modelagem digital do terreno entre outras, ou seja, tem o poder de integrar todas as etapas de coleta de dados.

Para los estudios Del territorio y del paisaje la integración de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se ha convertido en una herramienta imprescindible y excepcional, debido al aumento en la utilización de este tipo de herramientas básicas pero de gran ayuda para este tipo de estudios, con las cuales se pueden realizar análisis y cuantificaciones de las coberturas y los cambios de usos del suelo, así como también de determinar áreas potencialmente recuperables para mantener la diversidad paisajística, biológica y cultural, todo esto con la ayuda de los SIG (HERNÁNDEZ, 2013).

É de grande importância ressaltar a diferença existente entre os sistemas CAD e SIG. O CAD – *Computer Aided Design* – é um sistema desenvolvido para elaboração de desenho auxiliado por computador, não possuindo poder de análise espacial entre entidades gráficas. Os SIGs também servem para elaboração de desenhos mas, existe um elemento que o diferencia dos sistemas CADs, a topologia¹. As relações topológicas existentes entre os objetos dota os SIGs de grande poder para análise geográfica entre as entidades gráficas, tornando possível pesquisas sobre conectividade, adjacência, proximidade, pertinência, continência e intersecção. Na tabela 03 segue um exemplo de questões que podem ser tratadas em um ambiente com relações topológicas definidas.

TABELA 03 – Exemplos de questões tratadas por um SIG.

LOCALIZAÇÃO	O que existe...?
CONDIÇÃO	Onde existe (m)...que...?
TENDÊNCIA	O que mudou no bairro X de 1970 até hoje ?
PADRÕES	Existe maior probabilidade da ocorrência de acidentes em que tipo de esquina ?
MODELAGEM	Quais as vantagens e desvantagens na mudança de local de um aterro sanitário ?

Adaptado de: YUAÇA (1997)

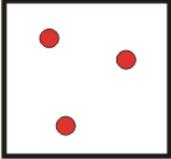
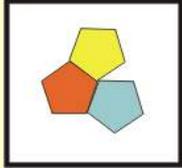
Quando trabalha-se em um ambiente de sistema de informação geográfica existem dois tipos de dados a serem armazenados: os dados gráficos – cartográficos; e os não gráficos - alfanuméricos. Nos dados gráficos ou cartográficos, existem duas formas a serem consideradas para a representação dos dados espaciais, o formato vetorial (vetor) e o matricial (raster) (BURROUGH, 2000). A estrutura do formato vetorial é composta por primitivas gráficas conhecidas como ponto, linha e polígono, que são representadas por coordenadas x e y em um sistema cartesiano (Tabela 04).

No formato matricial os dados são representados em uma matriz de células composta por **n** linhas e **m** colunas, onde são representadas as coordenadas de

¹ A Topologia compreende um ramo da matemática responsável pelo estudo das propriedades geométricas dos objetos, mais especificamente, os relacionamentos entre esses objetos, como proximidade e vizinhança.

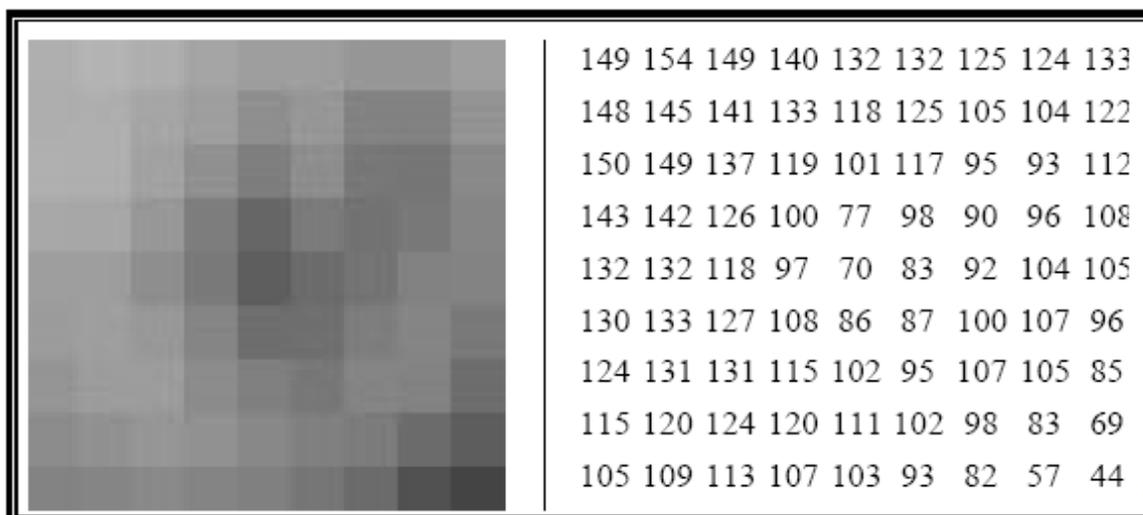
localização. Cada célula da matriz é denominada de pixel, que tem como peculiaridade, um terceiro valor z, que indica o valor do nível de cinza. (Figura 20).

TABELA 04 – Características das primitivas gráficas.

		
PONTOS	LINHAS	POLÍGONOS
FORMATO	FORMATO	FORMATO
<ul style="list-style-type: none"> • Única coordenada x, y; • Sem comprimento; • Sem área. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cadeia de coordenadas x, y com ponto inicial e final; • Tem comprimento mas, não tem área. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cadeia de coordenadas com mesmo ponto inicial; • Tem comprimento e área.
EXEMPLOS	EXEMPLOS	EXEMPLOS
<ul style="list-style-type: none"> • Acidente de trânsito; • Árvore de rua; • Altitude; • Título de árvores; • Início e final de linhas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estradas; • Redes de drenagem; • Linhas de rotas; • Linhas de falhas; • Limites de áreas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Parcelas; • Rodovias; • Construções; • Solos; • Distritos.

Adaptado de: YUAÇA (1997)

FIGURA 20 – Representação dos tons de cinza de uma imagem digital.



FONTE: BATISTA (2004)

A tabela 05 apresenta a comparação entre os dois formatos, apresentando suas vantagens e desvantagens.

TABELA 05 – Comparação entre os formatos vetorial e matricial.

MODELO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
VETORIAL	Estrutura compacta; Eficiência da análise de relacionamentos espaciais; Feições são representadas precisamente, por pontos, linhas e polígonos.	Estrutura complexa exigindo programas sofisticados e caros; Operações de superposição de níveis de informação, mais complexas.
MATRICIAL	Simplicidade de implementação das operações de superposição; Programas mais baratos e simples de usar; Representação mais adequada de fenômenos contínuos no espaço.	Dificuldade de representação de relacionamentos topológicos; Dificuldades na associação de atributos a feições; Arquivos muito grandes.

FONTE: CARVALHO (2000)

Os dados alfanuméricos ou não gráficos, constituem os atributos, em meio tabular, concernentes às primitivas gráficas. Segundo ROCHA (2000), esses atributos podem ser: Atributos dos dados espaciais, que fornecem informações descritivas através de identificadores comuns, normalmente chamados de geocódigos, que estão armazenados tanto nos registros alfanuméricos como nos espaciais. E os Atributos Georreferenciados ou atributos de localização, nesse caso não tem a descrição das suas feições espaciais e sim da sua localização.

2.2.3.1 - Componentes de um SIG

Para que um sistema de informação geográfica venha a existir, alguns elementos serão necessários para sua funcionalidade, são eles: hardware, softwares, recursos humanos, banco de dados, metodologias, e a base de dados (Figura 21)

FIGURA 21 – Componentes do SIG.



FONTE: BATISTA (2004)

- **Hardware:** São os equipamentos, os periféricos. Computadores, impressoras, GPSs, plotadoras, scanner etc.;
- **Software:** São os programas computacionais. Constituem os específicos: ArcGIS, Mapinfo, IDRISI, SPRING; e os auxiliares ou complementares: CorewDraw, Photoshop, AutoCAD; Quando se fala em programas de auxílio ou complementares, é devido ao fato de não existir um software de SIG completo, precisando, sempre, o uso de outras ferramentas para auxiliar no trabalho em execução;
- **Dados:** são as informações referentes ao mundo real, informações geográficas;
- **Base de dados:** Diz respeito ao material cartográfico;
- **Recursos humanos:** São os profissionais qualificados para a execução do projeto;
- **Metodologias:** Compreende os métodos, ou roteiro, adotado pelo coordenador do projeto, para a elaboração e execução do SIG.

Um dos elementos mais importante do SIG é o profissional, a pessoa responsável pelo seu projeto, implementação e uso. Sem pessoas adequadamente treinadas e com visão do contexto global, dificilmente um projeto de SIG terá sucesso. Um SIG é inútil sem uma pessoa que o conceba, programe e mantenha, o alimente com todos dados e interprete seus resultados GOODCHILD (2000).

2.2.4 - Análise Espacial de Dados

A análise espacial pode revelar coisas que, de outro modo, seriam invisíveis – ela pode tornar explícito o que está implícito GOODCHILD (2000).

A análise espacial pode ser definida como uma técnica que busca descrever os padrões existentes nos dados espaciais e estabelecer, preferencialmente de forma quantitativa, os relacionamentos entre as diferentes variáveis geográficas (CARNEIRO – 2003). As técnicas de análise espacial são utilizadas para compreender as relações entre os objetos e os fenômenos² espaciais representados. São enquadradas em duas categorias: a de ordem espacial, que procura compreender como os objetos representados estão relacionados e organizados no espaço. E de associações de fenômenos ou variável, que descreve as relações entre os fenômenos geográficos. Um grande pré-requisito para a análise espacial é que o fenômeno seja mapeável. O mapa tem a capacidade de transmitir de forma eficaz a representação em duas dimensões da distribuição espacial. Os mapas por si sós, em alguns casos, não são suficientes para analisar as ordens e associações espaciais. Devido à complexidade das relações espaciais entre os objetos mapeados, alguns relacionamentos (os padrões) podem ficar ocultos ou disfarçados na generalização do mapa. Outro elemento importante, é que a interpretação de um padrão de relacionamento espacial, através da análise visual do mapa é em muitos casos subjetiva, ou seja, a interpretação dos padrões de qualquer mapa pode variar de indivíduo para indivíduo.

As técnicas de análise espacial partem do conceito de Waldo Tobler de que *"todas as coisas são parecidas, mas coisas mais próximas se parecem mais que coisas mais distantes"*. Desse conceito se retira a premissa da dependência espacial e sua formulação matemática, a autocorrelação espacial, por que se subentende que, numa dada situação, observações próximas no espaço possuirão valores similares, indicando a correlação de atributos, e, a partir daí, medir-se-á quantitativamente esse relacionamento (CARNEIRO, 2003).

Com a criação dos SIGs surgiram novas perspectivas com relação à precisão da análise espacial. Um Sistema de Informação Georreferenciada (ou

² O termo fenômeno é utilizado para indicar a natureza do dado representado.

Geográfica), tem o potencial de combinar tecnologias de banco de dados com a cartografia automatizada ou digital. Essa nova ferramenta permite a interação lógica dos dados espaciais e os recursos da cartografia. Como consequência, os objetos relacionados com o fenômeno estudado podem ser manipulados para uma análise mais aprofundada dos padrões espaciais e seus relacionamentos. Uma das contribuições mais importantes que a tecnologia de SIG trouxe à análise de dados espaciais foi o estabelecimento da ligação entre as análises de padrões espaciais em mapas e os métodos analíticos quantitativos. Ou seja, com esses rigorosos métodos a interpretação dos padrões espaciais torna-se menos subjetiva ou com a subjetividade quase nula. Como foi dito anteriormente, a análise espacial foi concebida com o intuito de responder as perguntas relacionadas com a ordem espacial e a associação espacial de um fenômeno. Assim, uma análise espacial sempre teve os seus objetivos bem expressos e o tipo de características e natureza do fenômeno, determina tanto a natureza dos dados como os métodos necessários para as análises.

Os dados espaciais são os elementos centrais de um SIG, são os blocos de construção de uma análise espacial. A análise espacial lida com diferentes tipos de problemas, conseqüentemente, lida com dados de características diferentes. Com isso, é de grande importância o entendimento das suas propriedades e suas organizações. Para melhor entendimento consultar o livro *Exploring Spatial Analysis in GIS*, de CHOU (2000).

Dentre as várias técnicas de análises espaciais podemos citar a álgebra de mapas ou *map algebra*, que compreende em um conjunto de técnicas matemáticas que operam sobre valores de entrada, para geração de novos valores. Essa técnica tem os seus princípios calcados nos conceitos da álgebra e tem os seus postulados definidos por TOMLIN (1990), no seu livro intitulado *GIS and Cartographic Modeling*.

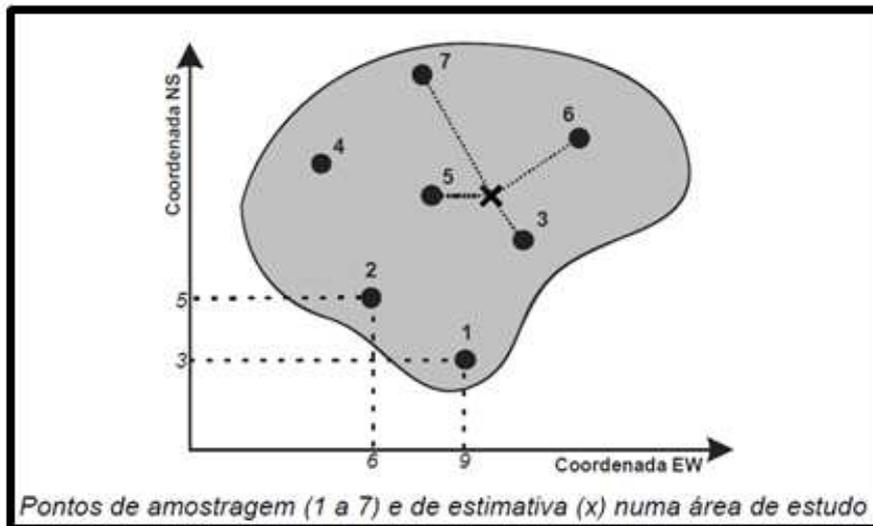
As operações e os operadores são semelhantes aos encontrados em uma máquina de calcular. Os mais comumente utilizados são: **ARITMÉTICOS** – Permitem realizar as quatro operações básicas da matemática (somar, subtrair, multiplicar e dividir); **RELACIONAIS** – São testes lógicos de verdadeiro ou falso; **BOOLEANOS** – Os testes lógicos são realizados em cadeias; **LÓGICO** – Construção de testes lógicos célula a célula.

2.2.5 - Interpolação

Antes de definir e conceituar o termo interpolação faz-se necessário compreender as diferenças entre a estatística clássica e a espacial. Segundo MIRANDA (2005), a estatística clássica está à procura de uma tendência central (média) dos dados analisados no espaço numérico; enquanto que a estatística espacial procura mapear o comportamento (variações ou desvio-padrão) dos dados no espaço geográfico. Em outras palavras, a estatística clássica avalia o comportamento dos dados por meio das medidas de média, variância, desvio padrão, entre outras, enquanto que, a estatística espacial procura responder onde os valores altos e baixos dessas medidas ocorrem na superfície. Quando trabalhamos com a estatística espacial é bastante comum fazer uso de uma técnica de geração de dados chamada de interpolação. Por definição podemos dizer que a interpolação é um processo usado para estimar os valores de atributos de uma entidade, em locais da área de estudo onde não existem pontos amostrais, a partir de pontos amostrados na mesma área ou região. Ou seja, interpolar compreende em estimar o valor de um elemento não amostrado, com base em medidas realizadas na sua vizinhança. Segundo LANDIM (2002), é prever o valor de uma variável desconhecida com base nos valores adjacentes já conhecidos (Figura 22). O processo contrário, de prever o valor de um atributo em locais fora da área coberta pelas observações, é chamado de extrapolação.

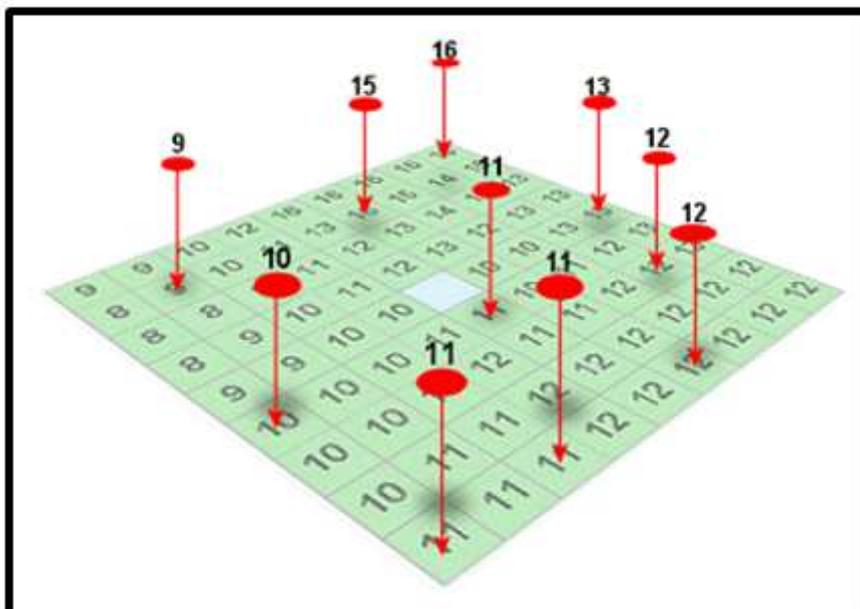
A lógica da interpolação parte do princípio de que os pontos que estão mais próximos são mais semelhantes que aqueles que estão mais distantes. Essa premissa está baseada na primeira lei da geografia elaborada por Waldo Tobler citada anteriormente. Com base nessa premissa, qualquer valor desconhecido deverá ser estimado com base nos valores mais próximos da variável desconhecida uma vez que, os valores de amostras próximas são mais prováveis de serem parecidos do que valores de amostras distantes uma das outras (Figura 23).

FIGURA 22 – Espaço amostral para interpolação de uma variável desconhecida (x).



FONTE: LANDIM (2002)

FIGURA 23 – Interpolação de dados e a primeira lei da geografia.



FONTE: ESRI (2011)

O processo de interpolação é de grande utilidade para as aplicações nos estudos das ciências da Terra. A maioria dos fenômenos naturais envolvendo a pedologia, a geologia e a geofísica, dentre outros, tem propriedades que variam em todas as dimensões do espaço. Normalmente, informações sobre as propriedades destes fenômenos são obtidas de maneira discreta, a partir de um número limitado de medidas

pontuais realizadas em campo. Os dados resultantes destas coletas, após análises e descrições, devem ser estendidos por toda a região para representar a geometria espacial contínua das estruturas e as características que configuram o fenômeno. Isto pode ser feito através de modelos matemáticos pelo processo de interpolação (IESCHECK, 2008).

Segundo BURROUGHT e McDONNELL (2000) o processo de interpolação pode ser necessário para: **A** – Quando a superfície discretizada tem níveis de resoluções, de tamanho das células distintos. Caso das imagens digitais, nas quais se precisa fazer reamostragens de pixels. Este processo também é conhecido como convolução; **B** – Quando uma superfície contínua é representada por um modelo de dados que é diferente do requerido. São as transformações de superfícies contínuas a partir de uma espécie de mosaico para o outro (TIN – Quadricula ou vetor para raster); **C** – Quando não temos dados suficientes para cobrir uma determinada área. São os conjuntos de pontos discretos as amostras coletadas em campo.

MIRANDA (2005), determina que o processo de interpolação é constituído de duas partes: **Primeiro** – Definir um relacionamento de vizinhança, ou seja, saber quais pontos são os vizinhos mais apropriados, quanto mais pontos amostrados melhor; **Segundo** - Determinar qual o método para calcular o valor desconhecido. A escolha de um modelo matemático adequado é de grande importância, uma vez que o resultado vai ser influenciado pelo mesmo, ou seja, um bom resultado é obtido quando o modelo matemático tem um comportamento próximo ao do fenômeno.

Esses modelos matemáticos são conhecidos como métodos de interpolação, que compreendem as funções matemáticas descritas por algoritmos computacionais. Na literatura encontraremos uma diversidade de definições a respeito dos modelos existentes. Como o presente trabalho não tem o intuito de discutir os algoritmos matemáticos desses métodos, mas sim os seus princípios de funcionalidade, foi elaborado uma síntese (Tabela 08), procurando agregar os principais métodos encontrados na maioria dos livros e dos programas computacionais existentes no mercado. Os dados contidos na tabela 06 foram extraídos do *Software Surfe*, desenvolvido para *Golden Software*.

TABELA 06 – Principais métodos de interpolação.

INTERPOLADOR	CARACTERÍSTICAS
INVERSO PONDERADO DA DISTÂNCIA	- A influência de cada ponto é inversamente proporcional á distância do nó da malha; - Método rápido e pouco custo computacional.
KRIGING, KRIGAGEM OU KRIGEAGEM	- Exige a noção de autocorrelação espacial; - É um método estocástico que faz uso da geoestatística; - Define o grau de dependência entre as amostras utilizando o semivariograma.
CURVATURA MINIMA OU SPLINE	- Interpolador polinomial; - Divide a série de dados em subconjuntos e utiliza polinômios de pequenas ordens para cada subconjunto.
SHEPARD MODIFICADO	- Similar ao inverso da distância; - Distingue-se por utilizar o método dos mínimos quadrados para reduzir ou eliminar alguns efeitos.
VIZINHO NATURAL	- Atribui o valor do ponto mais próximo para cada nó.
REGRESSÃO POLINOMIAL OU ANÁLISE DE SUPERFÍCIE DE TENDÊNCIA	- Não é exatamente um interpolador. É utilizado para definir padrões e tendência nos dados.
TRIANGULAÇÃO COM INTERPOLAÇÃO LINEAR	- Faz uso da malha de triangulação Delaunay.
MÉDIAS MÓVEIS	- Atribui valores aos nós da malha através da média dos dados que estão no domínio da elipse de busca do nó.

FONTE: *Software Surfe (Golden Software)*

Não existe na literatura nenhuma teoria ou argumentação relatando qual método é mais superior. CHILDS (2004), afirma: Cada método de interpolação pode ser útil para uma utilização específica, que depende principalmente do fenômeno estudado e da distribuição espacial dos pontos amostrais.

2.2.6 - Modelagem Numérica do Terreno - MNT

A modelagem tridimensional da superfície terrestre encontra-se na literatura rotulada de várias formas: MDT – Modelo Digital do Terreno; MNT – Modelo

Numérico do Terreno; MTT – Modelo Tridimensional do Terreno; MMT – Modelo Matemático do Terreno; e no inglês DTM – *Digital Terrain Model*. Todas essas siglas são tidas como sinônimos, apresentando na sua essência o mesmo significado.

Por definição pode-se dizer que a Modelagem Numérica do Terreno consiste na representação da superfície terrestre, ou parte dela, em três dimensões (x, y, z) modelada por funções matemáticas e métodos computacionais. Vale salientar que, a modelagem por funções matemáticas do terreno surgiu com a utilização de ferramentas computacionais nos estudos topográficos. Até então, a representação da superfície terrestre era dada pelo traçado manual das curvas de nível ou por meios fotogramétricos.

FELGUEIRAS (1998) define a modelagem numérica do terreno como sendo:

...uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre. Dados de relevo, informação geológicas, levantamentos de profundidades do mar ou de um rio, informações meteorológicas e dados geofísicos e geoquímicos são exemplos típicos de fenômenos representados por um MNT.

O processo de geração de um modelo numérico de terreno pode ser dividido em 03 etapas: aquisição das amostras ou amostragem, geração do modelo propriamente dito ou modelagem e, finalmente, utilização do modelo ou aplicações (FELGUEIRAS, 1998). Para representação de uma região do mundo real para o virtual (no computador) em forma tridimensional, é necessária a adoção de um modelo matemático para tal representação. Esses modelos podem ser globais ou locais. Os modelos globais são representados por uma função definida utilizando-se todos os elementos do conjunto de amostras. Os modelos locais utilizam funções cujos coeficientes são definidos por elementos amostrais escolhidos dentro de uma região local de interesse. Essas regiões locais podem ser definidas por raios de influência ou por quantidade de amostras vizinhas (FELGUEIRAS, 1998).

Os modelos mais usuais são as grades regulares, que são representações matriciais onde cada elemento da matriz se encontra associado a um valor numérico. E as grades triangulares, que unem os pontos de maneira a formar uma triangulação aceitável, realiza-se a interpolação nessa malha e obtêm-se as curvas de nível (ROCHA, 2000). Na tabela 07 é apresentada uma comparação entre os dois métodos de modelagem, com suas vantagens e desvantagens.

TABELA 07 – Comparação entre as grades regulares e triangulares.

	GRADE TRIANGULAR	GRADE REGULAR
VANTAGENS	1. Melhor representação do relevo complexo; 2. Incorporação de restrições como linhas de crista, talvegue, platôs.	1. Facilita manuseio e conversão; 2. Adequada para geofísica e visualização 3D.
DESVANTAGENS	1. Complexidade de manuseio; 2. Inadequada para visualização 3D.	1. Representação do relevo complexa; Cálculo de declividade.

FONTE: CÂMARA (1999)

Como se pode ver, o modelo tridimensional do terreno é de grande importância no geoprocessamento, tendo suas aplicações direcionadas para: gerar mapas de contorno, gerar mapas de declividade, cálculo de área, cálculo de volumes, geração de perfis topográficos, entre várias outras. Desta forma, veio a corroborar nos estudos de planejamento e gestão ambiental trazendo grandes contribuições para a obtenção e análise de dados.

3 - LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

3.1 - LOCALIZAÇÃO

A Área de Proteção Ambiental (APA) das Onças (Figura 24), esta inserida no município de São João do Tigre, localizado na Microrregião Geográfica do Cariri Ocidental fazendo parte da Mesorregião da Borborema do estado da Paraíba. Seus limites territoriais compreendem os seguintes municípios: Ao Norte São Sebastião do Umbuzeiro (PB); ao Sul Pesqueira e Porção (PE); a Leste Camalaú (PB) e Sertânia (PE); e a Oeste Arcoverde (PE) (Figura 25). O acesso a partir da capital é realizado através da principal via de acesso, a BR 230, até a cidade de Campina Grande, onde é seguido pela PB 104, posteriormente, a PB 196 em Barra de São Miguel, e a PB 214 no município do Congo. Compreendendo um total de 376km.

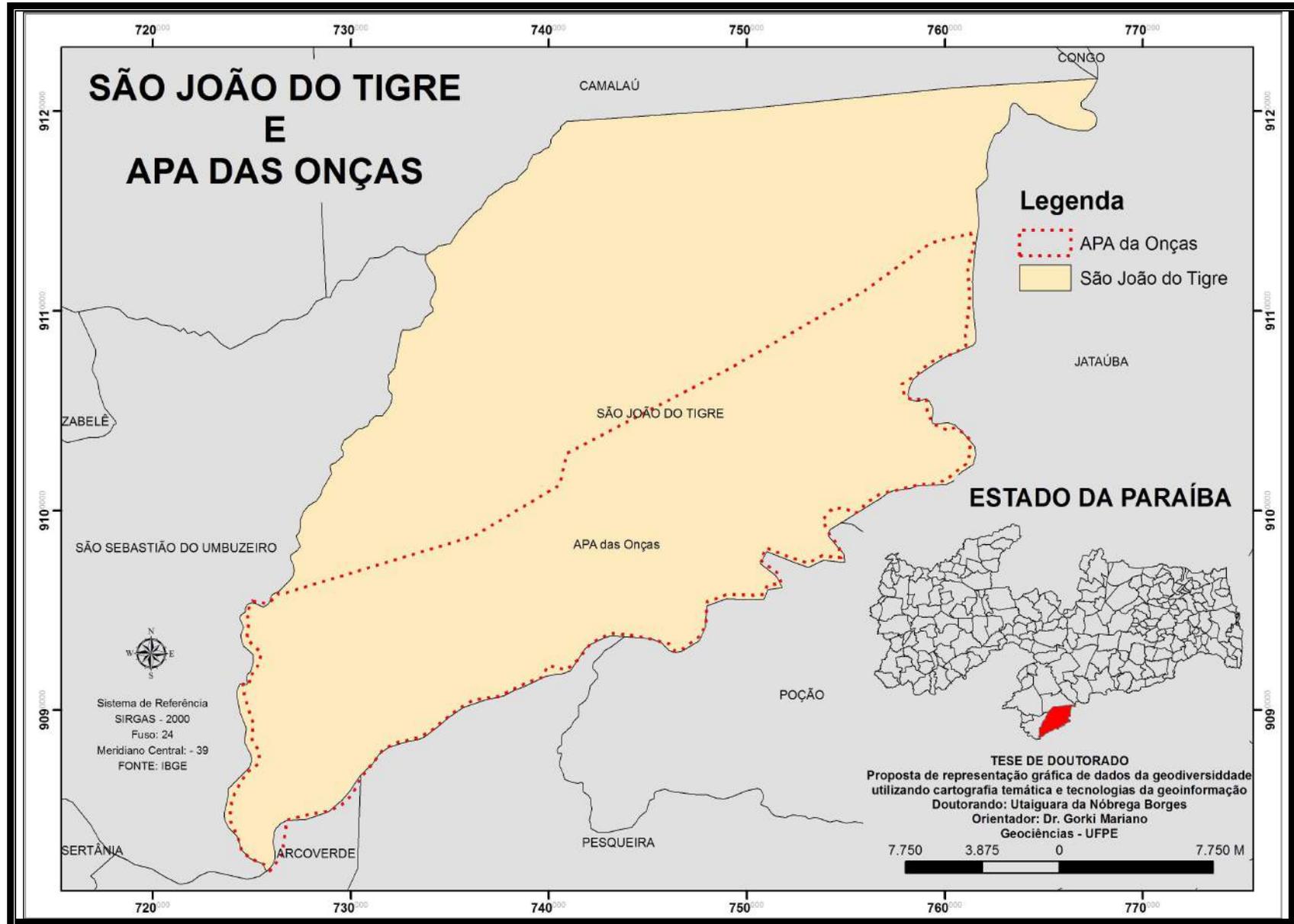
A área de estudo esta inserida no Planalto da Borborema, apresentando características típicas do semi-árido nordestino. Compreende em termos de extensão geográfica a maior Unidade de Conservação do Estado da Paraíba com uma área de 360 km², ocupando aproximadamente a metade do município de São João do Tigre. Na área há um rico patrimônio cultural com artes rupestres e cemitérios indígenas, que representam parte da Pré-história do homem no Brasil, mais especificamente, a história dos índios cariris. Com relação aos elementos abióticos, nessa área é possível encontrar aspectos da geologia regional e local que servem de exemplos para relatar a historia geológica da Terra.

A APA das Onças foi transformada em área protegida, Unidade de Conservação, em 25 de Março de 2002, pelo Governo do Estado da Paraíba. Como área de Desenvolvimento Sustentável, a partir da Lei Federal 9.985/2000 (SNUC) e decreto Estadual regulamentador nº 22.880, de 25/03/2002, passou a ter uma exigência de uso ordenado seguindo os trâmites do Artigo 15, da Lei 9.985/2000, do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza/SNUC (SUDEMA, 2005).

FIGURA 24 – Entrada e visão interna da APA das Onças.



FIGURA 25 – Mapa de localização da área de estudo.



3.2 - CARACTERIZAÇÃO

3.2.1 - Aspectos Sócio-econômicos

O município de São João do Tigre (Figura 26) teve a sua criação no ano de 1962. Hoje, segundo os dados do censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, possui uma população total de 4.396 habitantes (Tabela 08), sendo 2.867 (65,22%) em zona rural e 1.529 (34,81%) em área urbana. Geograficamente abrange uma área de 816 km², resultando em uma densidade demográfica de 5,39hab/km². Com relação aos dados populacionais, pela tabela 09, percebe-se que existe uma maior concentração da população entre a faixa etária de 0 a 39 anos, somando um total de 2.837 pessoas representando 64,53% da população, e entre a faixa etária de 40 a 70 anos ou mais, um total de 1.559 pessoas, representando 35,46% do total. Esses dados mostram que o município de São João do Tigre apresenta mais da metade da sua população jovem.

FIGURA 26 – Visão panorâmica do município de São João do Tigre – PB.



FONTE: SUDEMA (2005)

TABELA 08 – Síntese do censo demográfico 2010 – São João do Tigre - PB.

Espaço Amostral	TOTAL
Estabelecimentos de Saúde SUS	03
Matrícula - Ensino fundamental	996
Matrícula - Ensino médio	80
População Residente	4.396
População Residente Homem	2.247
População Residente Mulher	2.149
População Residente Alfabetizada	2.635
População Residente que Freqüentava Creche ou Escola	1.383

FONTE: IBGE (2011)**TABELA 09** – Faixa etária da população do Município de São João do Tigre - PB.

FAIXA ETÁRIA	POPULAÇÃO
0 a 4	379
5 a 9	411
10 a 14	482
15 a 19	380
20 a 24	337
25 a 29	291
30 a 39	557
40 a 49	530
50 a 59	410
60 a 69	320
70 anos ou mais	299

FONTE: IBGE (2011)

Analisando os indicadores sociais do ultimo censo, constata-se que as condições de qualidade de vida permanecem insatisfatórias se forem confrontadas aos moldes vigentes nas áreas mais desenvolvidas no País. De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, seu índice de desenvolvimento humano, IDH, é de 0,527. No atlas de desenvolvimento humano do PNUD (2000), os índices desse município apresentam uma esperança de vida ao nascer de 55,99, uma taxa de alfabetização de adultos de 0,535, uma taxa bruta de frequência escolar de 0,706 e uma renda per capita de 67,148. Os sub-índices do IDH apresentam os seguintes valores: IDHM-L de 0,517, relativo à dimensão longevidade, que é obtido a partir do indicador esperança de vida ao nascer; IDHM-E de 0,590, que é obtido utilizando as taxas de alfabetização e de frequência escolar; e o IDHM-R de 0,475, que é obtido a partir do indicador renda per capita média.

No âmbito educacional, apresenta um percentual de mais de 50% da população residente alfabetizada, apresentando um total de 2.635 pessoas com capacidade para ler e escrever. Com relação às matrículas escolares, o município apresentou um total de 996 alunos no ensino fundamental e 80 alunos no ensino médio, com uma frequência assídua em creches e escolas de 1.383 alunos (Tabela 08). O município apresenta duas escolas, uma estadual e outra municipal, e uma biblioteca pública dando suporte à estrutura educativa do município.

Segundo as informações fornecidas pelo IBGE (2011), na saúde, a mortalidade infantil apresentou uma taxa de 80,2 por mil nascidos vivos em 2000. A expectativa de vida ao nascer ficou na faixa dos 60 anos, o que colocou o município na posição 218º, num total de 223 municípios que compõem o Estado da Paraíba. Segundo os dados da UNICEF, assinala que o Índice de Desenvolvimento Infantil do Município, em 2001, foi de 0,388, colocando-o na posição 171º no ranking estadual.

Na esfera do saneamento básico, apenas 18,95% da população urbana possui domicílios com banheiro e água encanada. No que diz respeito ao esgotamento sanitário, apenas 46,5% da área urbanizada dispõe desse serviço. Os domicílios beneficiados com energia elétrica são representados por 36,9% do total de 1.222 casas.

Analisando a distribuição de renda no Município, observa-se que 66,7% dos chefes de domicílios recebem mensalmente uma renda de até um salário mínimo; e aproximadamente 19,20% dos responsáveis não apresentam nenhuma fonte de renda. Nesse contexto, existe uma forte contribuição para a predominância da pobreza e os baixos níveis de mão de obra qualificada, e um baixo índice de geração de emprego por parte do setor privado em consequência dessa mão de obra desqualificada, que não atendem os requisitos exigidos nesse processo atual de globalização e qualificação da força de trabalho. O cenário de trabalho desse município tem se caracterizado por um forte crescimento das atividades informais, mais especificamente a fabricação artesanal de renda renascença (Figura 27) que emprega cerca de 600 mulheres rendeiras, ou seja, cerca de 28,2% da população ativa.

FIGURA 27 - Fabricação artesanal de renda renascença em São João do Tigre – PB.



FONTE: SUDEMA

Além dessa base econômica precária, um dos grandes motivos pra esse grande leque de informalização do mercado de trabalho, reside na falta de oportunidades e de interesse por parte dos gestores públicos de ofertarem melhores possibilidades de educação e emprego para população de São João do Tigre.

A luz do exposto pode-se afirmar que as condições de qualidade de vida da população tigrense se encontram em níveis bastante insatisfatórios, muito abaixo dos padrões do nosso país, muitas vezes igualando-se aos municípios com os piores Índices de Desenvolvimento Humano do Brasil.

3.2.2 - Aspectos Fisiográficos

3.2.2.1 - Clima

Uma das principais características climáticas do Planalto da Borborema é a irregularidade pluviométrica, tanto no que se refere a sua ocorrência anual como em períodos de anos, o que, conseqüentemente, implica em longos períodos de secas e estiagens.

A região Nordeste é por natureza um centro de perturbações atmosféricas, e na Paraíba estas condições aumentam consideravelmente, em função do Planalto da Borborema. Esta região, localizada entre os meridianos de 35° e 37° separa a região dos tabuleiros litorâneos, menos de 200m de altitude, da região ocidental, sendo uma verdadeira barreira que constitui a vertente oriental do Planalto da Borborema, sendo a mesma um obstáculo aos ventos dominantes (SUDENE, 1982).

O clima do município de São João do Tigre, segundo a classificação climática de Koppen é do tipo Bsh, definido como clima quente, semi-árido e com estação chuvosa no verão e de altitude, notadamente nas serras na frente sul e Oeste do município, onde se localiza a Área de Proteção Ambiental das Onças (SUDEMA, 2005).

A temperatura média anual do município é de 28° C. Analisando o comportamento das temperaturas durante os doze meses do ano observa-se uma amplitude térmica de 10° C. A menor temperatura média mensal ocorre no mês de Julho apresentando um valor de 18° C, onde o oposto, o maior valor, 37° C, aparece no período de Dezembro.

Temperaturas menores do que as observadas entre altitudes de 500m e 600m são evidenciadas nas Serras do Paulo, Quaty e Porteiras, com desníveis superiores a 800m, onde o efeito de resfriamento adiabático, da ordem de 6° C para cada 100m de elevação do terreno, propicia temperaturas mais amenas devido às altitudes mais elevadas. (SUDEMA, 2005).

No que concerne às precipitações anuais, caracteriza-se por apresentar na sua porção Leste e Norte, condições de aridez bastante pronunciada, a qual vai se

reduzindo drasticamente à medida que se desloca pra Sul e Oeste. O regime de chuva caracteriza-se por uma irregularidade bastante pronunciada, tanto no que se refere aos totais anuais, como também aos totais mensais. O maior volume de chuva está concentrado em Fevereiro e Abril e o maior período da estiagem, de Julho a Dezembro. (PESJT, 2003).

3.2.2.2 - Vegetação

A fitogeografia local é caracterizada por duas feições bem peculiares, vegetação e antropismo. A primeira delas esta relacionada à cobertura vegetal nativa da região, a caatinga. De acordo com os seus aspectos fitossociológicos (o porte e as condições de adensamento) a caatinga local é qualificada em arbórea ou arbustiva e aberta e fechada, com formações xerófitas lenhosa decíduais, em grande parte espinhosas (Figura 28). A segunda está pautada pela agricultura de subsistência.

Segundo os dados disponíveis na Agenda 21 local, no município encontra-se as seguintes formações: ***Estepe Arbórea Densa*** compreende uma formação arbórea baixa das áreas residuais do pediplano nordestino, onde a sua fisionomia é constituída de árvores com altura em torno de 8 a 10m, e densamente distribuída; ***Estepe Arbórea Aberta*** constitui em uma formação peculiar das áreas pediplanadas nordestinas, composta por árvores e arvoretas de alturas variáveis e esparsamente distribuídas; ***Estepe Parque***, nessa área de estepe a formação parque é antrópica, resultante do desmatamento dos vales e depressões mais úmidas, apresentando uma forte presença do Juazeiro e da Carnaúba como única espécie arbórea; ***Floresta Ombrófila Aberta***, compreende em uma feição florestal composta de árvores mais espaçadas, muitas palmeiras e sinúsia arbustiva rala com poucas lianas e epífitas, o que caracteriza condições mais úmida, localizadas em altitudes variando de 500 e 1000m (PESJT, 2003).

FIGURA 28 – Vegetação Arbórea Densa. APA das Onças – PB.



Vale salientar que todo esse quadro natural vegetal encontra-se inserido em um panorama exploratório inadequado por parte dos pequenos agricultores. A falta de recursos e de conhecimento acaba gerando consequências, muitas vezes irreversíveis, com processos de degradação acelerado acarretando em terras cada vez mais improdutivas. Esse processo de antropização acelerado tem drásticas consequências como, a redução da vegetação nativa, levando a extinção de várias espécies, e o empobrecimento do solo gerando um grave problema de desertificação (Figura 29).

FIGURA 29 – Início do processo de desertificação devido à supressão da vegetação Nativa. APA das Onças – PB.



FONTE: SUDEMA

3.2.2.3 - Hidrografia

O município de São João do Tigre encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, região do alto curso do rio Paraíba. Seus principais tributários são: os rios do Umbuzeiro e do Salão, além dos riachos: do Fundão ou Santa Maria, Cascavel, do Deserto, da Areia, do Meio, do Mulungu, da Oiticica, da Pintada, do Limpo Grande, do Tigre, Cacimbas, Comprido, do Campo Grande, Pintura, Grota do Saco Grande, Baixio, Santo André e do Juazeiro. Todos os cursos d' água têm regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é dendrítico. As micro-bacias inseridas no município de São João do Tigre são: Riachos Mulungu, Comprido, Santa Maria ou Fundão, Tigre (CPRM, 2005). Esse conjunto totaliza uma área de drenagem de aproximadamente 689 km². No interior da APA encontra-se a presença do Açude Jucurutu, bastante utilizado pela população local para a pesca de subsistência (Figura 30).

FIGURA 30 – Vista panorâmica do Açude Jucurutu localizado no interior da APA.



3.2.2.4 - Solos

A variação geológica, geomorfológica e pluviométrica do município, acarreta em uma variabilidade nas unidades pedológicas. Encontra-se na região solos rasos e pedregosos, arenosos, quartzosos, argilosos e aluissolos nos leitos dos rios. Segundo os estudos realizados pela EMBRAPA (1999), a área em questão apresenta os seguintes tipos de solos: **Bruno Não-cálcio**, compreendem solos com horizonte B textural, não hidromórfico, com argila de atividade alta. São caracterizados com horizontes bem diferenciados e de transições geralmente clara; **Solos Litólicos**, são bastante rasos ou muito rasos, com pouco desenvolvimento e não são hidromórficos. Apresentam-se com bastante erosão e grande quantidade de cascalhos e matacões; **Solos Aluviais**, são solos com pouco desenvolvimento e originados de deposições fluviais.

3.2.2.5 - Geomorfologia

A área de estudo esta inserida numa unidade geomorfológica denominada de Planalto da Borborema. Segundo CARVALHO (1982), na Paraíba, o Maciço da Borborema apresenta-se fragmentado, aparecendo na paisagem sob forma de Escarpas, amplas Superfícies Elevadas Aplainadas, e ainda como Maciços Residuais poucos extensos representados pelas Serras e Inselbergues.

CARVALHO (1982) classifica essa área como “Superfície da Borborema”, a região mais elevada, e a “Superfície do Cariri”, a região menos elevada. Vale salientar que esses dois níveis estão separados pela Zona de Cisalhamento Patos. O Lineamento Paraíba, que tem como característica as longas fraturas que interferiram nas direções estruturais individualizadas ao Norte (SSW-NNE) e ao Sul (EW-ENE-WSW) do mesmo.

De acordo com os dados da SUDEMA (2005), a configuração morfológica do terreno na microrregião do Cariri é caracterizada por quatro feições. A primeira delas é marcada por uma superfície plana abaciada e dissecada em dois níveis altimétricos, um compreendendo a Superfície do Cariri, com uma variação altimétrica que vai de 400 a 600m, e a outra abrangendo a Superfície Borborema com variações altimétricas que vão de 600 a 700m. A segunda, esta relacionada à superfície de cimeira com altitudes maiores que 900m; a terceira, compreendendo os maciços residuais com altitudes variando entre 500 e 800m; e a quarta, esta pautada à planície de acumulação, oriunda dos processos de transporte e deposição de sedimentos.

Na área Norte da APA, observa-se um relevo mais plano e suavemente ondulado com presença de pequenas depressões. Já na área da Sul, apresenta-se com um a variação altimétrica que vai de 650 a 1.170m, onde há predominância de um relevo fortemente ondulado e montanhoso (Figuras 31), formado pelo conjunto de serras: Conceição, Pesa, Cascudo, Tabaqueiro, Santo André, Porteiras, Roncadeira do Paulo e Jararacá. Essas unidades serranas fazem limite com o Estado de Pernambuco.

Na área da APA, alguns vales chegam a apresentar gradientes altimétricos na ordem de 200m. As feições dos vales são geralmente côncavas e em V. Em altitudes mais elevadas, por volta dos 1000m, surgem as planícies de altitude, atualmente ocupadas por pastagens e gados. Nas maiores altitudes, surgem quedas d'água, cachoeiras exuberantes. O fluxo das águas motivado por uma maior

pluviosidade, consequência das altitudes mais elevadas, contribui para a erosão das rochas cristalinas, gerando solos mais profundos, o que implica na formação de vegetação de Caatinga Arbórea, o que gerou espaços diferenciados no Semi-árido dos Cariris (SUDEMA, 2005).

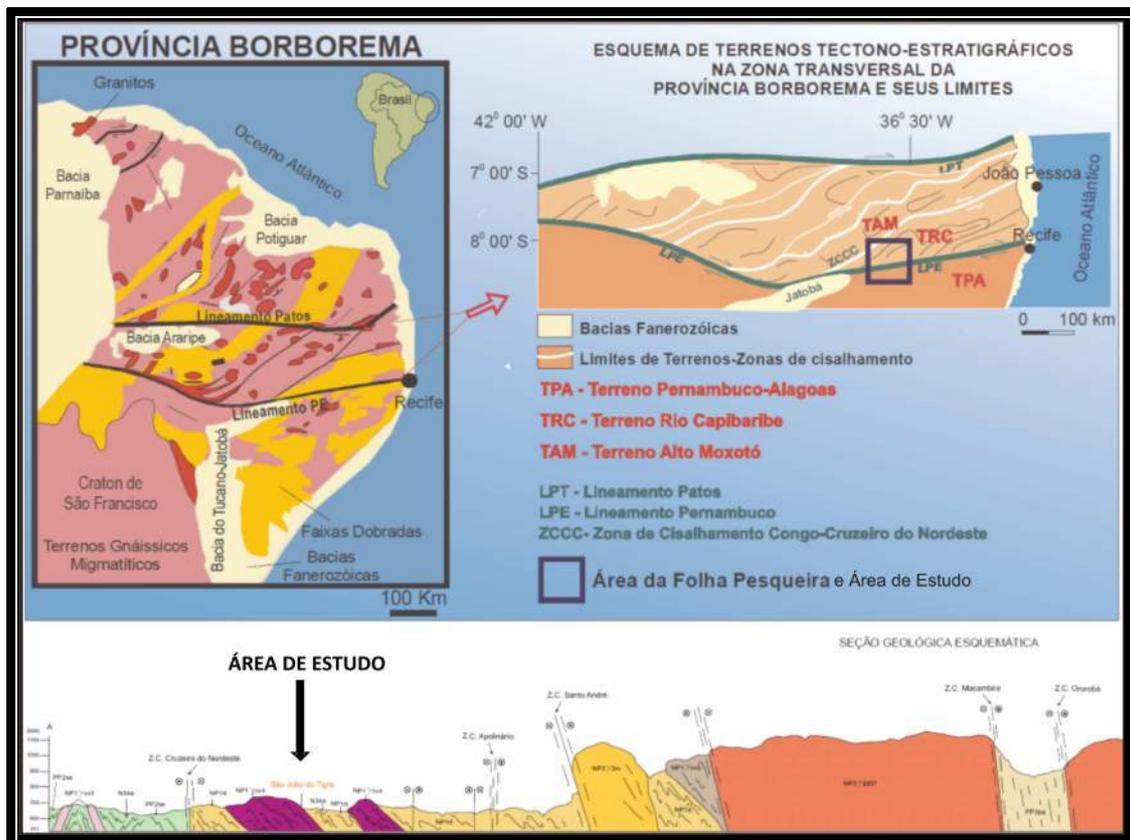
FIGURA 31 – Relevo local com presença de áreas planas e elevações.



3.2.2.6 - Geologia Regional

Segundo SANTOS (2012), a Região da Borborema está localizada no Nordeste oriental do Brasil, limitando-se ao Norte e Leste por bacias sedimentares costeiras, ao Sul pelo cráton do São Francisco, e a Oeste, pela Bacia do Parnaíba (Figura - 32).

FIGURA 32 – Encarte tectônico e seção geológica da Província da Borborema.



FONTE: ACCIOLY & SANTOS (2010)

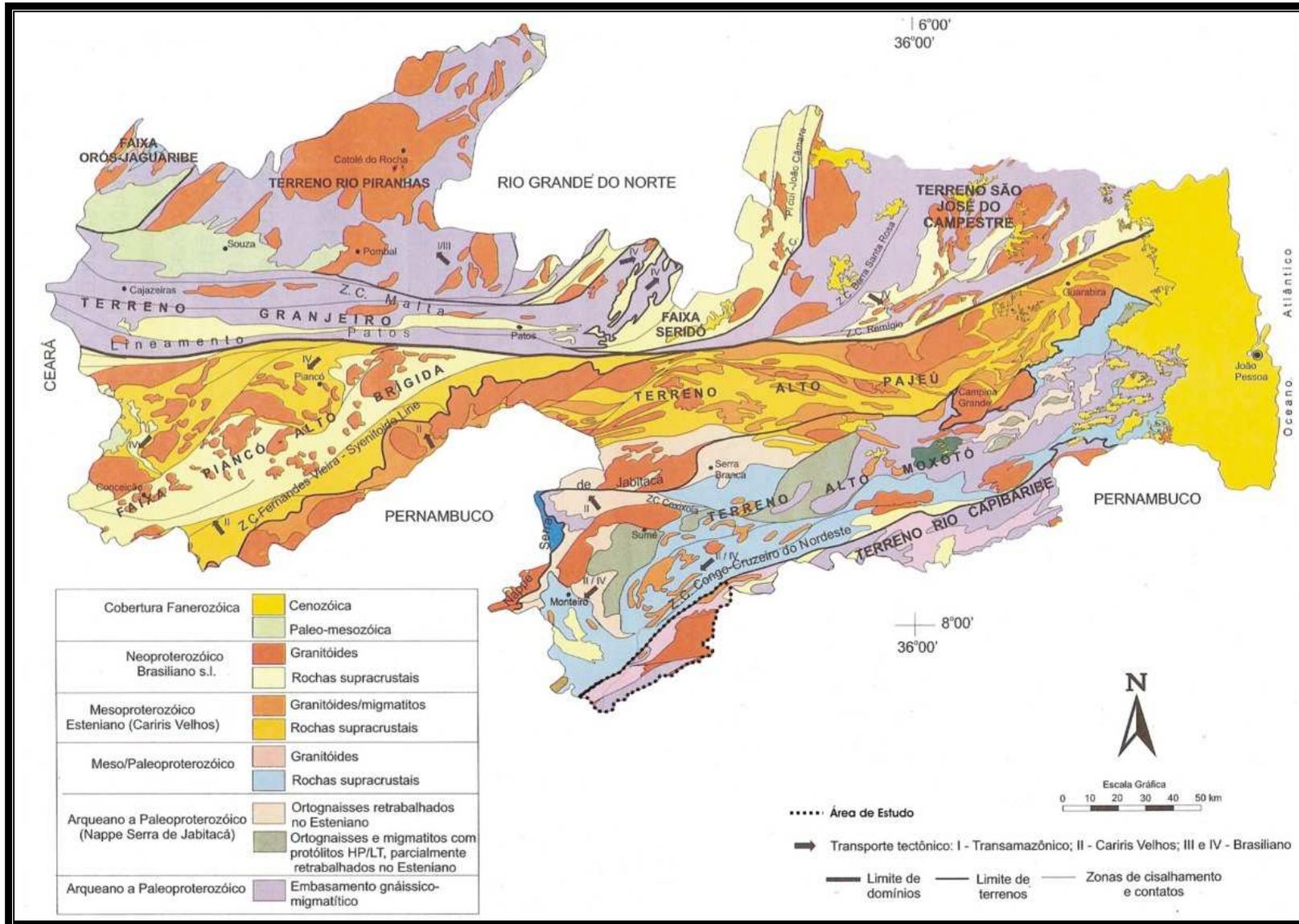
Segundo OSAKO (2005), o termo Província da Borborema foi adotado nos primórdios para indicar a porção Nordeste da Plataforma Sul-Americana, que compreende uma região de aproximadamente 450 000 Km², e que foi marcada pela ação de eventos tecno-termais neoproterozóicos (Ciclo Brasileiro). OSAKO (2005), ainda afirma que estudos geocronológicos realizados no Estado da Paraíba, permitiram identificar dois grandes eventos orogenéticos: O Transamazônico (paleoproterozóico) e o Brasileiro (neoproterozóico).

A província é formada por um conjunto de grandes segmentos crustais (geralmente limitados por extensas zonas de cisalhamento preferencialmente transcorrentes), os quais comportam proporções variadas de rochas do embasamento paleoproterozóico (com núcleos arqueanos preservados) com presença de rochas gnáissico-migmatíticas, rochas supercrustais meso a neoproterozóicas, e granitóides neoproterozóico (OSAKO, 2005) (Figura 33).

A correlação dos terrenos proterozóicos do Nordeste do Brasil com aqueles da África ocidental, induz à interpretação de que as zonas de cisalhamento transcorrentes intracontinentais da Faixa Borborema/Trans-Sahara constituem uma rede transcontinental de zona de cisalhamento dúcteis de escala crustal e litosférica, instaladas na acomodação das convergências relativas dos crátons do Oeste Africano, Amazônico, São Francisco/Congo e diversos fragmentos de microcontinentes no Neoproterozóico, onde o padrão geométrico do sistema de cisalhamento transcorrentes é formado pela coalescência entre os lineamentos de direção geral EW e extensão superior a 1000km entre o Brasil e Camarões, incorporados deste modo, aos lineamentos de direção NE com cerca de 3000Km de extensão entre o Brasil Central e África (GRIGIO, 2003).

Observando o Mapa da figura 33, que representa a geologia do Estado da Paraíba, ressalta-se que a área de estudo encontra-se completamente inserida no Terreno do Rio Capibaribe. Este terreno ocorre em uma pequena extensão na divisa do Estado da Paraíba com o Estado de Pernambuco. Limita-se ao Norte com o Terreno Alto Moxotó pela zona de cisalhamento transcorrente brasileira Cruzeiro do Nordeste-Congo. Distingue-se do Terreno Alto Moxotó pela menor exposição do embasamento paleoproterozóico, pela ocorrência de diferentes pulsos plutônicos anorogênicos paleo à mesoproterozóicos, por uma marcante atividade contracional meso e neoproterozóica e abundância de granitos neoproterozóicos. Esse contraste é melhor observado no Estado de Pernambuco, onde é maior a extensão do Terreno Rio Capibaribe. A litoestratigrafia do terreno apresenta os complexos Surubim-Caroalina, Vertentes e Gnáissico migmatítico (ACCIOLY & SANTOS, 2010).

FIGURA 33 – Mapa Geológico simplificado do Estado da Paraíba.



FONTE: SANTOS (2002)

3.2.2.7 - Geologia Local

A APA das onças esta inserida no contexto geológico do Estado da Paraíba com predominância de rochas cristalinas, as quais ocupam mais de 80% de todo o seu Território. Com base no mapeamento da Carta Geológica, Folha Pesqueira , escala 1:100.000, na região onde esta inserida à área de estudo encontram-se as Suítes Intrusivas (Conjunto de rochas ígneas plutônicas com composições distintas) Itaporanga e Vila Morderna, os Ortognaisses (Rocha metamórfica derivada de uma rocha ígnea ou magmática plutônica) Sítio Severo e São João do Tigre, e os Complexos Riacho do Tigre, Sertânia e Pão de Açúcar.

As rochas ígneas plutônicas são predominantes na área da APA e apresentam variação composicional bastante interessante, tendo como representantes gabros, dioritos, granitos, monzonitos, granodioritos e tonalitos (Figura 34). Essa nomenclatura é estabelecida em função da mineralogia das rochas. Na tabela 10 encontra-se a descrição detalhada da litologia da APA que está inserida no mapa geológico da folha Pesqueira (ACCIOLY & SANTOS, 2010) (Figura 35). Na figura 36 é mostrado o recorte da área da APA, com destaque para a geologia.

FIGURA 34 – Afloramentos de blocos graníticos.



FIGURA 35 – Mapa geológico da folha Pesqueira (ACCIOLY & SANTOS, 2010) com destaque para área de estudo.

Acesso à folha pesqueira em: <http://geobank.sa.cprm.gov.br/>

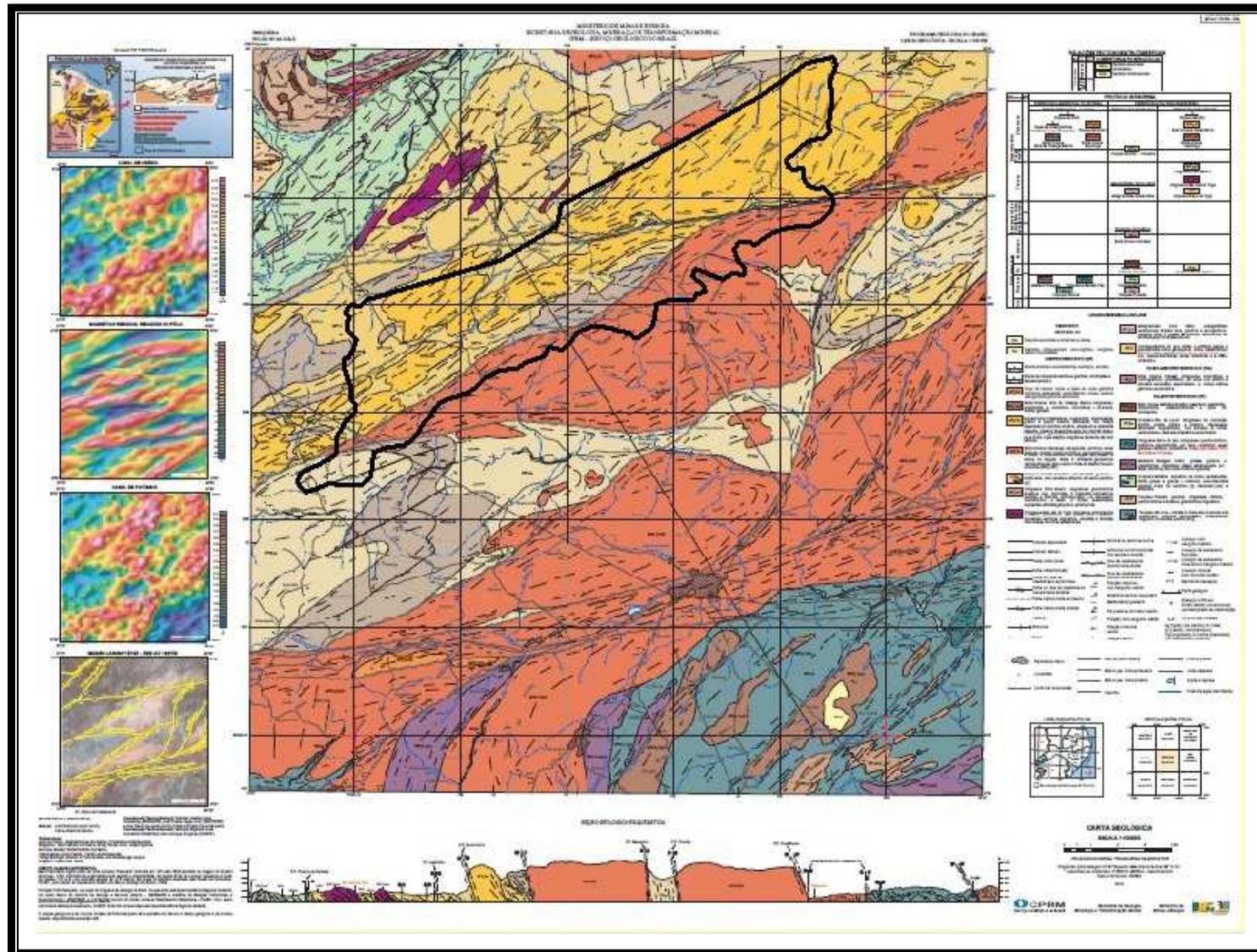
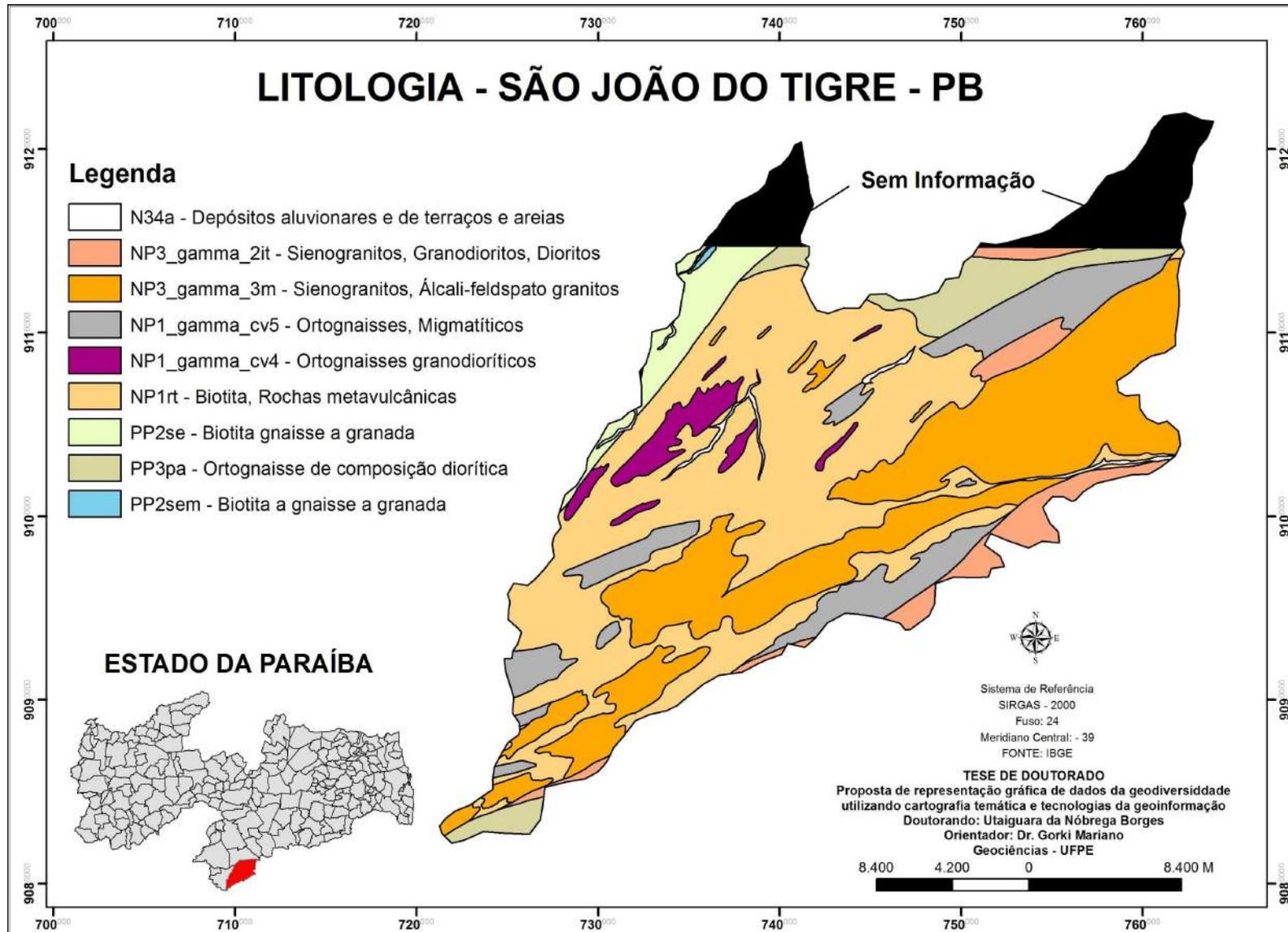


FIGURA 36 - Mapa litológico (Recorte da Folha Pesqueira) de São João do Tigre – PB.



Adaptado de: ACCIOLY & SANTOS, 2010

TABELA 10 – Descrição da legenda da folha Pesqueira (área de estudo).

LEGENDA	DESCRIÇÃO
N34a	Depósitos aluvionares e de terraços e areias.
NP3y2it Suite Intrusiva Itaporanga	Sienogranitos porfiríticos, álcali-feldspato granitos grossos porfiríticos, granodioritos médios e dioritos e monzodioritos com relações de processo de mistura de magmas. Suíte de afinidades geoquímicas calcioalcalinas de médio a alto K. Parte do Batólito Caruaru-Arcoverde.
NP3y3m Suite Intrusiva Vila Moderna	Sienogranitos, álcali-feldspato granitos e quartzo sienitos deformados, com foliação desenhada por anfibólitos alcalinos, arfvedsonita e raramente riebeckita, presença de aegirina-augita, de coloração rósea a embranquiçada, granulação predominantemente fina. Associam-se a dioritos cujas relações magmáticas ainda não são bem definidas.
NP1ycv5 Ortognaisse Sítio Severo	Ortognaises granodioríticos/tonalíticos com fenocristais de magnetita, migmatíticos, bandados e dobrados, embranquiçados, com mesossoma monzodiorítico e restos de rochas paraderivadas. Apresentam afinidade geoquímica peraluminosa.
NP1ycv4 Ortognaisse São João do Tigre	Ortognaisse monzogranítico e sienítico, peraluminoso, com granada, biotita e anfibólio. Apresentam estruturas migmatíticas bandadas e dobradas com enclaves de rochas paraderivadas.
NP1rt Complexo Riacho do Tigre	Biotita ou anfibólio gnaisse a granada-biotiraxistos grauváquicos, rochas metavulcânicas félsicas e intermediária (Idade U-Pb em zircão de 961 +/- 11Ma), metavulcanoclásticas, lentes anfibolíticas e de metaultramáficas.
PP2se Complexo Sertânia	Biotita gnaisse a granada + silimanita; muscovita-biotita gnaises, níveis de quartzitos (qt), mármore (mm) e anfibolitos.
PP3pa Complexo Pão de Açúcar	Ortognaises de composição diorítica, quartzo diorítica e tonalítica, intensamente deformados migmatizados, com enclaves de rochas calcissilicáticas, máficas a ultramáficas escamitizadas.
PP2sem Complexo Sertânia	Biotita gnaisse a granada + silimanita; muscovita-biotita gnaises, níveis de quartzitos (qt), mármore (mm) e anfibolitos.

FONTE: (ACCIOLY & SANTOS (2010))

4 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Como área experimental para aplicação dos métodos foi adotada a APA das Onças, localizada no Estado da Paraíba, que apresenta uma geodiversidade significativa para representar a história geológica da Terra, apresentando no seu cenário afloramentos que registram elementos dos períodos geológicos do paleoproterozóico e neoproterozóico. Uma outra característica importante que impulsionou a escolha dessa área, foi a ausência de estudos direcionados para geodiversidade em unidades de conservação no Estado da Paraíba.

O presente trabalho propõe uma avaliação que toma como base a cartografia compatível com a escala 1:100.000, e os dados provenientes do processo de quantificação dos geossítios. Os procedimentos adotados constituem-se de uma série de etapas desde o preparo das bases cartográficas, coleta de dados em campo, preenchimento de fichas de inventários e quantificação dos geossítios, e a representação desses dados utilizando a cartografia temática como elemento de difusão do conhecimento da área estudada.

Os resultados esperados visam melhorar a forma de representação dos dados quantificados da geodiversidade, utilizando mapas temáticos de símbolos proporcionais e de densidade, como elemento de comunicação entre o produtor da informação e o usuário final, visando assim, uma melhor interpretação desses resultados. No final do processo de quantificação será possível, através de mapas, identificar distribuição espacial dos valores quantificados e de sua densidade.

4.1 - MATERIAIS

Uma vez identificada, caracterizada e localizada espacialmente a área de estudo, foi adotado os seguintes materiais para a pesquisa em questão:

- Imagens orbitais em meio digital no formato GeoTiff;
- Cartas topográficas (Escala 1:100.000);

- Mapas geológicos (Escala 1:100.000);
- Mapas digitais da área de estudo em formato SHP;
- Dados do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*);
- GPS de navegação GARMIN para georreferenciamento dos Geossítios;
- Máquina fotográfica para o registro dos elementos da geodiversidade;
- Fichas para inventariação dos geossítios (ANEXO – A);
- Computador para tratamento dos dados;
- Programas de Geoprocessamento para tratamento dos dados Matriciais e Vetoriais, e para análise espacial.

4.2 - MÉTODOS

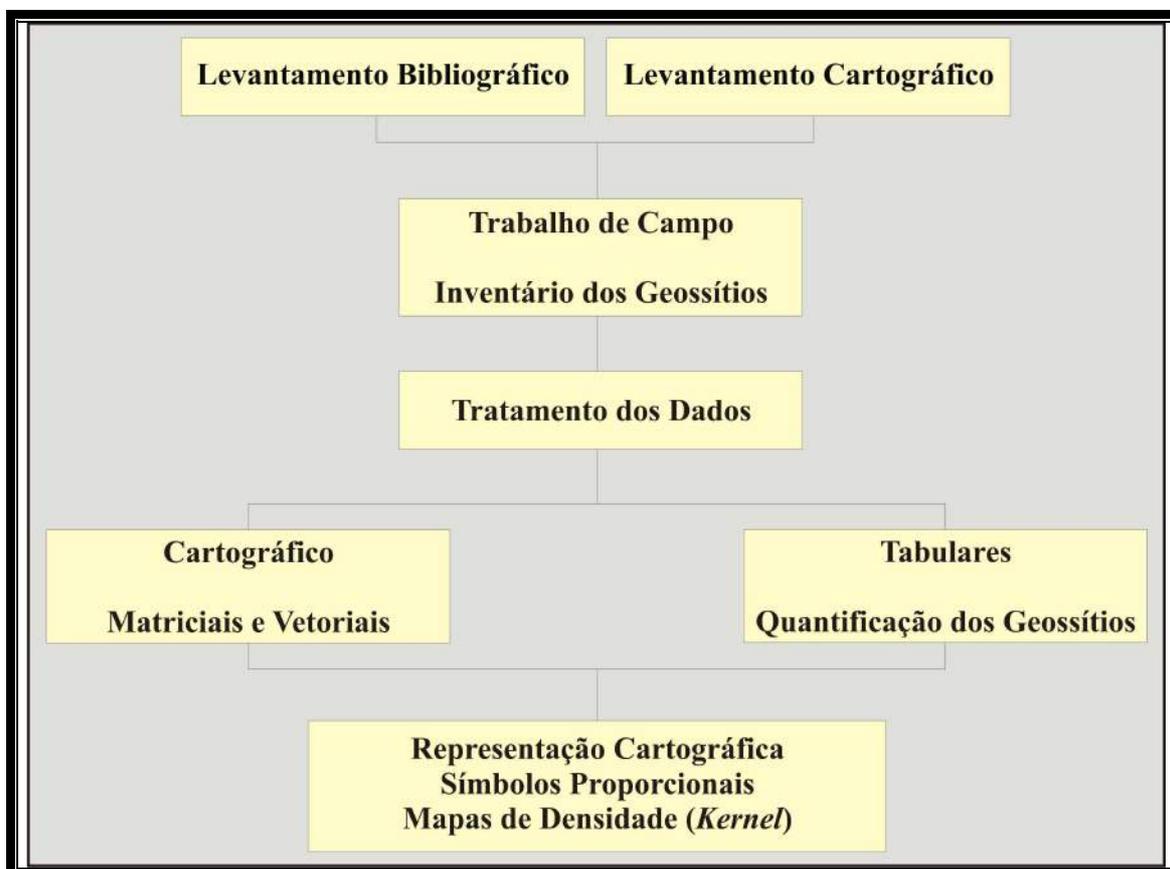
O desenvolvimento dessa pesquisa envolveu a aplicação de duas metodologias. A primeira, que tem como objetivo inventariar e quantificar os valores dos possíveis geossítios, que foi realizada através do método proposto por BRILHA (2005). Este método leva em consideração os valores intrínsecos, de uso potencial, e necessidade de proteção, de cada local levantando. Com isso foi possível identificar o grau de relevância dos possíveis geossítios, com base nesses valores. Apesar de existirem metodologias de quantificação mais refinadas e com atributos mais apropriados para APAs (p. ex. PEREIRA, 2010), optou-se em adotar os métodos aqui apresentados devido a sua simplicidade, tendo em vista que o objetivo da presente pesquisa é aplicar métodos de geoprocessamento e cartografia temática para representação de dados. Esse tratamento pode ser aplicado independente do método de quantificação da geodiversidade. A segunda, tem a finalidade de fazer a espacialização e representação cartográfica dos possíveis geossítios inventariados e quantificados. Para isso foi adotada a cartografia temática para representar os valores absolutos, através da técnica de símbolos proporcionais, e a estatística de interpolação, não-paramétrica, a estimativa de *Kernel*. A aplicação do interpolador *Kernel* tem o intuito de mostrar o padrão de distribuição de pontos, gerando uma superfície de densidade. Como resultado

final, teremos os chamados mapas de *kernel* ou mapas de densidade. Esse tipo de produto é bastante aplicado em estudos de segurança, saúde pública e nas ciências ambientais, como alternativa para análise geográfica do comportamento de padrões de ocorrência de determinados eventos, ou seja, no mapa são plotadas as ocorrências, posteriormente aplica-se um método de interpolação, e como resultado, a densidade pontual de determinado fenômeno, em toda a região de estudo, é representada cartograficamente através das gradações de cores.

4.3 - ETAPAS DO TRABALHO

Nesse tópico serão abordadas todas as etapas que foram desenvolvidas e que serviram de orientação para realização das atividades. Na figura 37 é mostrado o fluxograma representando todas essas etapas e, posteriormente, o detalhamento de cada uma.

FIGURA 37 – Fluxograma com as etapas da pesquisa.



4.3.1 - Levantamento Bibliográfico

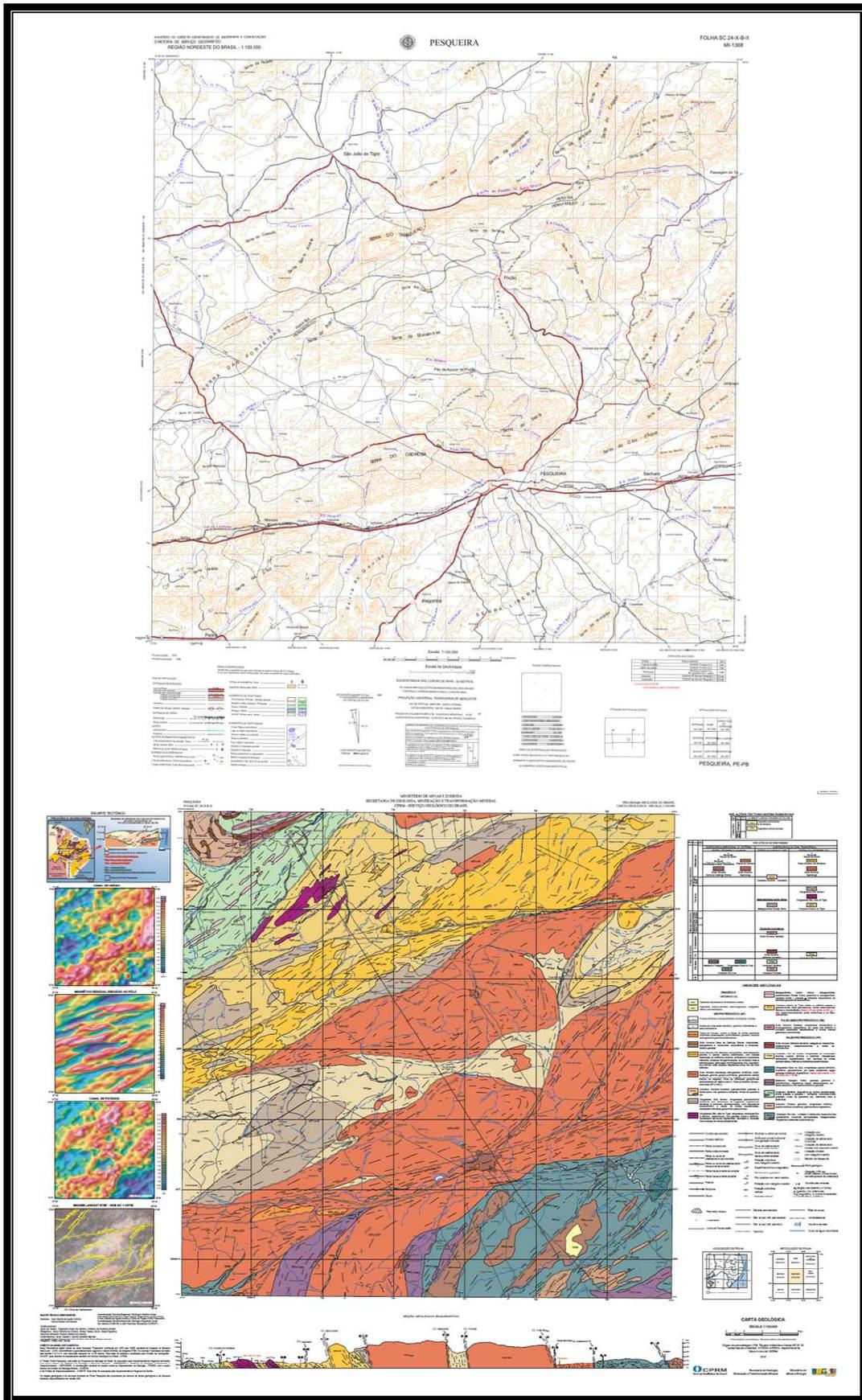
Esta etapa teve o objetivo de levantar todo material bibliográfico existente sobre a área de estudo, os métodos de quantificação e as técnicas de geoprocessamento. Várias foram às fontes pesquisadas: Biblioteca Setorial de Geociências - UFPB; Biblioteca Central da Universidade Federal da Paraíba – UFPB - João Pessoa; Biblioteca Setorial do Centro de Tecnologia e Geociências – CTG, da UFPE; Biblioteca da Superintendência de Administração do Meio Ambiente - SUDEMA; Biblioteca do Centro Federal de Educação Tecnológica - CEFET; Prefeitura Municipal de João Pessoa – PMJP; Pesquisa na Internet em sites dos seguintes órgãos: ENGESAT Imagens de Satélites; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE; Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba - IDEME; Federação das Associações de Municípios da Paraíba – FAMUP; e Ministério do Meio Ambiente – MMA; Serviço Geológico do Brasil – CPRM; e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA.

4.3.2 - Levantamento Cartográfico

Realizado concomitantemente ao levantamento bibliográfico, compreendeu a obtenção de todo o material cartográfico existente da área em apreço, mapas em papel e digitais, fotos aéreas, e imagem de satélite. Alguns foram levantados e utilizados só como fonte para comparações e de ajuste para o registro da imagem (mapas em papel e algumas fotografias aéreas). Os materiais utilizados com maior frequência no trabalho foram:

- **Base Cartográfica:** Mapa Geológico (1:100.000) – Folha Pesqueira - SC-24-X-B-II (ACCIOLY *et al* (2010)); Carta Topográfica 1:100.000 - Folha Pesqueira - SC-24-X-B-II (SUDENE) (Figura 38); e bases vetoriais em formato SHP, disponibilizadas pela SUDEMA.

FIGURA 38 – Carta Topográfica e Mapa Geológico.



FONTE: SUDENE e ACCIOLY & SANTOS (2010)

Imagens Órbitais: Nessa pesquisa optou-se por trabalhar com imagens de baixo custo, ou seja, um material que seja de domínio público. Foram escolhidas dois tipos de imagens:

1. Cenas do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS), através de um sistema de catálogo de imagens on-line, que estão disponíveis no Atendimento ao Usuário (ATUS), no site do próprio Instituto (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>). O quadro 04 apresenta uma síntese das características desse satélite e os seus respectivos sensores. As imagens que foram adotadas no presente trabalho são derivadas do CBERS 2B, mais especificamente do sensor de alta resolução HRC (*High Resolution Camera*), com resolução de 2,7 metros, órbitas 147 A (pontos 109_3 e 109_4) e 147 E (pontos 109_3 e 109_4) (Figuras 39 e 40). Essas imagens apresentaram uma grande contribuição no trabalho de campo, uma vez que foi possível a identificação de estradas e rios, conseqüentemente, facilitando a localização dos geossítios e melhorando o entendimento da área de estudo.

QUADRO 04 – Resumo do sistema CBERS e seus respectivos sensores.

Os satélites CBERS-1, 2 e 2B caracterizam-se por estarem em uma órbita síncrona com o Sol a uma altitude de 778 km, completando 14 revoluções da Terra por dia. Este tipo de órbita é tal que o satélite sempre cruza o Equador às 10h30 da manhã, hora local, provendo assim as mesmas condições de iluminação solar para tornar possível a comparação de imagens adquiridas em dias diferentes.

Esse sistema de satélite apresenta uma diversidade de câmeras com diferentes resoluções espaciais:

Imageador de Amplo Campo de Visada (WFI - Wide Field Imager): A câmera WFI produz imagens de uma faixa de 890 km de largura, permitindo a obtenção de imagens com resolução espacial de 260 m. No período aproximado de cinco dias obtém-se uma cobertura completa do globo;

Câmera Imageadora de Alta Resolução (CCD - High Resolution CCD Camera): A câmera CCD fornece imagens de uma faixa de 113 km de largura, com uma resolução de 20 m. Esta câmera tem capacidade de orientar seu campo de visada dentro de ± 32 graus, possibilitando a obtenção de imagens estereoscópicas de certa região do espectro.

Imageador por Varredura de Média Resolução (IRMSS - Infrared Multispectral Scanner): A câmera de varredura IRMSS tem quatro faixas espectrais e estende o espectro de observação do CBERS até o infravermelho termal. O IRMSS produz imagens de uma faixa de 120 km de largura com uma resolução de 80 m (160 m no canal termal).

Câmera Pancromática de Alta Resolução (HRC - High Resolution Camera): A câmera HRC opera numa única faixa espectral, que cobre o visível e parte do infravermelho próximo. Está presente apenas no CBERS-2B, mas não nos CBERS-1 e 2. Produz imagens de uma faixa de 27 km de largura com uma resolução de 2,7 m, que permitirá a observação com grande detalhamento dos objetos da superfície. Como sua faixa de cobertura é de 27 km, serão necessários cinco ciclos de 26 dias para que os 113 km padrão da CCD sejam cobertos pela HRC.

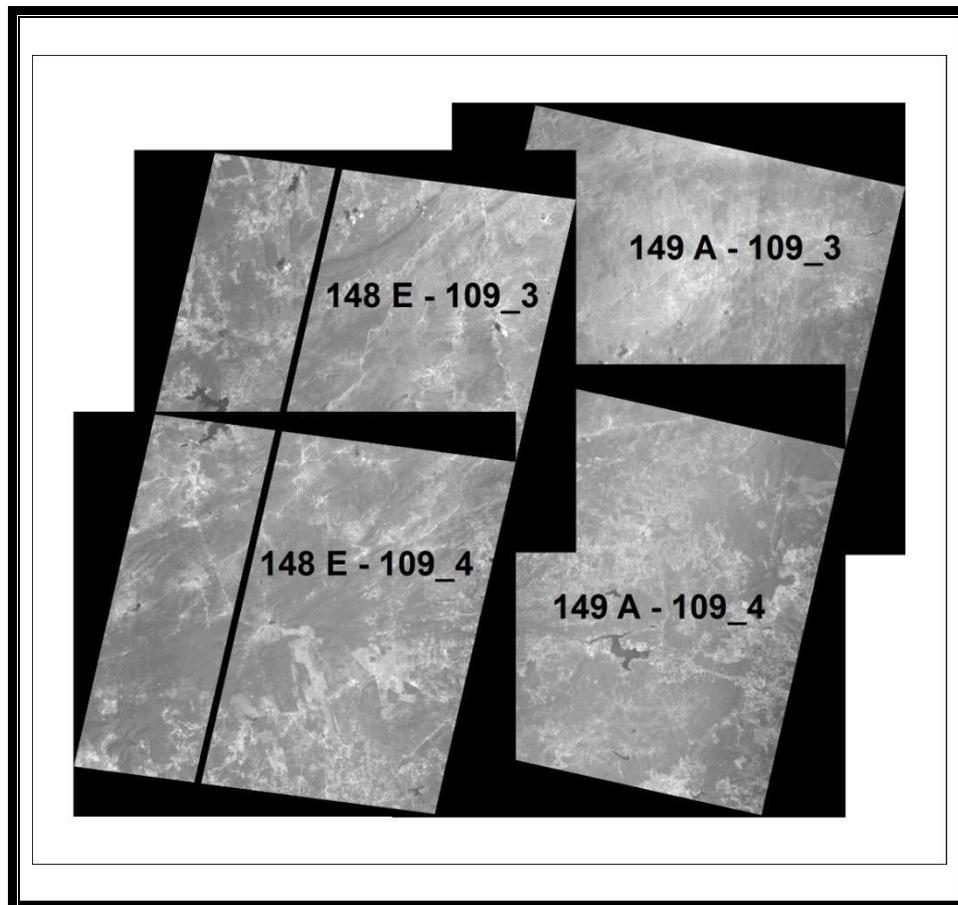
FONTE: CBERS/INPE

FIGURA 39 – Grade de referência do sistema CBERS – 2B (destaque área de estudo).



FONTE: CBERS/INPE

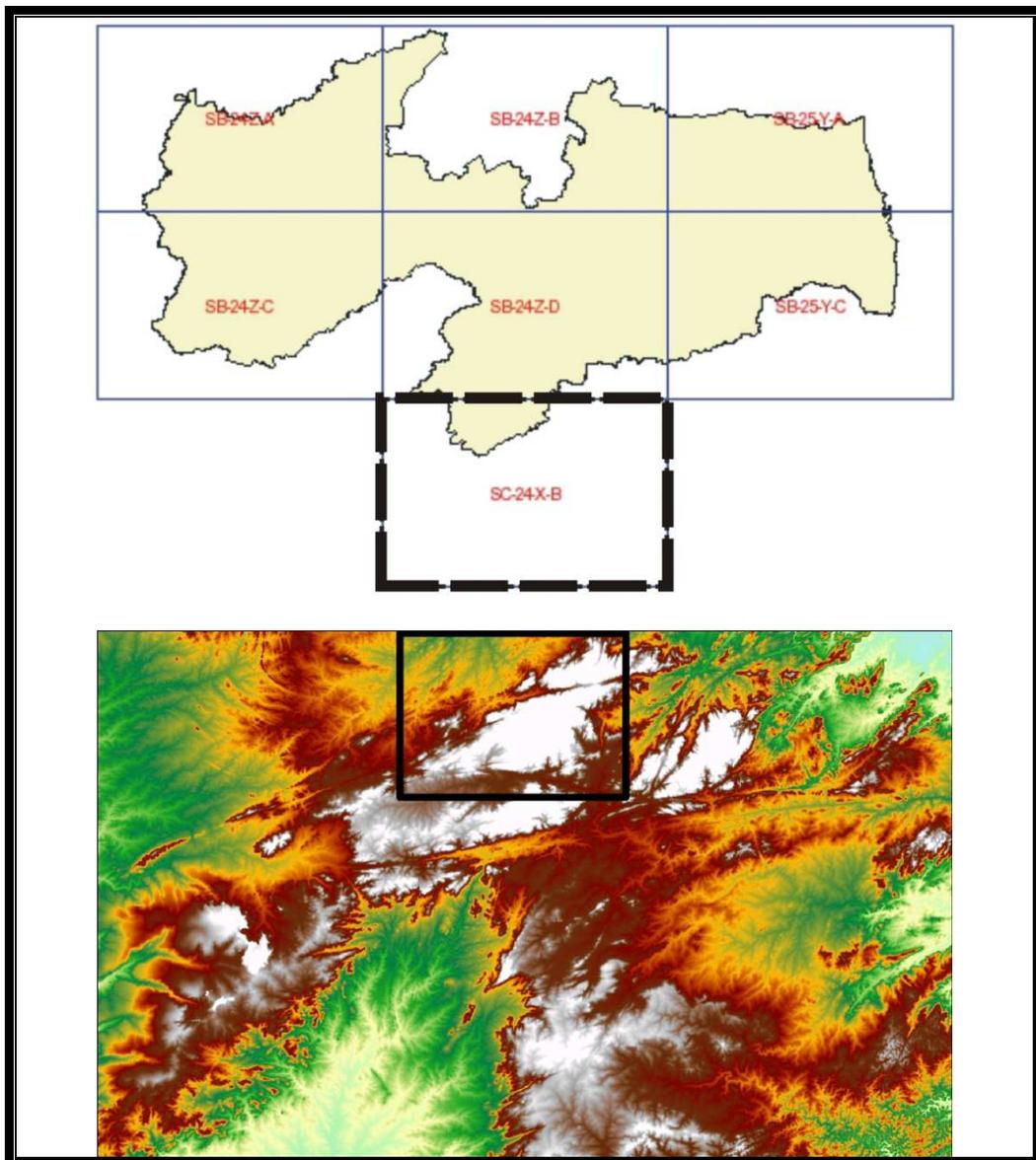
FIGURA 40 – Imagens CBERS 2B/HRC.



FONTE: CBERS/INPE

2. Imagens da missão topográfica *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, que tem como objetivo de gerar um Modelo Digital de Elevação (MDE) da Terra usando a interferometria. Esses dados estão disponíveis para *download* gratuitamente (<http://seamless.usgs.gov>), site oficial do U.S. *Geological Survey* (USGS), com uma resolução de captura de 3 *arc-seconde-degree*, e resolução espacial de 90 metros. As coordenadas da área são de 8°19'32'' e 7°48'28'' de latitudes Sul e 37°07'33'' e 36°31'48'' de longitudes Oeste de *Greenwich*, quadricula SC-24-X-B (Figura 41). Essas imagens apresentaram uma grande contribuição para melhor entendimento do relevo local.

FIGURA 41 – Articulação das imagens SRTM com destaque para área de estudo.

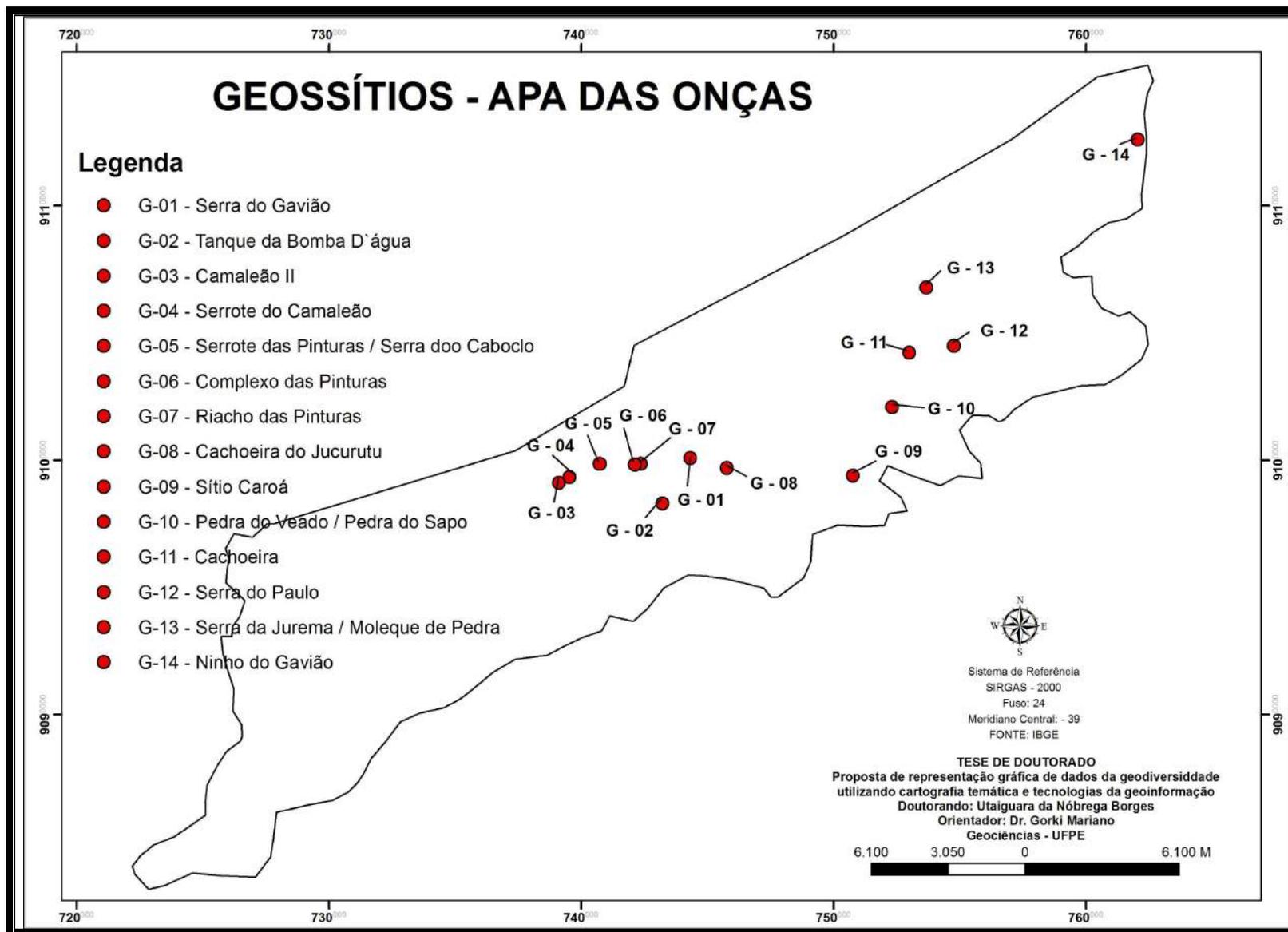


FONTE: EMBRAPA

4.3.3 - Trabalho de Campo

A pesquisa de campo foi a etapa do trabalho dedicada ao reconhecimento da área de estudo, inventário dos possíveis geossítios, coleta das coordenadas geográficas e registro fotográfico. As atividades foram desenvolvidas no período de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2011. Contou com auxílio de um guia local, de equipamento GPS, e de veículo automotivo, uma vez que a área envolve uma extensão geográfica bastante considerável. Durante esse processo foi realizado a inventariação dos pontos de interesse geológico (geossítios), levando em consideração o conhecimento local para elencar os possíveis geossítios de maior representatividade. Os critérios adotados foram: expressividade cênica, boa representatividade para auxílios educacionais e turísticos, e elementos culturais agregados aos elementos geológicos. De forma prática a inventariação consiste em fazer um levantamento, *in loco*, desses pontos de interesse (geossítios), procurando coletar, de forma sistemática, o máximo possível de material necessário para realização das etapas subsequentes do processo estratégico de geoconservação. Para tal, foi adotada uma ficha (ANEXO – A), resumida, de inventário do patrimônio geológico, proposta pela PROGEO, que foi adaptada e proposta por BRILHA (2005). Esse material contém caracterização resumida dos elementos, informações de acessibilidade, tipo de uso vigente, estado de conservação, localização geográfica, entre outros dados. Na área de estudo foi possível localizar 14 locais de relevância geológica (geossítios), com registro fotográfico e informações locais dos respectivos elementos (Figura 42).

FIGURA 42 - Localização dos Geossítios na Carta Topográfica – Folha Pesqueira.



4.3.4 - Tratamento dos Dados

Essa etapa do trabalho compreende o tratamento e produção dos dados. Essa fase está dividida em três etapas: Na primeira, foi realizado o processamento dos dados matriciais, constituindo a preparação das imagens de satélites e dos dados do SRTM. Na segunda, foi efetivado o tratamento dos dados vetoriais, ou seja, a edição da base cartográfica para espacialização dos dados coletados em campo. E na terceira, o processamento dos dados tabulares, correspondendo à quantificação e representação cartográfica dos possíveis geossítios.

4.3.4.1 - Dados Matriciais

O *Software* adotado para o tratamento desses dados foi o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – SPRING, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Para dar início à edição e o processamento dos dados matriciais, foi necessário a criação de um banco de dados para inserção dos dados nesse sistema. Os passos iniciais consistem na criação e modelagem do banco de dados. Tal modelagem configura-se na definição de categorias, que podem ser dos modelos Imagem, Numérico, Temático, Cadastral ou Rede. Tais categorias determinam o tipo de dado que será manipulado, bem como as operações possíveis para seu tratamento (Tabela 11).

Definido o modelo de dados e estabelecidas as categorias, procedeu-se a criação de um projeto. Nesta etapa, foram definidos os limites geográficos da área de estudo (Retângulo Envolvente), a projeção cartográfica e demais parâmetros cartográficos. A criação de um projeto, no SPRING, implica na criação de um sub-diretório do banco de dados criado anteriormente, que armazena os dados manipulados.

TABELA 11 – Categorias de modelos de dados do SPRING

MODELO DA CATEGORIA	QUALIFICAÇÃO DO DADO	DADO UTILIZADO
Imagem	Formato matricial.	Imagens do Satélite CBERS 2B / HRC e Imagem SRTM
Numérico	Variação contínua de seus valores numéricos em função da sua posição na superfície.	Curvas de Nível
Temático (Associados a classes Temáticas)	Classifica uma posição geográfica quanto a um determinado tema.	Mapa Geológico
Cadastral (Associados a objetos)	Representação de determinado tipo de objeto, associado a uma tabela de atributos.	Geossítios
Rede	Possui relações de fluxo e conexão entre os inúmeros elementos que deseja-se representar e monitorar.	Não Utilizado

O projeto é composto de um conjunto de Planos de Informação (PI) que são o suporte para os diferentes tipos de dados existentes, onde estes podem ser importados, digitalizados e editados. Cada PI está associado a uma única categoria e modelo de dados previamente criado e nele ocorre a representação gráfica da informação, assim como seu processamento.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi criado o banco de dados APA das Onças, com projeção UTM/SIRGAS_2000, delimitado pelas coordenadas métricas 698607m, 9070888m (canto inferior esquerdo) e 776540m, 9127236m (canto superior direito). As categorias e PIs criados para inserção dos dados estão listados na tabela 12. Vale salientar que os dados vetoriais aqui inseridos, são para fins de compatibilização e edição dos dados matriciais.

TABELA 12 – Categorias, Modelos e PIs (Plano de Informação) criados no Projeto APA das Onças.

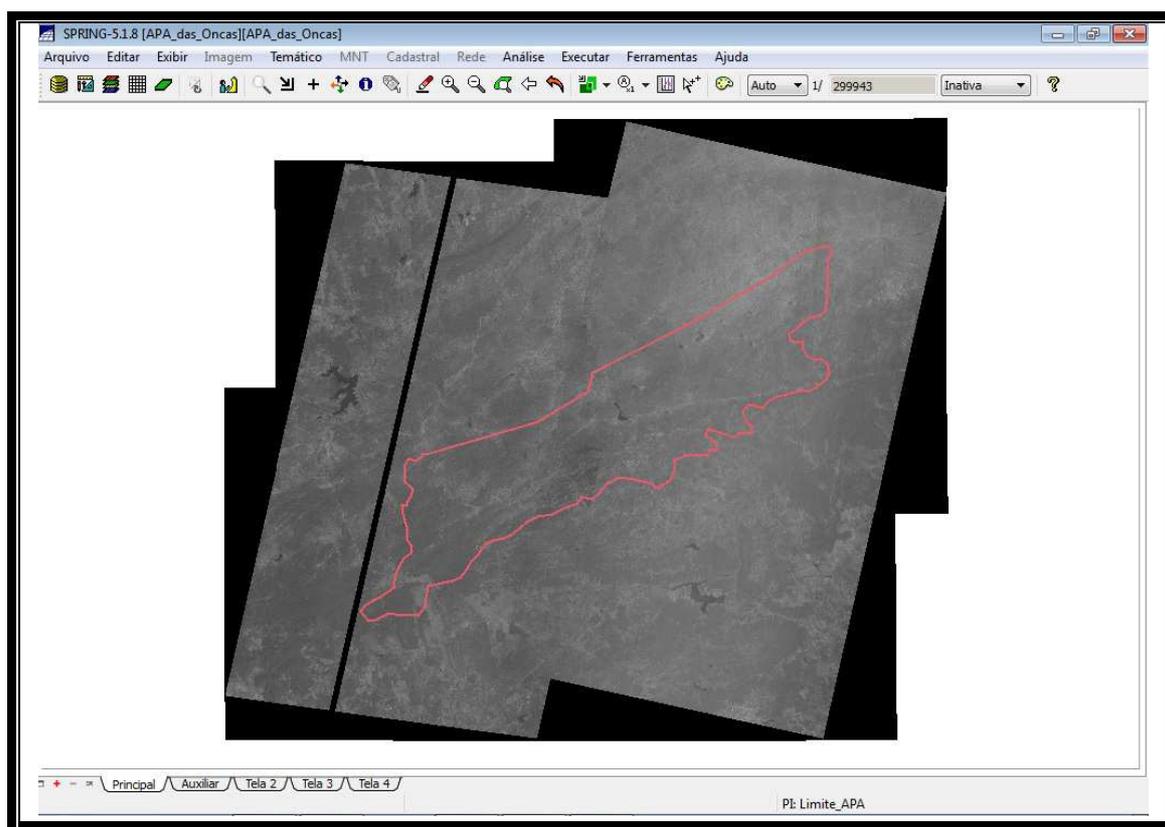
CATEGORIA	MODELO	PI
SRTM	MNT	SRTM_TOPO
Curvas	MNT	Curvas_Nível
Geologia	Temático	Carta_Pesqueira_Geo
Topografia	Temático	Carta_Pesqueira_Topo
Imagem	Imagem	CBERS_Mosaico
Geodiversidade	Cadastral	Geossítios_Espacialização

O tratamento dos dados matriciais consiste no Processamento Digital de Imagens (PDI), que na área de Sensoriamento Remoto, compreende a aplicação de técnicas, por meio de sistemas computacionais específicos, que resultem numa melhor visualização das informações contidas nas imagens de satélites. O PDI caracteriza-se por uma grande diversidade de técnicas destinadas a facilitar a extração e interpretação dessas imagens. Neste trabalho serão apresentadas e discutidas as técnicas diretamente relacionadas à pesquisa em questão.

Nesta etapa do trabalho as aplicações destas técnicas, nas imagens orbitais CBERS-2B, serviram para registrar as imagens (as quatro cenas), ou seja, atribuir um sistema de projeção e coordenada compatíveis com os demais dados, e posteriormente, foi aplicada a técnica de mosaico para união desse material, tendo como produto final uma única imagem georreferenciada. Essas imagens foram corrigidas com referência nos dados cartográficos existentes, alguns coletados em campo e outros tendo a carta topográfica, folha pesqueira, como referência. De posse desses dados foi realizada a transformação geométrica com base nos pontos de controle.

No SPRING, este procedimento é realizado interativamente, associando-se pontos de fácil reconhecimento na imagem e na base cartográfica. Vinte pontos de controle foram associados, com erro médio inferior a um pixel, todos com menos de dois metros, uma vez que o padrão exigido para essas imagens são de dois metros e meio. Em seguida, as imagens foram re-amostradas por interpolação, pelo método do vizinho mais próximo. Na Figura 43, encontra-se o produto final das imagens com o respectivo mosaico das imagens com o limite da área.

FIGURA 43 – Mosaico realizado com as Imagens CBERS_2B.

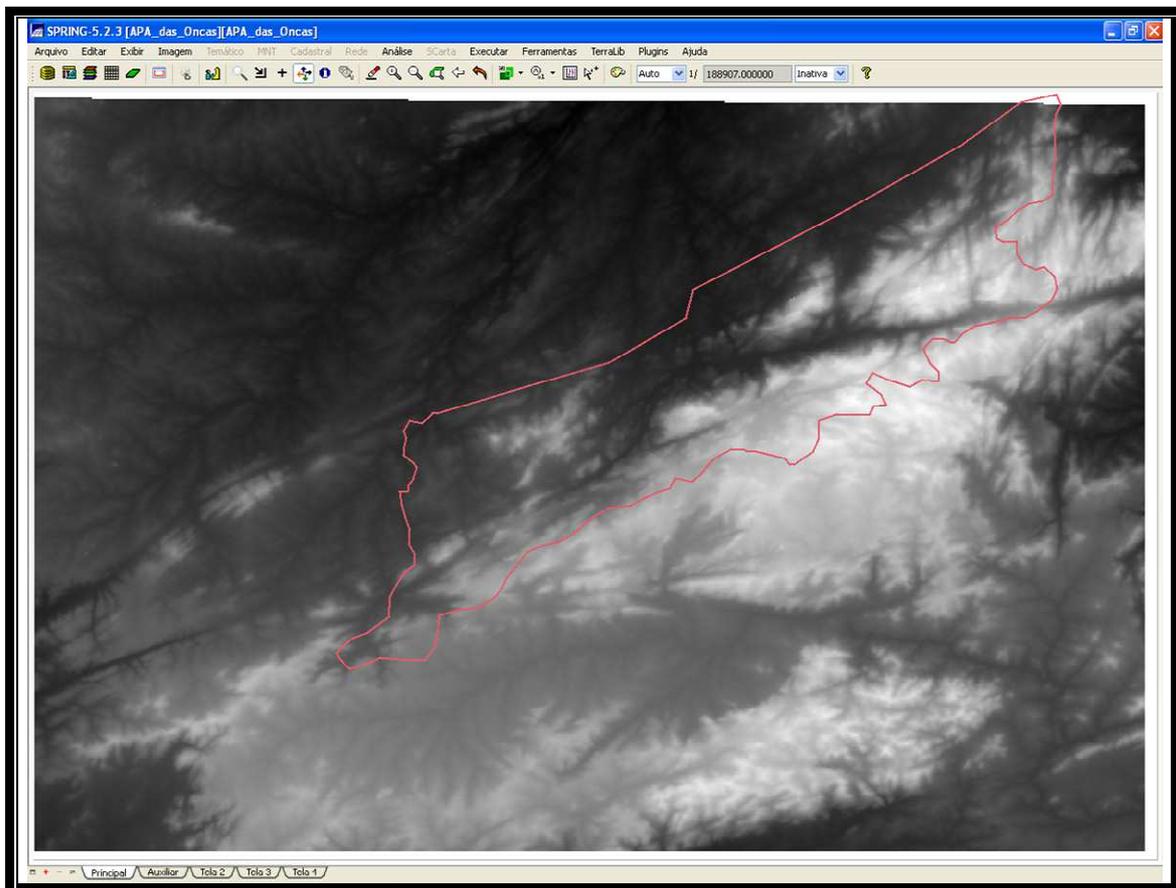


A interpretação de produtos de sensoriamento remoto é um trabalho que depende, principalmente, da textura e da cor para diferenciar alvos, como tipos de litologia, padrões específicos de uso e ocupação do solo e rede de drenagem, entre outros elementos. Uma das maneiras mais tradicionais de realizar tal tarefa é a aplicação das técnicas de realce. Nesse trabalho as Imagens foram submetidas às modificações de contraste de histograma, de forma a melhorar a distinção visual de diferentes aspectos na imagem resultante. As técnicas empregadas envolveram as técnicas de contraste, equalização e manipulação do histograma, com o intuito de melhorar o aspecto visual dos alvos terrestres.

Outro produto, matricial, que foi adotado nesse trabalho, foi os dados do SRTM, que serviram de base para geração dos dados altimétricos da região. O material fornecido por esse radar interferométrico mostra-se compatível com a escala adotada nesse estudo. Vale salientar que esse dado atende o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), que foi instituído pelo decreto 8.817/1984, definido pela Comissão de Cartografia Nacional (CONCAR).

Esse material foi inserido no banco de dados onde foi feita a conversão do seu sistema de origem, o WGS-84 para o SAD-69, e depois foi realizada uma sobreposição com o dado vetorial, o limite da área, e posteriormente a operação de recorte da área de interesse (Figura 44).

FIGURA 44 – Imagem SRTM com o limite da área da APA.

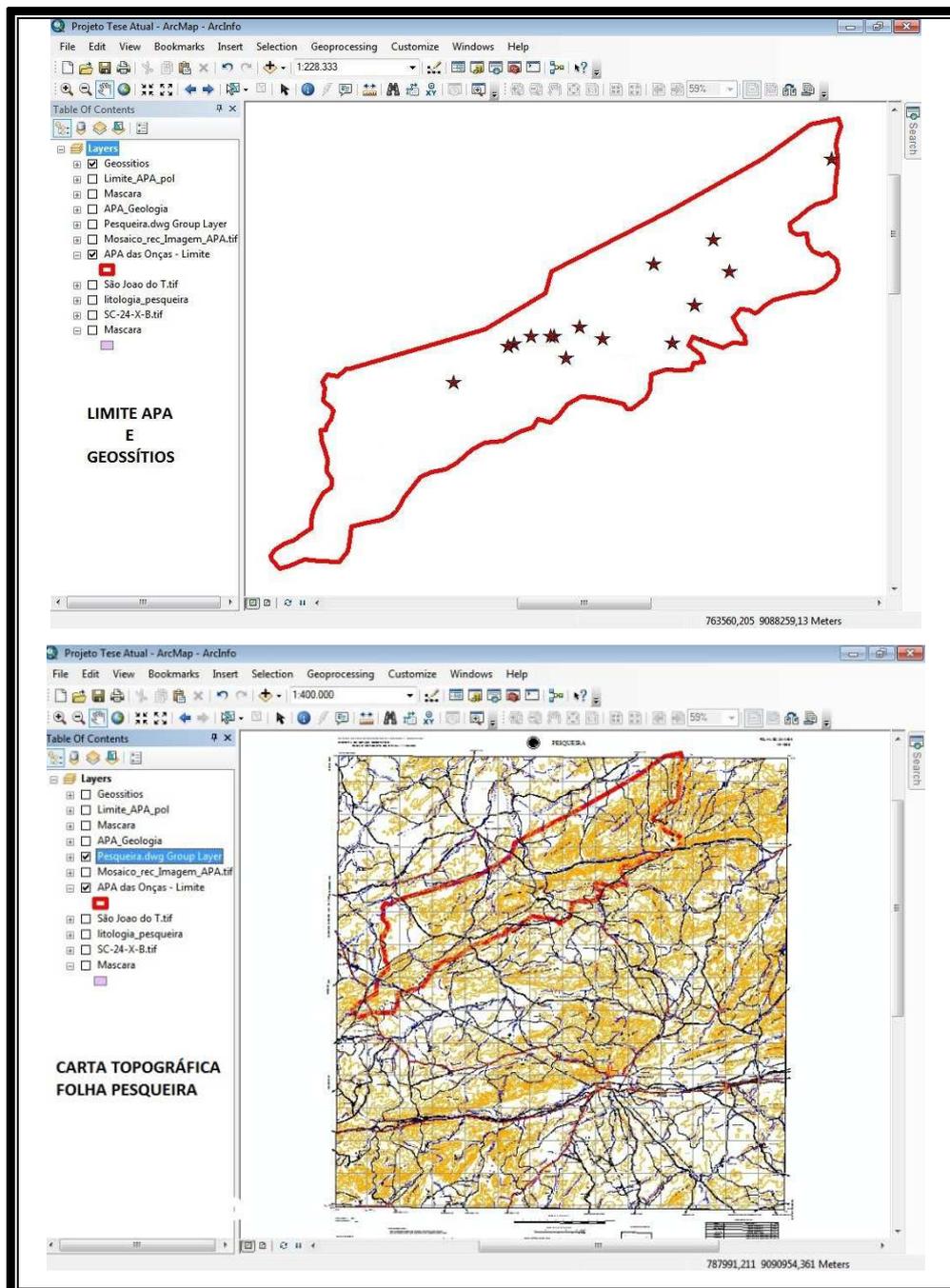


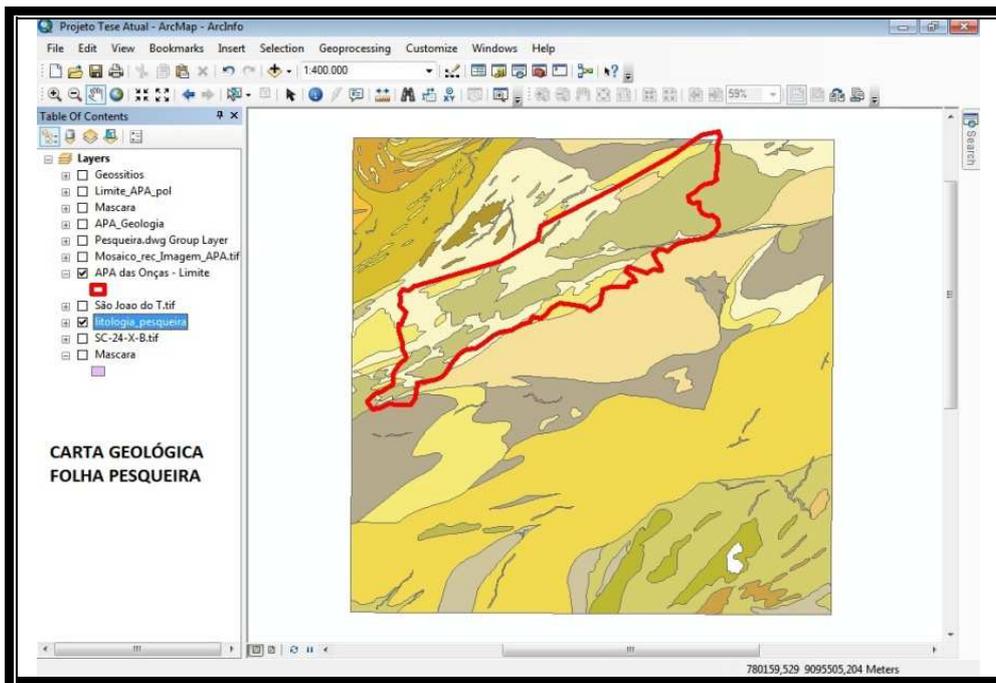
4.3.4.2 - Dados Vetoriais

A base cartográfica digital foi editada para atender as necessidades do trabalho. Foram desprezadas as camadas (ou *layers*) que não eram de interesse, ficando o arquivo melhor de ser manipulado, permanecendo os seguintes temas: drenagem, localização dos geossítios, estradas, curva de nível, toponímia e litologia. Todo material que foi levantado em campo foi espacializado na base digital, pelas suas coordenadas UTM, acrescidas dos seus atributos (Figura 45).

Esta etapa do trabalho teve a finalidade de preparar os dados para que, posteriormente, fossem processados, sobrepostos e visualizados cartograficamente. Aqui todos os dados foram tratados em um sistema para processamento de informações georreferenciadas. O software utilizado para o tratamento, integração e análise dos dados foi o ArcInfo, que faz parte de uma família de softwares (ArcGIS) desenvolvido pela empresa californiana ESRI. Essa opção deu-se devido ao fato desse sistema oferecer uma melhor qualidade na saída dos dados.

FIGURA 45 – Dados vetoriais tratados em ambiente GIS.





4.3.4.3 - Tabulares - Quantificação dos Geossítios

O processo de quantificação dos geossítios compreende a etapa posterior ao inventário. Nesse momento o objetivo é atribuir valores aos elementos da geodiversidade, ou seja, identificar nesses elementos a sua representatividade e importância num contexto científico e social. Para realização dessa tarefa, existe na literatura uma série de metodologias desenvolvidas para atender essas necessidades. Todas elas partem de um mesmo princípio: estabelecer uma série de valores que são subdivididos em vários parâmetros, pontuados com base em vários critérios pré-estabelecidos. Nesse trabalho optamos por não transcrever esses métodos, uma vez que essa proeza já foi realizada por vários autores. Como exemplo, temos a pesquisa de PEREIRA (2010), que faz um resgate desses procedimentos, tanto no contexto geológico como no âmbito geomorfológico, tendo como produto final uma síntese geral de cada método.

A metodologia aqui adotada para quantificação e seriação desses possíveis geossítios, foi proposta por BRILHA (2005). Esse alvitre tem como característica a possibilidade de aplicação em vários locais, uma vez que não foi elaborada para uma área específica. Elemento esse que configura os outros métodos.

Esse procedimento proposto por BRILHA (2005) tem como base os parâmetros quantitativos (quadro 05) sugeridos por UCEDA (2000).

QUADRO 05 – Critérios quantitativos propostos por BRILHA (2005) adaptado de UCEDA (2000).

CRITÉRIOS	QUANTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO
<p>A – Critérios intrínsecos ao geossítio:</p> <p>A1. Abundância / raridade; A2. Extensão (m²); A3. Grau de conhecimento científico; A4. Utilidade como modelo para ilustração de processos geológicos; A5. Diversidade de elementos de interesse A6. Local-tipo; A7. Associação com elementos de índole cultural; A8. Associação com outros elementos do meio natural; A9. Estado de conservação .</p> <p>B – Critérios relacionados com o uso potencial do geossítio:</p> <p>B1. Possibilidade de realizar atividades científicas, pedagógicas, turísticas e recreativas; B2. Condições de observação; B3. Possibilidade de coleta de objetos geológicos; B4. Acessibilidade; B5. Proximidade a povoados; B6. Número de habitantes; B7. Condições socioeconômicas.</p> <p>C – Critérios relacionados com a necessidade de proteção do geossítio:</p> <p>C1. Ameaças atuais ou potenciais; C2. Situação atual; C3. Interesse pela exploração mineira; C4. Valor dos terrenos em (reais/m²); C5. Regime de propriedade; C6. Fragilidade.</p>	<p>Os critérios aqui apresentados devem ser aplicados em âmbitos internacional, nacional, regional ou local;</p> <p>Os geossítios de âmbito internacional ou nacional devem possuir, além disso, os seguintes valores: $A1 \geq 3$ $A3 \geq 4$ $A6 \geq 3$ $A9 \geq 3$ $B1 \geq 3$ $B2 \geq 4$</p> <p>Os geossítios que não se enquadram nestes valores devem ser considerados como de âmbitos regional ou local;</p> <p>Em relação aos geossítios regionais ou locais, a quantificação final deve ser o resultado da média simples dos três conjuntos dos critérios A, B e C.</p> <p>Geossítios de âmbito internacional ou nacional</p> $Q = 2 A + B + 1.5 C / 3$ <p>Geossítios de âmbito regional ou local</p> $Q = A + B + C / 3$ <p>Onde:</p> <p>Q = Quantificação final da relevância do geossítio (arredondar as casas decimais).</p> <p>A, B, C = Soma dos resultados obtidos para cada conjunto de critérios.</p> <p>Quanto maior for o valor de Q, mais relevante deve ser considerado o geossítio e, por conseguinte, mais urgente é a necessidade de serem aplicadas estratégias de geoconservação .</p>

Adaptado de: BRILHA (2005)

A proposta quantitativa definida por BRILHA (2005) tem como objetivo sugerir uma metodologia como estratégia de geoconservação, procurando sistematizar o primeiro passo desse ciclo, a inventariação, para posteriormente atribuir valores aos geossítios com base em critérios pré-definidos. Esses critérios, que são definidos como intrínseco, uso potencial, e necessidade de proteção, são utilizados com o intuito de atribuir valores de relevância para os elementos da geodiversidade. Compreende uma tarefa bastante subjetiva, e que exige por parte do “inventariador”, um bom conhecimento dos elementos que estão sendo levantados. Cada conjunto de critérios inventariados são quantificados com base em uma escala de 1-5. Posteriormente é possível determinar um valor final resultante de uma média aritméticas simples desses três conjuntos de critérios (Quadro 05).

Esse modelo de inventario proposto por BRILHA (2005) tem uma vantagem de poder ser aplicado em qualquer parte do mundo, devido a suas características gerais. Porém, observou-se que a ficha de inventario carece de algumas modificações, tanto no que concerne aos elementos qualitativos, como o item B.4, acessibilidade, que carece de uma opção para geossítios que não possuem acesso via automóveis; como para os elementos quantitativos, como exemplo os itens A.4, A.6, A.8, B.1, B.2, B.5, B.7, C.1 e C.2, que apresentam intervalos discrepantes entre um valor e outro. Nesse estudo foi feita uma modificação, adotando os valores 1, 2 e 3, no lugar dos valores sugeridos, 1, 3 e 5. Isso foi necessário uma vez que esses valores serão aplicados em técnicas estatísticas de interpolação, e essas diferenças comprometeriam a representação dos dados.

Procurando gerar mais dados para representação cartográfica desses critérios, adotou-se a média aritmética dos critérios inventariados. Na tabela 13, que dispõe de todos os dados quantificados, foi acrescentado o campo “Média dos Critérios”, que apresenta esse resultado para os critérios A, B e C, no final foi possível espacializar essas características em mapas temáticos.

4.3.4.4 - Representação Cartográfica dos Dados Quantificados

A proposta desse trabalho é usar o geoprocessamento e a cartografia temática como instrumentos de planejamento e gestão, para facilitar a leitura dos dados inventariados e quantificados de geossítios. Analisando os trabalhos realizados no âmbito desse campo do conhecimento, foram observadas duas características principais: primeira, todo material gerado no processo de quantificação dos dados estavam disponíveis apenas em tabelas e gráficos, impondo sérias limitações na leitura e compreensão dos mesmos; segundo, os mapas utilizados tem finalidade restrita a localização geográfica de pontos levantados, representação de trilhas, características físicas do ambiente, e espacialização de indicadores, ou seja, pouco se explora as técnicas de análise espacial para tratamento desses dados.

Visando contribuir com a melhoria da leitura dessa informação e acompanhamento dos geossítios, no processo de monitorização, será feito o uso da cartografia temática, através de mapas de símbolos proporcionais, para representar a localização espacial dos dados quantificados, valores absolutos. Desta forma, será possível identificar os valores atributivos por meio de símbolos gráficos. Esse método de representação pontual, ou das figuras geométricas proporcionais, é bastante recomendado para reprodução quantitativa e qualitativa de fenômenos localizados com valores absolutos. O método consiste basicamente em transpor o valor numérico para o leitor da informação, a partir de percepção visual, expressa através da variável tamanho. É estabelecida uma proporção entre o valor representado e o tamanho geométrico das figuras, que são círculos, utilizadas para representação de fenômenos pontuais, que são ajustados sobre a base cartográfica.

As técnicas de análise espacial fornecidas pelos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são de pouco conhecimento por parte dos cientistas e planejadores, ficando essas ferramentas, limitada por parte dos usuários, apenas como simples instrumento de desenho, sendo negligenciado o que ela tem de mais de poderoso, a parte “pensante” do sistema, que faz uso de técnicas estatísticas e topológicas, para gerar cenários e responder questões. Nesse sentido, será adotada uma técnica de interpolação de dados, para mapear os aglomerados de geossítios com características atributivas específicas, ou seja, não apenas identificar aglomerados de pontos, tarefa

essa bastante simples de ser realizada com um simples ato de observação, mas identificar visualmente em mapas, através de cores, os locais geograficamente, que apresentam a concentração, ou densidade, dos valores atributivos. Com isso será possível acompanhar, e conseqüentemente, monitorar as trajetórias e o comportamento dos dados levantados.

Quando trabalhamos com processos pontuais, temos os eventos distribuídos no espaço, de modo que é possível estimar o número esperado de eventos por unidade de área, ou seja, estimar a sua densidade. Estas estimativas são computadas através de interpolações por diversos métodos (*Kriging*, Superfície de Tendência, Modelos Locais de Regressão, Estimador *Kernel*, entre outros). Uma alternativa simples para analisar o comportamento de padrões de pontos, é estimar a densidade pontual do processo em toda a região de estudo. Para isto, pode-se ajustar uma função bi-dimensional sobre os eventos considerados, compondo uma superfície cujo valor será proporcional à densidade de amostras por unidade de área. Esta função realiza uma contagem de todos os pontos dentro de uma região de influência, ponderando-os pela distância de cada um à localização de interesse (CAMARA & CARVALHO, 2002).

O estimador de densidade *Kernel*, consiste em ajustar uma função de densidade de probabilidade bidimensional sobre os eventos considerados, compondo uma superfície suavizada, cujo valor será proporcional à densidade de amostras por unidade de área. Tal densidade é calculada segundo o modelo constante na equação (Figura 46) e sua interpretação geométrica é mostrada na figura 47 (SANTOS *et al*, 2013). Se s é uma localização na região \mathbf{R} e $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$, são localizações de n eventos observados, então a densidade, $\lambda(s)$, em s é estimada utilizando o modelo representado na figura 46 (FONSECA, 2009).

FIGURA 46 - Equação do estimador *Kernel*.

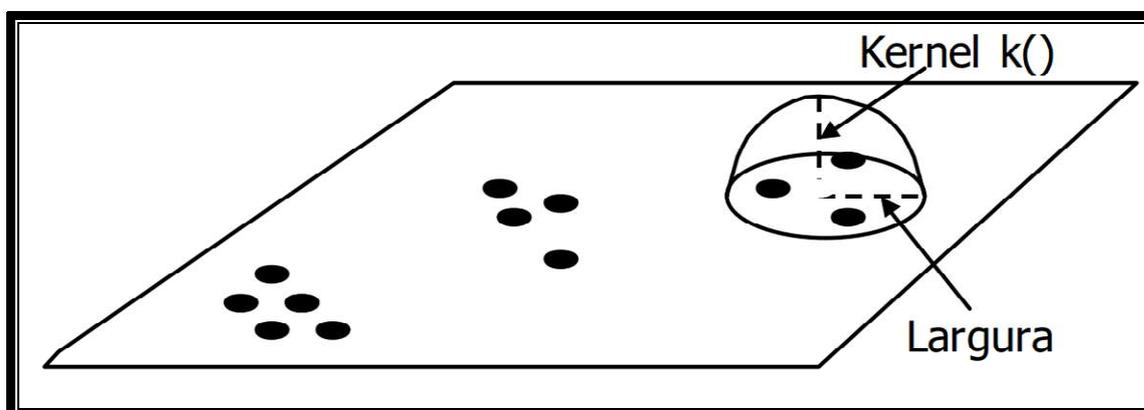
$$\lambda(s) = \frac{I}{\delta_{\tau}(s)} \sum_{i=1}^n \frac{I}{\tau^2} k\left(\frac{s - s_j}{\tau}\right)$$

Em que:

$\lambda(s)$: intensidade em s ;
 s : localização arbitrária;
 τ : raio de influência;
 k : função densidade de probabilidade bivariada
 $\delta_{\tau}(s)$: volume sob o kernel centrado em s .

FONTE: SANTOS *et al* (2013).

FIGURA 47 – Estimador de densidade e distribuição de pontos.



FONTE: CÂMARA (2013)

Para geração dos mapas de densidade será aplicado o estimador *Kernel*, disponível na maioria dos softwares de SIG, que compreende em uma técnica de interpolação de dados, que tem como produto uma superfície de suavização, que será proporcional à densidade do evento por unidade de área, e onde é possível observar, visualmente, as chamadas áreas de densidade, ou seja, os locais onde há uma maior concentração de uma determinada ocorrência de um fenômeno. No sistema, para esse estimador, são definidos dois parâmetros básicos, a grade regular, de n colunas por m

linhas, que vai compreender o arquivo de saída, ou seja, a área onde será feita a representação da superfície contínua; e o raio de influência ou largura de banda, que vai definir a área dos pontos adjacentes a serem interpolados. Esse raio é o elemento norteador da suavização da superfície gerada. No sistema é previamente oferecido um valor com base nos dados fornecidos pelo arquivo vetorial. Sendo assim, é possível de ser manipulado para um melhor ajuste da representação dessa superfície. A escolha desse valor de raio é de grande importância, uma vez que ele é o definidor dessa superfície suavizada, e seu valor vai depender muito do tipo de evento analisado. Se a finalidade é a identificação de áreas bastantes específicas e de menor alcance de ação, um menor valor é aconselhável, a única consequência vai ser a multiplicidade de regiões para atuação. Agora, se o intuito é o realce de áreas com maior abrangência para intervir com eficácia, um valor mais elevado deve ser usado. Na prática, o usuário poderá, também, arbitrar valores, procurando a melhor suavização dessa superfície de densidade, e a que melhor represente a realidade estudada.

Vale ressaltar que a interpretação dos efeitos gerados com base na análise *kernel*, é bastante subjetiva e vai depender muito do conhecimento da área em análise. Essa técnica tem como vantagem principal, a possível visualização de áreas que merecem atenção prioritária. No caso dos estudos de geodiversidade, através desses mapas será possível, monitorar o padrão de comportamento dos critérios aplicados nos processos de quantificação. Será possível avaliar o comportamento da distribuição dos geossítios, que são elementos pontuais, com atributos específicos, fornecendo uma visão geral de primeira ordem.

Procurando preservar a qualidade dos dados gerados por esse estimador de densidade, foi adotado o sistema ArcGIS, uma vez que ele oferece uma ótima resposta para os produtos gráficos. Foi utilizada a ferramenta de análise espacial, *Spatial Analyst*, para realização do processamento dos dados. Nesse módulo foram adicionados os dados dos possíveis geossítios quantificados (valores de uso e critérios), em SHP (formato de arquivo vetorial suportado pelo ArcGIS, onde posteriormente foi feito a regulagem da função de interpolação, fazendo assim o controle da saída dos dados, procurando um raio que representa-se melhor a realidade analisada, gerando como produto final um total de quatro mapas de densidade, representando cartograficamente as áreas de maior densidade de valores intrínsecos, uso potencial, necessidade de proteção, e necessidade de proteção (Q).

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados aqui apresentados descrevem os produtos obtidos utilizando tecnologias da geoinformação, como ferramenta de auxílio para representação dos dados da geodiversidade de forma prática e objetiva. Os primeiros mapas gerados (Figuras 48, 49, 50 e 51) são as bases cartográficas necessárias para realização do trabalho de campo e para a espacialização dos dados. Esse material serviu de apoio para no procedimento de inventário, uma vez que permitiu uma melhor compreensão da área de estudo e da distribuição territorial dos geossítios. O mapa da figura 48 compreende os dados extraídos da carta topográfica, onde foram elencadas as informações de elevações do terreno (curvas de nível), estradas principais e secundárias, e a rede de drenagem, que foi de grande importância para orientação espacial na hora da distribuição dos geossítios na base cartográfica, e para o georreferenciamento das imagens CBERS. O mapa da figura 49, recorte do mapa geológico da folha Pesqueira, foi de grande importância para caracterização dos geossítios no contexto geológico. Os mapas das figuras 50 e 51, imagem do satélite CBERS e do sistema SRTM, respectivamente, foram de grande importância no trabalho de campo, uma vez que apresentam uma visão real do terreno, servindo como elemento norteador no reconhecimento espacial dos geossítios, e nas atividades de campo.

Os Geossítios inventariados, listados abaixo, serão descritos posteriormente com informações geológicas e de suas características com base em critérios do inventário, incluindo registro fotográfico e localização cartográfica.

G_01 – Serra do Gavião;	G_08 – Cachoeira do Jucurutu;
G_02 – Tanque da Bomba D`água;	G_09 – Sítio Caroá;
G_03 – Camaleão II;	G_10 – Pedra do Veado / Pedra do Sapo;
G_04 – Serrote do Camaleão;	G_11 – Cachoeira;
G_05 – Serrote das Pinturas / dos Caboclos;	G_12 – Serra do Paulo;
G_06 – Complexo das Pinturas;	G_13 – Serra da Jurema / Moleque de Pedra;
G_07 – Riacho das Pinturas;	G_14 – Ninho do Gavião.

No processo de quantificação dos geossítios foi aplicada uma metodologia de cunho quantitativo, elaborada por BRILHA (2005). Os mapas gerados com base nos critérios dessa metodologia (Intrínseco, Uso Potencial, Necessidade de Proteção, Necessidade de Proteção (Q) - Figuras 52, 54, 56 e 58; e os Gráficos 01, 02, 03 e 04) representam os valores absolutos da quantificação. Através da representação cartográfica, utilizando proporções de símbolos, onde o tamanho do círculo reproduz os níveis Alto, Médio, e Baixo, dos atributos dos critérios, foi possível analisar, de forma direta, a distribuição geográfica desses resultados, desenvolvendo, por parte do leitor, uma percepção espacial da distribuição desses valores e da proporcionalidade dos mesmos. Esse tipo de mapa é recomendado para representação desse tipo de dado, uma representação quantitativa de fenômenos localizados. A proporção entre esses valores é expressa por uma percepção visual, cuja única variável é o tamanho da figura geométrica, e os seus resultados são acomodados sobre a base cartográfica da área de interesse. Confrontando esses mapas com os respectivos gráficos, observa-se a praticidade de estabelecer, espacialmente, relações com outros elementos da paisagem, como exemplo, a acessibilidade a esses geossítios, e o desenvolvimento de uma percepção, quase que automática, da distribuição dos valores dos atributos quantificados. Através da análise desse material cartográfico será possível estabelecer critérios e prioridades de visitação, traçando as melhores rotas de acesso aos geossítios, como também, estabelecer critérios para tomada de decisão no processo de conservação dos mesmos.

Na sequência, dando continuidade a representação desses mesmos dados, os mapas de densidade (Figuras 53, 55, 57 e 59), onde são representadas, através de escala de cores, as regiões de maior concentração, por unidade de área, dos atributos dos geossítios. Através das nuances de cores é possível observar a densidade Alta, Média e Baixa dos valores desses atributos. Observando os mapas de densidade é possível ressaltar em um primeiro momento às regiões onde estão as maiores concentrações dos valores quantificados. Vale salientar, que diferentemente dos mapas de símbolos proporcionais, que tem como finalidade representar os valores absolutos dos geossítios, os mapas de densidade estão demonstrando, através de escalas de cores, as áreas onde tem uma concentração do valor representado por unidade de área, que pode ser consequência de geossítios com valores elevados ou, de uma alta concentração de geossítios, resultando em um valor elevado. Na literatura essas áreas de alta densidade são conhecidas como pontos quentes ou “*hot spot*”.

Esses mapas de ponto quente, tem uma aplicação bastante útil quando se pretende identificar, em um primeiro momento, as áreas de maior concentração de uma determinada ocorrência, e para acompanhar, no tempo e no espaço, essas manifestações. Com isso facilita o processo de monitorização e gestão das áreas analisadas, auxiliando num processo de tomada de decisão.

Conforme os dados agrupados na tabela 13, foi levado em consideração os critérios (ANEXO – A) intrínsecos (aspecto inerente ao geossítio), elementos relacionados com o uso potencial, necessidade de proteção, e com a necessidade de proteção (Q). Vale salientar que, nesse processo de quantificação, o objetivo final é classificar os geossítios em um contexto regional/local, e num âmbito nacional/internacional, sendo que, a proposta do presente trabalho é sugerir uma forma de representação dos dados quantificados, ou seja, não será levada em consideração as discussões pertinentes as classificações desses geossítios nesses critérios, e sim uma forma de representação dos resultados da quantificação.

Comparando a forma de apresentação dos dados, como foi feita para a APA em estudo, utilizando o método de pontuação para valores da geodiversidade (Tabelas 13) e a representação gráfica desses valores, com os mapas gerados neste trabalho, fica patente a visualização imediata das áreas de maior impacto e a distribuição geográfica de cada um dos valores quantificados e representados nos mapas, o que não é claro na visualização das tabelas e gráficos. A apresentação dos valores em forma de mapas do tipo símbolos proporcionais e *kernel*, permite ao usuário a identificação imediata de áreas de interesse para ações diversas em geoconservação. Com isso, compreende uma técnica eficaz para representação desse tipo de fenômeno, sobretudo para dar apoio a procedimentos de análise e síntese de informação dos geossítios. Essa forma de representação cartográfica, associada às técnicas de geoprocessamento, possibilita, por parte do leitor dos mapas, a construção de análises conclusivas mais próximas da realidade. Esse processo de leitura de informação é mais direta, atuando com mais eficácia entre os planejadores e cientistas, além de estabelecer uma demonstração de inter-relação com os diversos elementos do meio natural.

BASES CARTOGRÁFICAS

(Cartografía de Base)

FIGURA 48 – Mapa da APA das Onças - PB com a localização dos Geossítios inventariados.

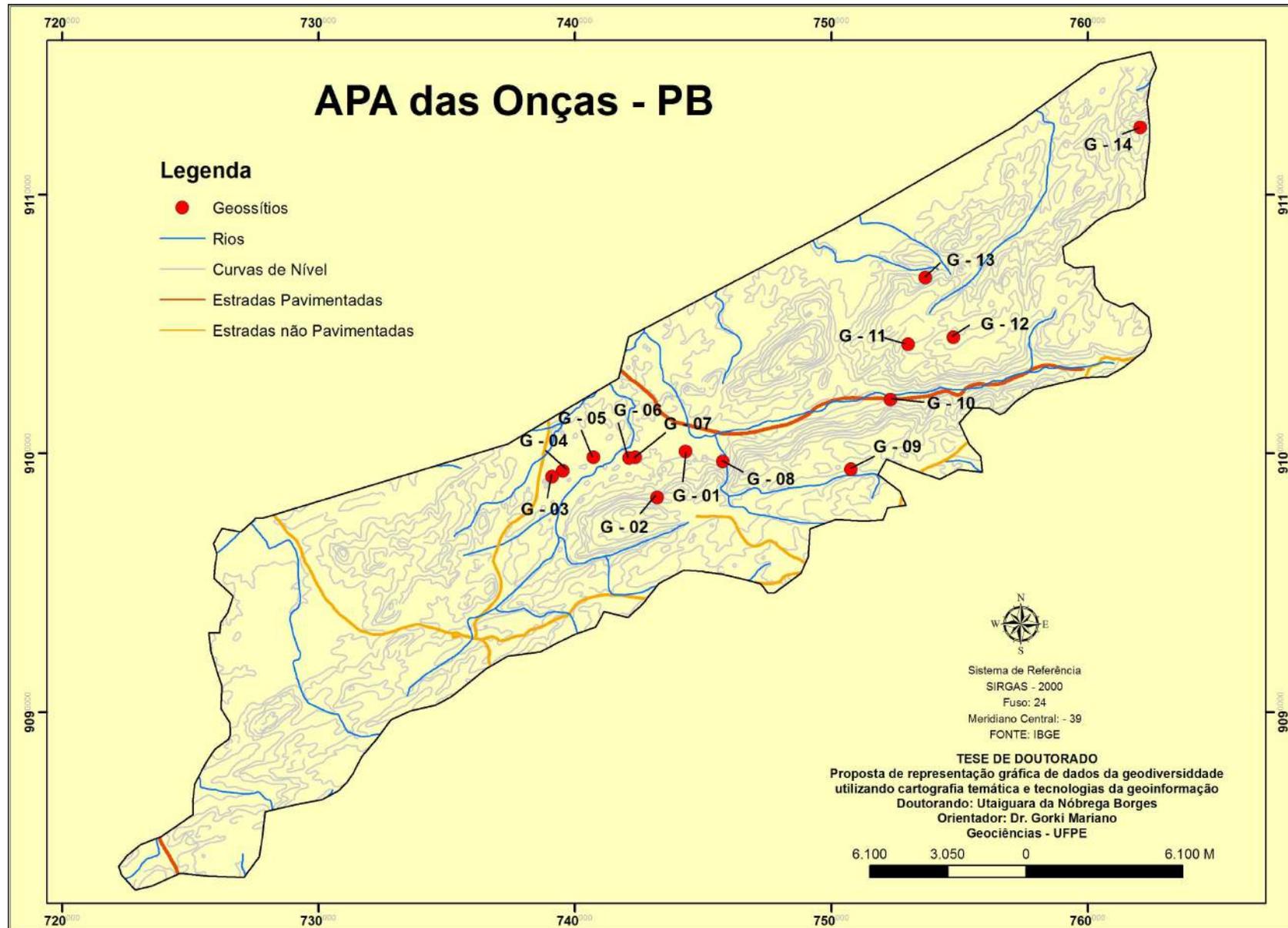


FIGURA 49 – Mapa Litológico da APA das Onças - PB.

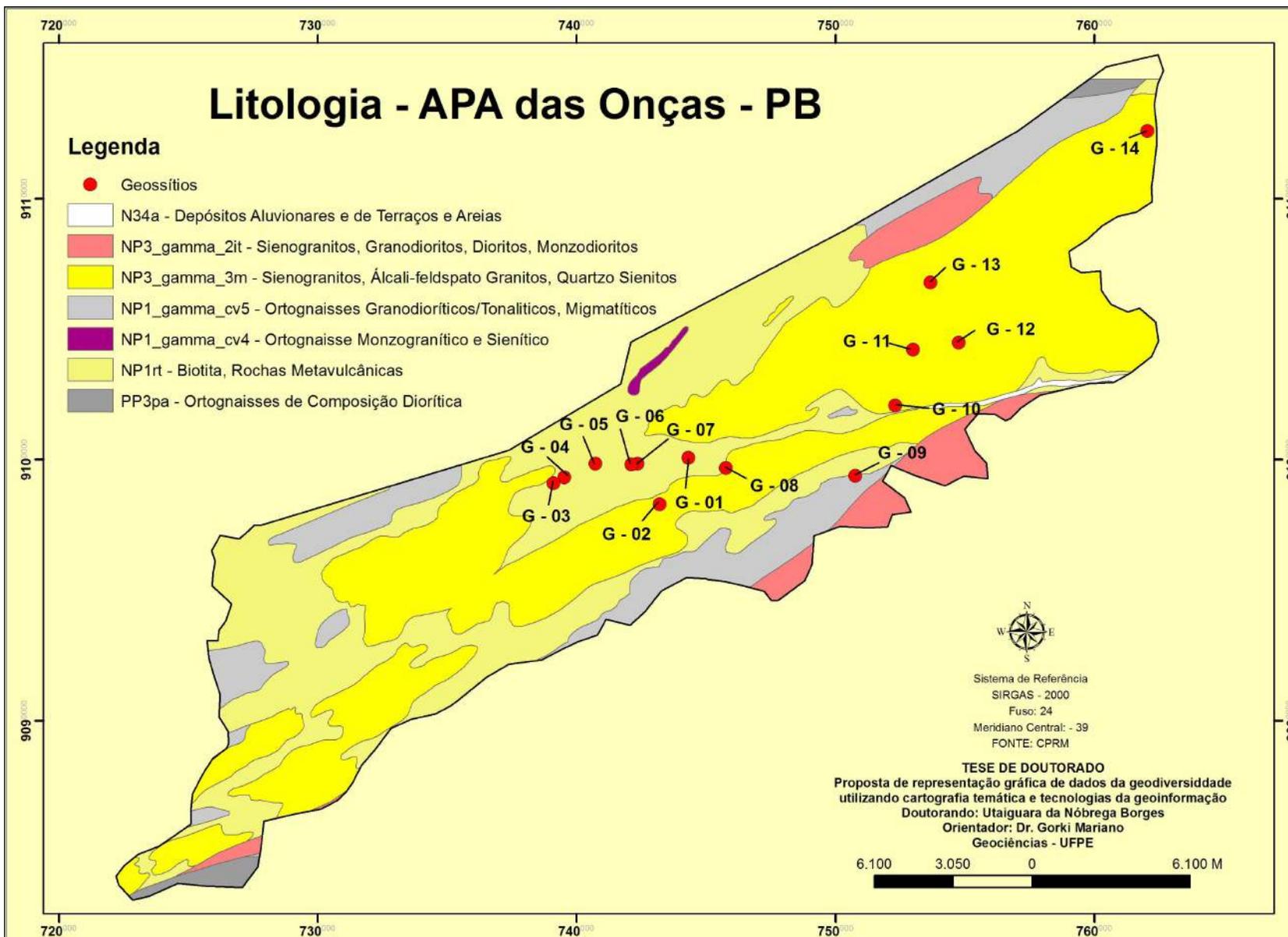


FIGURA 50 – Imagem CBERS/HRC da APA das Onças - PB.

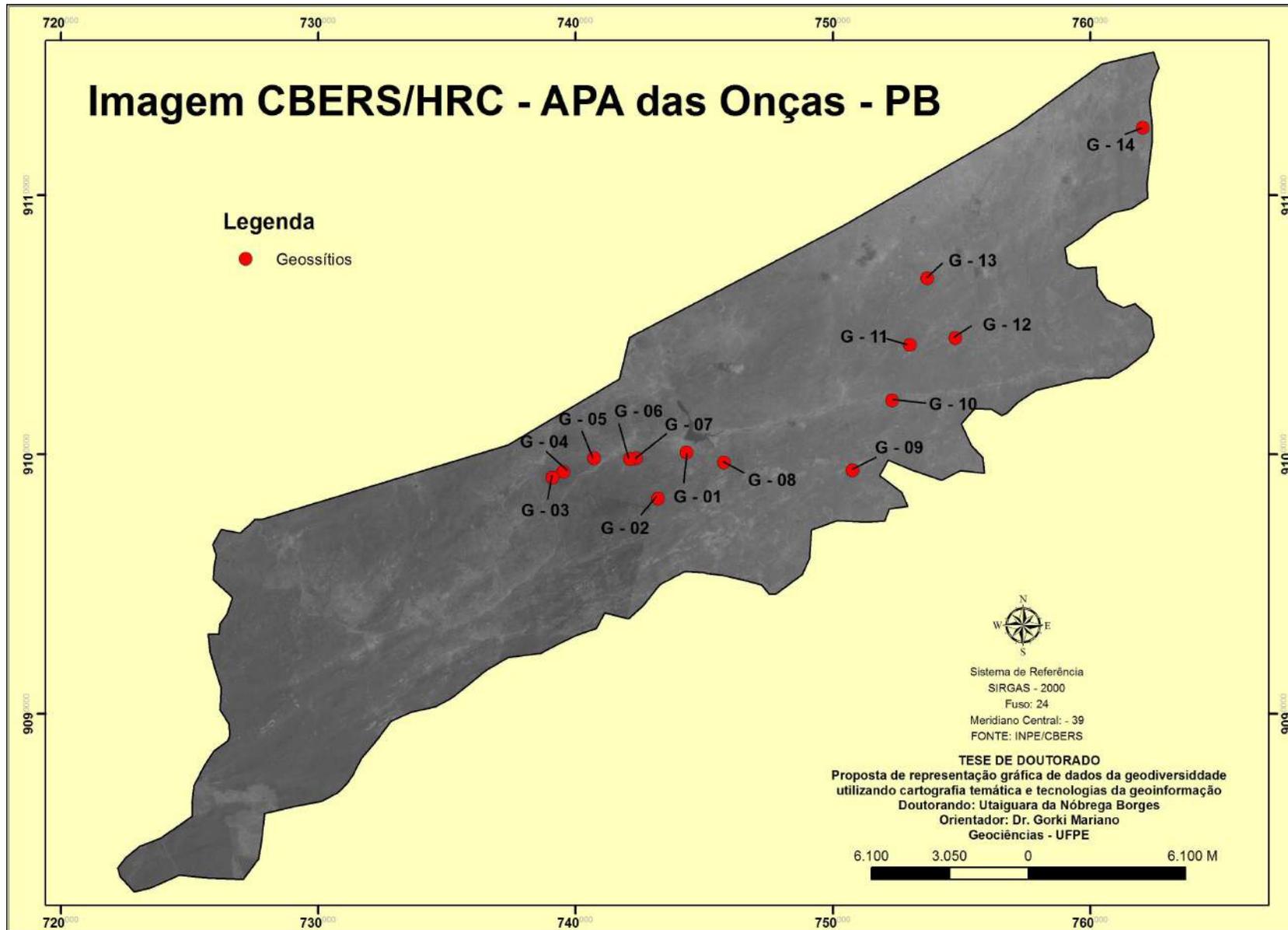
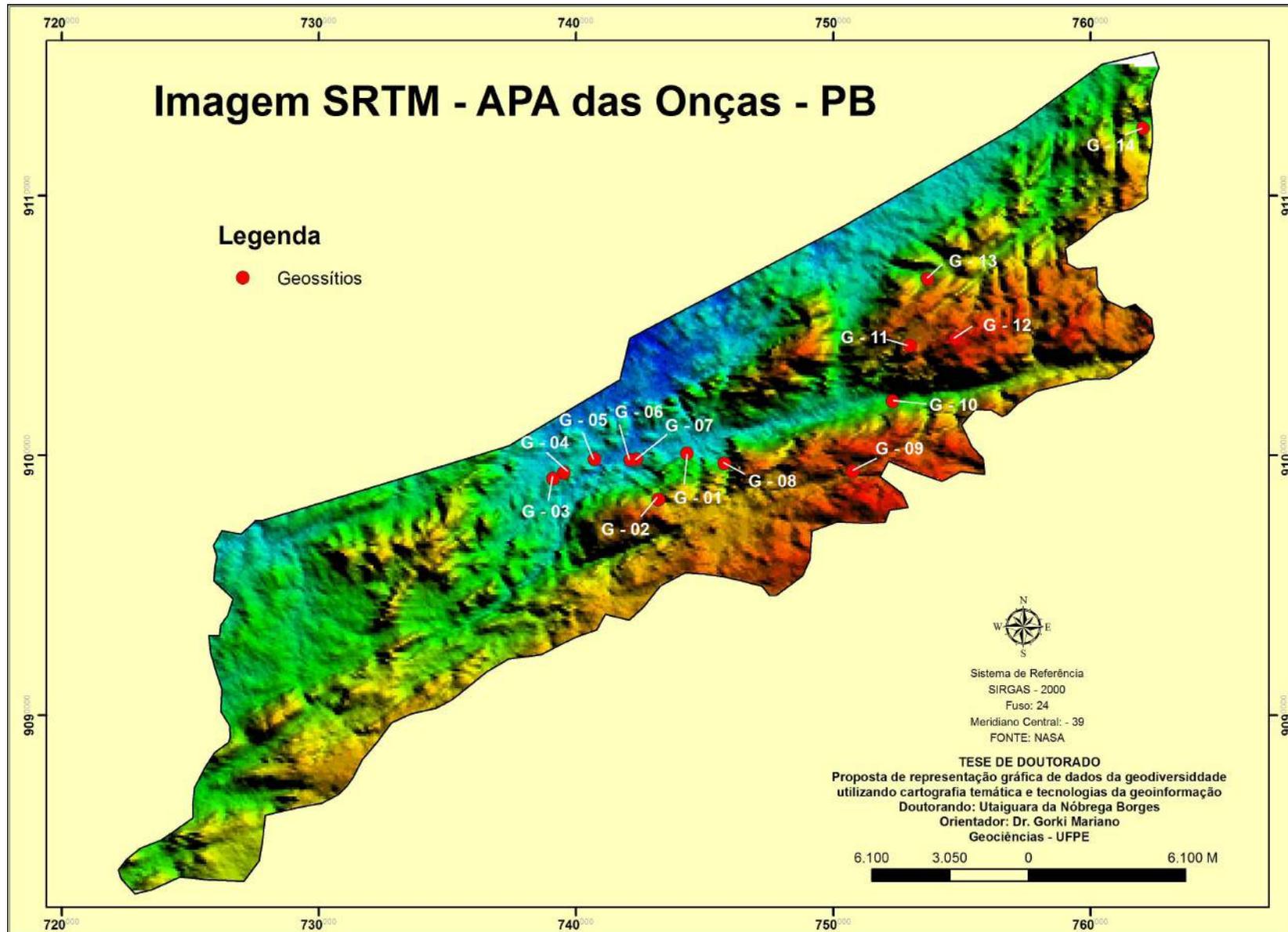


FIGURA 51 – Imagem SRTM da APA das Onças – PB.



FICHAS DE INVENTÁRIO DOS POSSÍVEIS GEOSSÍTIOS



Serra do Gavião - Destaque topográfico de gnaisses paraderivados do Complexo Riacho do Tigre, controlado pela Zona de Cisalhamento Transcorrente Sinistral Apolinário. Geomorfologia controlada por estrutura geológica.

G_02 – TANQUE DA BOMBA D'ÁGUA

CARACTERIZAÇÃO RESUMIDA

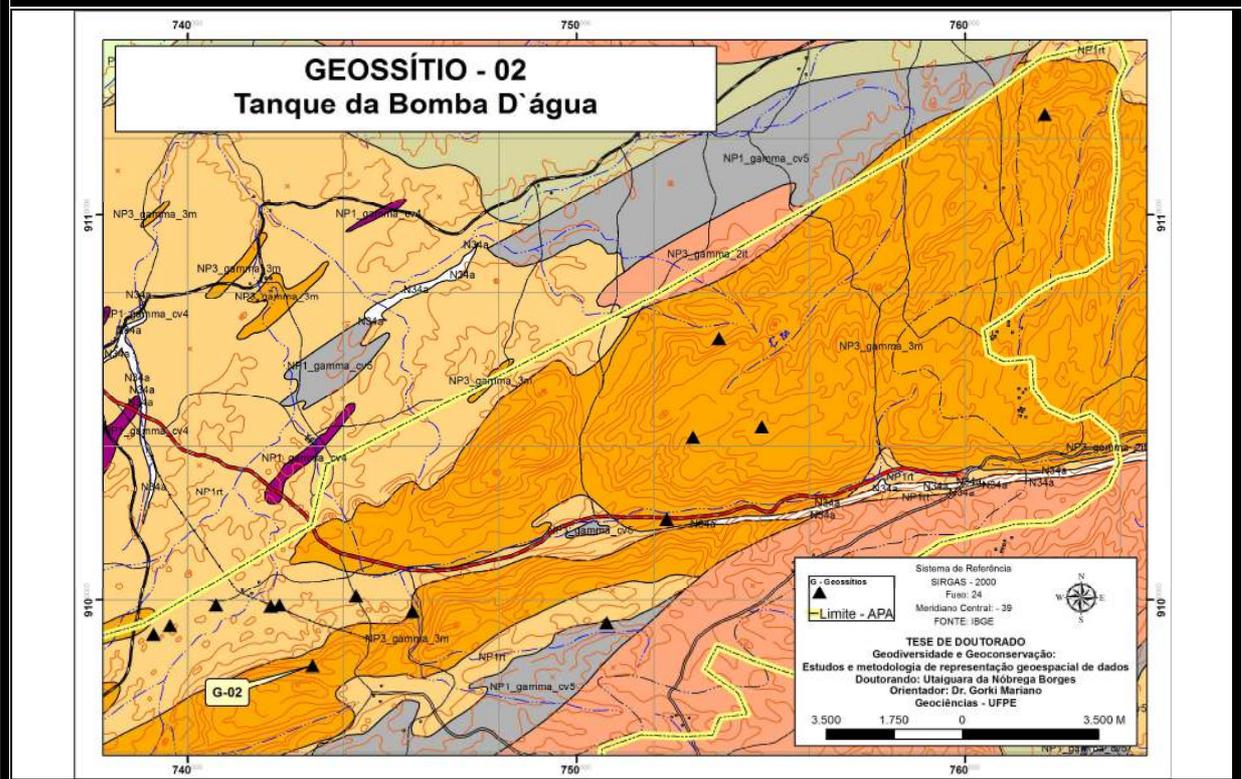
Coordenadas UTM: 743211 / 9098312

Nome da Unidade: Suíte Intrusiva Vila Moderna.

Idade: Neoproterozóico.

Enquadramento Geológico: Sienogranitos, álcali-feldspato granitos e quartzo sienitos deformados, com foliação desenhada por anfibólios alcalinos, arfvedsonita e raramente riebeckita, presença de aegirina-augita, de coloração rósea a embranquiçada, granulação predominantemente fina. Associam-se a dioritos cujas relações magmáticas ainda não são bem definidas.

Local de fácil acessibilidade. Esse geossítio tem um valor funcional e científico/educacional, e estético. O primeiro de ser uma região favorável ao acúmulo de água (marmita de gigante) em uma região carente de recursos hídricos. O segundo por tratar-se de uma feição geológica controlada por erosão diferencial (erosão em tipos de rochas distintas). E o terceiro aspecto, caracterizado pelo relevo ruiforme e por blocos de rochas de dimensões variáveis distribuídos de forma aleatória, que emprestam beleza para a região.





Tanque da Bomba D`água – Rocha Ígnea plutônica de composição granítica associada a rochas dioríticas. A depressão na foto superior se deve a erosão diferencial das rochas dioríticas. Na foto inferior, bloco formado pelo processo de esfoliação esferoidal.

G_03 – CAMALEÃO II

CARACTERIZAÇÃO RESUMIDA

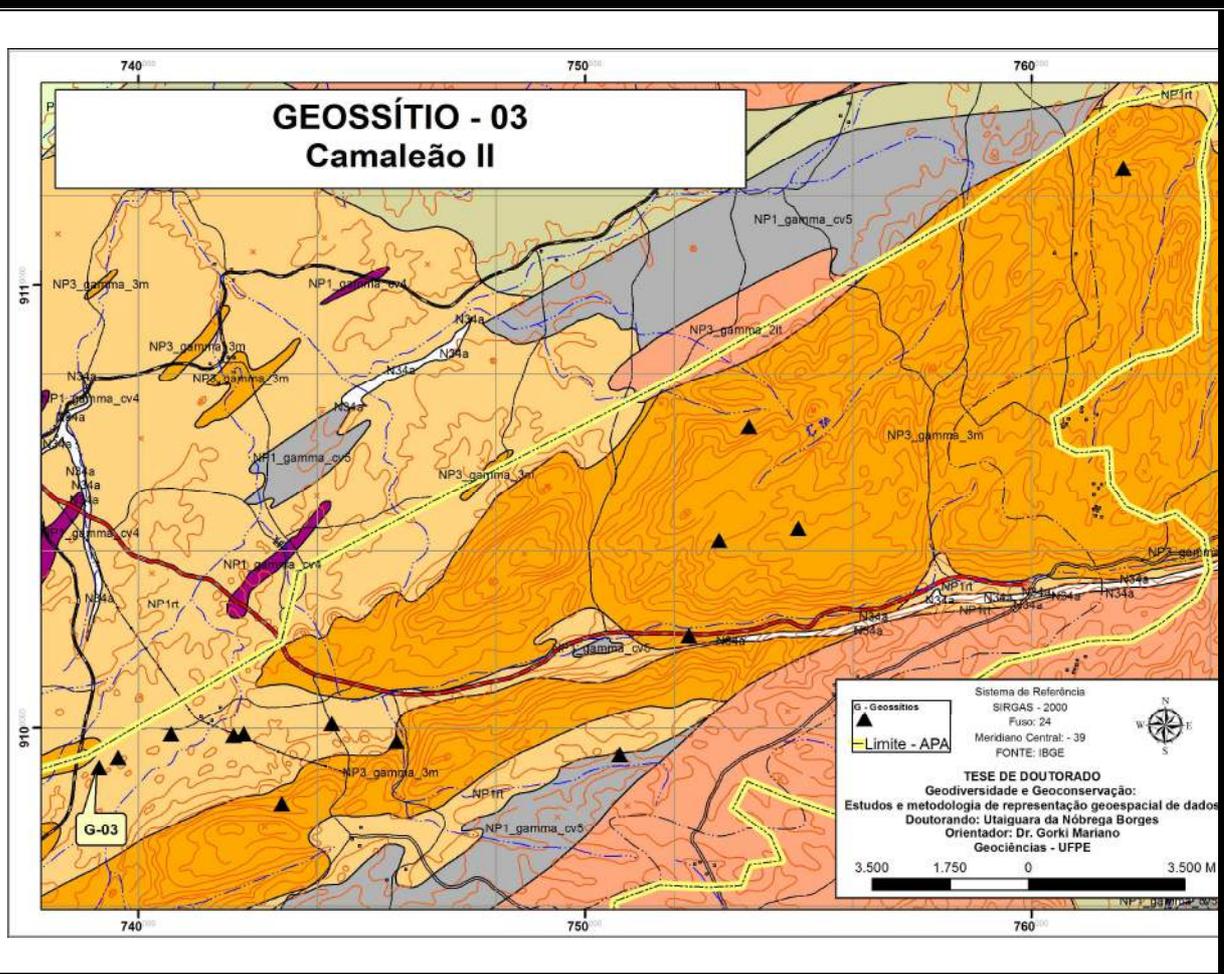
Coordenadas UTM: 739113 / 9099108

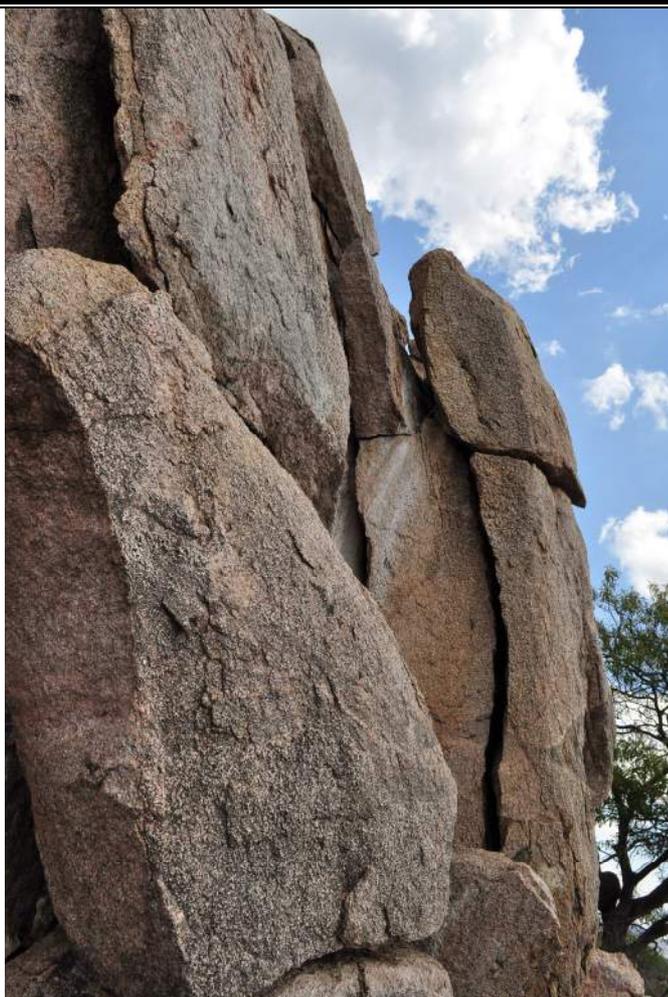
Nome da Unidade: Riacho do Tigre.

Idade: Neoproterozóico.

Enquadramento Geológico: Biotita ou anfibólio gnaiss e a granada-biotita xistos grauvaquicos, rochas metavulcânicas félsicas e intermediária (Idade U-Pb em zircão de 961 +/- 11Ma), metavulcanoclásticas, lentes anfibolíticas e de metaultramáficas.

Local de fácil acessibilidade. Esse geossítio tem um valor científico/educacional e cultural. O primeiro devido ao desenvolvimento de matacões controlados pelo processo de esfoliação esferoidal e sistema de fratura em rochas de composição granítica. O segundo, pelo valor agregado das pinturas rupestres.





Camaleão II – Foto superior, blocos de gnaisses paraderivados desenvolvendo feições controladas pela foliação da rocha e por sistema de fraturas. Na foto inferior, ilustra o processo de colapso de blocos.

G_04 – SERROTE DO CAMALEÃO

CARACTERIZAÇÃO RESUMIDA

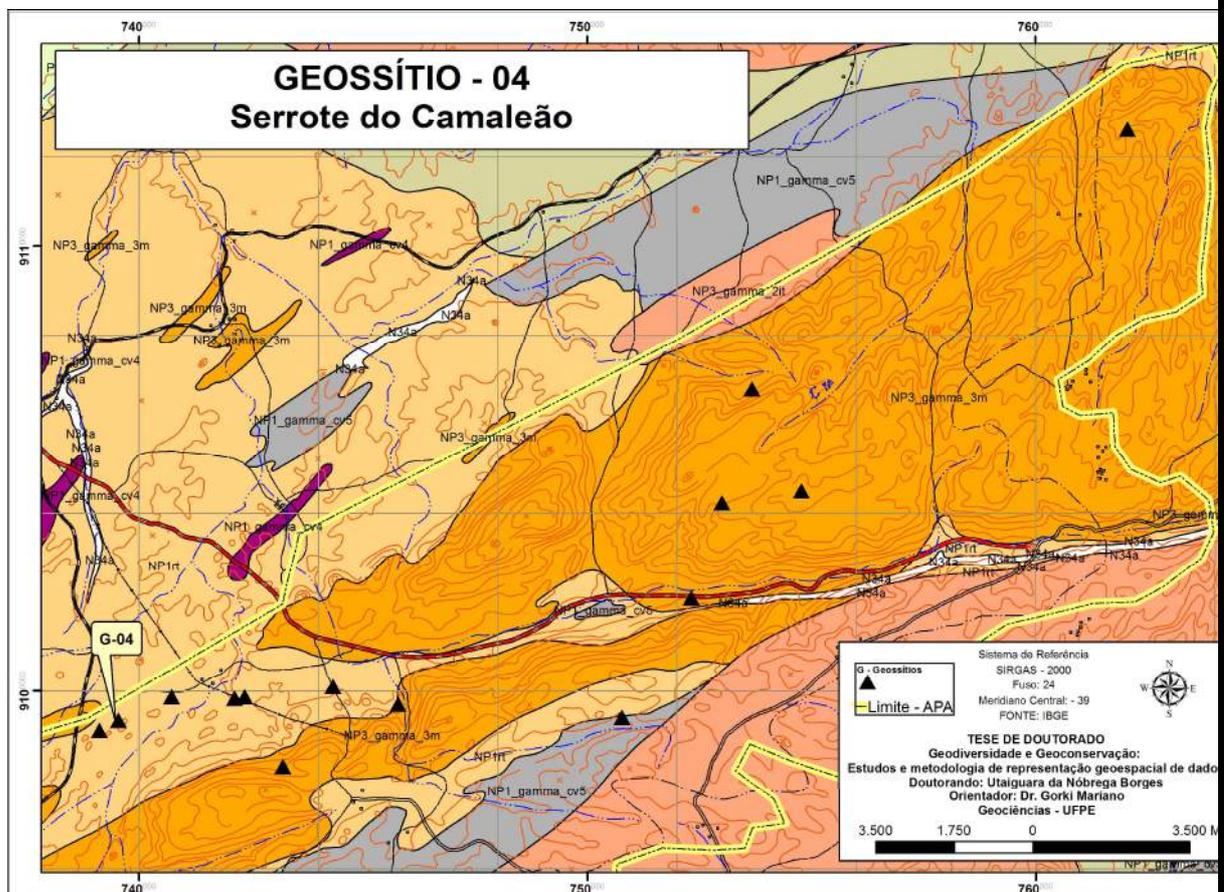
Coordenadas UTM: 739538 / 9099340

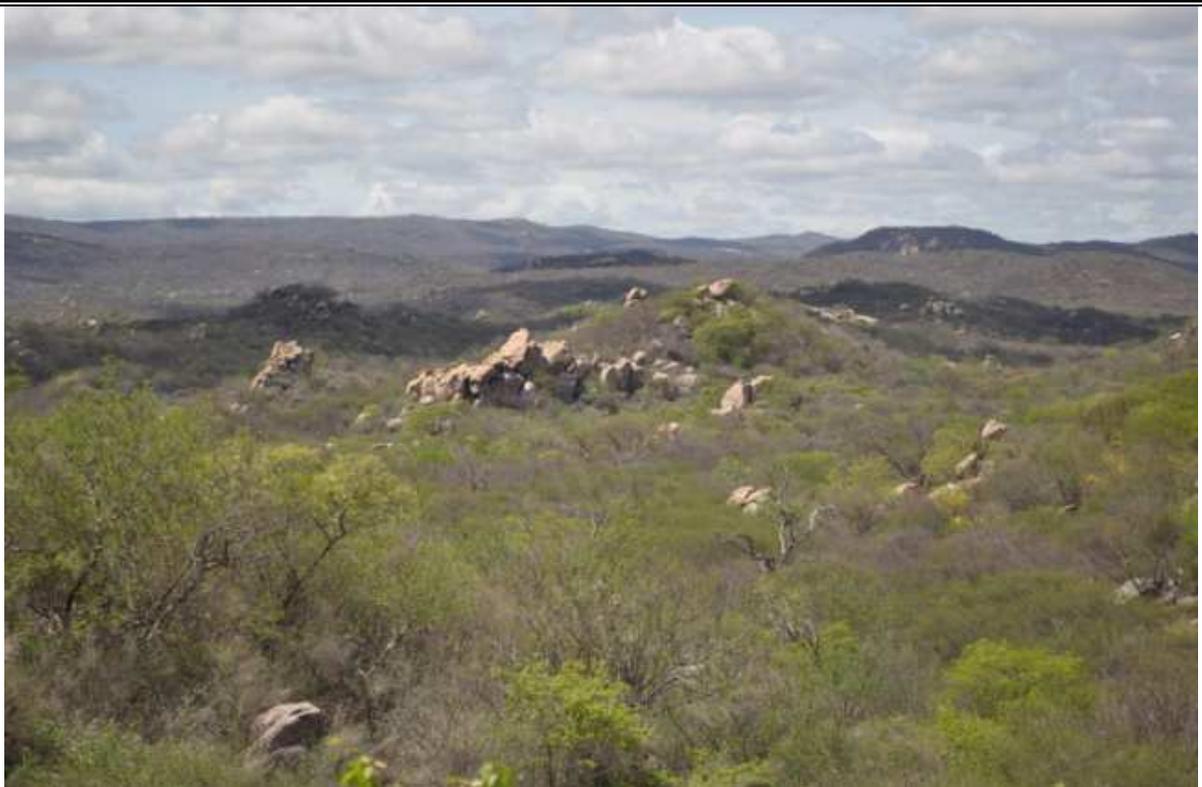
Nome da Unidade: Riacho do Tigre.

Idade: Neoproterozóico.

Enquadramento Geológico: Biotita ou anfibólio gnaiss e a granada-biotita xistos grauváquicos, rochas metavulcânicas félsicas e intermediária (Idade U-Pb em zircão de 961 +/- 11Ma), metavulcanoclásticas, lentes anfibolíticas e de metaultramáficas.

Local de média acessibilidade. Esse geossítio tem um valor científico/educacional, cultural e estético. O primeiro devido ao controle por estrutura geológica (zona de cisalhamento). O Segundo em decorrência da presença dos valores agregados das pinturas rupestres. E o terceiro, pela expressividade paisagística do local.





Serrote do Camaleão – Foto superior, feição geomorfológica com destaque topográfico em rochas metasedimentar gnaíssica, controlada por estrutura geológica (Zona de Cisalhamento Transcorrente Sinistral Apolinário). Na foto inferior, registro de arte rupestre presente nos blocos de rochas.

G_05 – SERROTE DAS PINTURAS / DOS CABOCLOS

CARACTERIZAÇÃO RESUMIDA

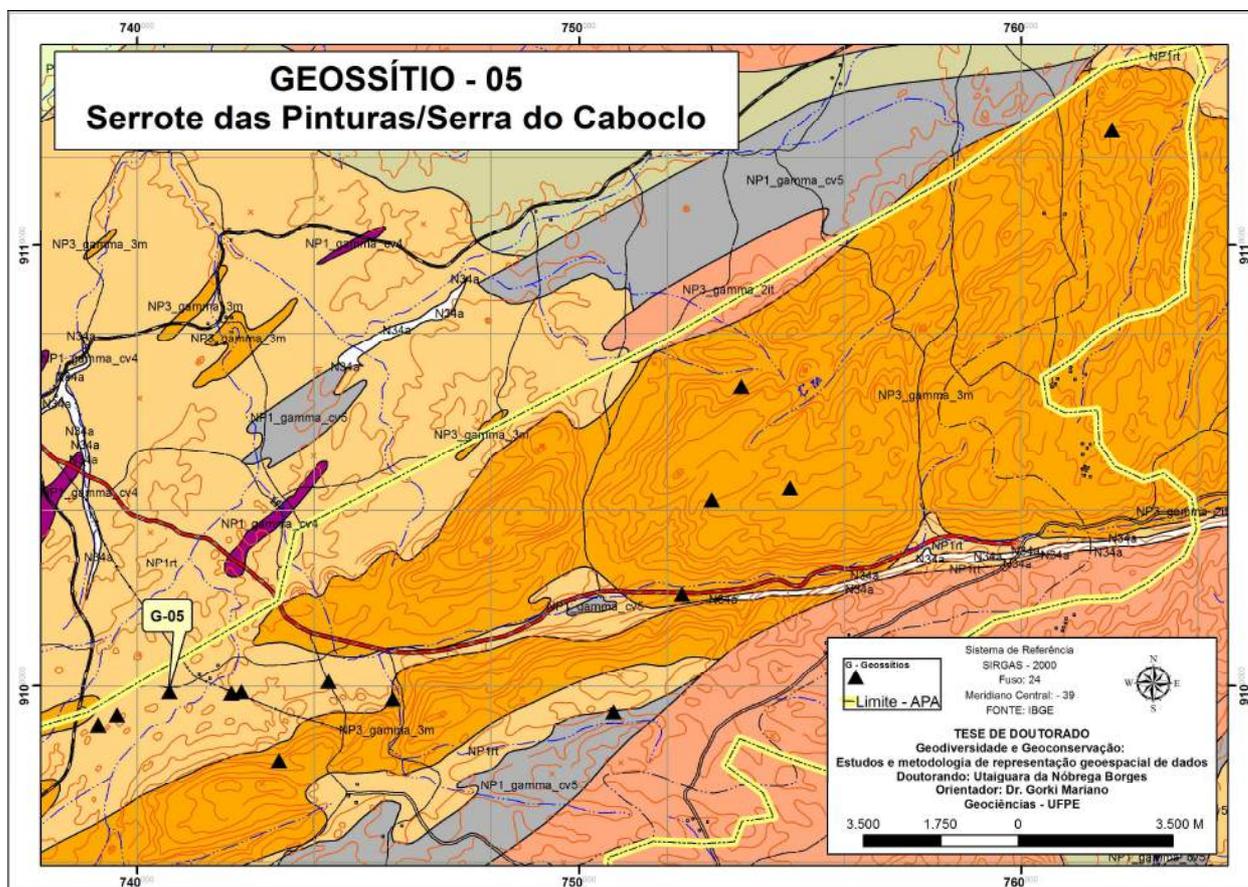
Coordenadas UTM: 740730 / 9099860

Nome da Unidade: Riacho do Tigre.

Idade: Neoproterozóico.

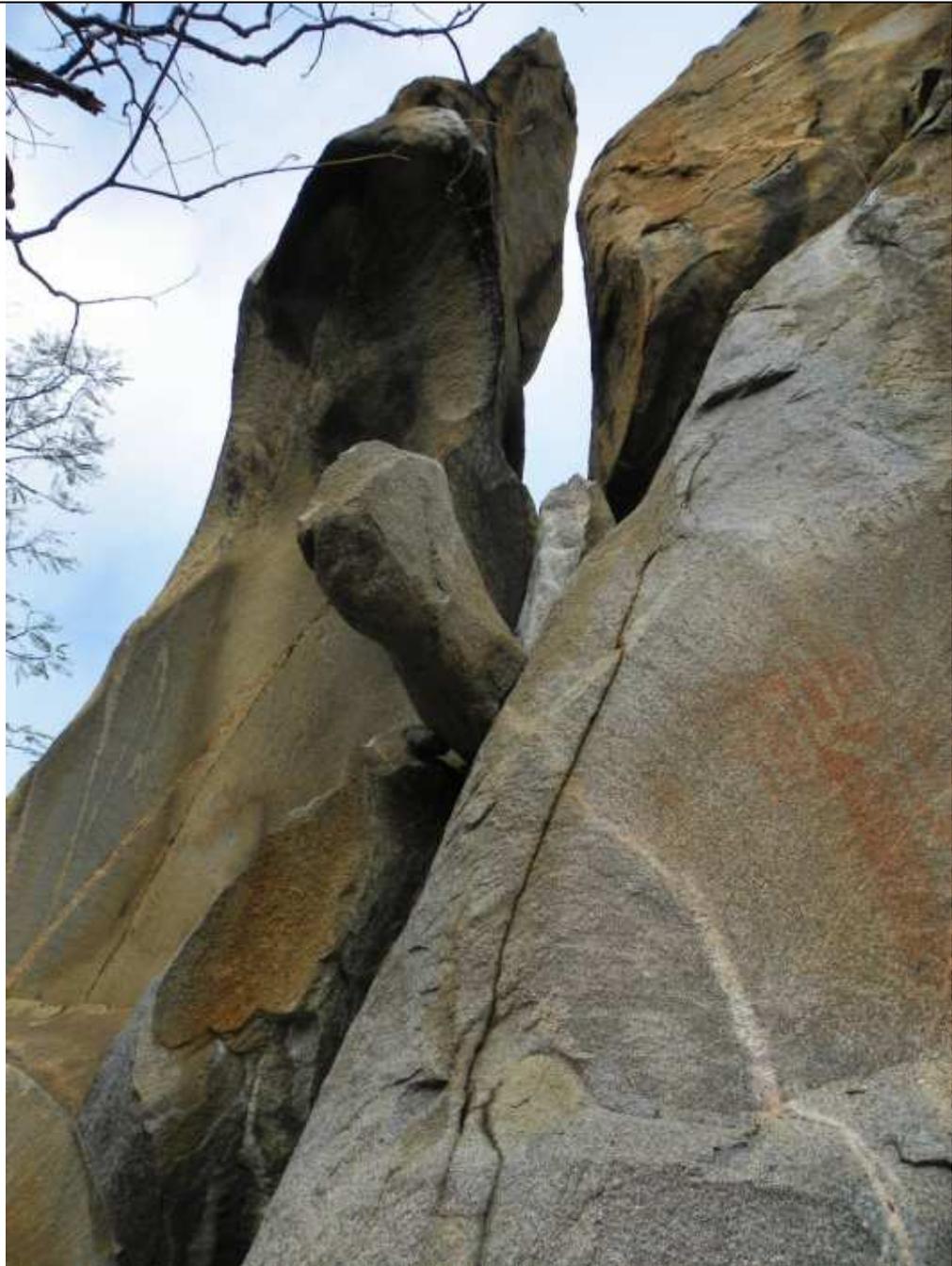
Enquadramento Geológico: Biotita ou anfibólio gnaisse a granada-biotira xistos grauváquicos, rochas metavulcânicas félsicas e intermediária (Idade U-Pb em zircão de 961 +/- 11Ma), metavulcanoclásticas, lentes anfibolíticas e de metaultramáficas.

Local de fácil acessibilidade. Esse geossítio tem um valor cultural e estético. O primeiro em decorrência dos valores agregados (pintura rupestre e sítio arqueológico) e o segundo pelo aspecto paisagístico e forma do afloramento (feição de um cachorro).





Serrote das Pinturas / dos Caboclos – Feição caracterizada por colapso de blocos e erosão diferencial em rocha gnáissica paraderivada, afetada por zona de cisalhamento (Zona Cisalhamento Transcorrente Sinistral Apolinário). Foto inferior, presença de sítio arqueológico.



Complexo das Pinturas – Erosão diferencial e colapso de blocos em rocha gnáissica paraderivada. Estas feições emprestam beleza cênica à região.



Riacho das Pinturas – Dique pegmatítico de composição granítica rico em K-feldspato. Em função da riqueza na sua composição em K-feldspato a rocha possui coloração vermelha. O dique deve ter sido alojado ao longo da Zona de Cisalhamento Transcorrente Sinistral Apolinário. O leito do riacho (foto inferior) é destacado pelo dique.

G_08 – CACHOEIRA DO JUCURUTU

CARACTERIZAÇÃO RESUMIDA

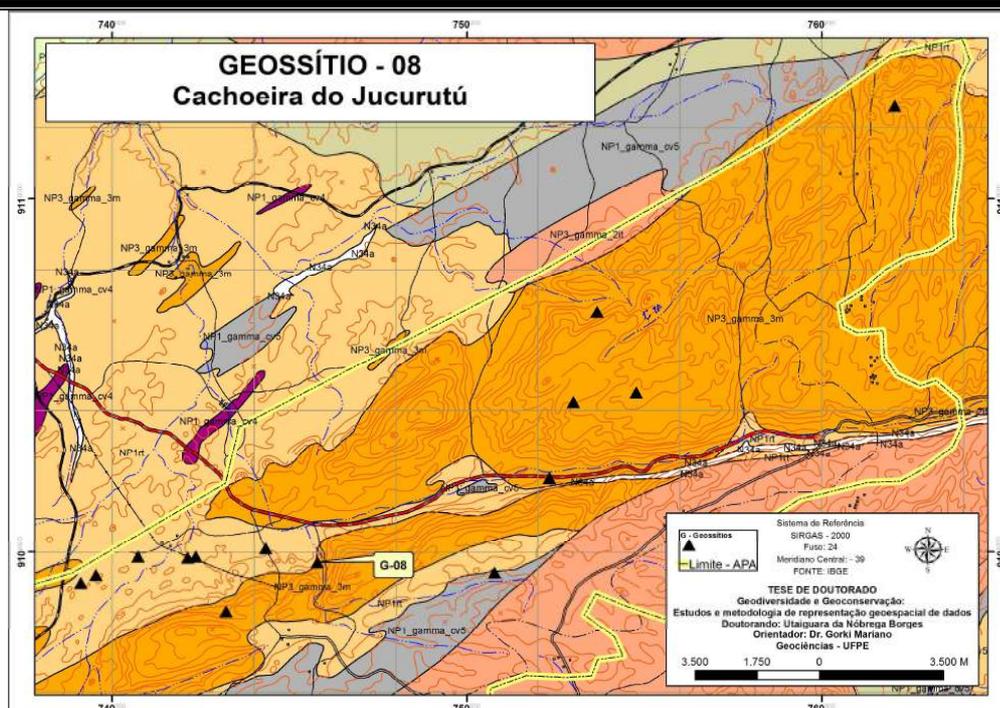
Coordenadas UTM: 745778 / 9099698

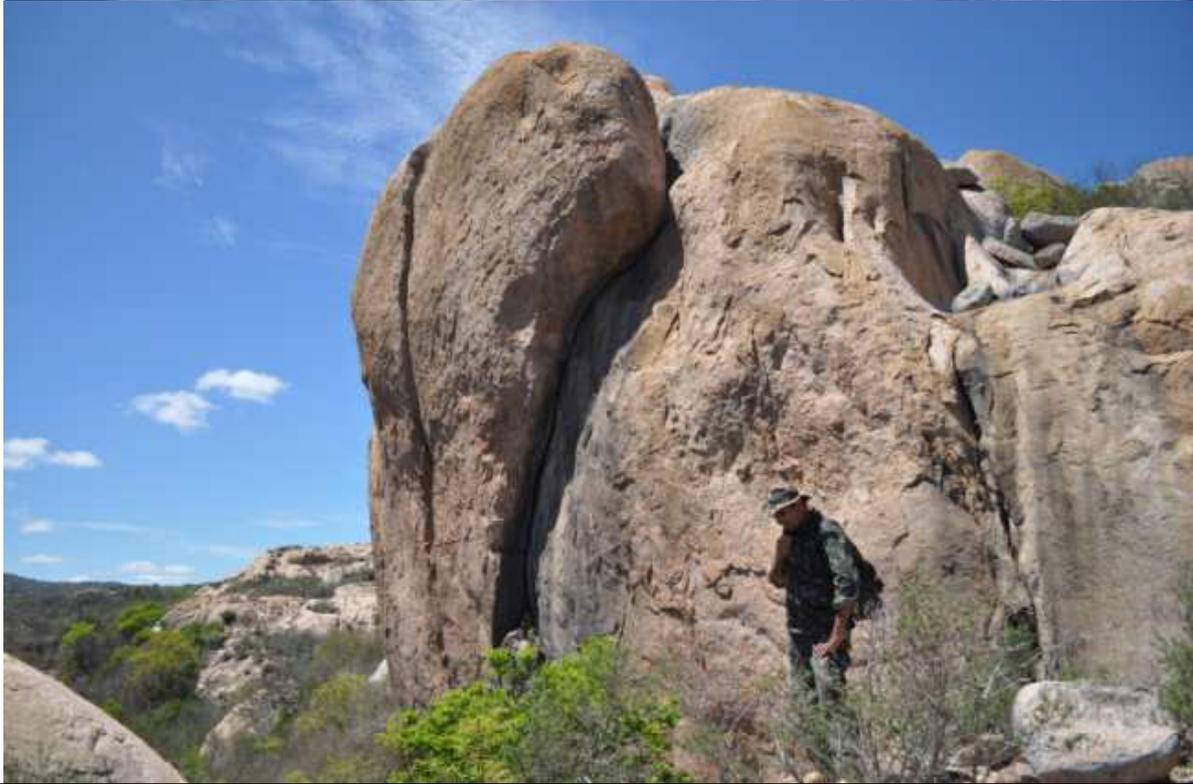
Nome da Unidade: Suíte Intrusiva Vila Moderna.

Idade: Neoproterozóico.

Enquadramento Geológico: Sienogranitos, álcali-feldspato granitos e quartzo sienitos deformados, com foliação desenhada por anfibólios alcalinos, arfvedsonita e raramente riebeckita, presença de aegirina-augita, de coloração rósea a embranquiçada, granulação predominantemente fina. Associam-se a dioritos cujas relações magmáticas ainda não são bem definidas.

Local de fácil acessibilidade. Esse geossítio tem um valor científico/educacional, estético, funcional e cultural. O primeiro em decorrência dos processos geológicos. Intenso fraturamento, desenvolvendo feições geomorfológicas diversas, e presença de intemperismo físico, bastante evidente na área. O segundo, diz respeito a beleza natural provinda do local. O terceiro diz respeito ao acúmulo de água, servindo como fonte para os animais e para a população local, que utiliza para suprir algumas necessidades domésticas. O aspecto cultural se deve a presença de pinturas rupestres, como valor agregado.





Cachoeira do Jucurutu – Erosão diferencial e colapso de blocos em rochas de composição granítica. Topografia controlada por esfoliação esferoidal, processo erosivo típico de rochas ígneas plutônicas.



Sítio Caroá – Gnaísse ortoderivado de coloração escura utilizado como painel para arte rupestre, compreendendo um valor agregado ao afloramento.



Pedra do Veado – Pedra do Sapo – Gnaiss ortoderivado (derivado de rochas ígneas) com desenvolvimento de feições controladas por colapso de blocos. Foto inferior, arte rupestre. A foliação e granulação grossa da rocha podem ser observadas nesse afloramento.

G_11 – CACHOEIRA

CARACTERIZAÇÃO RESUMIDA

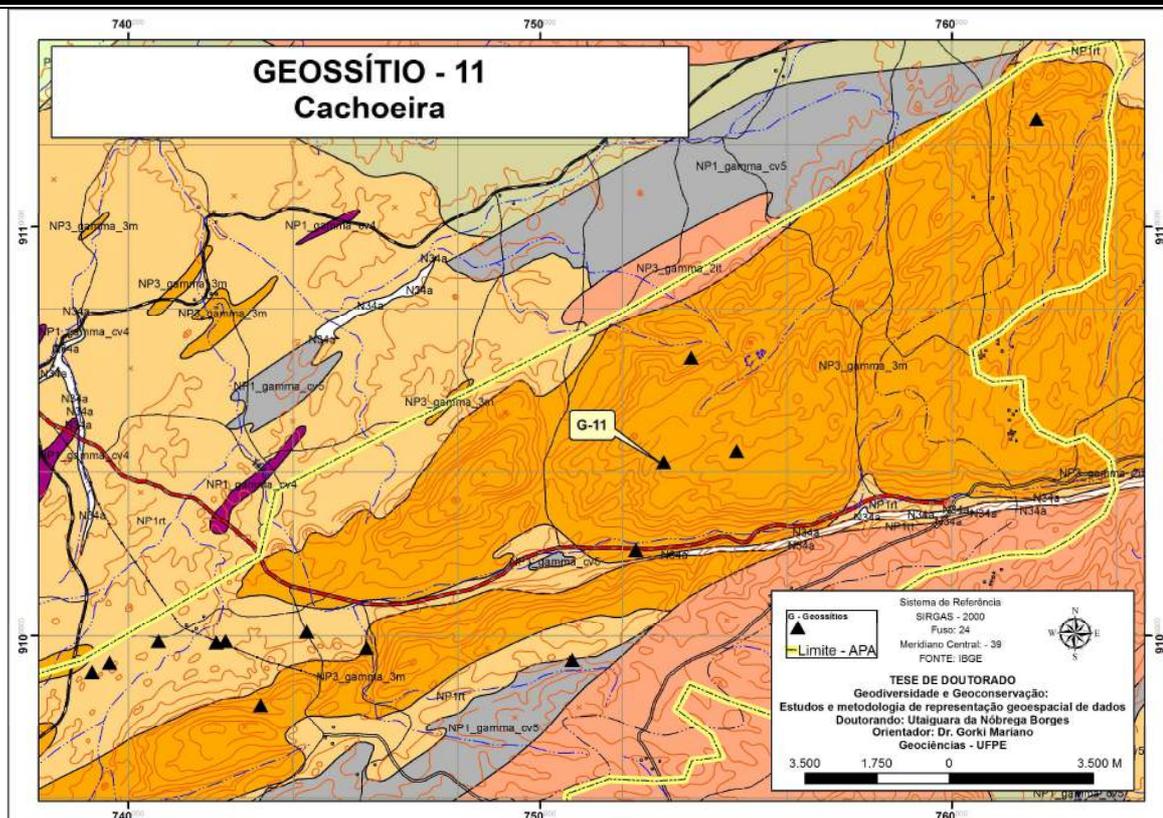
Coordenadas UTM: 733424 / 9091054

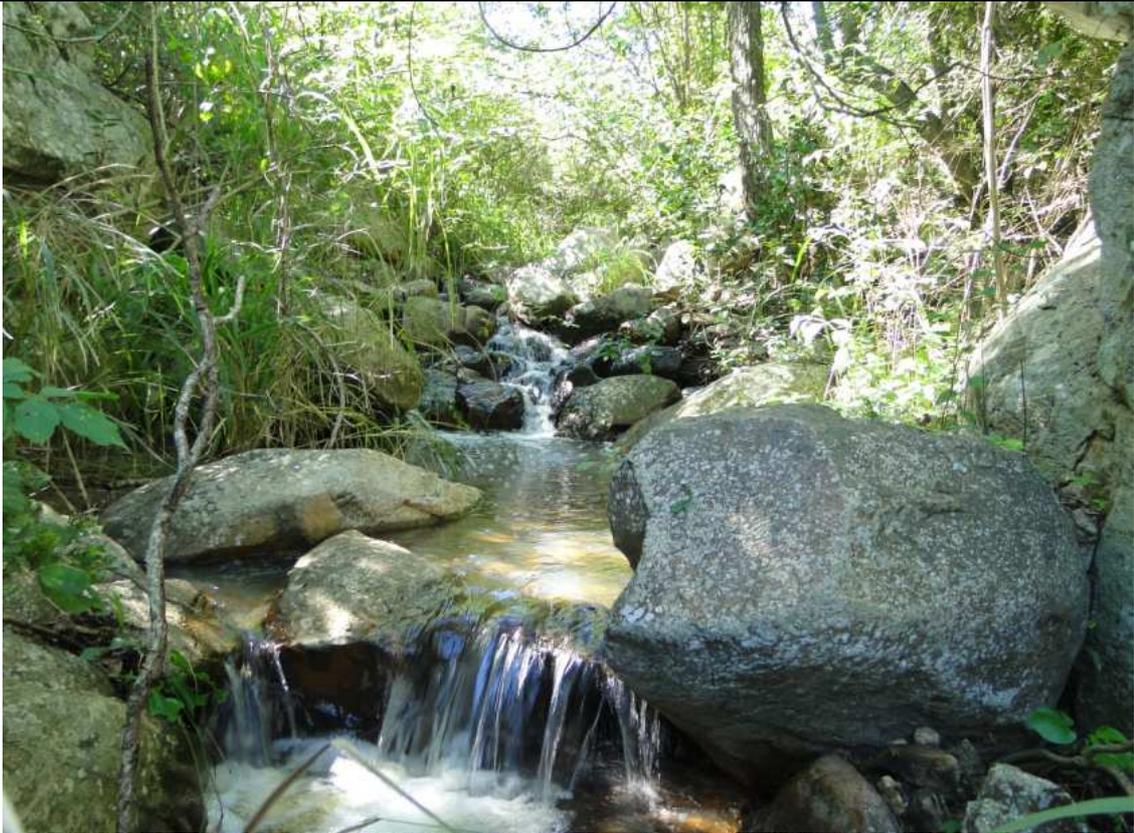
Nome da Unidade: Suíte Intrusiva Vila Moderna.

Idade: Neoproterozóico.

Enquadramento Geológico: Sienogranitos, álcali-feldspato granitos e quartzo sienitos deformados, com foliação desenhada por anfibólitos alcalinos, arfvedsonita e raramente riebeckita, presença de aegirina-augita, de coloração rósea a embranquiçada, granulação predominantemente fina. Associam-se a dioritos cujas relações magmáticas ainda não são bem definidas.

O acesso à esse local se dá através de estrada de barro em condições precária, com um nível de dificuldade elevada, sendo acentuada em época de chuva. Tem como valor a o aspecto estético. Configura-se em um potencial geossítio devido à notável beleza cênica oferecida pela geologia local.





Cachoeira – Rocha granítica de granulação grossa. Foto superior, blocos fraturados e deslocados. Foto inferior, matacão desenvolvido por processo de esfoliação esferoidal.

G_12 – SERRA DO PAULO

CARACTERIZAÇÃO RESUMIDA

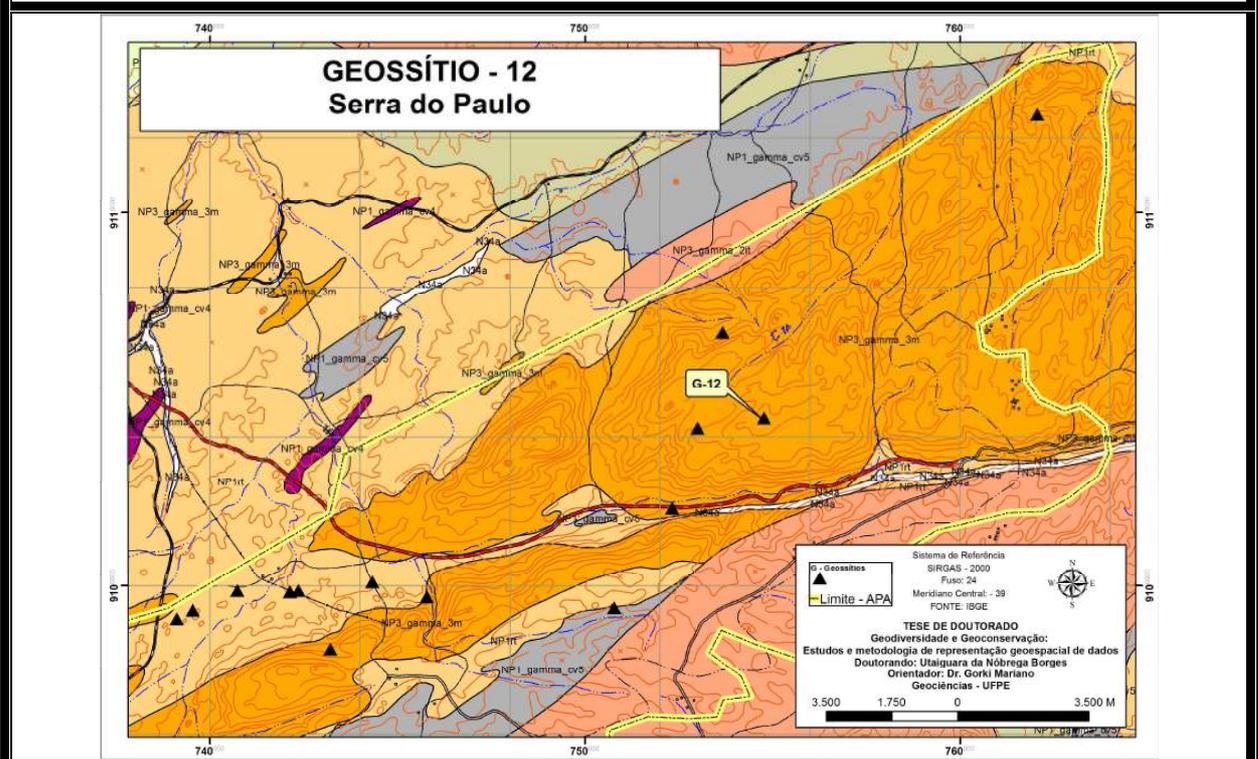
Coordenadas UTM: 754771 / 9104496

Nome da Unidade: Suíte Intrusiva Vila Moderna.

Idade: Neoproterozóico.

Enquadramento Geológico: Sienogranitos, álcali-feldspato granitos e quartzo sienitos deformados, com foliação desenhada por anfibólios alcalinos, arfvedsonita e raramente riebeckita, presença de aegirina-augita, de coloração rósea a embranquiçada, granulação predominantemente fina. Associam-se a dioritos cujas relações magmáticas ainda não são bem definidas.

Local de difícil acessibilidade. Esse geossítio apresenta valores cultural, estético e funcional, sendo o de maior representatividade em consequência da expressividade altimétrica, compreendendo um dos pontos de maior altitude do Estado da Paraíba. No primeiro em decorrência das pinturas rupestres como valor agregado. O segundo, resultado da beleza cênica oferecida pelo contexto de altitude elevada (> 1.000m). E o terceiro, devido à presença de orquídeas que são peculiares as regiões de altitudes com grande expressividade.





Serra do Paulo – Rocha granítica de granulação grossa. Foto superior com destaque topográfico. Foto inferior, sistema de fratura com desenvolvimento de vegetação característica dessas regiões de altitudes elevadas.

G_13 – SERRA DA JUREMA – MOLEQUE DE PEDRA

CARACTERIZAÇÃO RESUMIDA

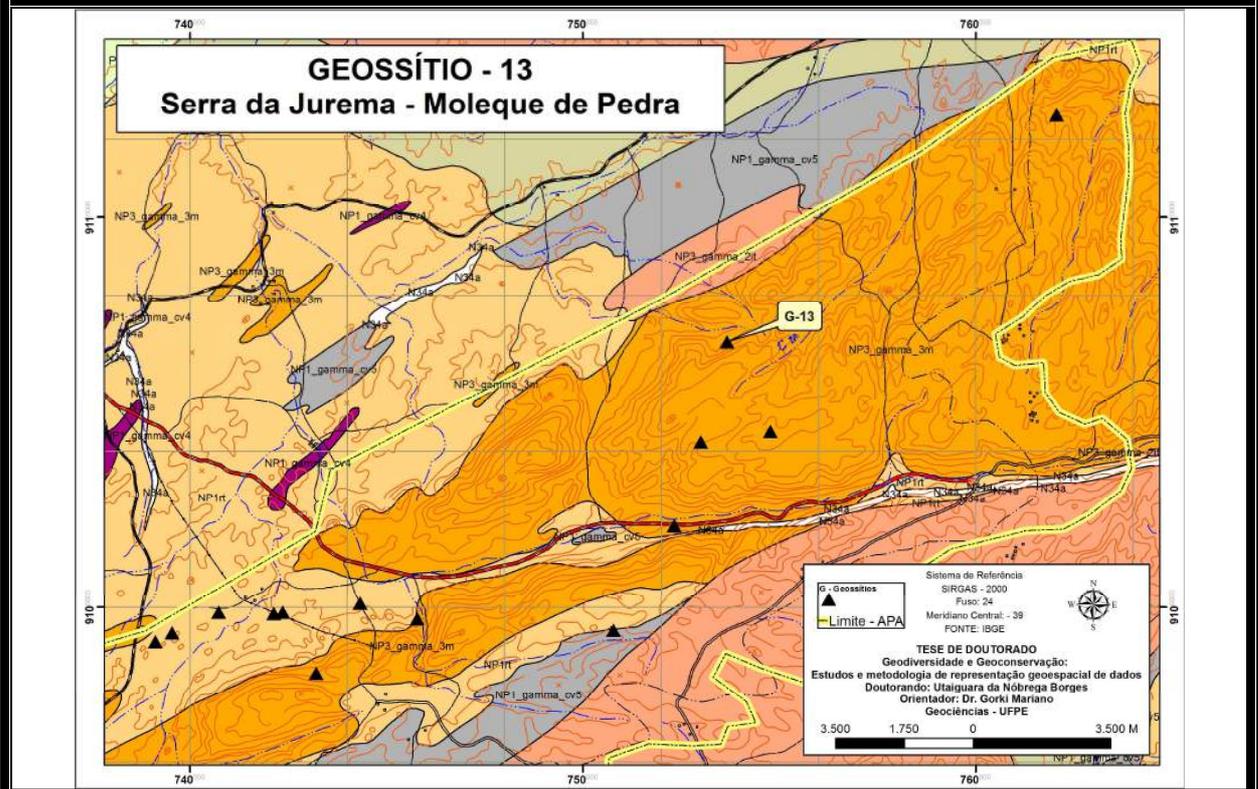
Coordenadas UTM: 753672 / 9106801

Nome da Unidade: Suíte Intrusiva Vila Moderna.

Idade: Neoproterozóico.

Enquadramento Geológico: Sienogranitos, álcali-feldspato granitos e quartzo sienitos deformados, com foliação desenhada por anfibólitos alcalinos, arfvedsonita e raramente riebeckita, presença de aegirina-augita, de coloração rósea a embranquiçada, granulação predominantemente fina. Associam-se a dioritos cujas relações magmáticas ainda não são bem definidas.

Local de média acessibilidade. Esse geossítio tem valores científico/educacional e cultural. O primeiro em decorrência do sistema de fraturas e intemperismo caracterizado por esfoliação esferoidal, que empresta ao lugar a feição que determina o valor cultural, que para a comunidade local, representam um agrupamento de crianças, denominado de “moleque de pedra”.





Serra da Jurema – Moleque de Pedra – Rocha granítica de granulação grossa, com desenvolvimento de caneluras e sistema de fraturas paralelas, que emprestam beleza cênica para região.

G_14 – NINHO DO GAVIÃO

CARACTERIZAÇÃO RESUMIDA

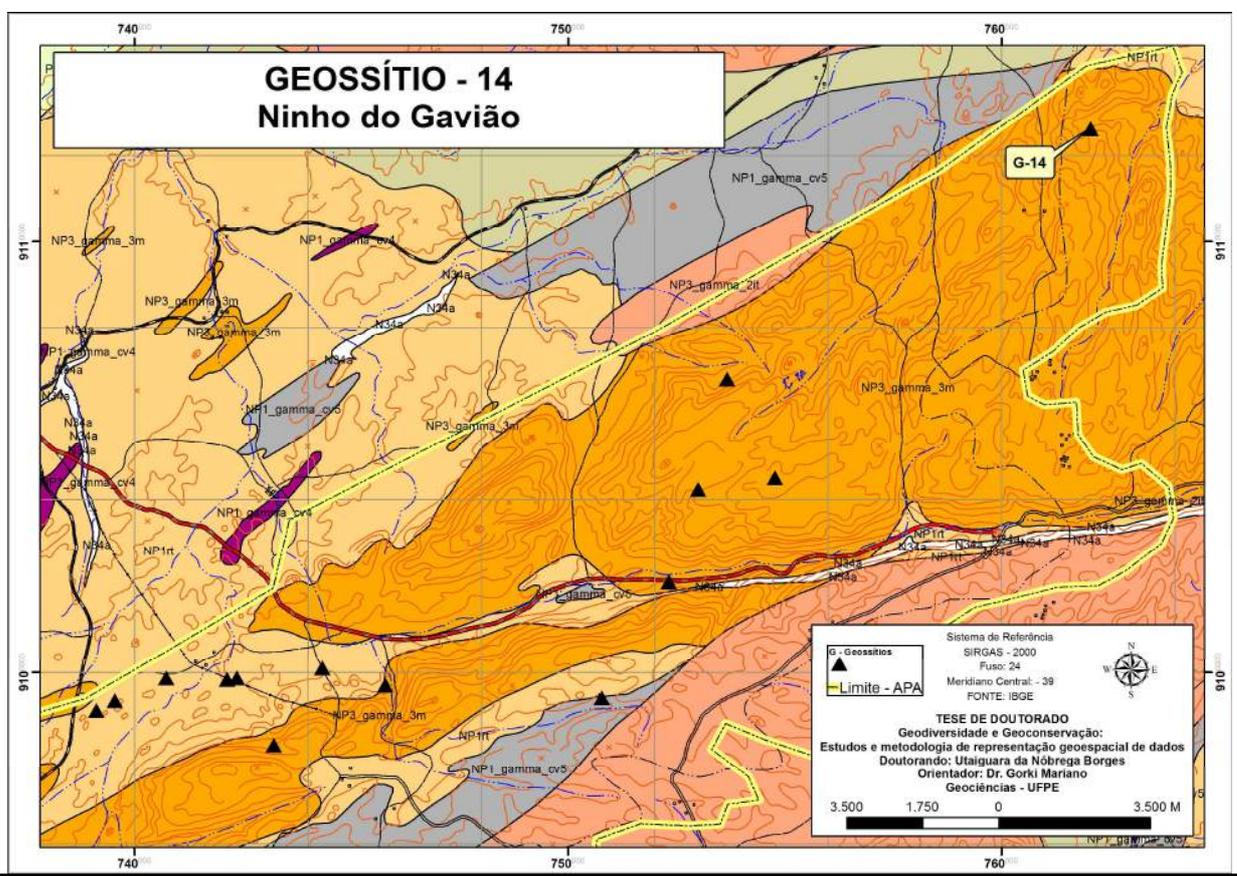
Coordenadas UTM: 762061 / 9112671

Nome da Unidade: Suíte Intrusiva Vila Moderna.

Idade: Neoproterozóico.

Enquadramento Geológico: Sienogranitos, álcali-feldspato granitos e quartzo sienitos deformados, com foliação desenhada por anfibólios alcalinos, arfvedsonita e raramente riebeckita, presença de aegirina-augita, de coloração rósea a embranquiçada, granulação predominantemente fina. Associam-se a dioritos cujas relações magmáticas ainda não são bem definidas.

Local de difícil acessibilidade. Esse geossítio um valor funcional, uma vez que serve de morada para gaviões.





Ninho do Gavião – Rocha granítica de granulação grossa associada à dioritos. Os dioritos são erodidos preferencialmente, dando origem a abrigos naturais.

**QUANTIFICAÇÃO
E
REPRESENTAÇÃO
CARTOGRÁFICA
DOS DADOS**

TABELA 13 – Quantificação dos geossítios com base na proposta de BRILHA (2005) adaptada de UCEDA (2000).

Crítérios	Cod.	G 01	G 02	G 03	G 04	G 05	G 06	G 07	G 08	G 09	G 10	G 11	G 12	G 13	G 14	
Intrínsecos	A1	4	4	3	1	3	2	5	5	1	4	4	5	4	4	
	A2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	A3	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	
	A4	3	3	2	1	2	1	3	3	1	3	1	3	2	1	
	A5	1	5	3	2	1	1	1	1	5	1	2	1	3	1	1
	A6	1	3	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	3	1	1
	A7	1	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	1	1
	A8	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	3
	A9	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
Uso Potencial	B1	3	3	3	2	3	2	3	3	2	3	1	3	1	1	
	B2	3	3	3	3	3	1	3	3	1	3	3	5	3	3	
	B3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	B4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	B5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	B6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	B7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Necessidade de Proteção	C1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	C2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	C3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
	C4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
	C5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	C6	5	5	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	5	5	5
Valor Parcial	A	20	24	20	16	18	16	20	26	15	21	16	28	17	18	
	B	17	17	17	16	17	14	17	17	14	17	15	19	15	15	
	C	22	22	20	20	20	20	20	22	20	20	20	22	22	22	
Valor Total		59	63	57	52	55	50	57	65	49	58	51	69	54	55	
Média (A+B+C)		20	21	19	17	18	17	19	22	16	19	17	23	18	18	
Média dos Crítérios	A	2,22	2,67	2,22	1,78	2,00	1,78	2,22	2,89	1,67	2,33	1,78	3,11	1,89	2,00	
	B	2,43	2,43	2,43	2,29	2,43	2,00	2,43	2,43	2,00	2,43	2,14	2,71	2,14	2,14	
	C	3,67	3,67	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,67	3,33	3,33	3,67	3,67	3,67	

GRÁFICO 01 – Distribuição dos Geossítios com Valores Intrínsecos.

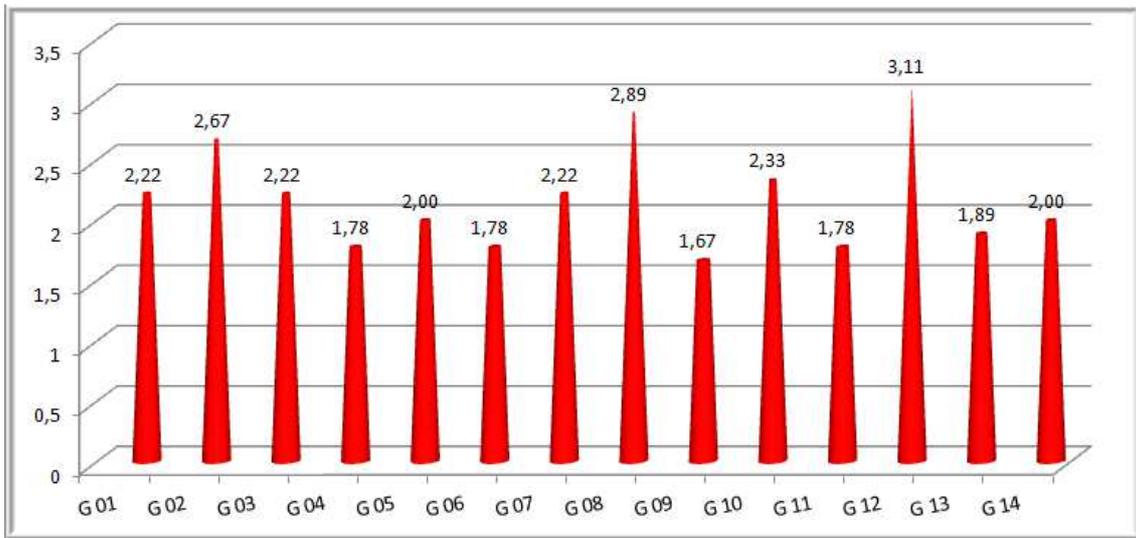


FIGURA 52 – Mapa da distribuição dos Geossítios com Valores Intrínsecos.

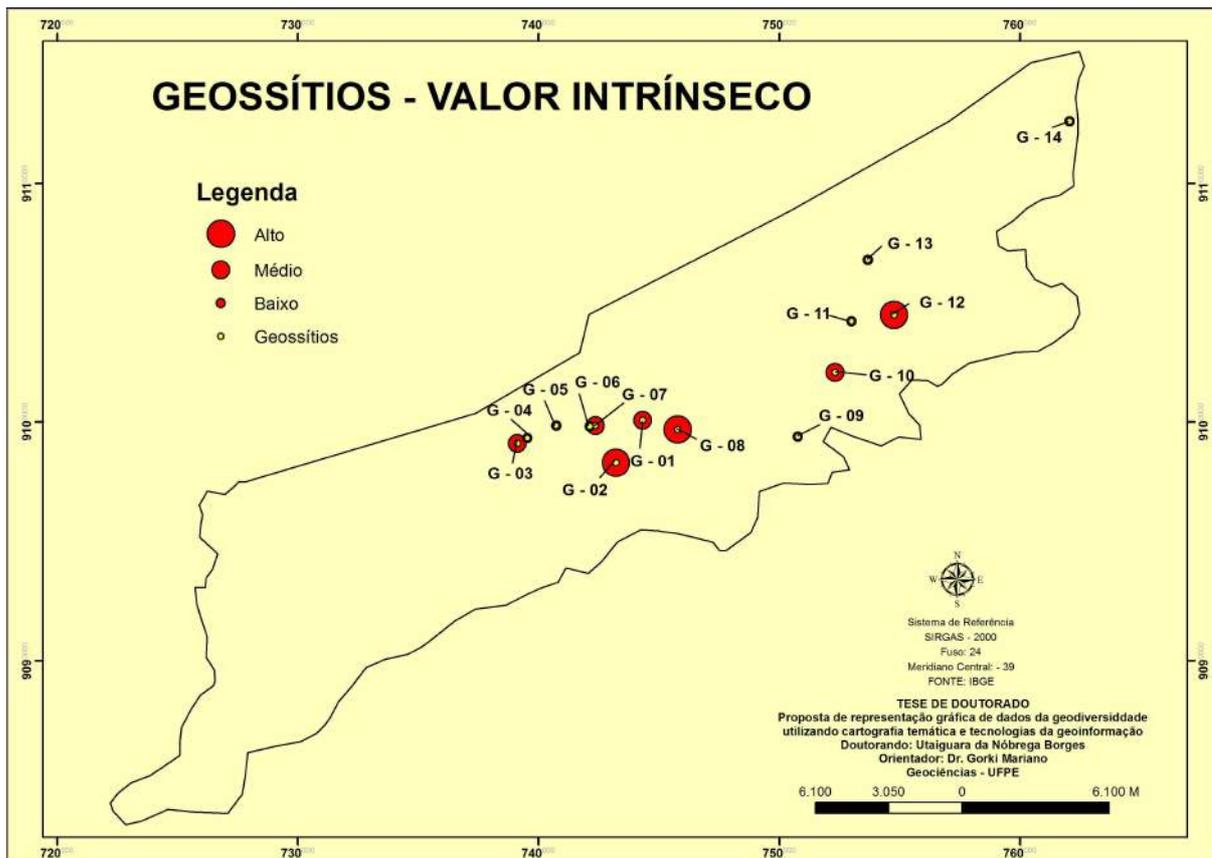


FIGURA 53 – Mapa de densidade dos Geossítios com Valores Intrínsecos.

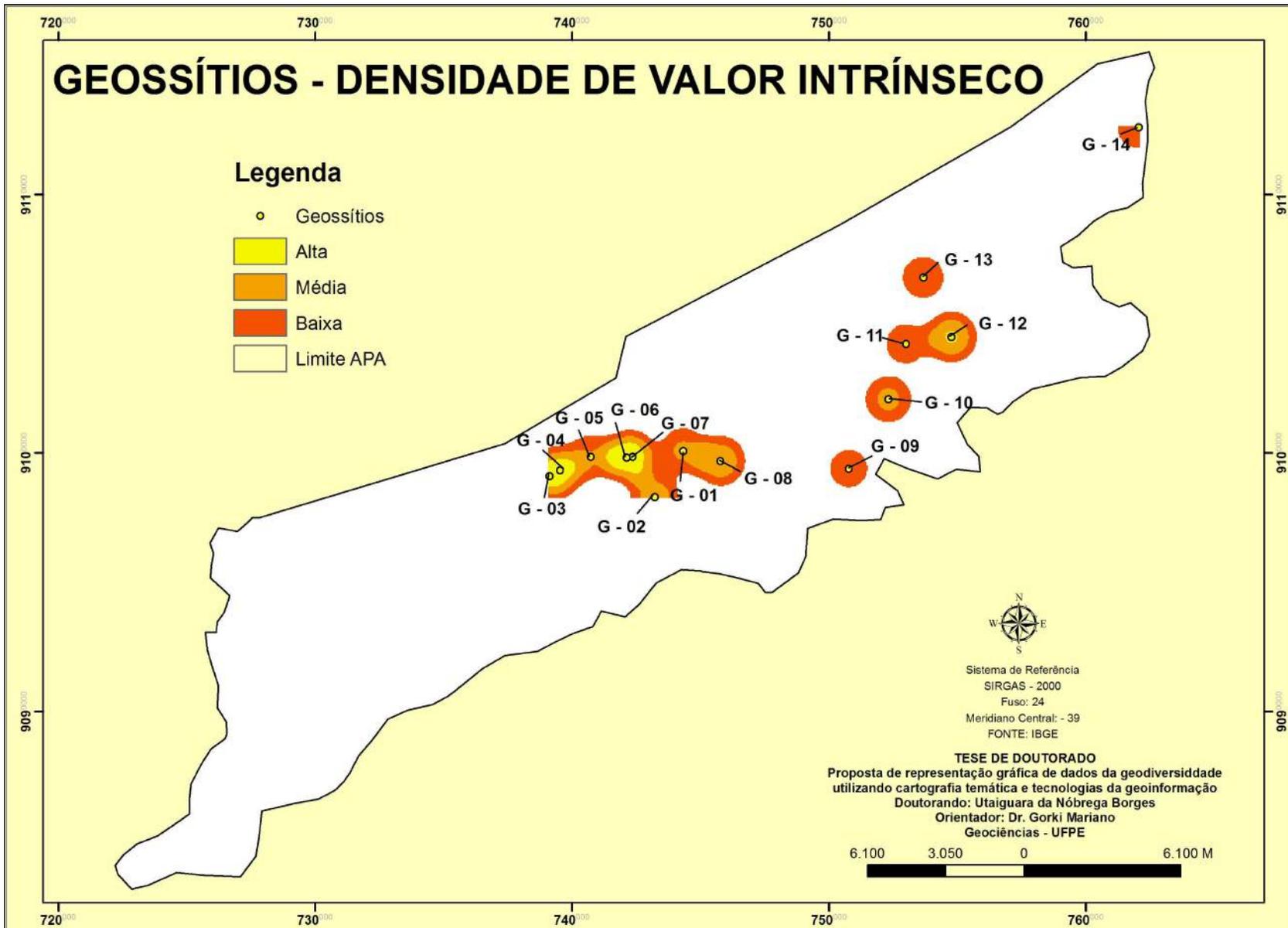


GRÁFICO 02 – Distribuição dos Geossítios com Valores de Uso Potencial.

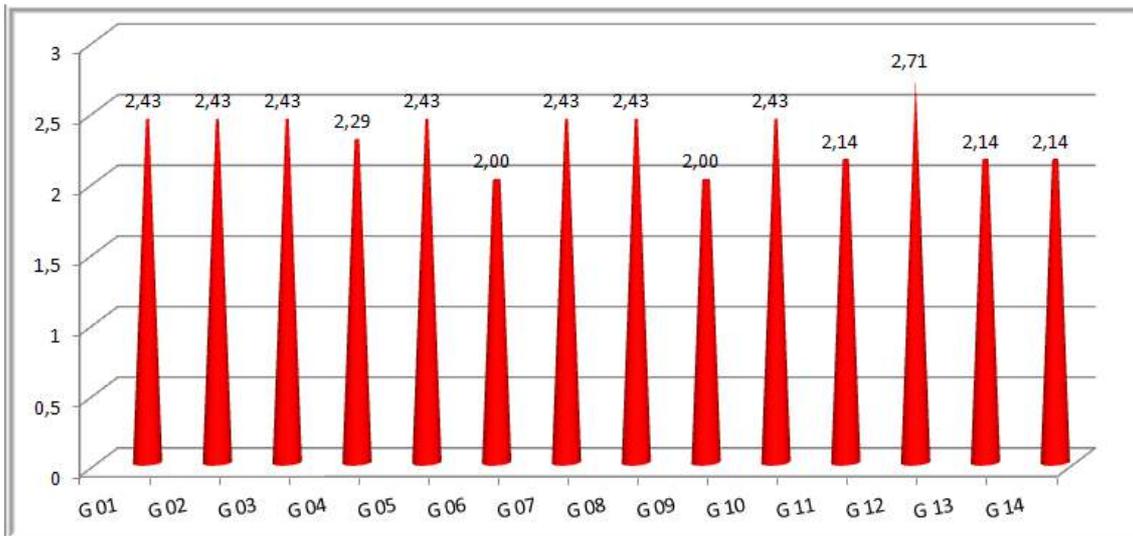


FIGURA 54 – Mapa da distribuição dos Geossítios com Valores de Uso Potencial.

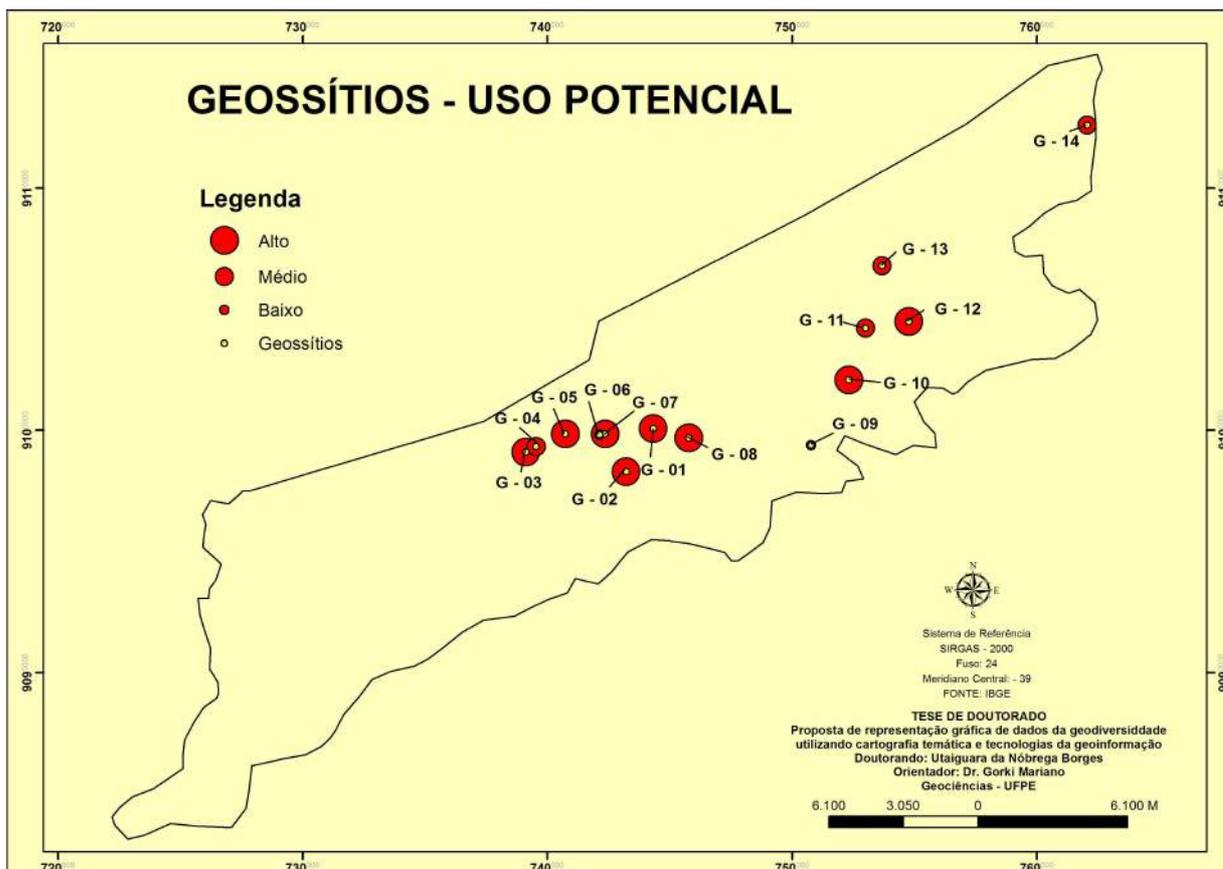


FIGURA 55 – Mapa de densidade dos Geossítios com Valores de Uso Potencial.

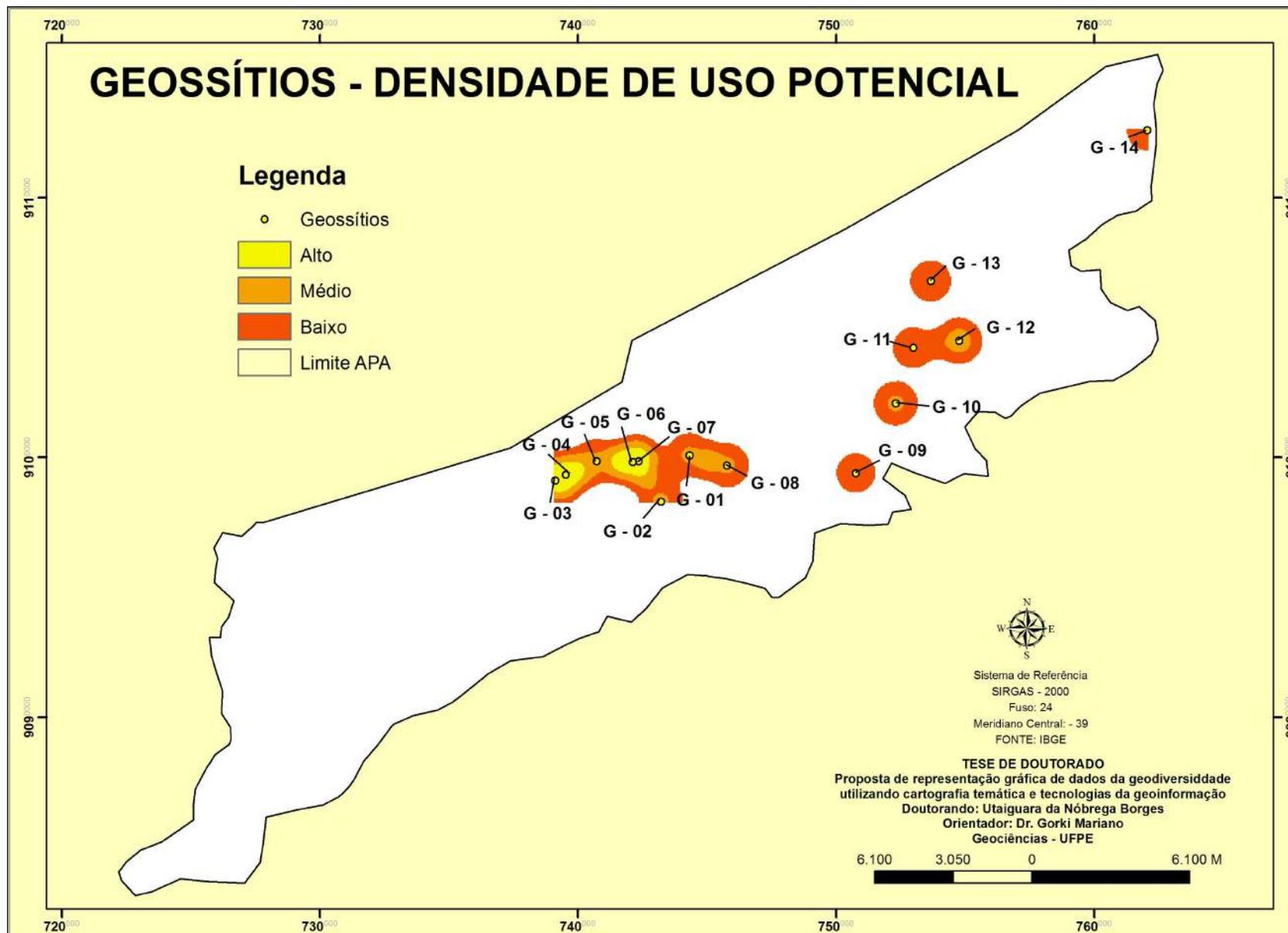


GRÁFICO 03 - Distribuição dos Geossítios com Necessidade de Proteção.

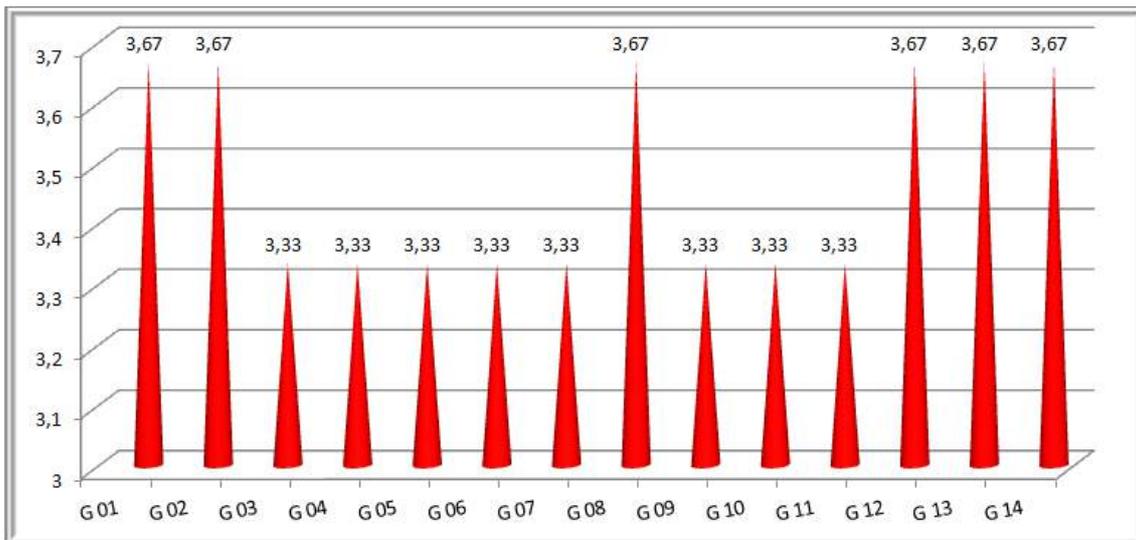


FIGURA 56 – Mapa da distribuição dos Geossítios com Necessidade de Proteção.

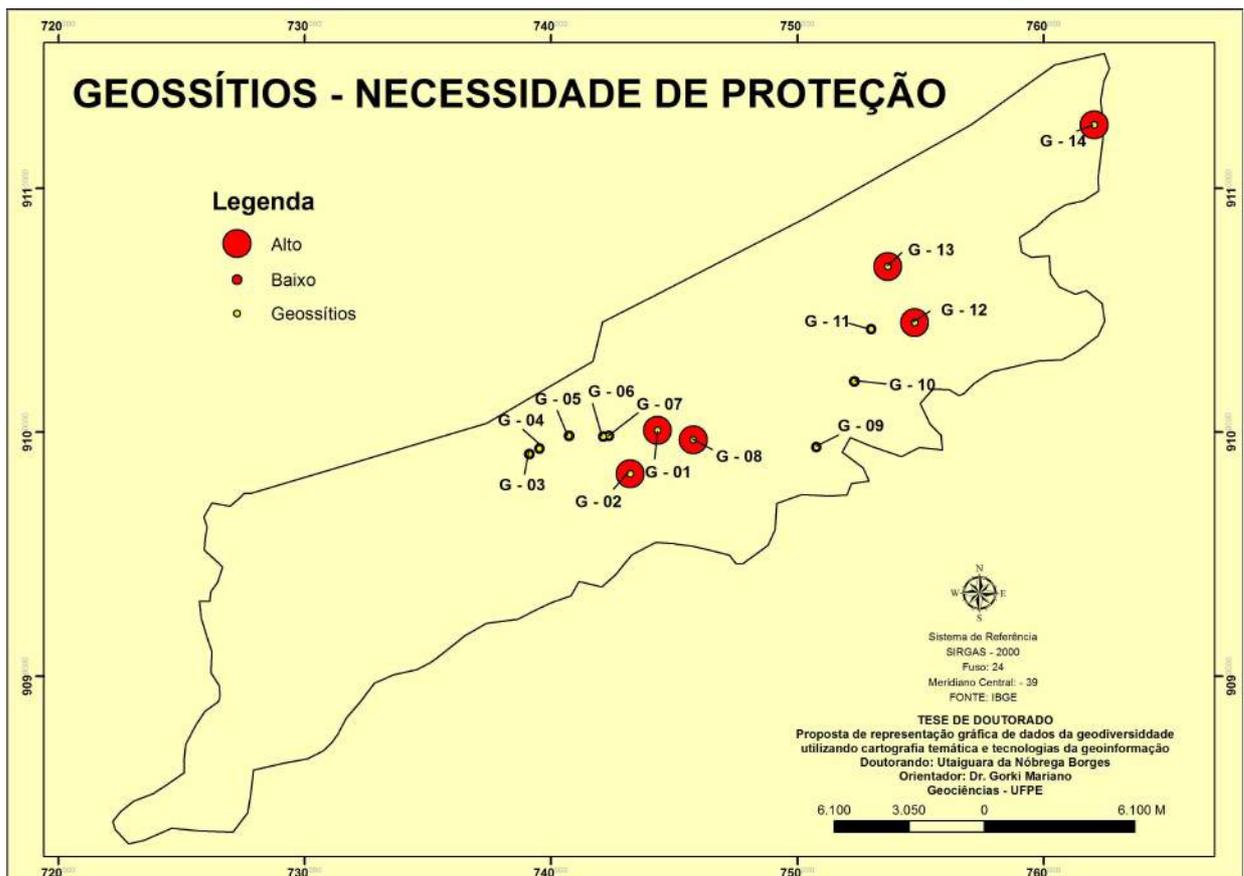


FIGURA 57 – Mapa de densidade dos Geossítios com Necessidade de Proteção.

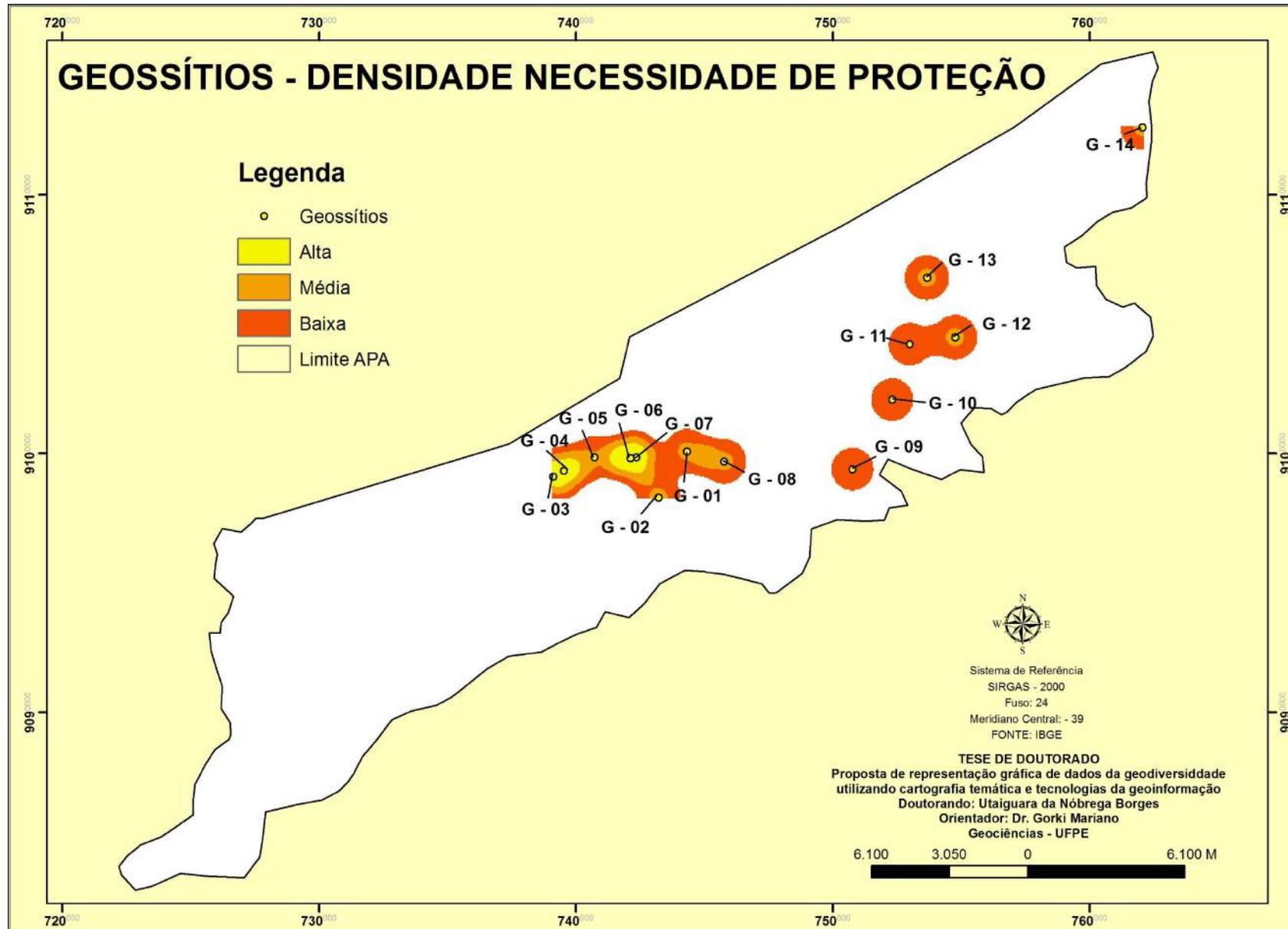


GRÁFICO 04 - Distribuição dos Geossítios com Necessidade de Proteção (Q).

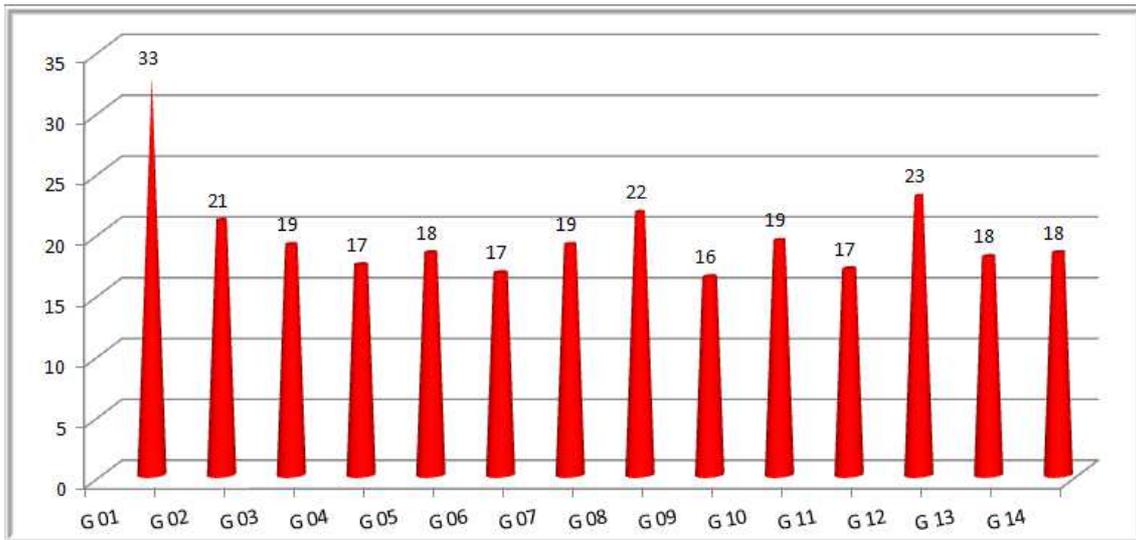


FIGURA 58 – Mapa da distribuição dos Geossítios com Necessidade de Proteção (Q).

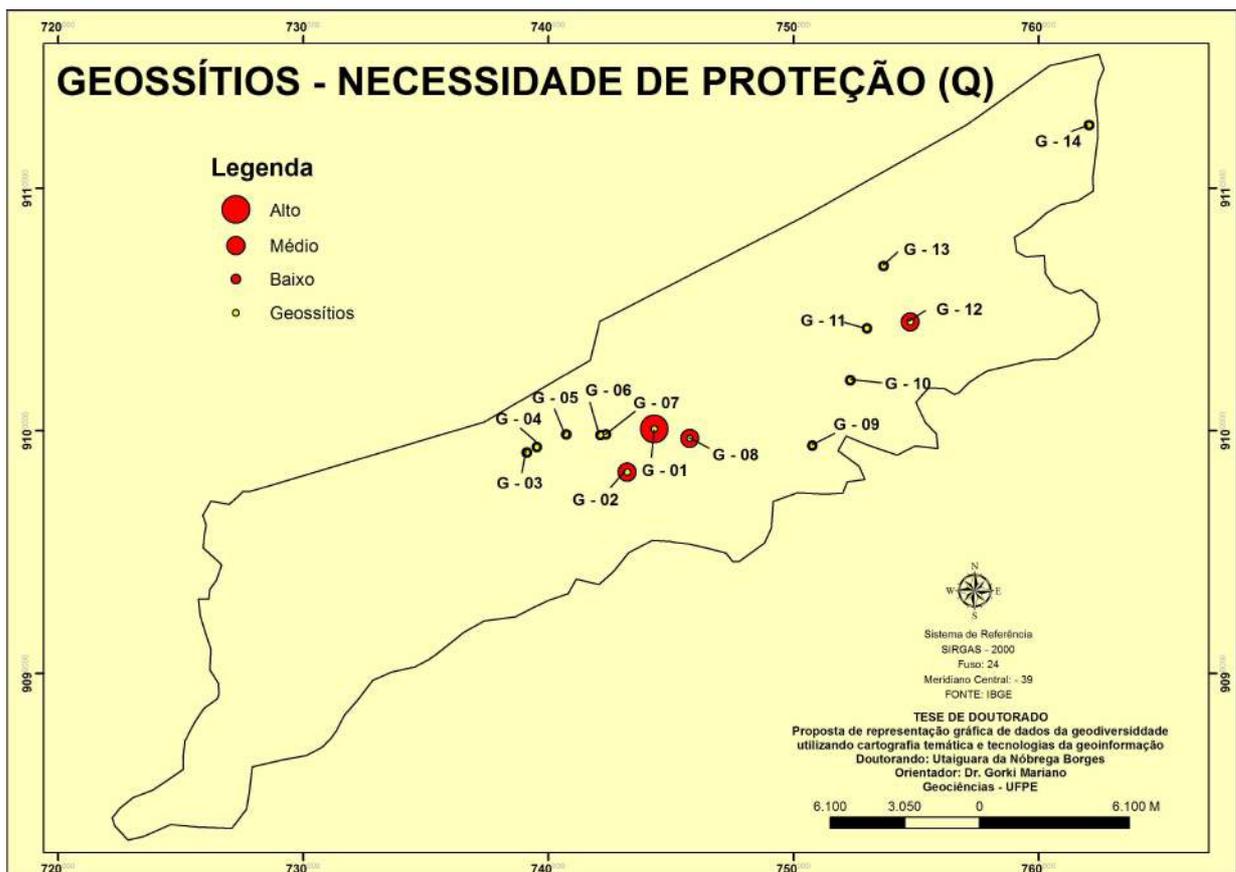
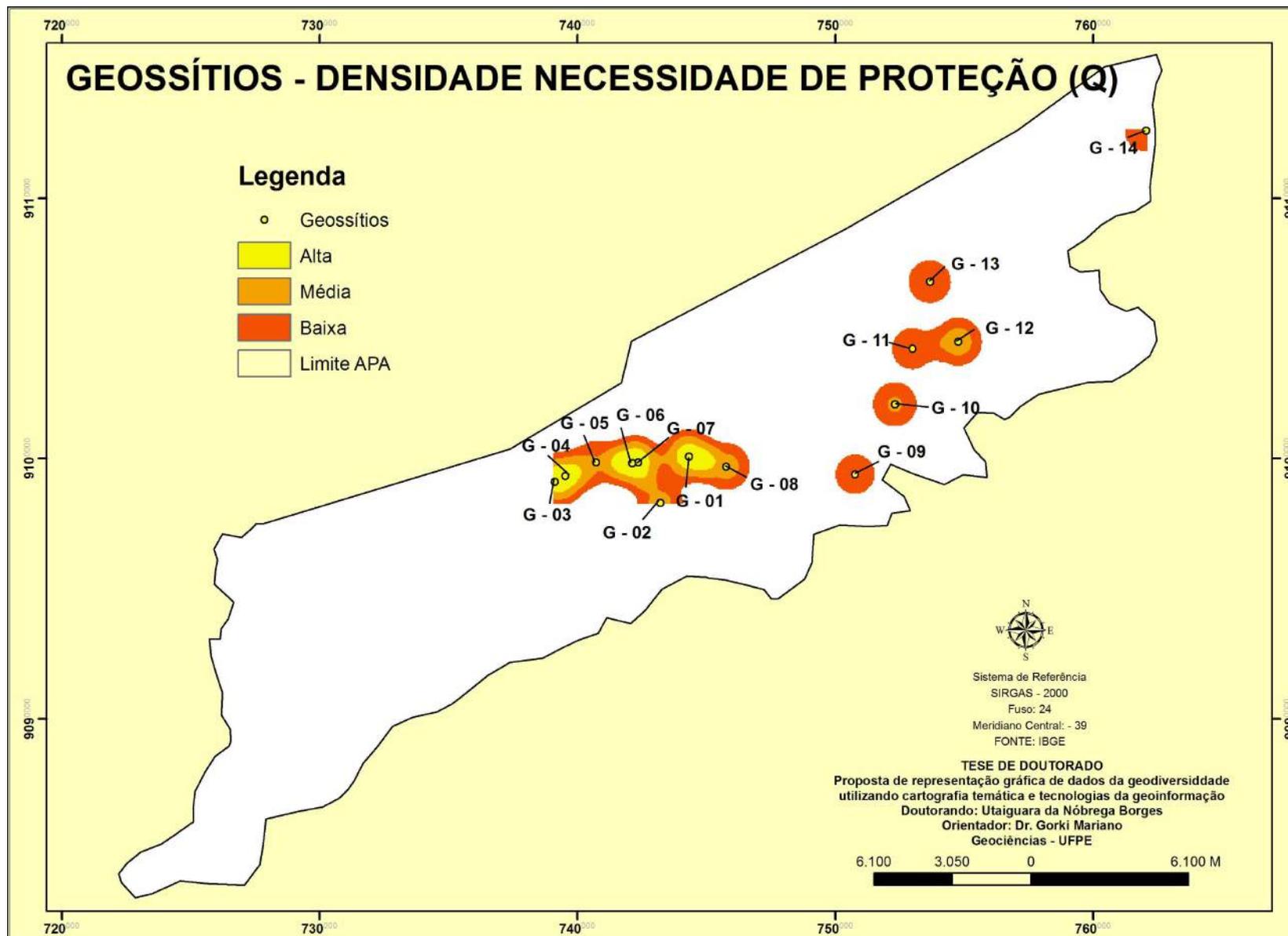


FIGURA 59 – Mapa de densidade dos Geossítios com Necessidade de Proteção (Q).



6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A principal contribuição deste trabalho foi propor uma forma de representação dos dados, com a utilização de mapas pontuais (símbolos proporcionais) e de *kernel*, para análise espacial dos geossítios quantificados no processo de inventariação.

A representação de dados proposta neste trabalho, para a avaliação dos dados quantificados da geodiversidade mostrou-se rica em possibilidades e adequados para utilização em estratégias de geoconservação. Todas as avaliações foram efetuadas com informações extraídas da cartografia de acesso livre. Posteriormente, foram convenientemente organizados em planos de informação e incorporados a um Sistema de Informações Geográficas (SIG), o que possibilitou o cruzamento das informações obtendo importantes indicativos do comportamento espacial dos geossítios, de acordo com seus atributos, demonstrando o potencial das técnicas de Geoprocessamento e da Cartografia Temática, quando utilizadas de forma integrada.

Com a elaboração dos mapas de símbolos proporcionais e de densidade, foi possível identificar, espacialmente, os locais que apresentam o maior número de geossítios com interesses específicos. É importante ressaltar que o método de estimativa de densidade de valores é mais eficiente quanto maior for a concentração de pontos.

Os programas computacionais e as imagens de satélite gratuitas e de domínio público, demonstraram ser eficientes para obtenção dos resultados pretendidos neste trabalho. Isso demonstra que vários estudos podem ser realizados sem a necessidade de programas, equipamentos e imagens aéreas ou orbitais de alto custo. Com essa pesquisa, foi possível executar uma aplicação real dos produtos de Sensoriamento Remoto e SIG disponibilizados gratuitamente, demonstrando uma redução significativa no custo da execução de projetos.

Com relação às imagens CBERS e SRTM, foi possível verificar que as mesmas favorecem as necessidades para conferência de informações no campo. Essas imagens se adequam perfeitamente à interpretação visual. O único agravante foi a não disponibilização de imagens com datas atualizadas.

Um fator limitante diz respeito a incompatibilidade de sistemas e bases cartográficas. Foi verificada a incompatibilidade da base cartográfica com a imagem de

satélite, uma vez que não houve uma sobreposição correta dos dados. Esse processo de compatibilização geodésica é de grande importância uma vez que no desenvolvimento de um sistema para análise de dados geográficos, todas as bases devem se sobrepor com o objetivo de formar um conjunto de temas com alta correlação espacial. Para realização deste trabalho todos os elementos cartográficos foram tratados visando a sua padronização.

O estimador de intensidade é muito útil para nos fornecer uma visão geral da distribuição de primeira ordem dos eventos. Trata-se de um indicador de fácil uso e interpretação. O mapa de estimativa de intensidade por *Kernel* mostrou-se uma boa ferramenta de exploração dos dados, evidenciando como se distribui no espaço a concentração de valores quantificados. Essa análise indicou como as observações estão agrupadas, ou seja, uma aproximação da distribuição espacial da variável. Apesar de não fornecer todos os dados necessários, acredita-se que a presente pesquisa fornece subsídios para o planejamento das atividades de geoconservação.

É notório afirmar a necessidade da aplicação de novas metodologias ou metodologias alternativas e o uso de ferramentas automáticas visando reduzir os custos de tempo e recursos humanos.

Para todos os geossítios inventariados neste trabalho sugere-se a criação de uma infraestrutura de apoio à observação panorâmica, melhoria dos trajetos para acesso aos mesmos, implementando percursos para os pedestres, e uma melhor condição de segurança para os visitantes.

Diante de todo o panorama abordado, ressalta-se a necessidade de um planejamento estratégico para a fomentação de atividades de geoturismo na APA das onças. É preciso também, em caráter emergencial, medidas legais de proteção para os elementos da geodiversidade que se encontram ameaçados, do contrário gerações futuras não poderão usufruir de tal riqueza. É necessário que se perceba que este patrimônio não é menos importante que o patrimônio biológico, sendo essencial para existência da vida na Terra.

Avaliando os resultados obtidos considera-se que o trabalho atingiu plenamente seus objetivos, demonstrando como as técnicas de Geoprocessamento aliadas aos métodos de quantificação de Geossítios, podem auxiliar no processo de monitoramento dos elementos da geodiversidade, possibilitando formas de análise que forneçam resposta rápida e eficiente.

O geoprocessamento como ferramenta de integração de dados de diversas fontes foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho, pois foram utilizadas imagens de satélite, bases cartográficas diversas, e dados numéricos, para obtenção de novas informações. Essas informações traduzidas na forma de mapas temáticos foram manipuladas em ambiente SIG, utilizando o software de baixo custo, o que possibilitou a aplicação da metodologia de análise espacial.

Os resultados obtidos no trabalho servirão como um ponto de partida para a realização de muitos outros, notadamente devido à necessidade mais estudos de caráter geológico na área de estudo. Além disso, abre-se a possibilidade de desenvolvimento de estudos mais detalhados sobre geodiversidade. Sendo assim, sugere-se a continuidade de estudos aproveitando os resultados alcançados no trabalho e a base de dados criada. Como também, o poderá ser feito o uso de outras técnicas de geoprocessamento para os estudos de geossítios.

Com relação aos resultados, esperamos ter contribuído para a sociedade com informações que possam ser úteis para os estudos de geodiversidade e geoconservação, principalmente para o Estado da Paraíba. É importante salientar que o objetivo maior deste trabalho é a apresentação de uma ferramenta cartográfica para utilização em estudos envolvendo geodiversidade, qualificação e quantificação de geossítios, propostas de geoparques e elaboração de medida de uso e proteção do meio abiótico.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CITADAS

- ACCIOLY, A. C. A.; SANTOS, C. A. **Projeto Folha Pesqueira (Escala 1:100.00)**. Programa Geologia do Brasil. CPRM, GEREMI/RE, 2010.
- ANDRADE, E. D. CARNEIRO, V., A. F. T., **A Elaboração de Documentos Cartográficos Sob a Ótica do Mapeamento Participativo**. Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v. 15, no,3. p.410-427, jul-set, 2009.
- BARRETTO, M. **Turismo e legado cultural: as possibilidades de planejamento**. 4ed. Papirus, Coleção Turismo, Campinas, 96p, 1999.
- BATISTA L. V. **Processamento Digital de Imagem**. João Pessoa: UFPB, 60p, 2004.
- BEM, B. N. C. **Estudo do Patrimônio Geológico de Ipojuca/PE como subsídio para o desenvolvimento do Geoturismo**. Recife: 246p, 2012.
- BRASIL. **Constituição 1988**. Constituição da Republica Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal. 1988.
- BRILHA, J. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Braga: Palimage Editores, Viseu, 190p, 2005.
- BRUSCHI, V. M. **Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad**. Tesis Doctoral- Universidad de Cantabria. Santander-España, 263p, 2007.
- BURROUGH, P. A.; McDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford University Press 2nd edit., Oxford, 2000.
- BRIGHT, M., **1001 Maravilhas Naturais para Ver Antes de Morrer**. Ed: Sextante. 600p., 2008.
- CÂMARA, G.; BARBOSA, C. C. F.; DAVIS jr. C.; FONSECA, F. **Conceitos Básicos em Geoprocessamento**, Cap. 2, livro on-line, Geoprocessamento: teoria e aplicações, INPE, 1999.
- CAMARA, G.; CARVALHO. **Análise de processos pontuais**. São Jose dos Campos: INPE, 2002. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap2-eventos.pdf>>. Acesso em: 30 janeiro 2013.

- CÂMARA, G.;AGUIAR, Ana Paula Dutra de; ESCADA, Maria Isabel Sobral; AMARAL, Silvana; CARNEIRO, Tiago Garcia; MONTEIRO, Antônio Miguel; ARAÚJO, Roberto; VIEIRA, Ima Célia; BECKER, Bertha. **Amazon Deforestation Models**. Science **JCR**, v. 307, p. 1043-1044, 2005.
- CARNEIRO, E. O., SANTOS, R. L., QUINTANILHA, J. A. **Análise Espacial Aplicada na Determinação de Áreas de Risco para Algumas Doenças Endêmicas: o uso de técnicas de geoprocessamento na saúde pública**. *Sitientibus*, Feira de Santana, n. 28, p. 51-76, Jan/Jun. 2003.
- CARVALHO, G. R. F. M. **Estado da Paraíba: classificação geomorfológica**. João Pessoa, Editora Universitária/UFPB, 1982.
- CARVALHO, A. M. G. **Geomonumentos: uma reflexão sobre a sua caracterização e enquadramento num projecto nacional de defesa e valorização do património natural**. Liga de Amigos de Conímbriga, Lisboa, 30p, 1999.
- CARVALHO, M. S.; PINA, M. F.; SANTOS, S. M. **Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia Aplicados à Saúde**. Brasília: Organização Panamericana da Saúde, Ministério da Saúde, 122p, 2000.
- CBERS/INPE. **Catálogo de Imagens**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>
- CHILDS, C. **Interpolating surfaces in ArcGIS Spatial Analyst**. ArcUser, Redlands, 2004.
- CHOU, Y. **Exploring Spatial Analysis in Geographic Information Systems**. Onword Press, Santa Fe, USA, 2000.
- COLWELL, R.N.; **Manual of Remote Sensing**; 2ª Edição; American Society of Photogrammetry; 2000.
- CONCAR – **Comissão Nacional de Cartografia**. Disponível em: <http://www.concar.ibge.gov.br/>
- COSTA, S. M. F., SILVA, D. C., LIMA, V. M., “**The use of CBERS image in the delimitation of small cities boundaries in the Brazilian Amazonia region**”, *Revista GeoFocus*, nº 11, p. 207-225., 2011.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil Projeto. **Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. Diagnóstico do Município de São João do Tigre, Estado da Paraíba**. Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
- CPRM. **Projeto Geoparques**. Serviço Geológico do Brasil, Brasília: 2006.

- DIXON, G., SHARPLES, C., HOUSHOLD, I., PEMBERTON, M., & EBERHARD, R. **Conservation Management Guidelines for Geodiversity**. Unpublished Report to the Tasmanian Regional Forest Agreement Environment and Heritage Technical Committee, April 1997, 70 p. 1997.
- DOWLING, R. & NEWSOME, D. **Geotourism: Sustainability, impacts and management**. Oxford: Elsevier, 352p, 2005.
- DUARTE, P. A. **Fundamentos de Cartografia** 2ed – Florianópolis: UFSC, 208p, 2002.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999.
- _____, **Imagens SRTM**. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/>
- FELGUEIRAS, C. A. **Modelagem Numérica do Terreno**. In Manual do SPRING. São José dos Campos, INPE, 1998.
- FITZ, P. R.; **Novas tecnologias e os caminhos da Ciência Geográfica**. Diálogo (Canoas), Canoas, v. 6, n.Tecnologia, p. 35-48, 2005.
- FOSSE, J. M., CENTENO, J. A. S., SLUTER, C. R., **Estudo da Simbologia como Elemento da Linguagem Cartográfica para a Representação Tridimensional**. Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v. 15, no 3, p.313-332, jul-set, 2009.
- GARCÍA-CORTÉS A. & URQUÍ L. C. **Documento metodológico para la elaboración del inventario Español de lugares de interés geológico (IELIG)**. Instituto Geológico y Minero de España. 2009. Disponível em: <http://w.igme.es/internet/patrimonio/>, acessado em 30/Dez/2011.
- GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento das observações: aplicações geodésicas**. Curitiba, PR: UFPR, 1994.
- GEMAEL, C.; SCHWAB, SILVIA H. S.; SaatKamp, E. D. **Estação de Marés Terrestres da UFPR - Histórico, manutenção e estágio de atual desenvolvimento**. Revista Brasileira de Cartografia, Curitiba, v. 53, n.1, p. 38-44, 2001.
- GOLDEN SOFTWARE INC. **SURFER. User Guide**, Colorado USA, 619p. , 2002.
- GOODCHILD, M.F. - **A spatial analytical perspective on GIS**. International Journal of Geographical Information Systems. 1: 327-334 – 2000

- GRAY, M., **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. John Wey and Sons: London, Chichester – England, 434p., 2004.
- GRIGIO, A. M. **Aplicação do Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica na Determinação da Vulnerabilidade Natural e Ambiental do Município de Guimarães (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera**. Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em geodinâmica e geofísica. CCET/UFRN, Natal – RN, 222p., 2003.
- HERNÁNDEZ, I. U., ELLIS, E. A., GALLO, C. A. (2013): **Aplicación de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica para el Análisis de Deforestación y Deterioro de Selvas Tropicales en la Región Uxpanapa, Veracruz**, Revista GeoFocus, nº 13, p.1-24, 2013.
- HOSE, T. A., **European Geotourism – geological interpretation and geoconservation promotion for tourist**. BARRENTINO, D.; WIMBLEDON, W. A. P.; GALLEGRO E. (eds.). In: Geological Heritage: its conservation and management. Madrid, Sociedad Geological de Espana/Instituto Technologico GeoMinero de Espana. p.127-146. 2000.
- IESCHECK , A. L., SLUTER, C. R., AYUP-ZOUAIN, R. N., **Interpolação Qualitativa de Dados Espaciais**. Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v. 14, no 4, p.523-540, out-dez, 2008.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Noções Básicas de Cartografia**. 2005, Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia>>. Acesso em: 16 dez. 2011.
- _____ **ESTATCART – Sistema de Recuperação de Informações Georreferenciadas - Versão 3.0**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <http://loja.ibge.gov.br/estatcart-sistema-de-recuperac-o-de-informacoes-georreferenciadas-vers-o-2-1-2004.html>. Acesso em: 20 de Outubro de 2013.
- _____ **Censo Demográfico 2000 Agregado por Setor Censitário dos resultados do universo –**. 2a. Ed. Rio de Janeiro: IBGE, CD-ROM, 2003.
- _____ **Malha de Setor Censitário Rural Digital do Brasil – Situação 2000 – Vol. 3**. Rio de Janeiro: IBGE, CD-ROM, 2003.
- _____ **Base de Informações Municipais**. Rio de Janeiro: IBGE, CD-ROM, 2003.
- INPE. **Tutorial do SPRING**. São José dos Campos, SP: INPE, 305p., 2012.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução de J. C. N. Epiphanyo. São José dos Campos, SP: Parênteses,

598 p., 2009. (Prentice Hall Series in Geographic Information Science) Tradução de: Remote Sensing of the environment: na earth resource perspective.

- JOLY, F. A **Cartografia**. Campinas:Papirus, 136p., 1990.
- JOHANSSON, C. E., ANDERSEN, S. e ALAPASSI, M. **Geodiversity in the Nordic Countries**. ProGEO News, 1, 1-3. Disponível em: <http://w.s.gu.se/hotel/progeo>. 1999. Acessado em 05/06/2013.
- KOZLOWSKI, S. **The concept and scope of geodiversity**. Przegląd Geologiczny, 52 (8/2): 833-837. Disponível em: http://www.pgi.gov.pl/pdf/pg_2004_08_2_22a.pdf. 2004; Consultado em: 09-07-2013.
- LANDIM, P. M. B., **Introdução aos Métodos de Estimação Espacial para Confecção de Mapas**. 2002. In <http://epi.minsal.cl/SigEpi/doc/interpo.pdf> . Acessado em 19/06/2012.
- LOCH, C. **Topografia contemporânea**. Florianópolis, SC: UFSC, 1995.
- MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 425 p., 2005.
- MONTANHER, O. C.; BARBOSA, C. C.; NOVO, E. M. L. M.. **Integração de Dados Landsat/Tm e Medidas in situ para Estimativa de Sedimentos em Suspensão em Rios Amazônicos: um estudo de viabilidade**. Geografia (Rio Claro. Impresso), v. 38, p. 175-188, 2013.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. São José dos Campos: INPE, 350p. , 2010.
- MUÑOZ, E. **Georrecurso culturales**. Geologia Ambiental. ITGE, Madrid, 1988.
- NASCIMENTO, M. A. L. do; RUCHKYS, U. A. & MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo-Trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico**. SBG. Brasil, 84p., 2008.
- NATIONAL GEOGRAPHIC. Acessado em 21/07/13; Disponível em: <http://newswatch.nationalgeographic.com/2011/11/16/unesco%E2%80%99s-%E2%80%9Cgeoparks%E2%80%9D-embrace-geotourism/> - 16/11/2011.
- NIETO L.M., **Geodiversidad: propuesta de una definición integradora**. Boletín Geológico y Minero- España , Vol. 112, No 2, p. 3-12. 2001.
- NIETO L.M., **Patrimonio Geológico, Cultura y Turismo**. Boletín del Instituto de Estudios Giennenses, No 182, p. 109-122. 2002.

- OLIVEIRA, F. P. de; FILHO, E. I. F.; SOARES, V. P.; SOUZA, A. L. de, **Mapeamento de Fragmentos Florestais com Monodominância de Aroeira a partir da Classificação Supervisionada de Imagens Rapideye**. Rev. Árvore vol.37 no.1 Viçosa jan./fev. 2013.
- OSAKO, L. S., **Caracterização Geológica da Região Situada entre as Localidades de Paranatama e Currais Novos (PE), Porção Centro-Norte do Complexo Parnambuco-Alagoas, Província Borborema**. Tese de Doutorado, Centro de Tecnologia e Geociências, UFPE, Recife – 2005, 163p.
- PACHECO, A. P.; FREIRE, N. C.; BORGES, U. N. **Uma Contribuição do Sensoriamento Remoto para Detecção de Áreas Degradadas na Caatinga Brasileira**. Boletim Goiano de Geografia. V. 26, n. 01, Jan/Jun., 49-68, 2006.
- PEDRO, P. DE C., ANTUNES, A. F. B., MITISHITA, E. A., **Ortoretificação de Imagens de Alta Resolução Utilizando os Modelos APM (Affine Projection Model) e RPC (Rational Polynomial Coeffycient)**. Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v. 13, no 1, p.60-75, jan-jun, 2007.
- PELEGRINI, S.C.A. **O patrimônio cultural no discurso e na lei: trajetórias do debate sobre a preservação no Brasil**. Patrimônio e Memória, v. 2, n. 2, 2006.
- PETRIE, G. **Optical imagery from airborne & spaceborne platforms, comparisons of resolution, coverage & geometry for a given ground pixel size**. Disponível em: <http://www.geoinformatic.com>. 2002. Acesso em junho de 2013.
- PEREIRA, R. G. F. A. **Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil)**. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade do Minho, Braga, 295p., 2010.
- PEREIRA, R. F.; BRILHA, J.; MARTINEZ, J. E., **Proposta de enquadramento da geoconservação na legislação ambiental brasileira**. In: Memórias e Notícias, n. 3 Nova Série), Publ. do Dep. Ciên. Terra e do Mus. Minerol. Geol., Univ. Coimbra. Conferência Internacional: As Geociências no Desenvolvimento das Comunidades Lusófanos. Coimbra 13-14 de Outubro de 2008. 491-494p.
- PESJT (Plano Estratégico de São João do Tigre). **Agenda 21 Local – 2003 a 2010**. São João do Tigre. Novembro de 2003.
- PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil 2000**. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/atlas/>. Acesso em: 03 mar. 2012.
- PROGEO/PT - **Associação Europeia para a Conservação do Patrimônio Geológico**. 2008. Disponível em: www.progeo.pt/progeo_pt.htm. Acesso em: 20 dez. 2010.

- RAMOS, C. S. **Visualização Cartográfica e Cartografia Multimídia: Conceitos e Tecnologias**. São Paulo: UNESP, 178p., 2005.
- RSNC – *Royal Society for Nature Conservation*. Online. Disponível em: <http://www.rscn.org.jo/orgsite/ContactUs/tabid/269/language/enUS/default.aspx>. Consultado em: 12/06/2013.
- ROCHA, C. H. B.; **Metodologias para Zoneamento Ambiental com uso do Geoprocessamento**. Revista da Pós-Graduação em Geografia, v. IV, p. 69-86, 2000.
- ROMÃO, Verônica Maria Costa; SILVA, Antônio Simões; SILVA, Tarcísio Ferreira. **GPS Network for Monitoring Land-Subsidence in Metropolitan Region of Recife, Brazil**. Geodésia Online, Florianópolis-SC, v. 2, 2003.
- ROSA, Roberto. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. EDUFU, Uberlândia - MG, 2007.
- RUCHKYS, U. A. **Patrimônio geológico e geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**: potencial para a criação de um geoparque da UNESCO. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 211p., 2007.
- SANCHO, A. **Introdução ao turismo**. Tradutora: Dolores M. R. Corner. São Paulo: Roca, 2001.
- SANN, J. G., **O Papel da Cartografia Temática nas Pesquisas Ambientais**. Revista do Departamento de Geografia. 16, 61-69, 2005.
- SANTOS, E. J., **Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba**. Org. Edilton José dos Santos, Cícero Alves Ferreira, José Maria Ferreira Júnior – Recife: CPRM, 142p., 2002.
- SANTOS, W. S.; GUIMARÃES, R. J. P. S.; GONÇALVES, R.; GONÇALVES, N. V.; SOARES, D. C.; GARCEZ, L. M.; **Uso do SIG para o estudo da leishmaniose em Santarém, Pará, Brasil**. in Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE, 13 a 18 de abril de 2013.
- SANTOS, E. M. **Diagnóstico da Geodiversidade e Potencial Geoturístico do Município de Bonito, Agreste de Pernambuco**. Recife, 113p., 2012.
- SANTOS, A. **Geodésia Elementar: princípios de posicionamento global – GPS**. Recife, PE: Editora da UFPE, 2001.
- SERRANO, E. & RUIZ- FLAÑO, P., **Geodiversity. A theoretical and applied concept**. Geographica Helvetica - Swiss Journal of Geography . Heft-3, 140-147p. 2007.

- SHARPLES, C. **Concepts and principles of geoconservation**. Published electronically on the Tasmanian Parks & Wildlife Service website. 2002, Disponível em: [http://w.dpipwe.tas.gov.au/inter.nsf/Attachments/SJON-57W3YM/\\$FILE/geoconservation.pdf](http://w.dpipwe.tas.gov.au/inter.nsf/Attachments/SJON-57W3YM/$FILE/geoconservation.pdf), acessado em 08/Jan/2013.
- SLOCUM, I. **Thematic Cartography and Visualization**. New Jersey: Prentice-Hall, 293p., 1999.
- SOUZA, B. I., SUERTEGRAY, D. M. A., LIMA, E. R. V. **Evolução da Desertificação no Cariri Paraibano a partir da Análise das Modificações da Vegetação**. Revista de Geografia, Associação de Geografia Teórica. Vol. 36, N. 01, 179-193, 2011.
- STANLEY, M. **Geodiversity Strategy**. ProGEO News, n.1, 2000, Disponível em <<http://www.sgu.se/hotell/progeo/news/2001/pgn101.pdf>> Acessado em 05/11/2012.
- SUDEMA. **Zoneamento Ecológico-econômico da Microrregião do cariri ocidental – Paraíba Vulnerabilidade ambiental**. 2005.
- SUDENE – **Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba**. Boletim Técnico, 15, Série Pedologia 8, Recife – 1982.
- SUDENE – **Carta Topográfica. Escala 1:100.000**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/cad.html>
- TOMLIN, C.D. **Geographic information systems and cartographic modeling**. Prentice-Hall, 1990.
- UCEDA, A. C. **El Patrimonio Geológico: ideas para su protección, conservación y utilización**. In: Min. Obr. Púb. Transp. Med. Amb. (MOPTMA). El Patrimonio Geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización. Madrid. 1996.
- UCEDA, A.C.; **Patrimonio geológico; diagnóstico, clasificación y valoración**. In: Jornadas sobre Patrimonio Geológico y Desarrollo Sostenible, J.P. Suárez-Valgrande (Coord.), Soria, 22–24 Septiembre 1999, Serie Monografías, Ministério de Medio Ambiente, España, pp. 23–37. 2000.
- UNESCO -1972- **Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural**. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Paris/França. Disponível em: http://w.unb.br/ig/sigep/Convencao_1972.htm, acessado em 21/06/13.
- VALERIANO, M. M., ABDON, M. M., **Aplicação de Dados SRTM a Estudos do Pantanal**. Revista Brasileira de Cartografia N. 59/01, Abril, 2007.
- WIMBLEDON, W. A. P.; ANDRESEN S.; CLEAL C. J.; COWIE J. W.; ERIKSTAD, L.; GONGGRIJP G. P.; JOHANSSON C. E.; KARIS L. O. & SUOMINEN V.,

Geological World Heritage: GEOSITES – a global comparative site inventory to enable prioritisation for conservation. In.: Mem. Descr. Carta Geol. D´It. LIV (1999), p 45-60. 1999.

- YUAÇA, F.; BITTENCOURT, J.; MEREGE, P.; SCHMIDLIN, D. **Introdução ao Geoprocessamento.** In GIS BRASIL 97 – Curitiba – Paraná, 1997.

CONSULTADAS

- ABREU, João Francisco de; BARROSO, Leônidas Conceição (orgs.). **Geografia, Modelos de Análise Espacial e GIS.** Belo Horizonte: PUC Minas, 2003
- ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística.** São Leopoldo: Unisinos, 165p., 2005.
- ARONOFF, Stan. **Geographic Information Systems: a Management Perspective.** Ottawa: WDL Publications, 1995.
- BARRETO, J. M. C. **Potencial Geoturístico da Região de Rio de Contas- Bahia-Brasil.** Dissertação de Mestrado- Universidade Federal da Bahia. Salvador/Bahia-Brasil, 139p., 2007.
- CHAVES, J. M.; FRANCA-ROCHA, W. J. S. **Geotecnologias: Trilhando Novos Caminhos nas Geociências.** Salvador: SBG, 2006.
- CHOAY, F. **A Alegoria do Patrimônio.** UNESP, São Paulo, 282p., 2001.
- CRACKNELL, A.P.; HAYES, L.W.B. **Introduction to Remote Sensing.** London, Taylor & Francis, 293p., 1991.
- DIXON, G., SHARPLES, C., HOUSHOLD, I., PEMBERTON, M., & EBERHARD, R. **Conservation Management Guidelines for Geodiversity.** Unpublished Report to the Tasmanian Regional Forest Agreement Environment and Heritage Technical Committee, April, 70p., 1997.
- DRUCK S, CÂMARA G, CARVALHO M.S., MONTEIRO A.M.V. (organizadores). **Análise Espacial de Dados Geográficos.** Brasília: EMBRAPA Cerrados; 2004.
- DRURY, S. A. **Image interpretation in Geology.** 2ed. London: Chapman & Hall. 2001.
- FLORENZANO, T. C. **Geomorfologia conceitos e tecnologias atuais.** São Paulo: Oficina de Textos, 97p., 2008.

- FONSECA, Frederico; DAVIS, Clodoveu A.; CÂMARA, Gilberto. **Spatial data infrastructures for the Amazon: a first step towards a global forest information system**. Earth Science Informatics (Print) **JCR**, v. 2, p. 189-192, 2009.
- FOTHERINGHAM, A. S. ROGERSON, P. A. **Spatial Analysis and GIS**. London: Taylor and Francis. Eds., 280p., 1993.
- GUEDES, L. S. **Monitoramento Geoambiental do Estuário do Rio Paraíba do Norte – PB Por Meio da Cartografia Temática Digital e de Produtos de Sensoriamento remoto** (Mestrado em Geodinâmica) – Programa de pós-graduação em geodinâmica e geofísica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. (Orientador: Prof. Venerando Eustáquio Amaro). 80p., Natal, 2002.
- LANG, S. e BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. Editora: Oficina de Textos, 424p., 200.
- LANDIM, P. M. B., **Análise Estatística de Dados Geológicos**. São Paulo: UNESP, 226p, 2009.
- LAPARELLI, R. A. C. **Geoprocessamento e Agricultura de Precisão: fundamentos e aplicações**. Guaíba: Agropecuária, 118p., 2001.
- LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Uniderp, 881p., 2007.
- LOCH, C. **A Interpretação de Imagens Aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais**. 4ed. – Florianópolis: UFSC, 118p., 2001.
- LÓPEZ, J. R. **Los desafíos del estudio de la geodiversidad**. Revista Geográfica Venezolana, 46(1): 143-152. Disponível em: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/24639/2/nota2.pdf>. 2005; Consultado em: 08/06/2013
- LONGLEY, GOODCHILD, MAGUIRE, RHIND: **Geographic Information Systems and Science**, London: Wiley, 3ed, 540p., 2013.
- MATHER, P.M. **Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction**. JohnWiley & Sons, Chinchester, 352p., 2000.
- MATOS, J.L., **Fundamentos de Informação Geográfica**, LIDEL, 320p., 2001.
- MEIRELES M.S, CÂMARA G. *et. al* in: **Geomática: Modelos e Aplicações Ambientais**, Brasília, Brasil, EMBRAPA Informação Tecnológica, 2007.
- MENDES, C. A. B., CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: Princípios, Integração e Aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 536p., 2001.

- **MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Diretrizes para visitação em Unidades de Conservação. Secretaria de Biodiversidade e Florestas.** Departamento de Áreas Protegidas. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 72p, 2006.
- _____; IBAMA. **Plano de Ação para ecoturismo e uso público em Unidades de Conservação.** Brasília, 2001, 83p.
- **NAVARRO, Z. Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro.** Instituto de Estudos Avançados- USP. São Paulo/SP-Brasil. vol.15, n.43, p. 83-100. 2001. Disponível em: <http://w.scielo.br/pdf/ea/v15n43/v15n43a09.pdf>, acessado em 30/06/13.
- **ROBINSON, A.H., et al. Elements of Cartography.** 5. cd. New York: John Wiley & Sons, 1995.
- **ROCHA, J. G. Modelagem de Conhecimento e Métricas de Paisagens para Identificar e Analisar Padrões Espaciais em Ambiente da Caatinga.** Dissertação de Mestrado. 146p., Recife: 2012.
- **ROGERSON, P. A. Statistical Methods for Geography.** 368p., London: Sage.; 2010.
- **ROJAS, J. Los desafíos del estudio de la geodiversidad.** Revista Geográfica Venezolana, 46 (1): 143-152. Disponível em: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/24639/2/nota2.pdf>. 2005. Consultado em 06/06/2013.
- **RYLANDS, A. B. & BRANDON, K. Unidades de conservação brasileiras – Megadiversidade,** Vol.-1, no-1, Julho- 2005. p.-27-35. 2005. Disponível em: http://ww.brazadv.com.br/images/conservation_units.pdf, acessado em 19/Out/2009.
- **SANTOS, R. A. Espeleoturismo na caverna Lapa Doce: potencialidades para um turismo sustentável no município de Iraquara - Bahia.** In: Pesquisas e turismo em paisagens cársticas 1(2), Campinas SeTur/SBE. 2008. Disponível em: http://w.sbe.com.br/ptpc/ptpc_v1_n2_131-144.pdf. Acessado em 12/06/2013.
- **SANTOS, S. M. e BARCELLOS, C. (Organizadores), Volume 1: Abordagens espaciais na Saúde Pública .** Ministério da Saúde. Série Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde. Textos de Referência. 2007.
- **SIGEP. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil.** Winge, Manfredo (Ed.) [et al]. v. 2. Brasília: CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 515p, 2009.
- **SILVA, J. X. Geoprocessamento para Análise Ambiental.** Rio de Janeiro: J. Xavier da Silva, 228p., 2001.

- SILVA, L. P. **Análise espacial de riscos ambientais na bacia do Rio Cuia através de técnicas de geoprocessamento.** Monografia de Graduação – DGEOC/CCEN/UFPB, 57p, João Pessoa, 2002.
- SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos.** Campinas, SP: UNICAMP, 236p, 2005.
- SLOCUM, I.; EGBERT, S. L. **Knowledge Acquisition from Choropleth Maps. Cartography and Geographic Information Science.** y. 20, n.2, 1993.
- SNUC - BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o Art. 225, § 1º. Incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Brasília 19 de julho de 2000.
- STANLEY M. **Geodiversity - linking people, landscapes and their culture.** In: Natural and Cultural Landscapes - The Geological Foundation, M.A. Parkes (Ed.), Royal Irish Academy, Dublin, Ireland, 2004.
- TAYRA, F. **A Relação entre o Mundo do Trabalho e o Meio Ambiente: Limites para o Desenvolvimento Sustentável.** Scripta Nova- Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona- Barcelona/ España. Vol. VI, núm. 119 (72). 2002. Disponível em: <http://w.ub.es/geocrit/sn/sn119-72.htm>, acessado em 30/12/2013.
- TYNER, J. **Introduction to Thematic Cartography.** New Jersey: Prentice-Hall, 300p., 1992.
- VIEIRA S. **Como Escrever Uma Tese.** 6ed., 138p. São Paulo: Atlas, 2008.
- UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. 1972. **Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural.** Disponível em: www.universia.com.br/especiais/patrimonios_historicos/convencao_.htm. Acesso em: 30 mar. 2012.
- _____. **Application Guidelines for Membership of the Global Geoparks Network.** 2008, Disponível em: <http://www.unesco.org/>

SITES

<http://mortenahistoria.blogspot.com.br>

<http://mortenahistoria.blogspot.com.br/2012/02/morte-de-louis-agassiz.html>

<https://www.scottishclimbs.com>

https://www.scottishclimbs.com/wiki/Agassiz_Rock

<http://globalgoodgroup.com>

<http://globalgoodgroup.com/blog/2011/12/12/5-top-australian-holiday-destinations/>

<http://thoth3126.com.br>

<http://thoth3126.com.br/super-vulcao-em-yellowstone-pode-destruir-os-eua/>

<http://www.europeangeparks.org/>

<http://etrilhas.com>

<http://etrilhas.com/roteiros/parques-nacionais-e-estaduais/parque-nacional-do-itatiaia/>

<http://www.europeangeparks.org/>

<http://www.geotourism.it>

<http://www.geotourism.it/books.php>

ANEXOS

ANEXO – A

FICHA PARA QUANTIFICAÇÃO DOS SÍTIOS GEOLÓGICOS

A – CRITÉRIOS INTRINSECOS AO GEOSÍTIO:

A1. Abundância / Raridade

- 5 – Só existe um exemplo na área em estudo
- 4 – Existem 2-4 exemplos
- 3 – Existem 5-10 exemplos
- 2 – Existem 11- 20 exemplos
- 1 – Existem mais de 20 exemplos

A2. Extensão (M²)

- 5 – Superior a 1.000.000
- 4 – 100.000 – 1.000.000
- 3 – 10.000 – 100.000
- 2 – 1.000 – 10.000
- 1 – Menor que 1.000

A3. Grau de Conhecimento Científico

- 5 – Mais de uma tese de doutorado ou dissertação de mestrado e mais de um artigo publicado em revista internacional
- 4 – Pelo menos uma tese de doutorado ou dissertação de mestrado ou mais de um artigo publicado em revista internacional ou mais de cinco artigos publicados em revistas nacionais
- 3 – Pelo menos um artigo publicado em revista internacional ou quatro artigos publicados em revistas nacionais
- 2 – Algumas notas breves publicadas em revistas nacionais ou um artigo publicado em revistas regionais/locais
- 1 – Não existem trabalhos publicados

A4. Utilidade como Modelo para Ilustração de Processos Geológicos

- 5 – Muito útil
- 3 – Moderadamente útil
- 1 – Pouco útil

A5. Diversidade de Elementos de Interesse

- 5 – Cinco ou mais tipos de interesse
- 4 – Quatro tipos de interesse
- 3 - Três tipos de interesse
- 2 – Dois tipos de interesse
- 1 – Um tipo de interesse

A6. Local-Tipo

- 5 – É reconhecido como local-tipo na área de estudo
- 3 – É reconhecido como local-tipo secundário
- 1 – Não é reconhecido como local-tipo

A7. Associação com Elementos de Índole Cultural

- 5 – Existem no local ou nas suas imediações evidências de interesse arqueológico e de outros tipos
- 4 – Existem evidências arqueológicas e de algum outro tipo
- 3 – Existem vestígios arqueológicos
- 2 – Existem elementos de interesse não-arqueológico
- 1 – Não existem outros elementos de interesse

A8. Associação com Outros Elementos do Meio Natural

- 5 – Fauna e flora notáveis pela sua abundância, grau de desenvolvimento ou presença de espécies de especial interesse
- 3 – Presença de fauna e flora de interesse moderado
- 1 – Ausência de outros elementos naturais de interesse

A9. Estado de Conservação

- 5 – Perfeitamente conservado, sem evidências de deterioração
- 4 – Alguma deterioração
- 3 – Existem escavações, acumulações ou construções mas que não impedem a observação de suas características essenciais
- 2 – Existem numerosas escavações, acumulações ou construções que deterioram as características de interesse do geossítio
- 1 – Fortemente deteriorado

B – CRITÉRIOS RELACIONADOS COM O USO POTENCIAL DO GEOSSÍTIO:

B1. Possibilidade de Realizar Atividades Científicas, Pedagógicas, Turísticas e Recreativas

- 5 – É possível realizar atividades científicas e pedagógicas
- 3 – É possível realizar atividades científicas ou pedagógicas
- 1 – É possível realizar outros tipos de atividades

B2. Condições de Observação

- 5 – Ótimas
- 3 – Razoáveis
- 1 – Deficientes

B3. Possibilidade de Coleta de Objetos Geológicos

- () 5 – É possível a coleta de minerais, rochas e fósseis sem danificar o geossítio
- () 4 – É possível a coleta de minerais ou de rochas ou de fósseis sem danificar o geossítio
- () 3 – É possível a coleta de algum tipo de objeto, embora com restrições
- () 2 – É possível a coleta de algum tipo de objeto embora danifique o geossítio
- () 1 – Não se podem recolher amostras

B4. Acessibilidade

- () 5 – Acesso direto a partir de estradas nacionais
- () 4 – Acesso direto a partir de estradas estaduais/municipais
- () 3 – Acesso a partir de caminhos não asfaltados, mas facilmente transitáveis por automóveis
- () 2 – o geossítio localiza-se a menos de 1km de algum caminho utilizável por automóveis
- () 1 – o geossítio localiza-se a mais de 1km de algum caminho utilizável por automóveis

B5. Proximidade a Povoados

- () 5 – Existe uma localidade com mais de 10.000 habitantes e com oferta hoteleira variada a menos de 5km
- () 4 – Existe uma localidade com menos de 10.000 habitantes e com oferta hoteleira variada a menos de 5km
- () 3 – Existe uma localidade com oferta hoteleira entre 5 e 20 km
- () 2 – Existe uma localidade com oferta hoteleira entre 20 e 40 km
- () 1 – Só existe uma localidade com oferta hoteleira a mais de 40km

B6. Número de Habitantes

- () 5 – Existem mais de 100.000 habitantes em um raio de 25km
- () 4 – Existem entre 50.000 e 100.000 habitantes em um raio de 25km
- () 3 – Existem entre 25.000 e 50.000 habitantes em um raio de 25km
- () 2 – Existem entre 10.000 e 25.000 habitantes em um raio de 25km
- () 1 – Existem menos de 10.000 habitantes em um raio de 25km

B7. Condições Socioeconômicas

- () 5 – Os níveis de rendimento per capita e de educação da área são superiores à media nacional e a taxa de desemprego é menor
- () 3 – Os níveis de rendimento per capita, de educação e de desemprego da área são equivalentes a media nacional
- () 1 – Os níveis de rendimento per capita, de educação e de desemprego da área são piores em relação a media nacional

C – CRITÉRIOS RELACIONADOS COM A NECESSIDADE DE PROTEÇÃO DO GEOSÍTIO:

C1. Ameaças Atuais ou Potenciais

- () 5 – Zona rural, não sujeita a desenvolvimento urbano ou industrial nem a construção de infraestrutura e sem perspectiva de estar submetida a ameaça.
- () 3 – Zona de caráter intermediário sem previsão de desenvolvimentos concretos, mas que apresenta razoáveis possibilidades num futuro próximo
- () 1 – Zona incluída em áreas de forte expansão urbana ou industrial ou em locais onde esta prevista a construção de infra-estrutura.

C2. Situação Atual

- () 5 – Geossítio sem qualquer tipo de proteção legal
- () 3 – Geossítio incluído em uma área com proteção legal (federal, estadual, municipal)
- () 1 – Geossítio incluído em uma área protegida integrada no Sistema Nacional de Unidades de Conservação

C3. Interesse Pela Exploração Mineira

- () 5 – O geossítio encontra-se em uma zona sem nenhum tipo de interesse mineiro
- () 4 – O geossítio encontra-se em uma zona com índices mineiros de interesse
- () 3 – O geossítio encontra-se em uma zona com reservas importantes de materiais de baixo valor unitário, embora não esteja prevista sua exploração imediata
- () 2 – O geossítio encontra-se em uma zona com reservas importantes de material de baixo valor unitário e em que é permitida a sua exploração
- () 1 – O geossítio encontra-se em uma zona com grande interesse mineiro para recursos com elevado valor unitário e com concessões ativas

C4. Valor dos Terrenos em (Reais/M²)

- () 5 – Menor que 5
- () 4 – 6 a 7
- () 3 – 11 a 30
- () 2 – 31 a 60
- () 1 – Superior a 60

C5. Regime de Propriedade

- () 5 – Terreno predominantemente pertencente ao Estado
- () 4 – Terreno predominantemente de propriedade municipal
- () 3 – Terreno parcialmente público e privado
- () 2 – Terreno privado pertencente a um só proprietário
- () 1 – Terreno privado pertencente a vários proprietários

C6. Fragilidade

() 5 – Aspectos geomorfológicos que pelas suas grandes dimensões, relevo, etc, são dificilmente afetados, de modo importante, pelas atividades antrópicas

() 4 – Grandes estruturas geológicas ou sucessões estratigráficas de dimensões quilométricas que, embora possam degradar-se por grandes intervenções antrópicas, a sua destruição é pouco provável

() 3 – Dimensão hectométrica que pode ser destruída em grande parte por intervenções não muito intensas

() 2 – Aspectos estruturais com formações rochosas de dimensões decamétricas que podem ser facilmente destruídas por intervenções antrópicas pouco expressivas

() 1 – Dimensão métrica, que pode ser destruída por pequenas intervenções ou jazidas minerais ou paleontológicas de fácil depreciação

CLASSIFICAÇÃO DOS SITIOS GEOLÓGICOS

Os critérios aqui apresentados devem ser aplicados em âmbitos internacional, nacional, regional ou local;

Os geossítios de âmbito internacional ou nacional devem possuir, além disso, os seguintes valores:

$$A1 \geq 3$$

$$A3 \geq 4$$

$$A6 \geq 3$$

$$A9 \geq 3$$

$$B1 \geq 3$$

$$B2 \geq 4$$

Geossítios de âmbito internacional ou nacional

$$Q = 2 A + B + 1.5 C / 3$$

Geossítios de âmbito regional ou local

$$Q = A + B + C / 3$$

Onde:

Q = Quantificação final da relevância do geossítio (arredondar as casas decimais).

A, B, C = Soma dos resultados obtidos para cada conjunto de critérios.

Quanto maior for o valor de **Q**, mais relevante deve ser considerado o geossítio e, por conseguinte, mais urgente é a necessidade de serem aplicadas estratégias de geoconservação.