



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS – ICH  
FACULDADE DE GEOGRAFIA

JILCIENE ALVES DE FREITAS

**MAPEAMENTO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DO PARQUE NACIONAL DOS  
CAMPOS FERRUGINOSOS, CARAJÁS-PA**

**MARABÁ – 2019**

JILCIENE ALVES DE FREITAS

**MAPEAMENTO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DO PARQUE NACIONAL DOS  
CAMPOS FERRUGINOSOS, CARAJÁS-PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Geografia, da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, sendo requisito parcial para obtenção de graduação de Bacharelado em Geografia.

Orientador: Prof. Ms. Abraão Levi dos Santos Mascarenhas

MARABÁ – PARÁ

2019

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Biblioteca Setorial Josineide da Silva Tavares**

---

Freitas, Jilciene Alves de

Mapeamento de fragilidade ambiental do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA / Jilciene Alves de Freitas ; orientador, Abraão Levi dos Santos Mascarenhas. — Marabá : [s. n.], 2019.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Campus Universitário de Marabá, Instituto de Ciências Humanas, Faculdade de Geografia, Curso de Bacharelado em Geografia, Marabá, 2019.

1. Parques nacionais – Preservação - Carajás, Serra dos (PA). 2. Geomorfologia – Pesquisa. 3. Vegetação. 4. Proteção ambiental. 5. Reservas florestais. 6. Recursos naturais – Conservação. I. Mascarenhas, Abraão Levi dos Santos, orient. II. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. III. Título.

---

CDD: 22. ed.: 333.72098115

Elaborada por Miriam Alves de Oliveira – CRB-2/583

JILCIENE ALVES DE FREITAS

**MAPEAMENTO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DO PARQUE NACIONAL DOS  
CAMPOS FERRUGINOSOS, CARAJÁS-PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Geografia, da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, sendo requisito parcial para obtenção de graduação de Bacharelado em Geografia.

Conceito: \_\_\_\_\_

Data de aprovação: Marabá-PA \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Ms. Abraão Levi dos Santos Mascarenhas  
Universidade Federal Do Sul e Sudeste do Pará

---

Profa. Dra. Maria Rita Vidal  
Universidade Federal Do Sul e Sudeste do Pará

---

Profa. Esp. Ana Lenira Nunes Cysne de Souza  
Universidade Federal Do Sul e Sudeste do Pará

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar, por me possibilitar concluir essa etapa da minha vida em meio a tantas dificuldades financeiras e familiar, agradeço por sempre renovar as minhas forças, pelos aprendizados a cada obstáculo superado, por seu amor e proteção.

Aos meus pais Benevaldo e Antonia que sempre acreditaram e me incentivaram, agradeço em especial a minha mãe pelo companheirismo e por todas as marmitas que fez com muito amor e carinho, rrsrsrs... aos meus irmãos pelo apoio, à minha amada sobrinha Clara Sofia, por toda a alegria que trouxe para nossas vidas, e a minha querida tia Gabi, que dentro de suas possibilidades sempre me ajudou e apoiou.

A todos os meus colegas de graduação, que de alguma maneira contribuíram com a minha formação profissional, agradeço pelos momentos que juntos compartilhamos, mas especialmente agradeço aquelas a quem posso chamar de grandes amigas e parceiras de trabalhos e projetos, à Andreana que mais do que uma amiga, me acolheu em sua casa como uma mãezona de braços abertos, à Alana por sua amizade, carinho e com um sorriso contagiante que sempre me incentivaram, ao meu amigo e parceiro de trabalho Thiago pela amizade e apoio.

À minha querida professora Maria Rita Vidal e ao meu orientador Abraão Mascarenhas por me receberam no laboratório de geografia física como integrante do projeto dos Parques Ferruginosos, de onde se originou o tema desse trabalho, e por todo o conhecimento e aprendizado adquiridos com vocês.

Obrigada à direção e coordenação da Faculdade de Geografia, e a todos os docentes que contribuíram com eficiência para o meu processo de formação profissional, pela amizade, incentivo e compreensão durante esses anos.

Muito obrigada!

## RESUMO

Esta pesquisa é voltada para vertente de Geografia Física, e traz uma análise ambiental integrada da paisagem. O objetivo geral versa sobre compreender a morfodinâmica da paisagem do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos através do mapeamento da fragilidade ambiental, realizada por meio do cruzamento dos dados geoambientais (solo, vegetação e relevo). Esta pesquisa é fundamentada em bases conceituais de autores renomados e de importantes contribuições como Sotchava (1977); Bertrand (1971); Ab'Saber (1969); Vidal (2014); Cristofolletti (1999); Tricart (1965), e Ross (1992, 1994 e 2008), que é principal referência metodológica. A manipulação das geotecnologias permitiu o processamento de dados e elaboração das bases cartográficas, realizados em escala de 1:250.000, utilizando como o *software* o Qgis 2.18. A partir dos mapas temáticos de declividade, pedologia, NDVI e uso e ocupação do solo foram inseridos individualmente um arquivo de texto no Qgis através do algoritmo “r.reclass” cuja finalidade foi criar novos arquivos rasters, contendo uma nova classificação numérica contendo os valores ou pesos indicando hierarquicamente o grau de fragilidade ambiental de cada uma das classes dos mapas temáticos, que foram: muito alto (5), alto (4), médio (3), baixo (2) e muito baixo (1). Depois de criado os novos rasters contendo as informações citadas foi realizado o cruzamento das informações através da calculadora raster do Qgis, com a seguinte equação: NDVI + solos + declividade + Classificação da cobertura vegetal = mapa de fragilidade, que foi reclassificado em 3 classes de fragilidade, estável, em transição e instável. Os resultados mostraram que o PARNA dos Campos Ferruginosos possui áreas com potencial erosivos e áreas de fragilidade instável, no qual a geomorfologia teve papel bem significativo, que facilitou a interpretação do funcionamento dinâmico do geossistema ferruginosos. O desequilíbrio das áreas de fragilidade instável, é decorrente de dois processos distintos, o primeiro está relacionado ao balanço dinâmico dos componentes naturais (relevo, solo e cobertura vegetal), no qual se correlacionam de forma desproporcional, sendo áreas de alta declividade, com uma vegetação de pequeno porte, o que pode favorecer aos processos erosivos dos solos, e tornam tais áreas instáveis. Vale ressaltar que na perspectiva de compartimentação morfopedológica, a unidade de Encosta íngreme de erosão é a que possui maior potencial erosivo. O segundo está relacionado com ação antrópica, que consistiu na supressão da vegetação nativa para realização de atividades agropecuárias, configurando, portanto, áreas de instabilidade.

**Palavras Chaves:** Paisagem, Fragilidade Ambiental, Unidade de Conservação

## ABSTRACT

This research is focused on Physical Geography, and brings an integrated environmental analysis of the landscape. The general objective is to understand the morphodynamics of the Campos Ferruginosos National Park landscape through the mapping of environmental fragility, through the crossing of geoenvironmental data (soil, vegetation and relief). This research is based on conceptual bases of renowned authors and important contributions such as Sotchava (1977); Bertrand (1971); Ab'Saber (1969); Vidal (2014); Cristofolletti (1999); Tricart (1965), and Ross (1992, 1994 and 2008), which is the main methodological reference. The manipulation of geotechnologies allowed the data processing and elaboration of the cartographic bases, carried out on a scale of 1: 250,000, using the software Qgis 2.18. From the thematic maps of slope, pedology, NDVI and land use and occupation were individually inserted a text file in Qgis through the algorithm "r.reclass" whose purpose was to create new scratch files containing a new numerical classification containing the values or weights indicating hierarchically the degree of environmental fragility of each of the thematic map classes, which were: very high (5), high (4), medium (3), low (2) and very low (1). After creating the new rasters containing the cited information, the information was crossed using the Qgis raster calculator, with the following equation:  $NDVI + \text{soils} + \text{slope} + \text{use and occupation} = \text{fragility map}$ , which was reclassified into 3 frailty classes, stable, moderate and unstable. The results showed that the Ferruginous Fields PARNA has areas with erosive potential and areas of unstable fragility, in which geomorphology played a very significant role, which facilitated the interpretation of the dynamic operation of the ferruginous geosystem. The imbalance of areas of unstable fragility is due to two distinct processes, the first is related to the dynamic balance of natural components (relief, soil and vegetation cover), which correlate disproportionately, being areas of high declivity, with a small vegetation, which can favor the erosive processes of the soils, and make such areas unstable. It is noteworthy that from the perspective of morphopedological compartmentalization, the steep slope unit of erosion has the highest erosive potential. The second is related to anthropic action, which consisted in the suppression of native vegetation to perform agricultural activities, thus constituting areas of instability.

**Key words:** Landscape, Environmental Fragility, Conservation Unit

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Unidades Ecodinâmicas .....	21
Figura 2 - Mapa de Localização do PARNA dos Campos Ferruginosos .....	25
Figura 3 - Fluxograma da Metodologia .....	28
Figura 4 - Histograma do Regime Pluviométrico da Serra dos Carajás-Pa .....	31
Figura 5 - Mapa de Drenagem do PARNA dos Campos Ferruginosos.....	32
Figura 6 - Mapa de Formação Geológica do PARNA dos Campos Ferruginosos.....	34
Figura 7 - Bloco Diagrama da Depressão e do Planalto do Sul do Pará .....	36
Figura 8 - Mapa Hipsométrico do PARNA dos Campos Ferruginosos .....	37
Figura 9 - Mapa de Declividade do PARNA dos Campos Ferruginosos .....	38
Figura 10 - Mapa Geomorfológico do PARNA dos Campos Ferruginosos.....	39
Figura 11 - Mapa Pedológico do PARNA dos Campos Ferruginosos .....	41
Figura 12 - Mapa de Classificação Supervisionada da Cobertura Vegetal do PARNA dos Campos Ferruginosos.....	43
Figura 13 - Mapa de NDVI Do PARNA dos Campos Ferruginosos .....	44
Figura 14 - Perfil Morfopedológico do PARNA dos Campos Ferruginosos .....	45
Figura 15 - Mapa de Fragilidade do PARNA dos Campos Ferruginosos .....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de Solo adaptada de Ross (1994) .....	29
Tabela 2 - Classificação de Declividade Adaptada de Ross (1994).....	29
Tabela 3 - Classificação de Índice de Vegetação .....	29
Tabela 4 - Classificação de Uso e cobertura da terra adaptada de Ross (1994).....	29

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Categorias de Unidades de Conservação no Brasil.....	15
Quadro 2 - Unidades de Conservação consolidadas por esferas .....	16



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
ARIE	Área de Relevante Interesse Ecológico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESEC	Estação Ecológica
FLONA	Floresta Nacional
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MONAT	Monumento Natural
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
PARNA	Parque Nacional
PGC	Projeto Grande Carajás
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
RDS	Reserva de Desenvolvimento Sustentável
REBIO	Reserva Biológica
RESEX	Reserva Extrativista
RFAU	Reserva de Fauna
RVS	Refúgio de Vida Silvestre
SEMA	Secretaria de Meio Ambiente
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNUC	Sistema Nacional de Unidade de Conservação
UC	Unidade de Conservação
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO.....</b>	<b>15</b>
2.1. Unidade de Conservação no Brasil.....	15
2.2. Abordagem Sistêmica em áreas de Canga.....	17
2.3. Estudos geomorfológicos e mapeamento de fragilidade ambiental para conservação da paisagem .....	20
<b>3. PROCEDIMENTOS TECNICOS OPERACIONAIS .....</b>	<b>24</b>
3.1. Contextualização geográfica do PARNA dos Campos Ferruginosos-PA.....	24
3.2. Procedimentos Operacionais .....	26
<b>4. CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DO PARNA DOS CAMPOS FERRUGINOSOS .....</b>	<b>29</b>
4.1. Condicionantes Climático e Hidrológicos .....	30
4.2. Aspectos Geológicos e Geomorfológicos.....	33
4.3. Características Pedológicas e vegetacionais.....	40
4.4. Compartimentação Morfopedologica .....	44
<b>5. MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DO PARNA DOS CAMPOS FERRUGINOSOS .....</b>	<b>46</b>
5.1. Áreas de Fragilidade do PARNA .....	46
5.2. Áreas de Fragilidade Estáveis.....	46
5.3. Áreas de Fragilidade em transição .....	47
5.4. Áreas de Fragilidade Instáveis.....	49
5.5. Fragilidade ambiental do PARNA e planejamento ambiental .....	50
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>51</b>
<b>7. REFERENCIAS .....</b>	<b>52</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A criação de Unidades de Conservação (UC) no Brasil é um importante instrumento para a conservação dos recursos naturais, preservação da paisagem, bem como da diversidade biológica. Estas porções do território brasileiro são delimitadas pelo poder público a partir de critérios específicos, um deles é o fato de tais ambientes possuírem características peculiares dentro da sua regionalidade, dentre outros critérios que são estabelecidos pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), através do instrumento legal Lei nº. 9.985/00 de 18 de julho de 2000.

No Brasil já totalizam 334 UC federais de uso integral e de usos sustentável que se distribuem por seu território (ICMBIO 2017), sendo o Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (PARNA) uma das mais recentes criadas UC federal de uso integral, localizada no sudeste do Pará. Uma das particularidades do PARNA dos Campos Ferruginosos é a abundante existência de afloramentos rochosos com couraças ferruginosas, que se encontram sobretudo situada no platô com altitude superior a 700 metros, tendo propriedades ferríferas como a hematita, magnetita e goethita (Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, 2014), e ocorrência de estruturas bem preservadas de dobras, falhas e fraturas, conferindo uma paisagem endêmica para a região em que está inserida.

O fato do PARNA dos Campos Ferruginosos ser um ambiente endêmico, demandam uma preocupação maior quanto a mecanismos de sua preservação, ainda mais por que possui grande potencial para o desenvolvimento do turismo ecológico, sendo, portanto, de suma importância conhecer este espaço, uma vez que tal conhecimento será útil para manutenção do equilíbrio entre o contato (interação) dos sujeitos nesse ambiente.

Atenta-se que qualquer interação ou comportamento inadequado pode causar desequilíbrios ou perdas, para o ambiente, modificando o seu estado natural e consequentemente trazendo efeitos danoso ao qual se pode chamar de fragilidade, bem como pode acarretar em danos para os sujeitos, tratando-se de desastre natural, no qual dependendo da intensidade venha representar risco a vida dos sujeitos.

Portanto a problemática deste trabalho consiste em responder as seguintes questões: Como a geomorfologia contribui para a compreensão da paisagem na avaliação de fragilidade ambiental do PARNA dos Campos Ferruginosos? O PARNA dos Campos Ferruginosos possui

potencial erosivo ou índices de fragilidade ambiental? Se for confirmado, quais processos explicam este fenômeno? Face a problemática, o objetivo geral deste trabalho versa sobre:

Compreender a morfodinâmica da paisagem do PARNA dos Campos Ferruginosos através do mapeamento da fragilidade ambiental, realizada por meio do cruzamento dos dados geoambientais (solo, vegetação e relevo).

Objetivos Específicos:

- Apresentar uma caracterização do quadro natural do PARNA, destacando os aspectos de ordem geológica, geomorfológica, hidroclimática, pedológica e fitogeográfica, com a finalidade de auxiliar na compreensão da dinâmica morfológica da paisagem;
- Identificar e caracterizar os principais compartimentos de relevo com elaboração de perfil morfopedológico e esquema ilustrativo.
- Analisar as áreas de fragilidades ambientais do PARNA a luz da ecodinâmica.

Embora o PARNA dos Campos Ferruginosos tenha abundância de afloramentos rochosos com couraças ferruginosas, estas características não ocorre em toda extensão do PARNA e não apresentam a mesma intensidade, desta forma, é possível que, se o PARNA dos Campos Ferruginosos possuem áreas com potencial erosivo ou índices de fragilidade é provável que esta atuação ocorra em áreas com baixa concentração laterítica, pois os espaços com maiores concentrações lateríticas tendem a serem mais resistentes visto que as concentrações lateríticas formam carapaças que funciona como proteção contra a processos erosivos, embora estejam com mais frequência em áreas de relevo mais altos, nos platôs.

A justificativa para a realização deste trabalho vem da necessidade de aprofundar o conhecimento sobre uma das mais recentes unidades de conservação criada na região sudeste do Pará, região esta que dispõe de grandes recursos minerais e pressões constantes de disputas territoriais de diversos agentes sociais, além disso, visa contribuir com o projeto de pesquisa científica firmado entre Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará - Ideflor e a Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA), por meio do Grupo de Pesquisa CNPq: Geocologia das Paisagens e Sistemas Geoinformativos. O estudo de fragilidade ambiental do PARNA dos Campos Ferruginosos é uma alternativa viável que pode contribuir para o planejamento dos diversos interesses que prezem pela conservação ambiental deste recorte espacial.

Com propósito de abordar as respostas das questões já mencionadas, o presente trabalho está estruturado nos seguintes capítulos.

Capítulo 2- Expõe a literatura e a revisão bibliográfica que subsidiaram a pesquisa, tendo como método a abordagem sistêmica, e discutindo sobre a importância dos estudos geomorfológicos e mapeamento de fragilidade ambiental para a conservação da paisagem; unidade de conservação no Brasil, e aborda os conceitos de geosistemas.

Capítulo 3 – Apresenta os procedimentos técnicos operacionais; a contextualização geográfica do PARNA dos Campos Ferruginosos; procedimentos operacionais e a construção das bases cartográficas.

Capítulo 4 – Discorre sobre o quadro natural e a caracterização da paisagem do PARNA dos Campos Ferruginosos e os seus condicionantes geoambientais.

Capítulo 5 – Discute sobre os resultados do mapa de fragilidade e faz as contribuições ao planejamento e gestão ambiental.

Capítulo 6 – Aborda as considerações finais, retomando as ideias iniciais e apontando se de fato a hipótese da problemática procede ou não, tendo o desfecho da pesquisa.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO

### 2.1. Unidade de Conservação no Brasil

O Brasil é um dos países com maior dimensão territorial, e com maior predomínio de biomas ricos em diversidades biológicas como a fauna, flora além de uma grande disposição de recursos minerais, o que torna determinadas porções do território mais atrativos, desencadeando pressões como exploração mineral, ocupação para expansão agrícola e disputas fundiárias dentre outros interesses. Com intuito de proteger a diversidade biológica territorial, o poder público implantou um sistema legislativo de conservação ambiental, previsto inicialmente a partir dos artigos 23 e 225 da Constituição Federal, sendo posteriormente transformado em leis específicas mediante a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), que instituiu o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).

O Poder Público cria as UCs tendo critérios estabelecidos pelo SNUC, através da Lei nº. 9.985/00. As UC são porções do território restringidas em seu uso, visando a preservação do ambiente natural, elas podem ser de uso integral, quando não há intervenções e a presença indireta do homem, ou de uso sustentável, que concilia o uso de recursos e a presença humana nas áreas protegidas. O SNUC divide as UCs em 12 categorias distintas, veja, estão dispostas no Quadro 1 abaixo.

**Quadro 1** - Categorias de Unidades de Conservação no Brasil

<b>Categorias de Uso Sustentável</b>	<b>Categorias de Uso Integral</b>
1.Floresta Nacional (FLONA)	1.Estação Ecológica (ESEC)
2.Reserva Extrativista (RESEX)	2.Reserva Biológica (REBIO)
3.Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS)	3.Parque Nacional (PARNA)
4.Reserva de Fauna (RFAU)	4.Refúgio de Vida Silvestre (RVS)
5.Área de Proteção Ambiental (APA)	5.Monumento Natural (MONAT)
6.Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE)	
7.Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)	

Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2019.

As UC de uso sustentável como as Flonas tem intuito de proteger a floresta nativa, podendo haver extração de recursos florestais conforme o plano de manejo, sendo permitido a presença de populações tradicionais; as RESEX são áreas de extrativismo e de agricultura de subsistência de populações tradicionais, com objetivo de proteger os meios de vida e sua cultura; as RDS são áreas de população tradicionais, que se baseia na exploração sustentável de recursos naturais, mas que desempenham papel de proteção e manutenção da diversidade biológica; as RFAU são áreas de proteção a animais nativos terrestres ou aquáticas, e aberto ao público para visitas; APAs cujo objetivo é preservar a diversidade biológica frente a processos de ocupação; ARIE com objetivo de proteger raras biotas regionais.

As UC de proteção integral se diferenciam por algumas particularidades, e finalidades distintas. As ESECs e REBIOS tem como objetivos a preservação integral da biota, sem a interferência humana direta, sendo proibido as visitas públicas exceto com objetivo educacional; os PARNAs, tem finalidade de preservação de ecossistemas de grande relevância ecológica e beleza cênica, sendo possível o desenvolvimento de atividades educacionais, pesquisas científicas e turismo ecológico; os MONATs tem propósito de preservar sítios naturais raros ou de grande beleza cênica; os RVS tem objetivo de proteger ambientes naturais para assegurar condições a existência ou reprodução de espécies da fauna ou flora, sendo aberto para visitas públicas, seguindo critérios do órgão responsável.

Todas estas UC estão distribuídas pelo território brasileiro e são classificadas como sendo da esfera Federal, Estadual e Municipal, veja sua classificação e quantificação no quadro 2. Pode-se observar que o Brasil possui uma quantidade muito grande de UC, só da esfera federais de uso sustentável e integrais são 334.

**Quadro 2** - Unidades de Conservação consolidadas por esferas

	<b>Categorias</b>	<b>Qt. Federal</b>	<b>Qt. Estadual</b>	<b>Qt. Municipal</b>
Uso integral	ESEC	30	59	5
	MONAT	5	33	21
	PARNA	74	222	172
	RVS	9	52	13
	REBIO	31	27	8
Uso sustentável	FLONA	67	41	0
	RESEX	66	29	0
	RDS	2	32	5
	RFAU	0	0	0
	APA	37	198	127
	ARIE	13	30	15
Total de UCs de uso sustentável e integral		334	723	368

Fonte: CNUC/MMA - [www.mma.gov.br/cadastro\\_uc](http://www.mma.gov.br/cadastro_uc) (2019).

Todos esses dados apontam que o Brasil possui muitas diretrizes voltada para a criação de UCs e para a sua conservação ambiental, contudo vale ressaltar que a criação de tais unidades de conservação não garante que isso venha ocorrer na prática, é necessário uma série de estudos e procedimentos que envolvem o conhecimento dos processos físicos-naturais, as potencialidades dos recursos e as fragilidades dos ambientes naturais, no qual dispendo de tais informações o poder público por meio da gestão ambiental possa efetivar mecanismos ou estratégias adequadas para a manutenção do equilíbrio do ambiente natural.

Dentre algumas medidas do poder público que visam a conservação das UCs estão: a criação do Plano de Manejo; proibição de atividades que impeçam a regeneração natural dos

ecossistemas e delimitação de zonas de amortecimentos, para além destas vale ressaltar que as pesquisas científicas em parceria com órgãos ambientais também são de suma importância para o levantamento de dados físicos-naturais das UCs e diagnóstico geoambientais, como é o caso do PARNA dos Campos Ferruginosos, que criado em 2017, e ainda sem plano de manejo, vem sendo estudado pelo grupo de pesquisa científica CNPq/Unifesspa “ Geoecologia das Paisagens e Sistemas Geoinformativos - Coordenado pelos Professores: Maria Rita Vidal e Abraão Levi dos Santos Mascarenhas, a qual vem trazendo resultados inéditos, e novos olhares para a dinâmica das paisagens regionais.

## 2.2. Abordagem Sistêmica em áreas de Canga

O PARNA dos Campos Ferruginosos, constitui-se uma paisagem de grande singularidade, estando associado a afloramentos rochosos de hematita, exposto ou não, denominado de canga laterítica e também por apresentar uma vegetação herbácea-arbustivas, associadas a afloramentos de rochas ricas em ferro conhecido por vegetação de canga, savana metalófila ou campos rupestres, Carmo & Kamino (2015), o que lhe atribui um caráter endêmico ligados a fauna, flora, formações rochosas e até mesmo a existência de cavernas, que já se somam aproximadamente 350 cavernas catalogadas (ICMBio, 2017). Para a compreensão da paisagem do PARNA dos Campos Ferruginosos é necessário considerar que a paisagem é muito mais de uma mera visão do conjunto de elementos predisposto em um determinado sistema. De acordo com Bertrand (1972):

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. (BERTRAND, 1972, p. 141).

Desta forma podemos entender que cada componente do sistema é um elemento indispensável para seu funcionamento, e cada elemento da paisagem tem uma contribuição significativa para a sua dinâmica natural. Essas afirmações têm bases no campo da geoecologia das paisagens, que nos possibilitam entender como os condicionantes ambientais se correlacionam e dinamizam a paisagem. E a geoecologia das paisagens por sua vez está alicerçada na teoria geral dos sistemas.

A Teoria Geral dos Sistemas foi inicialmente proposta pelo Biólogo Ludwig von Bertalanffy em 1950, de acordo com Bertalanffy (1975), “os sistemas são um conjunto de



elementos em interação, no qual deve-se entender as correlações entre os elementos que compõem a totalidade”. Ainda nas concepções de Bertalanffy:

Os sistemas são considerados como abertos, isto é, passíveis de interações nos ambientes onde estão inseridos, ou seja, os sistemas se auto regulam, podendo ser modificados de forma negativa ou positiva, no qual se alteram não somente os condicionantes individualizados, mas a sua totalidade. Os sistemas também podem estar organizados por uma ordem de grandeza, no qual um sistema pode pertencer a outro sistema maior, se tornando um subsistema e assim por diante. BERTALANFFY (1975, p. 186-189)

A teoria geral dos sistemas influenciou vários seguimentos do conhecimento científico a partir da segunda metade do século XX, dentre eles a geografia, e ramos específicos como a geografia física, apesar de que concepções sistêmicas são observadas desde os primórdios da sistematização da própria geografia, como menciona Vidal (2014, p. 24):

A interdependência dos processos geográficos, sobretudo da relação dual sociedade-natureza, já era vista por naturalistas de renome como Alexandre Von Humboldt (1769-1859), Karl Ritter (1779-1859) e Vidal de La Blache (1845-1918), que admitiam que o ser humano e a natureza caminhavam juntos e de forma integrada.

O pensamento sistêmico ou abordagem sistêmica foi empregado nos estudos geográficos enquanto método e teve como finalidade interpretar a complexidade dos sistemas naturais, considerando que o todo é mais do que a simples soma das partes, é uma relação de interdependência como afirma Bertrand (1972), é necessário, portanto partir da ideia de estudos da paisagem integrada. De acordo Bertrand (1972), só é possível estudar a paisagem considerando a escala no processo de análise, por meio da delimitação e divisão em unidades homogêneas e hierarquizadas, no qual cada unidade possui características próprias.

Para Bertrand (1971), a paisagem é uma unidade sistêmica, definida como certa porção do espaço, resultante da interação dinâmica e instável de atributos físicos, biológicos e antrópicos, que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem dela um conjunto único e indissociável. Para melhor sintetização da paisagem Bertrand (1972), propõe duas classes de unidades tipológicas em função da escala, a saber, Unidades Superiores e Unidades Inferiores, que se dividem em seis níveis hierárquico considerando os elementos naturais e climáticos. As unidades superiores são formadas pelos níveis: zona, domínio e região, as unidades inferiores são formadas pelos níveis: geossistema, geofácies e géotopo.

Neste sentido o geossistema é uma classificação escalar, que se enquadra no quarto nível hierárquico nos estudos geográfico dos sistemas naturais, porem vale ressaltar que não limita apenas a isto, para Bertrand (1972), geossistema também é a correlação do espaço geográfico com a incorporação da ação humana (ação antrópica) na interação natural com o

potencial ecológico (geomorfologia + clima + hidrologia) e a exploração biológica (vegetação + solo + fauna) formado pela combinação dinâmica e dialética de fatores físicos, biológicos e antrópicos.

Outro conceito foi proposto por Sotchava (1977), que considerou as paisagens naturais como geossistemas, que devem ter enfoques estruturais, funcionais e dinâmico-evolutivos. De acordo com Sotchava (1978), geossistema é um recorte espacial constituído por um sistema natural que provem do fluxo de matéria, energia e ações humanas que devem ser estudadas de forma indissociável. Todos os componentes dessa paisagem, tal como vegetação, solos, relevo, formações rochosas, hidrografia e clima são parte fundamentais e indissociável. Sotchava (1977), também considerou a escala na análise, de acordo com este autor o geossistema possui três ordens analíticas são elas: planetária, regional e topológica, em que cada uma delas possuem escalas diferentes com dinâmicas distintas.

Tendo como base a abordagem sistêmica Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007), propuseram a geocologia das paisagens em quanto proposta metodológica, tendo a paisagem como principal foco. A geocologia das paisagens é a integração da geografia e a ecologia, tendo uma visão geossistêmica do ambiente. Os autores consideram a paisagem como um conjunto de interações de elementos naturais e antrópicos, no qual a sociedade pode modificar a paisagem de acordo com seus interesses.

A “paisagem” é definida como um conjunto inter-relacionado de formações naturais e antropogênicas, podendo-se considerá-la como: um sistema que contém e produz recursos; como meio de vida e da atividade humana; como laboratório natural e fonte de percepção estética. (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2007, p.18).

A paisagem do PARNA dos Campos Ferruginosos associada a afloramentos rochosos de hematita é conhecido por geossistema ferruginoso. Segundo Carmo & Kamino (2015), o PARNA dos Campos Ferruginosos faz parte dos principais geossistemas ferruginosos do Brasil junto com Serra dos Carajás - PA; Caetité - BA; Vale do Rio Peixe Bravo - MG; Bacia do Rio Santo Antônio - MG; Quadrilátero Ferrífero - MG; e Morraria de Urucum - MS. De acordo com Carmo & Kamino (2015), os geossistemas ferruginosos se caracterizam pela elevada geodiversidade, heterogeneidade ambiental e por uma complexa evolução de uma das mais antigas superfícies expostas do planeta.

As rochas com formações ferríferas constituintes nos geossistemas ferruginosos, também são conhecidas por couraças ferruginosas ou como áreas cangas, de acordo com Carmo & Kamino (2015), as couraças de ferruginosas possuem estruturas que formam

carapaças muito resistentes a processos intempéricos, tais formações ocorrem geralmente nas porções mais altas do relevo, constituindo platôs interconectados por vales e escarpas.

### 2.3. Estudos geomorfológicos e mapeamento de fragilidade ambiental para conservação da paisagem

Esta monografia é uma pesquisa voltada para vertente de Geografia Física, especificamente na área de geomorfologia, contudo traz uma análise ambiental integrada da paisagem com finalidade de averiguar o grau de fragilidade ambiental do PARNA dos Campos Ferruginosos. Esta pesquisa está fundamentada em bases conceituais de autores renomados e de importantes contribuições como Sotchava (1977); Bertrand (1971); Ab'Saber (1969); Vidal (2014); Christofolletti (1999); Tricart (1965), e Ross (1992, 1994 e 2008), que é principal referência metodológica do presente trabalho.

Os estudos de geomorfologia se fazem importantes considerando que o relevo é um dos principais condicionantes atuantes na dinâmica da paisagem, estando inter-relacionado com os demais componentes naturais, clima, geologia, hidrografia, solo, vegetação. Desta forma, entender os processos físicos-naturais a partir do relevo parece ser viável para o planejamento ambiental, uma vez que constatado as potencialidades dos recursos e as fragilidades dos ambientes naturais, o mesmo pode contribuir para medidas preventivas de gestão ambiental.

A fim de dar suporte para os estudos ambientais que focalizam na geomorfologia, Ab'Saber (1969), propôs um roteiro metodológico que aborda três níveis essenciais que devem ser considerados em uma pesquisa de caráter geomorfológico, são eles: Compartimentação Topográfica; Levantamento da Estrutura Superficial e Fisiologia da Paisagem.

De acordo com Ab'Saber (1969), o nível de Compartimentação Topográfica abrange informações sobre a caracterização topográfica, descrição das formas do relevo, influência da geologia e da estrutura, em outras palavras é a identificação de unidades geomorfológicas que tendem a ter um grau de semelhança em virtude da sua natureza genética.

O segundo nível, Levantamento da Estrutura Superficial, como sugere o nome, refere-se ao levantamento de informações da estrutura superficial a partir de observações dos depósitos geológicos recentes, ou seja, são dados que possibilitam a interpretação da morfogênese<sup>1</sup> e morfocronologia<sup>2</sup>. E por último nível, a Fisiologia da Paisagem, que se referem a compreensão

---

<sup>1</sup> Morfogênese refere-se a origem e desenvolvimento das formas do relevo, que estão ligados aos processos endógenos e exógenos.

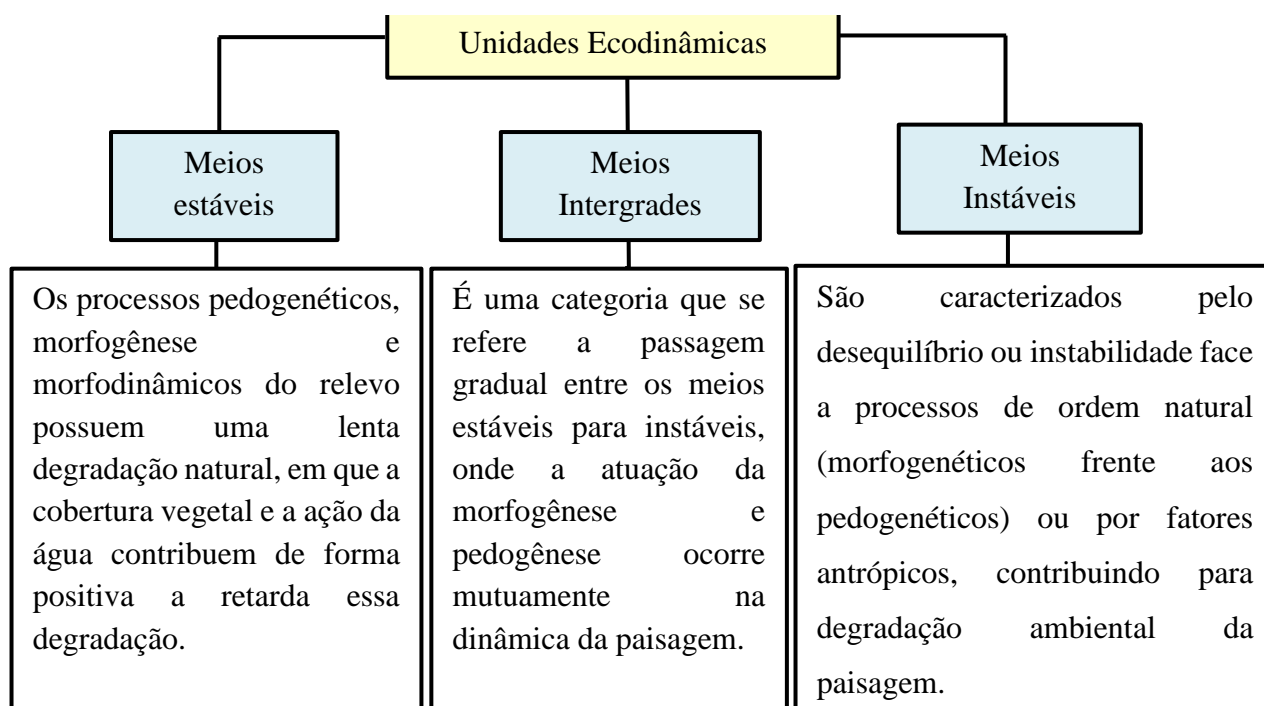
<sup>2</sup> Morfocronologia refere-se à idade absoluta ou relativa do relevo e aos processos relacionados.

do funcionamento atual da paisagem por meio de processos atuais e operantes no modelamento das formas, e busca entender os processos morfoclimáticos e pedogenéticos atuais.

Uma outra proposta metodológica para a pesquisa geomorfológica foi realizada por Tricart (1977), tendo como base os estudos sistêmicos, ele propôs conceitos e procedimentos operacionais. Nos estudos geomorfológicos do Brasil Tricart (1977), teve significativas contribuições, este autor propôs que a paisagem seja analisada por meio do seu comportamento dinâmico, partindo das unidades de paisagem, a qual denominou de unidades ecodinâmicas.

De acordo com Tricart (1977, p. 2), “uma unidade ecodinâmica se caracteriza por certa dinâmica do meio ambiente que tem repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses<sup>3</sup>”. O conceito de unidades ecodinâmicas está diretamente relacionado com o conceito de ecossistema e englobam relações mútuas entre diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia e matéria no meio ambiente. A análise da dinâmica das paisagens proposta por Tricart (1977), classifica três unidades ecodinâmicas, são elas expressas na figura 01 abaixo:

Figura 1 - Unidades Ecodinâmicas



Fonte: Tricart (1977).

A manutenção do equilíbrio do ambiente natural nos leva a pensar a paisagem a partir das variáveis de fragilidade ambiental à erosão, tendo como base a teoria da ecodinâmica de

<sup>3</sup> Biocenose é o conjunto de seres vivos que habitam em determinado local, incluindo os seres humanos, em que ambos são vistos como atores participantes e dependentes das inter-relações e condições ambientais.

Tricart (1977), no qual diz que a morfodinâmica (processos ativos que atuam nas formas de relevo) é um elemento determinante para a fragilidade ambiental. Para Tricart (1977), a erosão, é um processo, resultante da dinâmica de um determinado sistema ambiental que está em desequilíbrio, sendo resultado do balanço ecodinâmico de um determinado sistema ambiental. A teoria da ecodinâmica na atualidade é uma das maiores bases da geomorfologia para o estudo de distribuição e intensidade da erosão, que por fim determina o grau de fragilidade ambiental.

De acordo com Ross (2008), a análise proposta por Tricart (1977), obrigatoriamente passa pelo inventário do quadro ambiental, quer seja ele antropizado ou natural, o que implica na elaboração do registro cartográfico, materializando os fatos observados e identificados na pesquisa, neste sentido os mapas temáticos são documentos analíticos fundamentais uma vez que expressam representações da realidade dinâmica da paisagem.

Os mapas de cunho geomorfológico são instrumentos importantes nos estudos do relevo, de acordo com Ross (2008), é o que constitui a base da pesquisa, e não a concretização gráfica da pesquisa já feita, sendo então o instrumento que direciona a pesquisa, e quando concluída deve representar uma síntese como produto desta. É indispensável que os mapas geomorfológicos apresentem dados morfométricos<sup>4</sup>, morfográficos,<sup>5</sup> morfogenéticos e cronológicos, mas é preciso considerar as unidades básicas de taxonomia.

Para Ross (1992), uma das primeiras observações a serem consideradas ao se estudar as formas do relevo e elaboração de mapas geomorfológicos, é que o mesmo possui diferentes tamanhos, com diferentes explicações genéticas estando relacionadas a processos endógenos e exógenos,<sup>6</sup> partindo desta observação Ross (1992), utiliza os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura desenvolvidos por Guerasimov (1946) e Mecerjakov (1968), para desenvolver sua proposta metodológica de classificação taxonômica do relevo, no qual compartimenta o relevo em seis táxons, seguindo uma ordem de grandeza decrescente do 1º ao 6º táxon.

Os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura dizem que todo o relevo terrestre pertence a uma determinada estrutura que o sustenta e mostram um aspecto escultural que é decorrente da ação climática atual e pretérita da estrutura, neste sentido a estrutura é o 1º táxon,

---

<sup>4</sup> Dados morfométricos referem-se aos aspectos quantitativos do relevo, como variáveis relacionados a altitude (hipsometria), inclinação (declividade), volume e largura.

<sup>5</sup> Dados morfográficos referem-se aos aspectos qualitativos do relevo representados pela sua forma e aparência como planalto, planície e depressão.

<sup>6</sup> Os processos endógenos são processos que atuam no interior da terra como terremotos, vulcanismos e tectonismo e causam transformação do relevo. Os processos exógenos são aqueles externos que agem sobre a superfície como ações dos ventos, das águas causando intemperismo causando transformação no relevo.

e se refere ao substrato geológico, que possibilita a sustentação das formas do relevo, enquanto a morfoescultura representada pelo 2º táxon, são as formas ou modelagens do relevo. O 3º táxon refere-se aos modelados, que são formas de relevos oriundas de processos agradacionais (relevo de acumulação) e formas de denudação (relevo de dissecação).

A classificação taxonômica do relevo é importante para a identificação do relevo em suas diferentes dimensões, no qual os mapas ou cartas geomorfológicas é uma técnica que especializa tais dados. A partir dos conceitos de unidades ecodinâmicas e a proposta metodológica de Tricart (1977), Ross (1994) propôs um método de análise empírica para determinação da fragilidade dos ambientes naturais, pensando na preservação da paisagem, este autor fez uma adaptação, mantendo apenas concepções teóricas conceituais, para identificar o ambiente natural em seus diferentes graus de fragilidade, considerando não somente o comportamento morfodinâmico, por meio de mapas geomorfológicos, mas fazendo um cruzamento de mapas e informações pedológicas e de cobertura vegetal, gerando como produto final de vários mapas temáticos o mapa de fragilidade, que por fim aponta para áreas com potencial erosivo ou índices fragilidade ambiental, classificados em graus de fragilidades fraca, media e forte.

As unidades de fragilidade dos ambientes naturais devem ser resultantes dos levantamentos básicos de geomorfologia, solos, cobertura vegetal/uso da terra e clima. Esses elementos tratados de forma integrada possibilitam obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais. (SPOLL e ROSS, 2004, p. 10).

A fragilidade do ambiente natural, portanto é baseada no conceito de unidades ecodinâmicas e sobre o prisma da teoria de sistema, que mais tarde será abordada. Está teoria parte da ideia de que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações de equilíbrio dinâmico. Mas esse equilíbrio pode ser alterado por intervenções humanas ou pela atuação desproporcional de um dos componentes naturais, que acaba afetando o sistema como um todo.

Vale ressaltar que para os estudos aplicados a análise ambiental, Christofolletti (1999), destaca que, a manipulação de dados espaciais como as novas tecnologias para mapeamento digital tornou-se parte essenciais aos estudos de Geografia. Nesse contexto o uso de geoprocessamento e sensoriamento remoto integrados no Sistema de Informação Geográfica (SIG) é quem possibilitarão o tratamento e cruzamento de mapas e informações pedológicas, geomorfologia e de cobertura vegetal gerando como produto final de vários mapas a o mapa de fragilidade ambiental.

### 3. PROCEDIMENTOS TECNICOS OPERACIONAIS

#### 3.1. Contextualização geográfica do PARNA dos Campos Ferruginosos-PA

O PARNA é uma Unidade de Conservação (UC) de uso integral, criada nos termos da Lei 9.985/00 e a partir do decreto de 5 de julho de 2017 (ICMBio 2019). Localizado no sudeste do Pará, o PARNA dos Campos Ferruginosos incorpora uma área total de 79.029ha (setenta e nove mil hectares), delimitada na folha topográfica SB-22-Z-A, e abrange os municípios de Parauapebas e Canaã dos Carajás, conforme mostra o mapa da figura 02. O PARNA dos Campos Ferruginosos ainda é uma das mais recentes criadas UC do território nacional e integra o conjunto de unidades do mosaico Carajás, composto pela Flona de Carajás; REBIO do Tapirapé; Flona de Tapirapé – Aquiri; Flona do Itacaiúnas e APA do Igarapé Gelado.

O mosaico Carajás é uma das maiores representatividades em termos de floresta amazônica no sudeste do Pará, tendo como perfil áreas com características de biomas do Cerrado e ora do Amazônico. De acordo com o ICMBio (2014), o histórico dessas unidades está relacionado ao modelo de desenvolvimento proposto para a Amazônia nas décadas de 70 e 80 do século passado, mas sobretudo a descoberta de e exploração mineral, como é o caso da Província Mineral de Carajás ocorrida a partir de 1967. Sendo as primeiras unidades criadas só em 1989 (Flona Tapirapé - Aquiri, a reserva Tapirapé e APA do Igarapé Gelado), e em 1998 a Flona Carajás e a Flona Itacaiúnas, (ICMBio, 2014).

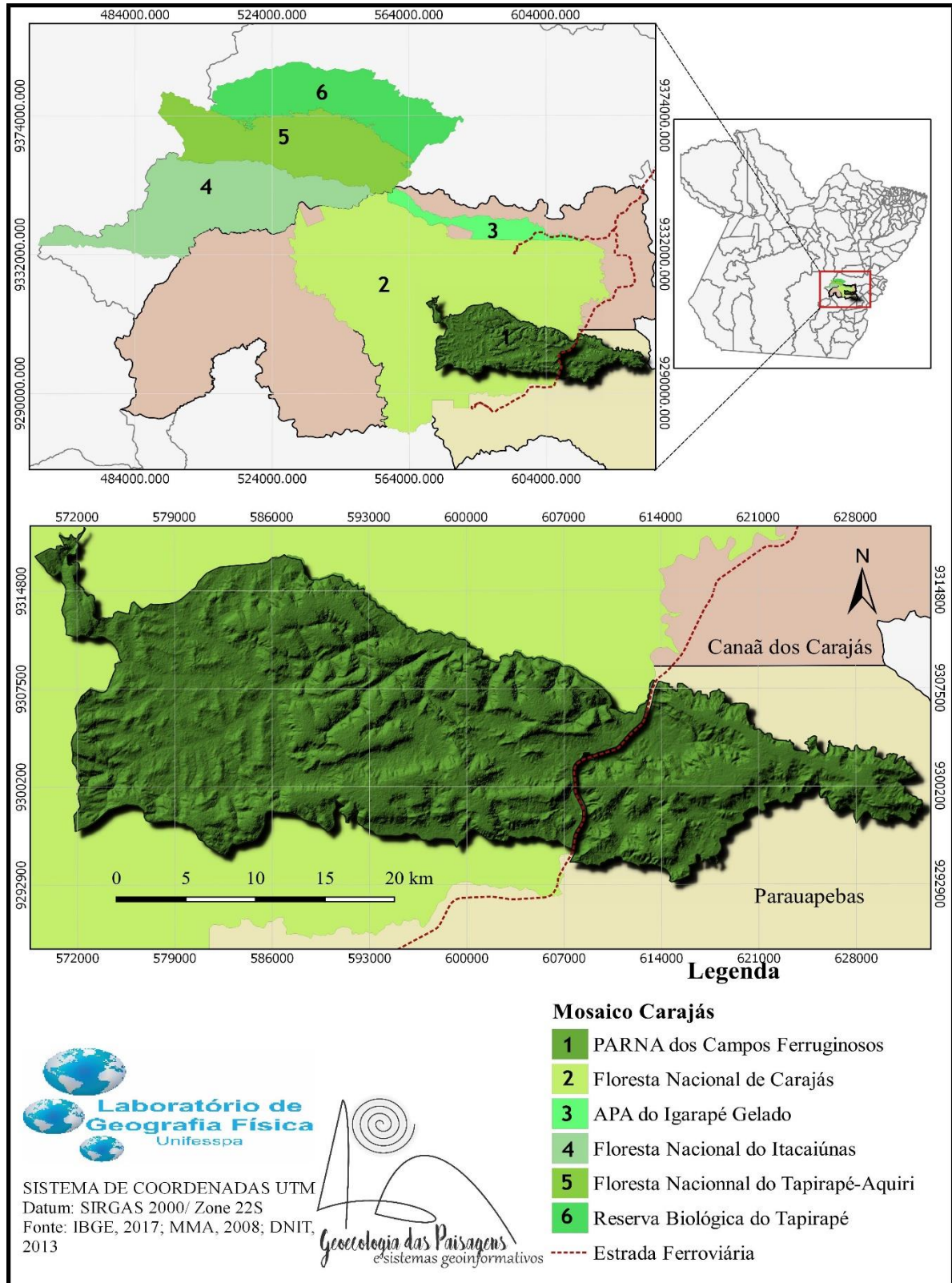
O PARNA dos Campos Ferruginosos por sua vez, última UC a integrar o mosaico Carajás, foi criado a partir de uma reivindicação dos órgãos executores do SNUC, o ICMBio e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) direcionada a mineradora Vale S.A, como forma de compensação ao ônus ambiental, ocasionado em virtude da instalação do projeto de mineração de ferro Complexo Carajás S11D em Canaã dos Carajás<sup>7</sup>, e cujas atividades de extração mineralógica em depósitos minerais causam elevados impactos ambientais. Para além de ser uma compensação ambiental, a criação do PARNA dos Campos Ferruginosos tem por objetivo proteger a diversidade biológica desta área, bem como preservar a paisagem natural da Serra da Bocaina, Serra do Tarzan, o patrimônio espeleológico catalogado, que de

---

<sup>7</sup> O complexo de Ferro Carajás S11D é um projeto de exploração de minério de ferro implantado na região da Serra dos Carajás, na Serra Sul, para exploração do minério de ferro do bloco D do corpo geológico S11 (S de Sul). O projeto se expandiu para o município de Canaã dos Carajás. Trata-se do maior projeto de mineração de ferro da história, e a Vale S.A estima que até 2020 a extração mineral a tinja 90 milhões de toneladas anual.

acordo com o ICMBio (2017) são 350 cavernas associado a formações ferríferas bem como a vegetação de campos rupestres ferruginosos.

**Figura 2** - Mapa de localização do PARNA dos Campos Ferruginosos



Fonte: Jilciene Alves (2019).



### 3.2. Procedimentos Operacionais

Os procedimentos para a realização da pesquisa consistiram em primeiro momento no levantamento bibliográfico e leituras de livros, teses, dissertações, artigos e legislação que subsidiassem o desenvolvimento da pesquisa, tendo como principais referências Tricart (1965), e Ross (1992, 1994); em segundo, na manipulação das geotecnologias para o processamento de dados e elaboração das bases cartográficas, que foi realizado no Laboratório de Geografia Física da Unifesspa, utilizando o *software* Qgis 2.18 para tratamento dos dados. Os mapas temáticos da área de estudo foram realizados em escala de 1:250.000, no sistema de coordenadas Datum SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) 2000 UTM 22s.

Para a elaboração do mapa de localização foram baixados *Shapefile* do IBGE (2017), contendo o polígono dos municípios de Parauapebas e Canaã dos Carajás, e *Shapefile* do Ministério do Meio Ambiente (2008), contendo os recortes espacial das unidades de conservações que compõe o mosaico Carajás. Para a produção dos mapas geológico e geomorfológico foram baixados *shapefiles* do IBGE (2003), o que possibilitou a espacialização das formações geológicas da área de estudo e identificação das formas e modelados do relevo, e para elaboração do bloco diagrama da Depressão Periférica do Sul do Pará e Planalto Dissecado do Sul do Pará foram realizadas aquisições de 6 (seis) cenas de imagens de satélite do projeto ALOS PALSAR (2006-2011), de 12,5 metros, que já contém o Modelo da Digital de Elevação (MDE), e também foram feitos alguns ajustes no *software* CorelDRAW X8.

As imagens de satélite do projeto ALOS PALSAR também possibilitarão a produção dos mapas hipsométrico e declividade, com as cenas AP 27 102 FBS F7060 e AP 27 102 FBS F7050, uma vez adquirida as cenas das imagens, elaborou-se o mosaico (união das cenas) e recorte da área de estudo. Para o mapa de declividade foram usadas seis classes estabelecidas pela EMBRAPA: Plano (0-3%), Suave Ondulado (3-8%), Ondulado (8-20%), Forte Ondulado (20-45%), Montanhoso e Escarpado (45 a 100%). Para o mapa hipsométrico foram usadas sete classes. Para a elaboração dos mapas de pedologia e hidrografia também foram baixados *shapefiles* no site do IBGE, o de solo do ano de 2011, que foi classificado de acordo com a classificação da Embrapa (2006), e o de hidrografia do ano de 2017.

Para a elaboração do mapa de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), foram baixadas imagens de satélite no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) *Earth Explorer*, satélite Sentinel 2, bandas 4 e 8.

Em seguida aplicado no Qgis os procedimentos de cálculo do NDVI, aplicou-se a fórmula:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

Onde:

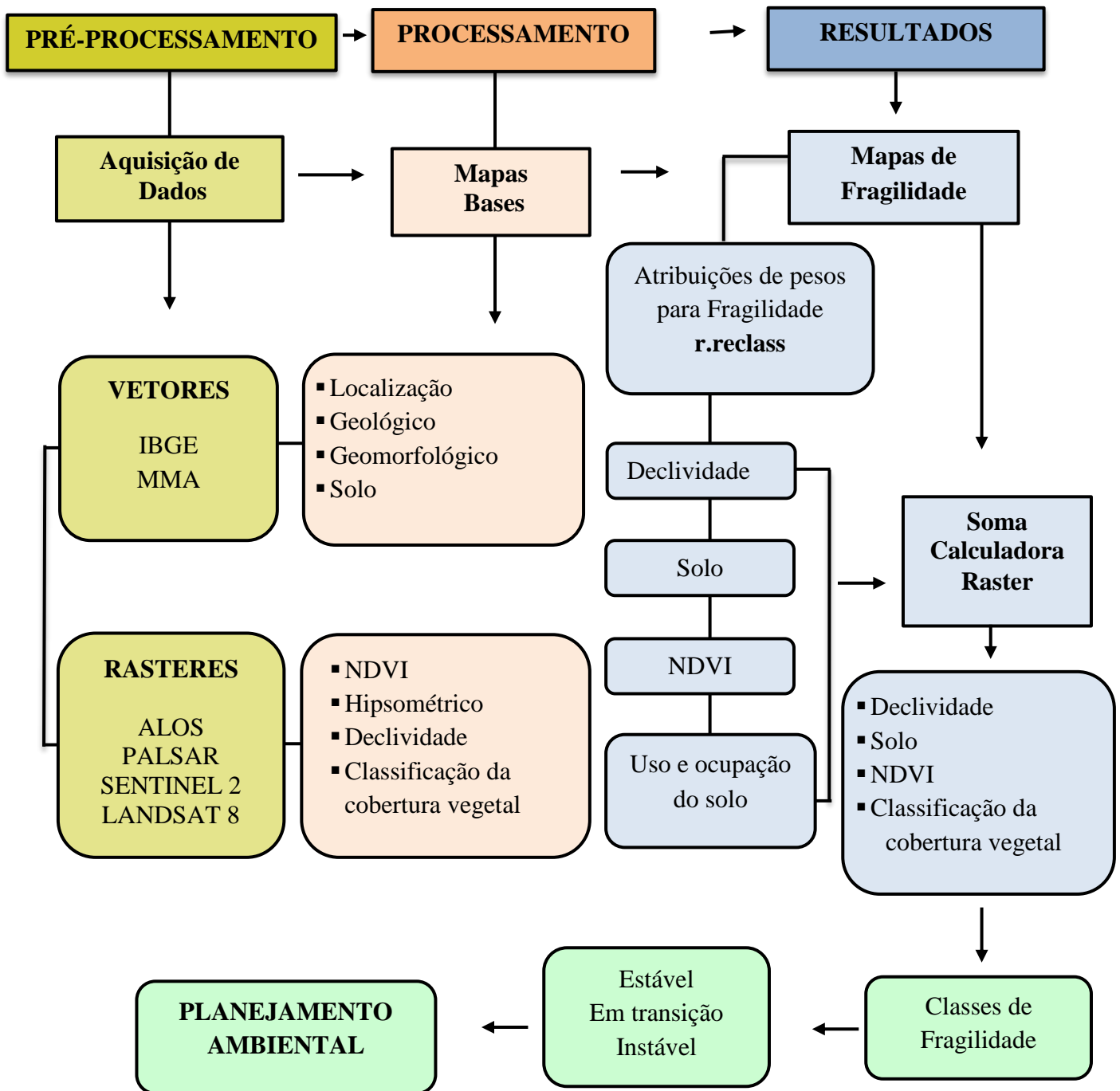
- NIR é representado pela banda 8, e tem o valor de reflectância no infravermelho próximo;
- RED é representado pela banda 4, valor de reflectância na faixa do vermelho;

Esta equação é realizada em cada pixel das bandas vermelho e infravermelho que resulta em um valor que varia de -1 a 1, significa que quanto mais próximo de 1 mais vegetação se tem no local representado pelo pixel, já os valores negativos ou próximo de 0 representam corpos hídricos ou solos expostos. Após o resultado da divisão e soma das bandas foi realizado o fator de multiplicação por 10 para transformar os valores em números inteiros. A classificação do NDVI variou de 4.43 a 8.29.

Para a elaboração do mapa de Classificação da cobertura vegetal foram adquiridas imagens de satélite do USGS *Earth Explorer*, satélite Landsat-8, bandas 2,3,4,5,6 e 7, do ano de 2019. Em seguida foi realizado o pré-processamento de classificação supervisionada utilizando o plugin SCP do Qgis, em que foi realizado inicialmente a correção atmosférica da imagem, posteriormente recortado conforme o polígono do PARNA, e criado o Band set, que consiste na criação de uma única imagem contendo todas as seis bandas, e a última etapa incidiu na definição das classes de interesses, que foram seis.

O passo a passo da elaboração dos mapas temáticos e mapa de Fragilidade estão representados no fluxograma da figura 03. A partir dos mapas temáticos de declividade, pedologia, NDVI e classificação da cobertura vegetal foram inseridos individualmente um arquivo de texto no Qgis através do algoritmo “r.reclass” cuja finalidade foi criar novos arquivos rasters contendo uma nova classificação numérica, em que para cada uma das classes já existentes dos mapas temáticos foram acrescentados valores ou pesos indicando hierarquicamente o grau de fragilidade ambiental de cada uma das classes dos mapas temáticos.

Figura 3 - Fluxograma da metodologia



Fonte: Elaborado por Jilciene Alves.

O grau de fragilidade é associado a uma escala de valores hierarquizados que variam entre muito alto (5), alto (4), médio (3), baixo (2) e muito baixo (1) e determinam um nível de fragilidade ambiental, considerando a intensidade da declividade do relevo, a forma de uso e cobertura da terra, e as classes de solos. Veja a baixo as tabelas com os pesos de cada um dos condicionantes.

**Tabela 1** - Classificação de solo adaptada de ROSS (1994)

Solos	Peso	Nível de fragilidade
Latossolo Vermelho-Amarelo	1	Baixa
Argissolo Vermelho	2	Media
Argissolo Vermelho-Amarelo	2	Media
Plintossolo Pétrico	3	Forte
Neossolo Litólico	3	Forte

Elaboração: Jilciene Alves 2019

**Tabela 2** - Classificação de declividade adaptada de ROSS (1994)

Declividade	Peso	Nível de fragilidade
Plano (0-3%)	1	Muito Baixa
Suave ondulado (3-8%)	2	Baixa
Ondulado (8-20%)	3	Media
Forte Ondulado (20-45%)	4	Alta
Montanhoso (45-75%)	5	Muito Alta
Escarpado (75-100%)	5	Muito Alta

Elaboração: Jilciene Alves 2019.

**Tabela 3** - Classificação de índice de vegetação

Índice de vegetação - NDVI	Classes	Peso	Níveis de Fragilidade
Canga Laterítica	4.43	5	Muito Alta
Vegetação Rasteira	5.4	4	Alta
Vegetação de pequeno porte	6.36	3	Media
Vegetação Aberta de médio e grande porte	7.33	1	Muito Baixa
Vegetação Densa de médio e grande porte	8.29	1	Muito Baixa

Elaboração: Jilciene Alves 2019

**Tabela 4** - Classificação de uso e cobertura da terra adaptada de ROSS (1994)

Classificação da cobertura vegetal	Peso	Níveis de Fragilidade
Hidrografia	0	Nulo
Savana metalófila	4	Alta
Vegetação secundária	3	Media
Floresta Ombrófila Aberta	1	Muito Baixa
Floresta Ombrófila Densa	1	Muito Baixa

Elaboração: Jilciene Alves 2019

Depois de criado os novos rasters contendo as informações citadas foi realizado o cruzamento das informações através da calculadora raster do Qgis, com a seguinte equação: NDVI + solos + declividade + Classificação da cobertura vegetal = mapa de fragilidade, que foi reclassificado em 3 classes de fragilidade, estável, em transição e instável.

#### 4. CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DO PARNA DOS CAMPOS FERRUGINOSOS

#### 4.1. Condicionantes Climático e Hidrológicos

O condicionante clima se apresenta como essencial haja vista estar associado diretamente com a hidrografia, relevo, fauna e flora dentre outros. No Brasil este condicionante é regulado por um conjunto de sistemas atmosféricos (massas de ar) que controlam a distribuição pluviométrica, temperatura, evapotranspiração e umidade do ar. As principais massas de ar são: Massa Equatorial Atlântica (mEa); Massa Equatorial Continental (mEc); Massa Polar Atlântica (mPa); Massa tropical Atlântica (mTa) e Massa Tropical Continental (mTc), com climas zonais equatorial, tropical úmido, tropical, tropical semiárido e subtropical úmido, Martorano et al (1993).

A região que corresponde ao sudeste do Pará é influenciada pela massa de ar equatorial continental durante o período do verão, e no inverno influenciado pela massa de ar equatorial atlântica, sendo o clima tropical chuvoso, Martorano et al (1993). De acordo com a classificação de Köppen no Pará foram identificados 3 sub-tipos pertencente ao clima tropical chuvoso, são eles Af; Am; e Aw, que se caracterizam por apresentarem temperatura médias mensais superior a 18°, se diferenciando apenas pela quantidade de precipitação média mensal e anual.

O sub-tipo climático Af se caracteriza por ser clima tropical úmido ou super úmido, tendo como menor precipitação mensal 60 mm, sem estação seca. O sub-tipo Am é um clima tropical semiúmido, com uma pequena estação de seca, mas tendo elevadas descargas de precipitação, o que possibilita uma média mensal de 60 mm. Já o sub-tipo Aw é um clima tropical quente e úmido, com inverno bem definido, no qual apresenta chuvas no verão e estação de seca no inverno, tendo precipitações anuais superior a 750mm. Dentre essas subclasses a que se enquadra na região de Carajás é a Aw devido a distribuição sazonal precipitação, mas considerando a variável temperatura dessa região como sendo quente com temperatura média superior a 22° C, Martorano et al (1993).

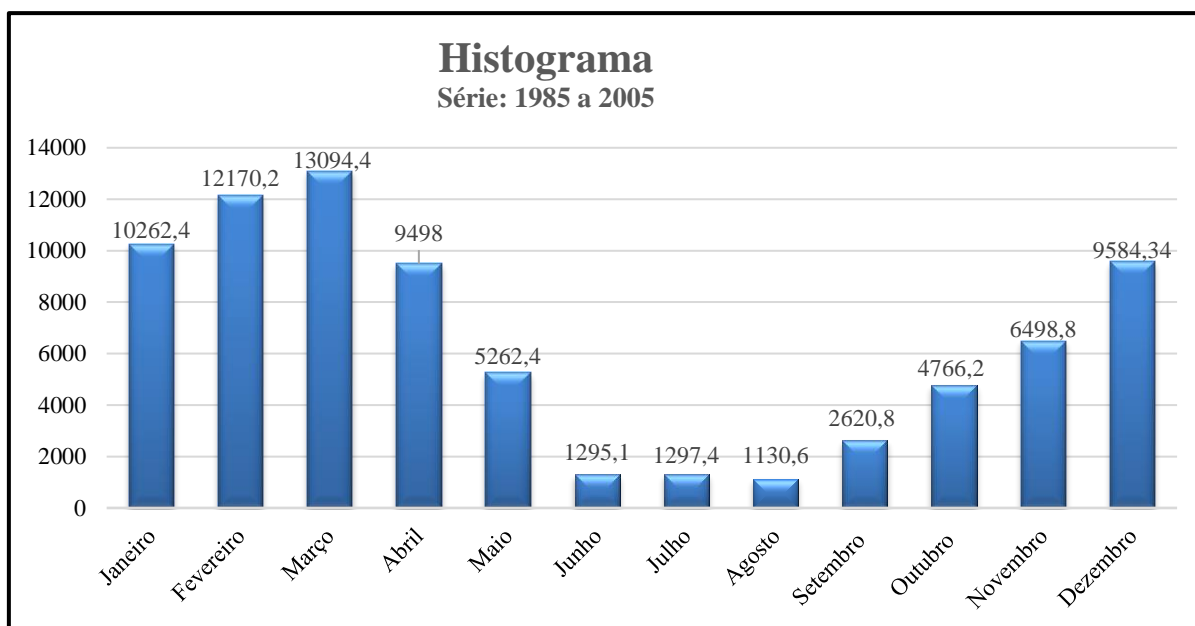
De acordo com o Plano de Manejo da Flona de Carajás (IBAMA, 2003), a região de Carajás apresenta cinco a seis meses consecutivos como período de estiagem, sendo geralmente de junho a outubro, e dezembro a abril os meses mais chuvosos. As temperaturas médias variam de 25 °C a 26 °C, em áreas de baixa altitude, com insolação baixa e pouca ventilação, tendo precipitações que variam de 1.900 e 2.000 mm. E em áreas de maior altitude com temperaturas médias entre 23 °C e 25 °C, com ventilação moderada e precipitação, entre 2.000 e 2.400 mm.

Se tratando da espacialização de dados climáticos da região onde o PARNA dos Campos Ferruginosos está inserido é importante ressaltar que há um déficit nos dados climáticos fornecidos tanto pela Agencia Nacional das Aguas (ANA) como pelo Instituto

Nacional de Meteorologia (INMET), com ausência de informação pluviométrica da região em determinados meses de alguns anos, o que contribui para uma generalização dos dados. Apesar da dificuldade de sistematizar os dados climáticos foram adquiridos dados de precipitação do sistema de informações hidrológicas da ANA, através da estação 650002 que corresponde a estação da Serra dos Carajás, esta estação foi escolhida por ser a mais próxima do PARNA dos Campos Ferruginosos, uma vez que o PARNA ainda não possui uma estação meteorológica própria.

Foi realizada análise de série histórica do regime pluviométrico total do período de 1985 a 2005, totalizando 20 anos, esse período foi escolhido justamente por ser o único com informações completas em todos os meses dos referidos anos. A análise constatou que o período mais chuvoso foram os meses de novembro a abril, e os meses menos chuvosos foram maio a outubro, conforme mostra o histograma da figura 04.

**Figura 4 -** Histograma do regime pluviométrico da Serra dos Carajás-PA



Fonte: BDMEP - INMET

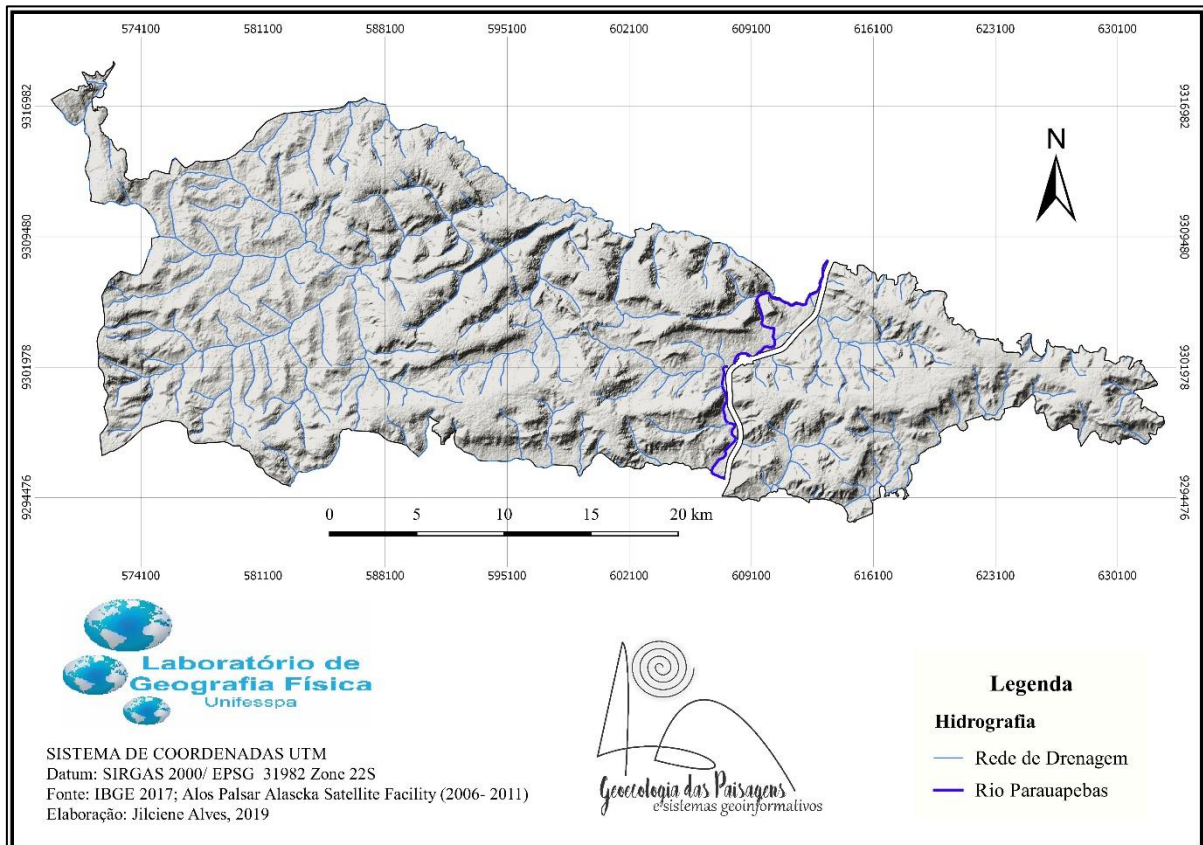
Se tratando da hidrografia, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e a ANA dividiu o território brasileiro em 12 grandes regiões (bacias) hidrográficas, que são subdivididas em sub-regiões (sub-bacias), deste modo, grande parte do sudeste do Pará, incluindo o mosaico Carajás é banhada pela região hidrográfica do Tocantins-Araguaia, que é constituída pelas bacias dos rios Tocantins e Araguaia e tem como principais drenagens os rios de mesmo nome, e ainda os rios Preto, Jacundá, Oeiras, Inajá, Chicão, Salobo, Itacaiunas, Madeira, Parauapebas, Sereno, Sororó, Praia Alta e Trocará. A região hidrográfica do

Tocantins-Araguaia é dividida em: Sub-região hidrográficas do Araguaia; Sub-região hidrográfica do Itacaiúnas e Sub-Região hidrográfica do Tocantins.

De acordo com o Plano de Manejo da Flona de Carajás do ICMBIO (2016), o sistema hídrico regional do mosaico Carajás é composto pelo rio Itacaiúnas que é um afluente do rio Tocantins e desaguando na cidade de Marabá, e também pelo rio Parauapebas que corta o PARNA dos Campos Ferruginosos, como mostra o mapa na figura 5, o rio Parauapebas se encontra nas proximidades da serra da bocaina e constitui-se como sua principal drenagem. A rede de drenagem superficial do PARNA deriva sobretudo pelo regime de chuva da região.

A rede de drenagem vai estar associada amplitude e altitude do relevo, áreas de maior altitude e com maior declividade são as áreas de intensidade de drenagem mais fortes ou grosseiras, enquanto que a drenagem subterrânea vai ter contribuições ínfimas, devido aos platôs, que tem como solos predominantes plintossolos pétricos que possuem concreções hemáticas com pouca permeabilidade, impedindo a infiltração de águas pluviais impedindo o abastecimento de seus lençóis subterrâneos. De acordo com o IBAMA (2003), fato da água não infiltrar diretamente nos lençóis freáticos contribuem para a retenção de águas e formação de pequenos lagos.

**Figura 5 -** Mapa de drenagem do PARNA dos Campos Ferruginosos



Elaboração: Jilciene Alves 2019.

#### 4.2. Aspectos Geológicos e Geomorfológicos

Visto que o Geossistema é composto por unidades de paisagens que se correlacionam, a geologia e geomorfologia estão associados, assim como os demais componentes ambientais, as condições geomorfológicas de um determinado ambiente dependerão de influências litológicas e climáticas. A geologia volta-se para o estudo da estrutura da Terra, bem como para sua composição, propriedades físicas e químicas, e a geomorfologia volta-se para a análise das formas do relevo, isto inclui sua origem e dinâmicas.

O Estado do Pará é composto em parte pela estrutura da Bacia Amazônica, mas o sudeste do Pará, porção onde o PARNA dos Campos Ferruginosos está inserido é composto pela estrutura de Crátons Amazônicos, que caracteriza-se por ser uma grande placa litosférica, que de acordo com Almeida (1967), se originou a partir da fragmentação do supercontinente Gondwana, associada a Reativação *Wealdeniana* (surgimento da placa continental conhecida atualmente por plataforma Sul-Americana), no qual a abertura do oceano atlântico promoveu o soerguimento do Cráton Amazônico e a sedimentação da Bacia Amazônica.

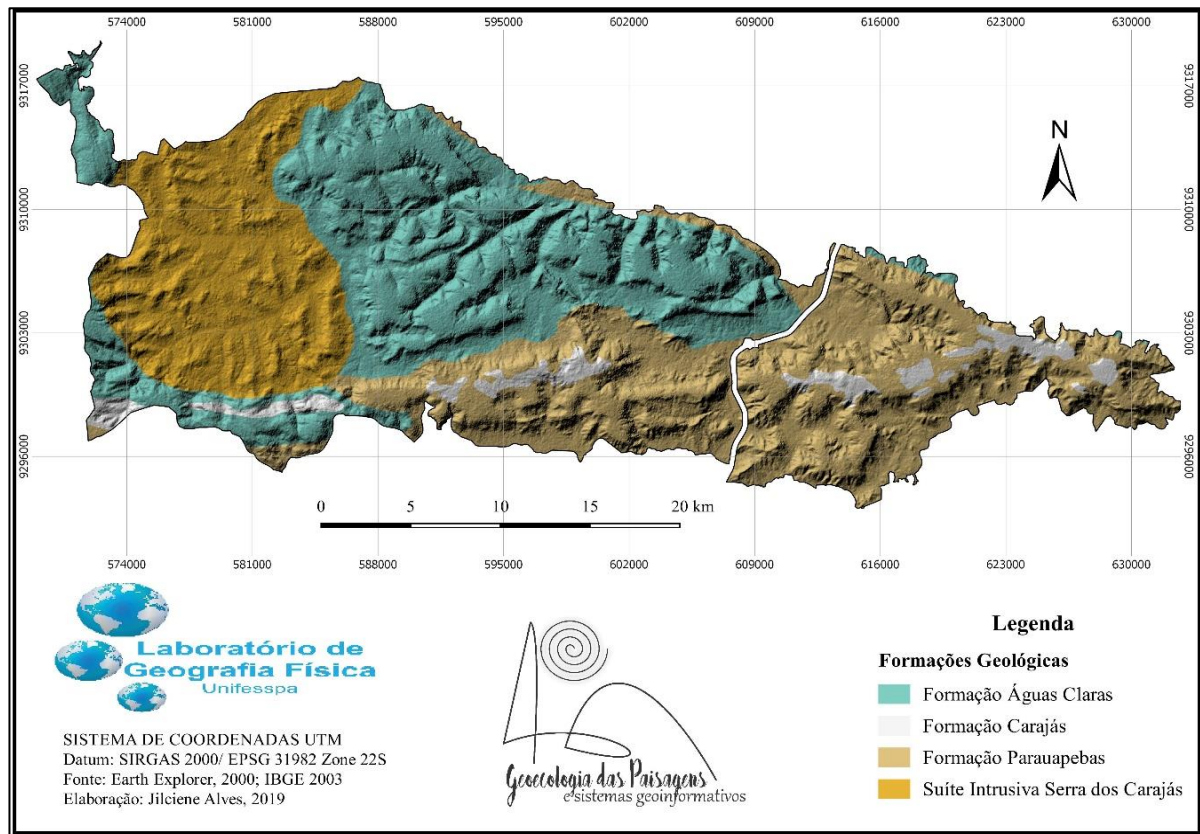
De acordo com, Jorge João (2013), o Cráton amazônico é constituído por várias províncias crustais (seguimento da crosta), cujas idades variam ao longo do tempo geológico, sendo tais seguimentos arrasados por mecanismos de erosões. Os limites entre as províncias podem ser marcados por falhas ou zonas de cisalhamento (parede de deformações ou fraturas). Segundo Jorge João (2013), O crátons amazônicos está dividido em várias províncias tectônicas, são elas: Carajás (3000-2500 Ma), Transamazonas (2260-1990 Ma), Tapajós-Parima (2030-1860 Ma), Amazônia Central (1900-1860 Ma) e Rondônia-Juruena (1850-1540 Ma).

O PARNA dos Campos ferruginosos está inserido na província tectônica de Carajás. De acordo com Jorge João (2013), esta província é Neoarquiana, é uma das mais antigas do Cráton amazônico, e contém grandes reservas ferríferas, que se acumularam no período arqueano, tais acumulações foram influenciadas por processos de variações de pressão e temperatura sobre depósitos marinhos que eram ricos em sílica e ferro, e que foram oxidados com o aumento progressivo de  $O_2$  na atmosfera.



De acordo com Jorge João (2013), cada uma das províncias é subdividida em domínios tectônicos, tendo como critérios características cronológicas relacionadas com características geoquímicas. Uma proposta de classificação geológica realizada por Santos (2003), dividiu a Província Carajás em dois domínios, o primeiro é Rio Maria que se caracteriza por ser uma crosta juvenil mesoarqueana, tendo sequências de depósitos minerais como ouro, prata, chumbo e níquel, e grupos de minerais feldspáticos e quartzo. O segundo domínio é o de Carajás que se destaca por ser é uma porção da crosta predominantemente neoarqueana, tendo sequências metavulcanossedimentares e granitoides. Pertencente ao domínio Carajás, o PARNA dos Campos ferruginosos abrange quatro unidades geológica regionalis, veja o mapa da figura 6.

**Figura 6** - Mapa de formação geológica do PARNA dos Campos Ferruginosos



Elaboração: Jilciene Alves 2019.

A unidade de Formação Parauapebas corresponde as rochas vulcânicas máficas, que segundo Macambira (2003), são compostas por basaltos, quartzo, dioritos e gabros, e estão principalmente na base da formação Carajás em que houve o derramamento basáltico (extravasamento vulcânico de basalto). De acordo com Macambira (2003), estas rochas apresentam texturas preservadas, exceto nas áreas deformadas, as quais indicam condições metamórficas de grau extremamente fraco. Segundo Teixeira *et al.* (1997), esta unidade foi afetada por eventos de alteração hidrotermal, um deles é espilitização (processo de alteração das rochas basálticas associado à extrusão vulcânica submarina).

De acordo com Jorge João (2013), a unidade de Formação Carajás contém o protominério das jazidas de ferro de Carajás, e integra o topo de vários platôs conhecido como serras Norte e Sul, que é constituída principalmente por óxidos de ferro de alto teor (hematita, magnetita e martita). Segundo Macambira (2003), várias estruturas sedimentares deposicionais e pós deposicionais preservadas são descritas nesta formação, além de apresentar feições de deformação rúptil (rochas rígidas que tendem a ser quebradiças) a dúctil (rochas com deformações elásticas em virtude da variação de temperatura e pressão) em níveis crustais rasos, como falhas ou zonas de cisalhamento.

A Formação Águas Claras apresenta uma cobertura de rochas compostas principalmente por silicatos arqueanos, não metamorfizado, e são individualizadas em duas unidades litoestratigráficas (Membro Inferior e Membro Superior), com contato gradacional, conforme aponta Nogueira *et al.* (1995), segundo este autor o membro inferior é constituído por siltitos, pelitos e arenitos muito finos relacionadas a uma plataforma marinha influenciada por tempestades. O membro superior é constituído por arenitos finos a grossos e subordinados.

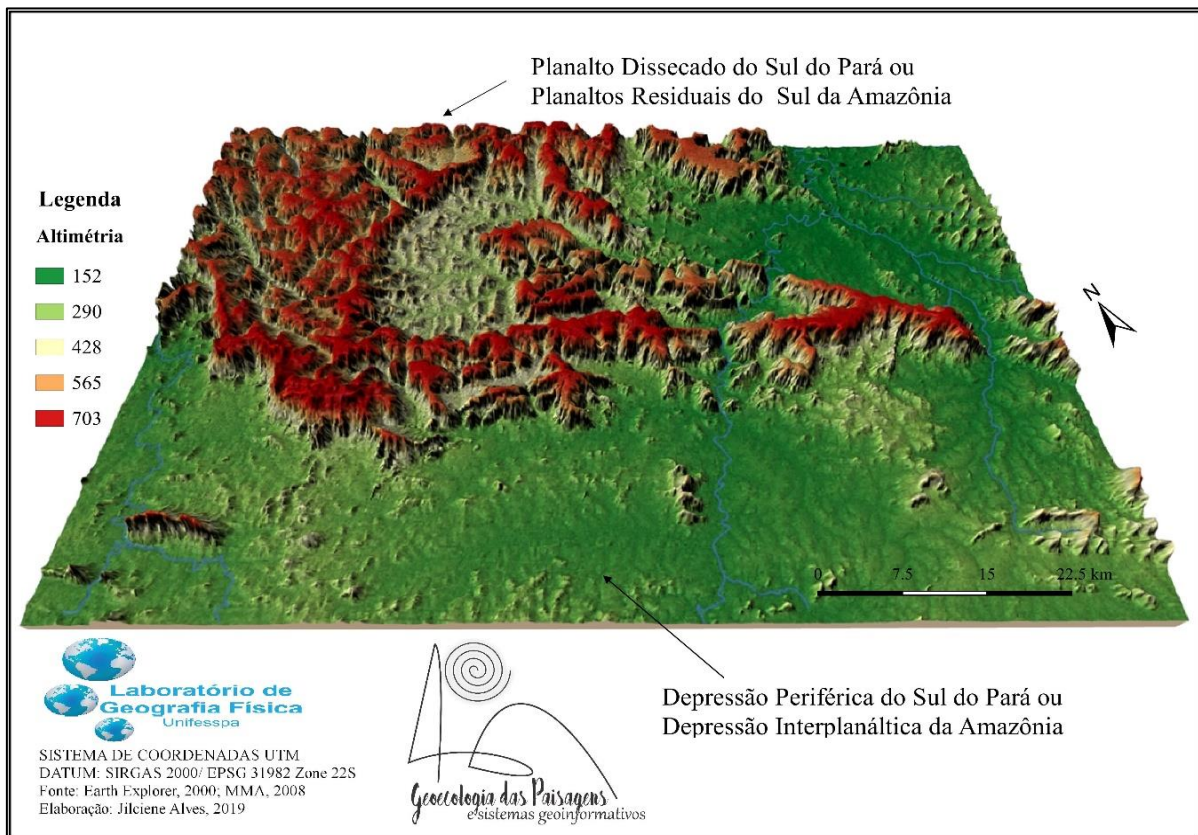
A formação Suíte Intrusiva Serra dos Carajás é descrita por Vasquez e Rosa-Costa (2008), como uma formação composta de rochas do embasamento com sequências metavulcano-sedimentares arqueanas, granitoides e rochas sedimentares arqueanas. São rochas de coloração rosada, avermelhada até cinza esbranquiçada, granulação média a grossa, caracterizam se por uma marcante homogeneidade composicional, essencialmente constituída de k-feldspato, quartzo e plagioclásio

Considerando as informações mencionadas do arcabouço geológico outrora denominado de morfoestrutura, cabe ressaltar as formas esculturais que compõe o relevo do PARRNA dos Campos Ferruginosos. De acordo com Florenzano (2008), a superfície da terra não é plana nem uniforme em toda a sua extensão, caracteriza-se por elevações de diferentes formas e escalas, que são analisados mediante variáveis geomorfológicas como a morfologia e a morfodinâmica, que se referem a descrição quantitativa e qualitativa do relevo, sendo então muito importante nos estudos ambientais.

Partindo de uma escala regional pode-se dizer que o sudeste do Pará é constituído por duas unidades morfoesculturais, que são resultados da ação climática atual e pretérita que agiu sobre sua estrutura, esculpindo o seu relevo. De acordo com Ross (1992), uma determinada estrutura pode haver mais de uma unidade morfoescultural, desta forma a região sudeste do Pará é composta pela Depressão Periférica do Sul do Pará e Planalto Dissecado do Sul do Pará, veja a disposição espacial de ambos na figura 7.

A Depressão Periférica do Sul do Pará, também conhecida por Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia ou Depressão da Amazônia Meridional é uma porção de superfícies aplainadas, que possivelmente foram arrasadas por constantes eventos de erosão durante grande parte do Cenozóico, Jorge João (2013). A depressão possui cotas altimétricas que variam entre 100 e 400 m, embora a maior parte seja de superfícies aplainadas, encontra-se áreas dissecadas em relevo colinoso, destaca-se, ainda, relevante número de feições residuais em meio às superfícies aplainadas, Jorge João (2013).

**Figura 7** - Bloco diagrama da Depressão e do Planalto do Sul do Pará



Fonte: ALOS PALSAR (2006-2011).

A extensão que compreende o Planalto Dissecado do Sul do Pará, onde está localizado o PARNA dos Campos Ferruginosos, é uma superfície de maciços residuais, derivado de processos erosivos sobre rochas mais resistentes. Os maciços residuais estão contíguo a terrenos rebaixados cuja altitude vai se alternando, e em algumas áreas ultrapassa a cota de 700m, como ocorre em determinadas áreas do PARNA.

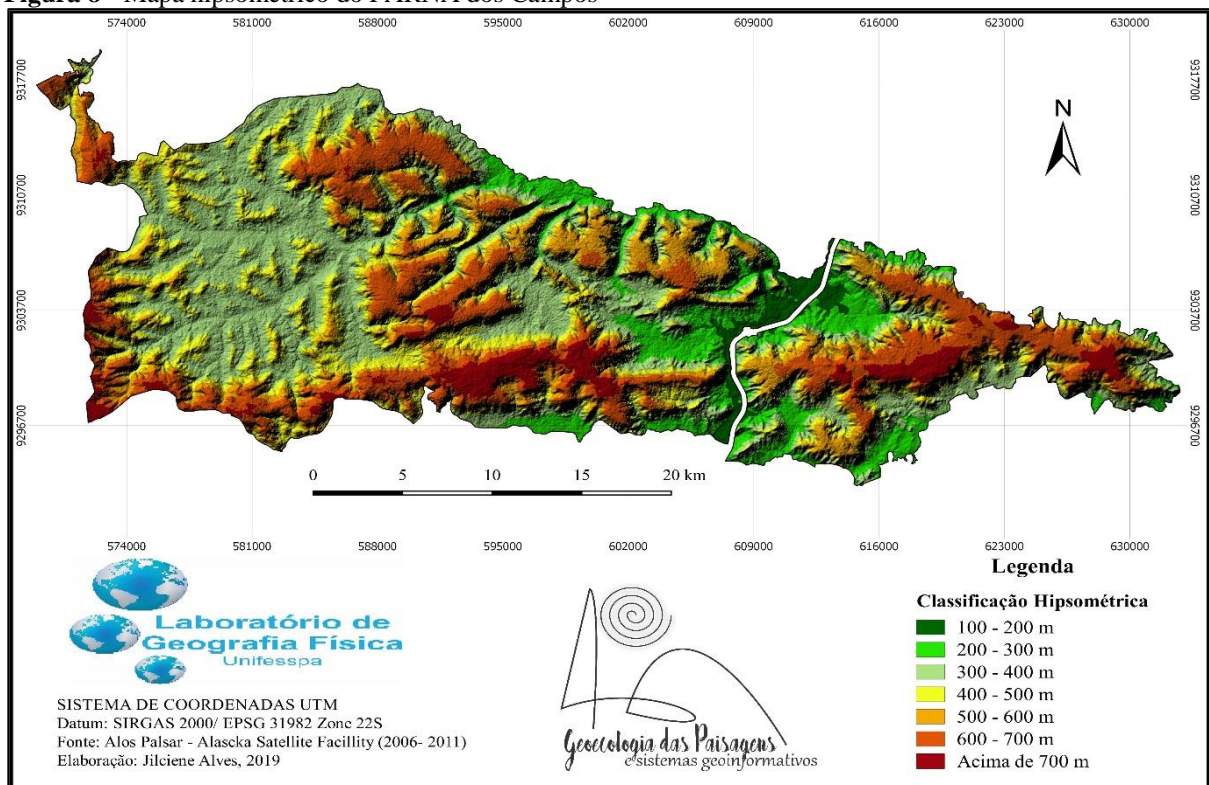
O Planalto Dissecado do Sul do Pará também conhecido por Planaltos Residuais do Sul da Amazônia e Serras do Sul do Pará, é constituído ora por relevos acidentados fortemente dissecados por alta densidade de drenagem, ora apresenta áreas de topos aplainados em superfícies planálticas antigas que foram erodidas, Jorge João (2013). Além disso, este Planalto

está interligado por várias formas tabulares, denominada por serra dos Carajás, de acordo com Boaventura (1974) esta serra é remanescente de uma outrora vasta superfície de idade cretácea a paleógeno que teria englobado a Serra dos Carajás, Jorge João (2013).

Em escala local, o PARNA dos Campos Ferruginosos, possui unidades morfológicas com padrão de formas semelhantes, que são formas menores do relevo, caracterizada pela rugosidade topográfica ou índice de dissecação, são decorrentes de processos erosivos mais recentes que favorecem a dissecação do relevo. Para a análise geomorfológica foram utilizadas as variáveis hipsometria, declividade e forma.

Na análise hipsométrica foram consideradas sete classes que se correlacionam com a declividade observe os mapas das figuras 8 e 9. As menores cotas altimétricas variam de 100 a 200m, possuindo baixa rugosidade, com tendência a serem áreas inundáveis em períodos de maiores precipitações, devido a sua baixa altitude e seu relevo ser mais plano. As áreas de altimetria entre 300 a 400m podem ser classificadas como intermediárias, sendo áreas com um relevo ondulado e densidade de drenagem moderada. Já os relevos com altitudes superiores a 500m ultrapassando a 700m são áreas com maiores rugosidades e apresentam também declividades muito alta, o que favorece o escoamento hídrico, com predomínio para processos erosivos.

**Figura 8 - Mapa hipsométrico do PARNA dos Campos**



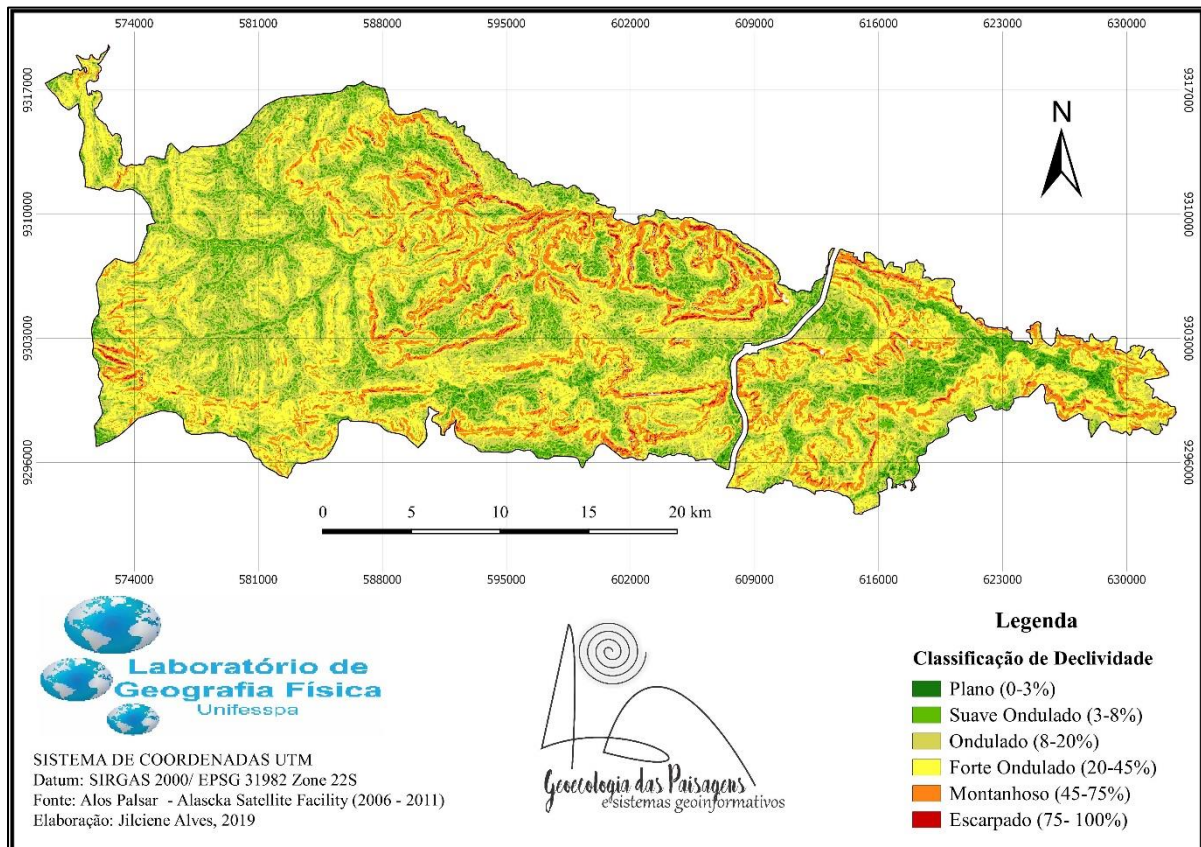
Fonte: Earth Explorer (2000).



De acordo com a variável declividade foram delimitadas seis classes expressas em porcentagens, também correlacionada com a altitude, pois dependendo das características de ambos em um determinado relevo pode haver uma influência nas dinâmicas agradacionais (acumulação) e denudacionais (erosão) do solo, estando relacionado com a intensidade do escoamento de águas pluviais, textura dos solos e permeabilidade das rochas.

A primeira classe é de declividade plana, com inclinação de 0-3% com uma área tendem a ser áreas de lixiviação pois são áreas mais planas e com menor altitude, veja a disposição espacial da declividade na figura 9. A segunda e terceira classe são suaves ondulado e ondulado com intervalos de 3-20%, são áreas de inclinações medias, contendo uma densidade de drenagem baixa. A quarta classe possui uma declividade forte, com intervalo de 20-45%, e possuem um aprofundamento e densidade de drenagem média ou grosseira, tendo formações superficiais. A classe de montanhoso e escarpado possuem intervalos de 45-100%, são áreas com a declividade muito alta, e com escoamento superficial concentrado e grosseiro, o que pode ocasionar perda de materiais e dependendo do tipo de cobertura vegetal provocar remoção de solos.

**Figura 9** - Mapa de declividade do PARNA dos Campos Ferruginosos

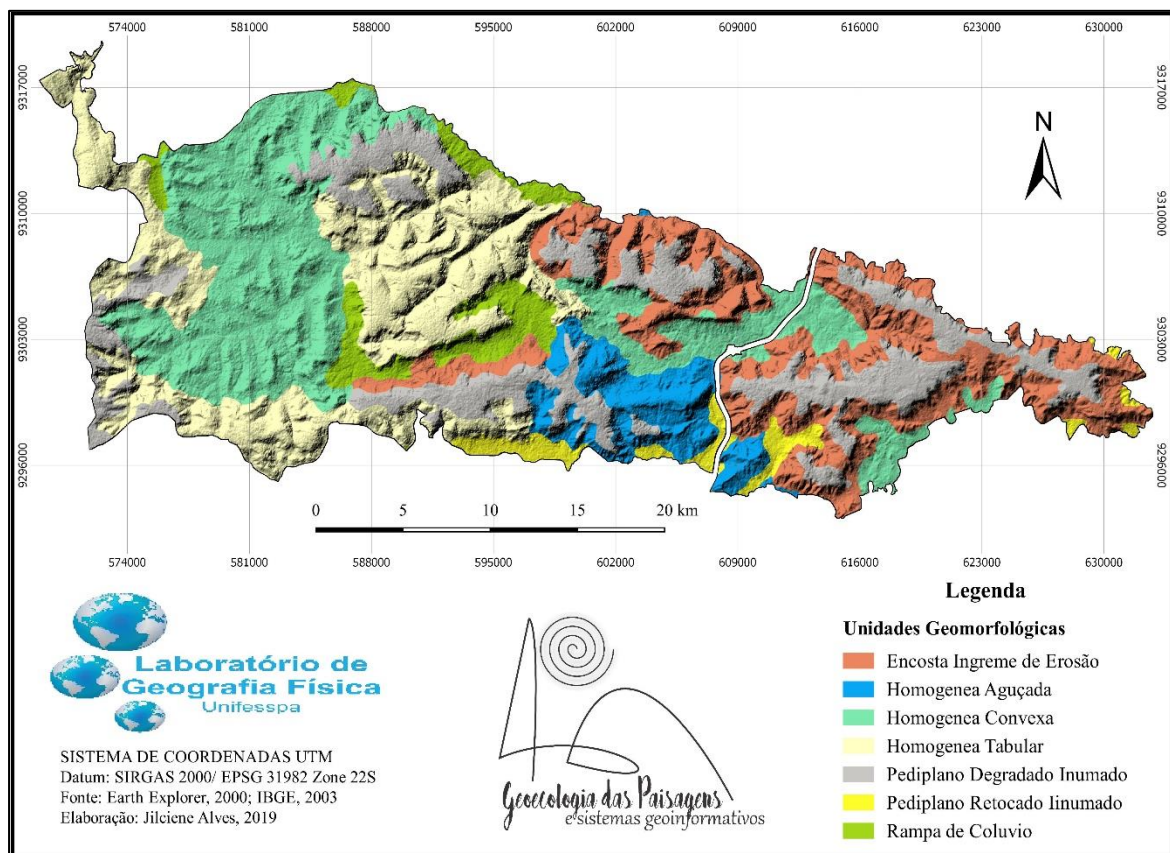


Elaboração: Jilciene Alves 2019.

A variável forma por sua vez também foi dividida em sete classes, evidenciada no mapa da figura 10. A primeira classe estão os modelados em forma de encosta íngreme de erosão, estes se apresentam em áreas de declividades alta e próximas de escarpas, ocorrem com mais frequência em rochas metamórficas ou em metassedimentos. O segundo modelado é dissecação homogênea aguçada, caracterizado por conjuntos de formas de relevo de topos alongados e estreitos, esculpidas em rochas metamórficas denotando controle estrutural, são resultantes da interceptação de vertentes de declividade acentuada, com padrão dominante de drenagem dendrítica.

O terceiro modelado, de dissecação homogênea convexa, é marcado pela densidade e aprofundamento da drenagem, as formas de topos convexos são geralmente esculpidas em rochas ígneas e metamórficas às vezes denotando controle estrutural. São caracterizadas por vertentes de declividades variadas. Quarto modelado de dissecação homogênea tabular, as formas de topos tabulares delineiam feições de rampas suavemente inclinadas, esculpidas em coberturas sedimentares inconsolidadas e rochas metamórficas, em geral, definidas por rede de drenagem de baixa densidade, apresentando baixa declividade.

**Figura 10** - Mapa Geomorfológico do PARNA dos Campos Ferruginosos



Elaboração: Jilciene Alves 2019.

Quinta classe, pediplano degradado inumado, são superfícies de aplainamento parcialmente conservado ou pouco dissecada e separada por escarpas de outros modelados de aplainamento e de dissecção correspondentes, aparece frequentemente mascarada, inundada por coberturas dentríticas. Para a sexta classe tem-se o pediplano retocado inumado, são superfícies de aplainamento resultantes de sucessivas fases de erosão, sem, no entanto, perder suas características de aplainamento, cujos processos geram sistemas de planos inclinados, às vezes levemente côncavos. Pode apresentar cobertura dentríticas e/ou encouraçamentos com mais de um metro de espessura. A última classe é de rampa de coluvião, são formas de fundo de vale suavemente inclinadas, associadas a depósitos coluviais provenientes das vertentes que se interdigitam ou recobrem os depósitos aluvionares, ocorre em setores de baixa encosta, em segmentos côncavos.

#### 4.3. Características Pedológicas e vegetacionais

Os solos, não menos importante do que as demais condicionantes da paisagem, apresentam grandes variações em sua composição, que geralmente são resultados da combinação do seu material de origem, organismos, clima, relevo e tempo. De acordo com Lepsch (2002), os solos correspondem a uma coleção de corpos naturais dinâmicos, decorrentes da ação climática e da biosfera sobre a rocha, que resulta em sua transformação. O processo de formação do solo pode se diversificar, com diferentes intervalos de tempo e dependendo do material de origem, das condições climáticas, atuação dos organismos vivos, fatores pluviométricos e etc.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS), os solos possuem propriedades químicas, físicas e apresentam uma estrutura formada por camadas ou horizontes, são eles: O, H, A, E, B, C e R, que lhes atribui características específicas, mas alguns tipos de solos podem não apresentar alguns desses horizontes.

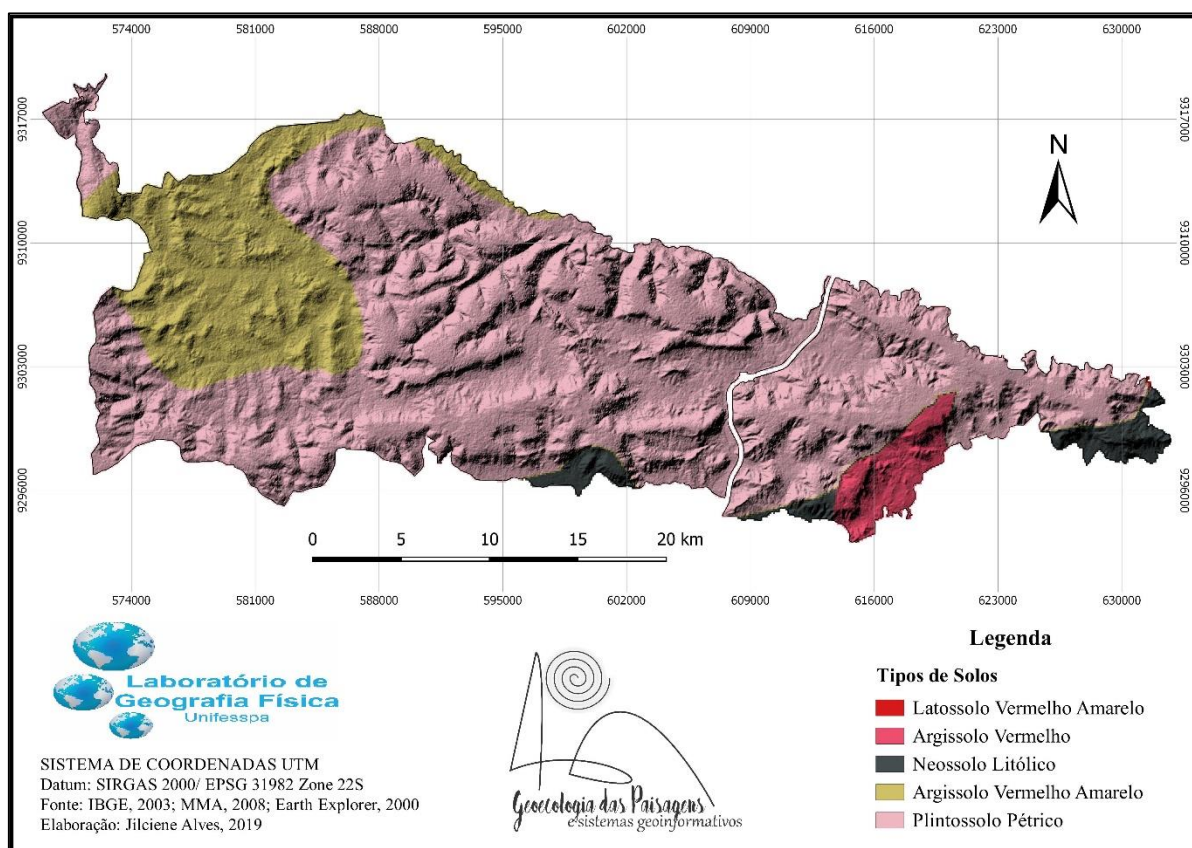
As propriedades físicas do solo são muito importantes para detectar determinadas características e comportamento de diferentes tipos solos como processos de erosão, deposição, lixiviação e intemperismo. As propriedades físicas do solo são: cor, textura e estrutura. De acordo com Lepsch (2002), a cor é uma das propriedades físicas mais evidente e que está associada aos componentes químicos ou propriedades minerais, sendo a argila e o quartzo os mais comuns que interagem com a matéria orgânica. A textura do solo está relacionada a granulometria dos minerais, ou seja, ao tamanho das partículas, sendo a argila, silte e areia as principais classes granulométricas. Já a estrutura se refere forma dos solos que está associada

aos tipos de camadas. Tanto a cor como a textura e estrutura estão relacionados com o material de origem e a ação do intemperismo.

A Embrapa elaborou o SiBCS que classificou solos de acordo com atributos de formação categorizados em seis classes hierárquica são elas Ordem, Subordem, Grande Grupo, Subgrupo, Família e Série, o que possibilitou o SiBCS a identificar 13 tipos de solos distintos distribuído pelo território brasileiro.

A partir do SiBCS e do *Shapefile* de solos adquiridos do IBGE foram identificados cinco tipos de solos presentes no PARNA dos Campos Ferruginosos, dentre eles se destaca o Plintossolo Pétrico por se fazer presente em uma grande extensão do PARNA, sobretudo nas áreas de platôs como mostra o mapa da figura 11. Esse tipo de solo é constituído por material mineral que contem horizontes plíntico, litoplíntico ou concrecionário, sendo o plíntico o horizonte diagnostico que é definido de acordo com quantidade de plintita, geralmente são solos são rasos e mal drenados, com alto teor de ferro, SiBCS (2013).

**Figura 11** - Mapa Pedológico do PARNA dos Campos Ferruginosos



Elaboração: Jilciene Alves 2019.

O segundo solo encontrado no PARNA foi o Argissolo Vermelho-amarelo, em uma área onde a altitude é baixa e intermediária, caracteriza-se por ser um solo consideravelmente profundos e moderadamente drenados, com acúmulo de argila no horizonte B textural, podendo



apresentar mudança textural abrupta entre os horizontes A (ou E) e o B, este solo tem cores variadas do vermelho e amarelo, SiBCS (2013).

Já o Neossolo Litólico é uma classe de solo que se apresenta nas bordas do PARNA, formando pequenas manchas, geralmente é um solo raso e pouco desenvolvido, com horizontes A ou histico, SiBCS (2013), este solo se encontra mais em relevo ondulado, com baixa capacidade infiltração o armazenamento de água, e tende a ser susceptível a erosão.

Outro tipo de solo identificado no PARNA foi o Argissolo Vermelho que se encontra próximo do neossolo litólico, numa pequena área de platô e de relevo convexo. Segundo o SiBCS (2013), a textura desse solo é argilosa e possui um alto teor de micronutrientes e óxidos que possibilitam sua coloração avermelhada, podendo também minerais de ferro oriundo do seu material geológico. A última classe identificada no PARNA foi o Latossolo Vermelho-Amarelo, numa área muito pequena. Este solo tende a ser profundo e altamente intemperizado, sendo bem drenados, com cores vermelho amarelados e amarelo-avermelhados, SiBCS (2013).

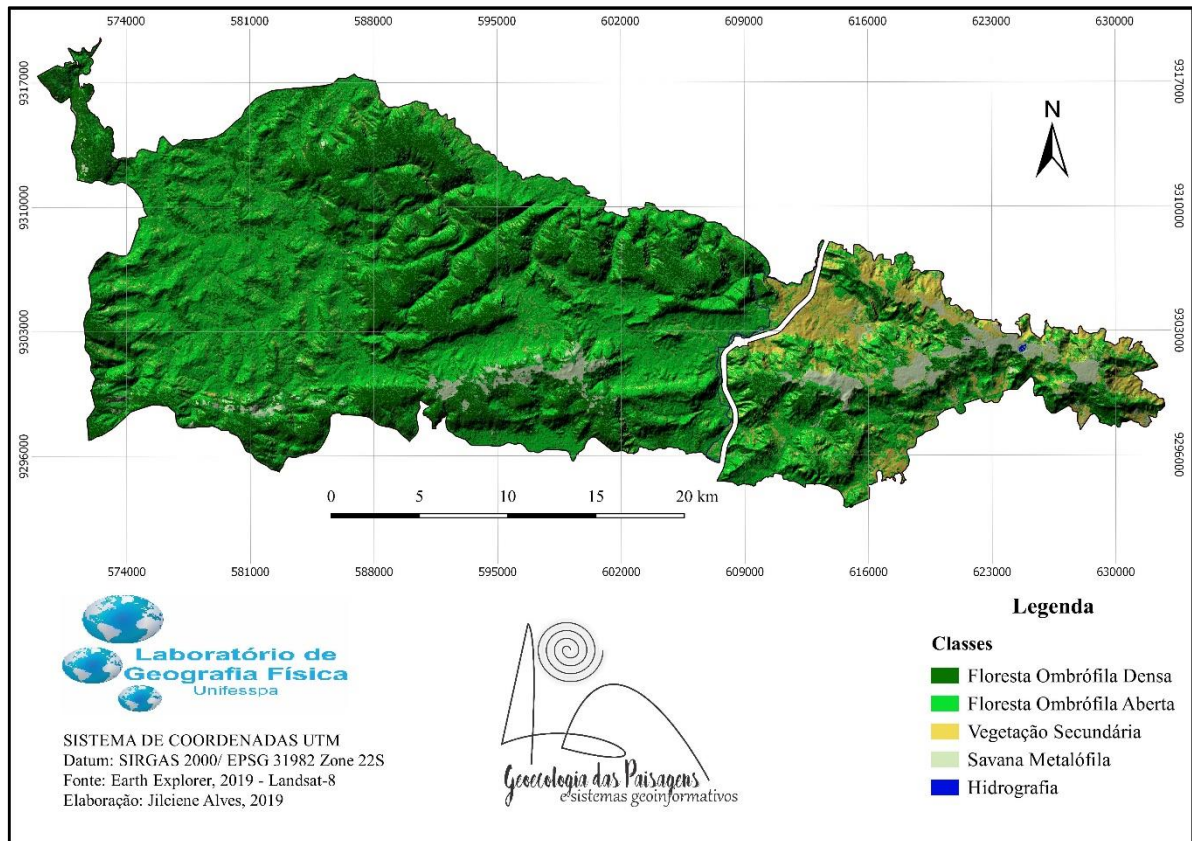
Se tratando de cobertura vegetal, o PARNA dos Campos Ferruginosos está situado no domínio de floresta Amazônica, sendo marcado pela presença de ecótonos vegetacionais, que transitam abruptamente por formações florestais e formações campestres. Esta miscigenação vegetal pode estar diretamente associada a fatores climáticos, como justifica a teoria dos Refúgios, que tem como base, que durante o quaternário, as últimas glaciações trouxeram uma expansão dos climas em escala global e regional e uma diminuição de temperaturas, no qual determinadas porções da superfície foram se fragmentando em pequenos depósitos com diferentes variações climáticas, e distintos processos evolutivos, tornando possível o desenvolvimento de espécies endêmicas, Ab'Sáber, (1992).

Outras hipóteses para os ecótonos vegetacionais foram a tectônica de placas, a abertura do oceano, o soerguimento do Cráton Amazônico, a sedimentação da bacia amazônica, e também os movimentos crustais, tudo isso contribuíram para surgimento de uma vegetação endêmica, Jorge João (2013). Dentre as tipologias florestais presentes no PARNA está a Floresta Ombrófila que se diversifica, ora por ser densa Submontana, ora por ser Aberta Submontana, além da presença de vegetação secundária e savana metalófila. Veja no mapa de Classificação da cobertura vegetal mostrado na figura 12 a classificação da vegetação do PARNA.

De acordo com a classificação fitogeográfica da vegetação elaborada pelo IBGE (2012), a Florestas Ombrófila Densa Submontana tem como características principais, sua vegetação ser contiguas, no qual as copas alongadas das arvores atribuem a forma de floresta

fechada, e constantemente verde, adaptadas a elevadas temperaturas e altas precipitações, também há diferentes espécies de flora, dentre elas a forte presença de cipós ou de palmeiras, a vegetação da floresta ombrófila, é comumente arbórea, de grande e médio porte, esse tipo de vegetação densa tende a ocorrer em áreas onde os solos são mais profundos em planícies ou em relevos mais suaves de elevadas altitudes, IBGE (2012).

**Figura 12** - Mapa de classificação supervisionada da cobertura vegetal do PARNA dos Campos Ferruginosos



Fonte: USGS Earth Explorer (2019).

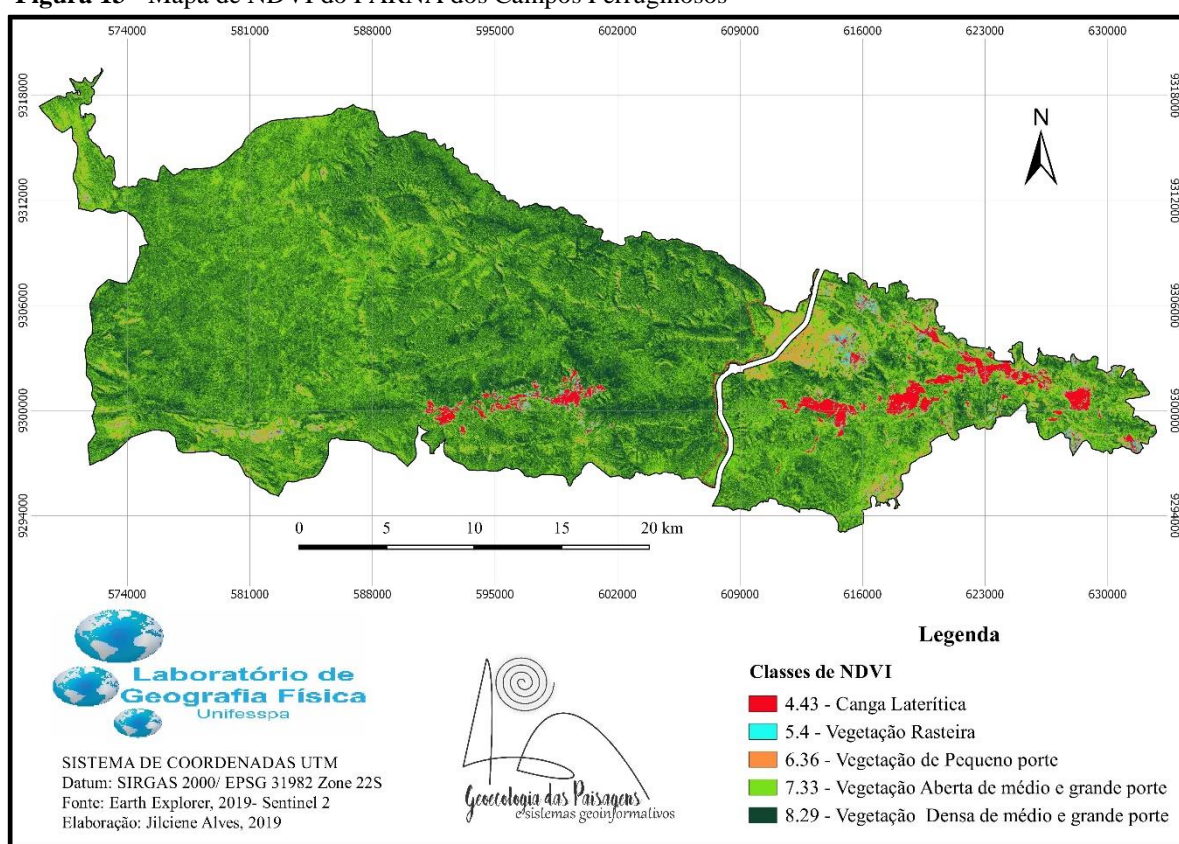
A Floresta ombrófila aberta submontana recobre boa parte do PARNA, e se caracteriza principalmente pela longiquidade entre as espécies, como é submontana possui a presença abundante de cipós, por isso também é conhecida por mata de cipós. A vegetação de floresta ombrófila aberta tendem a ocupar áreas de grande altitudes e inclinação, variando de pequeno, médio e grande porte, e também alternam com predomínio de palmeiras. Outra fitofisionomia que se mostram no PARNA são a savana metalófila, caracterizado por ser uma vegetação herbáceo-arbustiva, com afloramentos rochosos de composição ferríferas, denominados também por vegetação de cangas, essas vegetações formam pequenas manchas pelo PARNA, que se encontram nas áreas mais altas do relevo do PARNA.

Outro tipo formação vegetacional destacada no PARNA é a vegetação secundária, que foi decorrente da supressão da vegetação para o uso da terra em atividade agropecuárias, no

qual a suspensão de tais atividades possibilitou a formação de uma segunda vegetação diversificada.

Para contribuir mais com mais eficiência ao conhecimento fitogeográfico também foi elaborado um mapa NDVI, o que possibilita a identificação da distribuição espacial do comportamento espectral da vegetação que compõem o PARNA dos Campos Ferruginosos. A normalização da vegetação consiste em ser a relação entre as medidas espectrais de duas bandas de sensores de satélites. Os intervalos de refletância do NDVI foram espacialmente distribuídos em cinco classes que variam de 4.43 a 8.29 como mostra o mapa da figura 13 a baixo.

**Figura 13** - Mapa de NDVI do PARNA dos Campos Ferruginosos



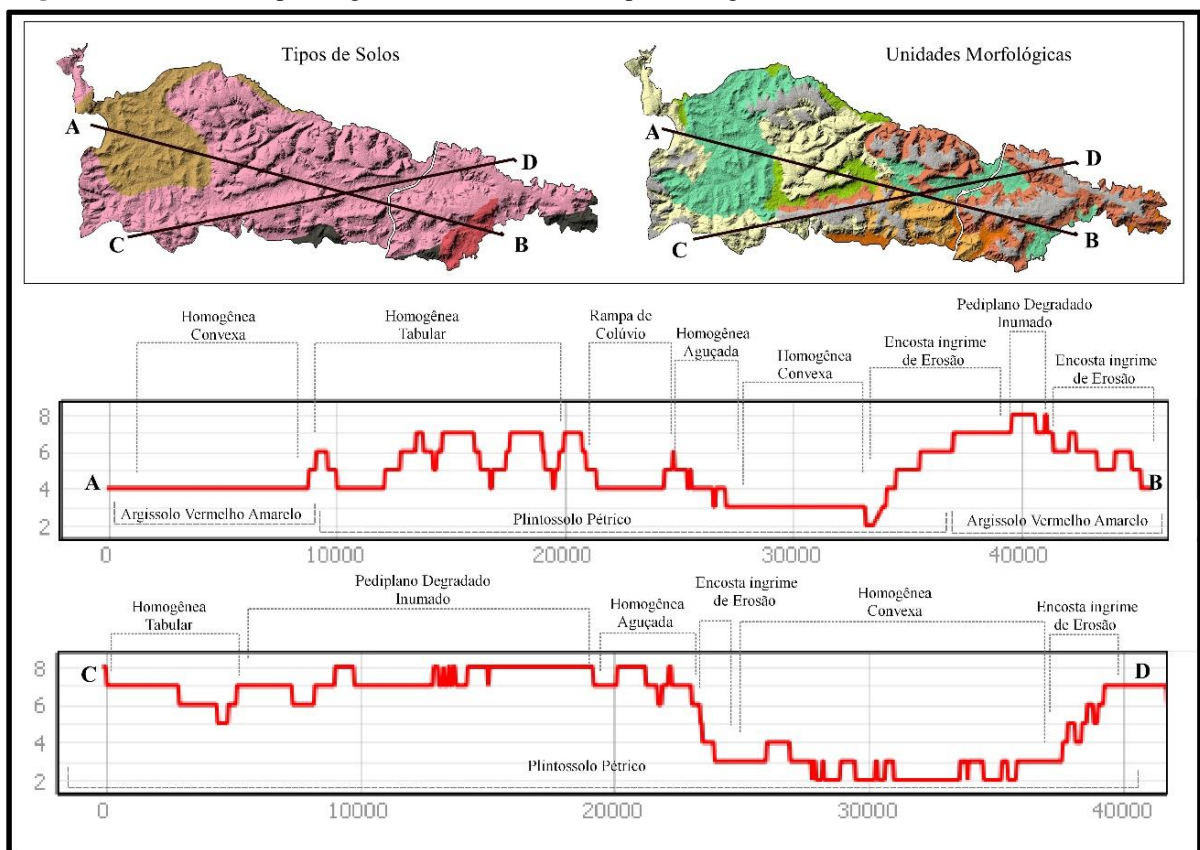
Fonte: USGS Earth Explorer (2019).

O intervalo com valor de 4.43 está associado a canga laterítica, que devido a refletância baixa do pixel o intervalo poderia se confundir com solos expostos. O intervalo de 5.4 ainda com baixa refletância refere-se à vegetação savana metalófila, que é uma vegetação mais rala, presente principalmente nos platôs, o intervalo de 6.36 está relacionado a uma vegetação de pequeno porte, que pode ser entendida como vegetação secundária. Os intervalos de 7.33 e 8.29 possuem os maiores valores de refletância, por isso referem-se a vegetação densa e aberta de médio e grande porte.

#### 4.4. Compartimentação Morfopedológica

Tendo como base a caracterização geoambiental do PARNA foi possível fazer a síntese da compartimentação morfopedológica do PARNA, que consiste na combinação dos fatores morfológicos e pedológicos, representado por meio do perfil morfopedológico, como mostra a figura 14, possibilitando a identificação de áreas com maior susceptibilidade a ocorrência de processos erosivos, que se caracterizam pelo desgaste da superfície em decorrência do transporte de partículas minerais de solos, isto é desagregação, remoção e deposição de solos de áreas topograficamente elevadas e de alta declividade, ocasionadas por processos exógenos.

**Figura 14** - Perfil morfopedológico do PARNA dos Campos Ferruginosos



Fonte: Earth Explorer 2000 e IBGE 2003.

O perfil morfopedológico foi traçado em duas extremidades do PARNA, que identificou unidades com maiores ou menores propensão aos processos de acumulação, dissecação, aplanamento, ocasionado por fases de erosão como remoção, transporte e deposição, fatores esses responsáveis pelas perdas de solo. O primeiro seguimento do A-B, tem como características morfopedológicas Plintossolos pétricos, Argissolos vermelho amarelo e Argissolos vermelho, abrangendo as seguintes unidades morfológicas com dinâmicas agradacionais: Homogênea convexa, Homogênea tabular e Rampa de colúvio, geralmente esculpidos em relevo com altitude de 300 a 400m, tendo portanto dinâmicas agradacionais

(acumulação), pois são áreas que acumulam ou recebem materiais. Já as unidades de Encosta íngreme de erosão e Homogênea aguçada são área de relevo com altitude acima de 400m, com alta declividade o que favorece a os processos denudacionais de remoção e transportes de materiais.

O seguimento C-D do perfil, mostra uma dinâmica diferente embora apresente algumas das mesmas unidades morfológicas do seguimento A-B. este seguimento possui um relevo ora apresentado por suas maiores altitudes, acima de 600m, conferindo a paisagem de escarpas ou platôs, e posteriormente um relevo de baixa altitude no PARNA. O tipo de solo do seguimento C-D é o Plintossolos petricos, que é o solo de maior expressão no PARNA, e tem nas áreas mais elevadas as unidades morfológicas de Homogênea tabular, Homogênea Convexa e Pediplano degradado inumado, eu embora sejam áreas elevada e mais planas, podem favorece aos processos de remoção e transporte de materiais dependendo da declividade de suas encostas. Já as encostas de Erosão possuem altitude variadas com alta declividade, facilitando os processos de remoção e transporte de materiais, enquanto que as unidades de Homogênea convexa se encontrar na porção mais baixa, sendo portanto áreas susceptíveis dinâmicas agradacionais (acumulação).

## **5. MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DO PARNA DOS CAMPOS FERRUGINOSOS**

### **5.1. Áreas de Fragilidade do PARNA**

De acordo com Tricart (1977), a fragilidade de um ambiente vai estar relacionada ao ao desequilíbrio do balanço dinâmico dos componentes naturais e os fluxos de matéria e energia no ambiente, portanto as unidades ecodinâmicas são fundamentais para a classificação da fragilidade, que se caracteriza pelo desequilíbrio dos processos de ordem natural (morfogenéticos frente aos pedogenéticos) ou por fatores antrópicos, contribuindo para degradação ambiental da paisagem. A caracterização geoambiental do PARNA, a compartimentação morfopedológica e o cruzamento dos mapas temáticos com a síntese dos graus de fragilidade possibilitou a criação do mapa de fragilidade ambiental, com três classes distintas a saber áreas estáveis, áreas de transição e áreas instáveis como mostra o mapa da figura 15.

### **5.2. Áreas de Fragilidade Estáveis**

As áreas classificadas como estáveis são representadas pelo ambiente em estado de equilíbrio dinâmico, resultante sobretudo da combinação harmoniosa dos processos morfodinâmicos do relevo, pedogenéticos e de cobertura vegetal, que interagem uns sobre os outros positivamente, prologando a degradação ambiental do quadro natural. As áreas estáveis do PARNA se encontram principalmente nas porções espaciais em que o relevo possui menor altimetria, que variam entre 100m a 300m, com uma declividade plana a suave ondulada, tendo como característica pedológica os argissolos vermelho-amarelo, que são consideravelmente profundos e moderadamente drenados. Este recorte tem como principal característica abundante presença de vegetação nativa, formada por florestas ombrófilas densa e aberta, onde houve pouca ou nenhuma interferência humana, tendo como característica geomorfológica as formas Homogênea tabular e convexa, que são marcadas pela densidade e aprofundamento da drenagem baixa, com rampas suavemente inclinadas.

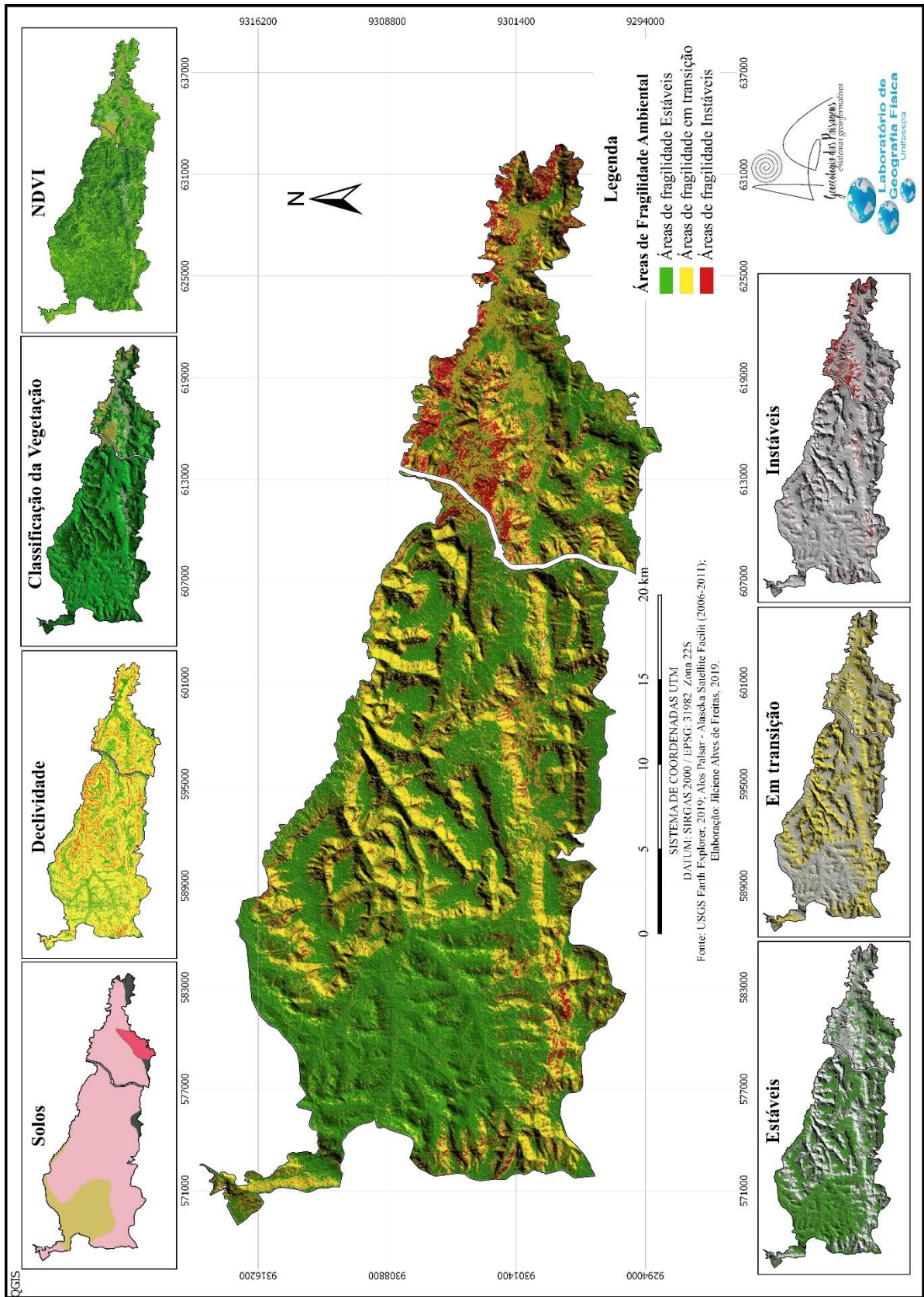
Porém, as áreas estáveis também podem ser visualizadas em porções espaciais do PARNA em que o relevo possui altitude superior a 500m, tendo como solos os plintossolos pétricos, concrecionários pelo alto teor de ferro. Com tais características geomorfológicas estas áreas mais alta do relevo poderia apresentar uma outra fisionomia de fragilidade ambiental se não fosse pela presença abundante da vegetação, que neste caso acaba sendo um fator determinante no quadro de estabilidade natural do PARNA.

### 5.3. Áreas de Fragilidade em transição

As áreas em transição do PARNA é uma categoria que se refere a passagem gradual das classes estáveis para instáveis ou vice-versa por meios da dinâmica dos processos morfodinâmicos do relevo e da pedogêneses mutuamente, podendo ser definido como o ambiente em transição. As áreas em transição do PARNA situam-se basicamente em superfícies de topografias elevadas, com altitude superior a 500m, com declividade forte ondulado a escarpado, são áreas principalmente de Encosta de erosão e homogênea aguçada, com densidade de drenagem grosseira, tendo como solos os plintossolos pétricos, concrecionários pelo alto teor de ferro.



Figura 15 - Mapa de fragilidade do PARNA dos Campos Ferruginosos



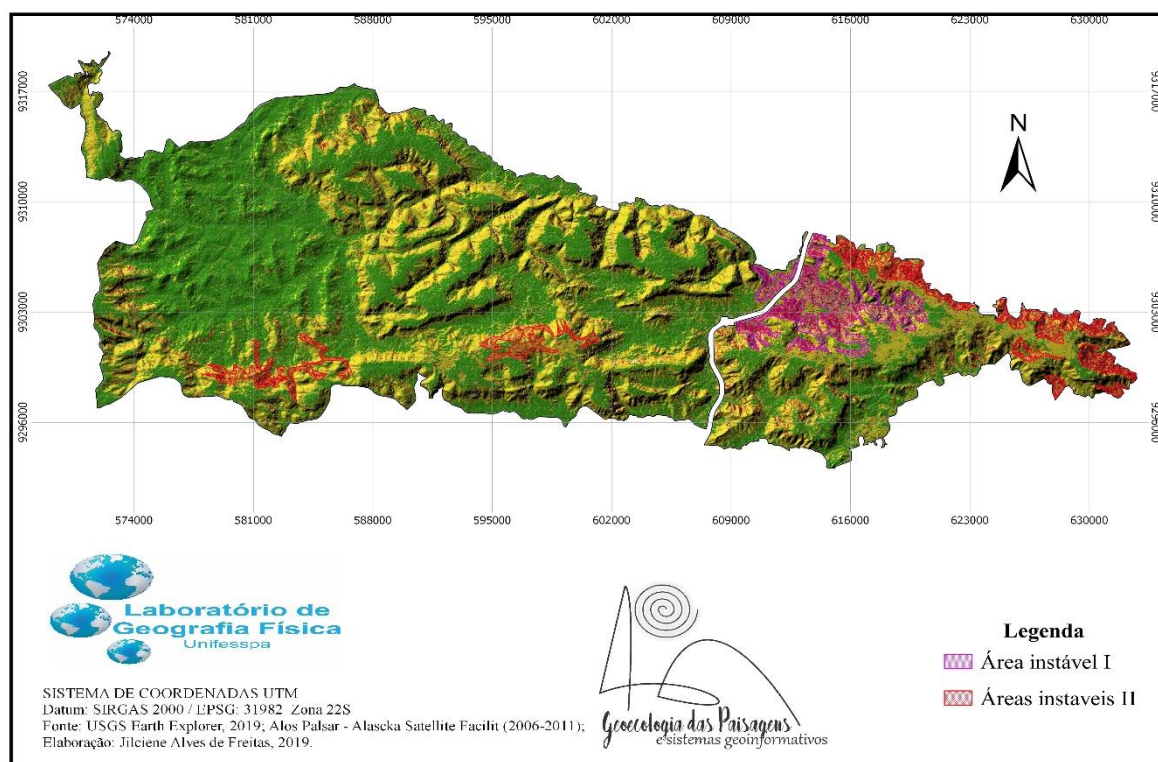
Elaboração: Jilciene Alves (2019).

A cobertura vegetal dessas áreas com maior declividade e de áreas de encosta são caracterizadas sobretudo por vegetação de floresta densa e aberta, é este tipo de vegetação que possibilita que estes espaços não sejam classificados como áreas instáveis, uma vez que esta vegetação é o condicionante que assegura ou reduz a intensidade de processos erosivo decorrente da ação do escoamento grosseira de águas pluviais, que muitas vezes acarretam no transporte dos solos. As áreas em transição também são compostas por vegetação rasteira, contudo é importante ressaltar que se esta fosse o tipo de vegetação predominante, a classificação da fragilidade seria outra, por isso é fundamental a preservação da vegetação nativa, pois uma vez retirada pode ocasionar danos irreversíveis neste ambiente.

#### 5.4. Áreas de Fragilidade Instáveis

As áreas instáveis do PARNA são caracterizadas pelo desequilíbrio face a processos de ordem natural, isto é, processos morfodinâmicos do relevo frente aos pedogenéticos e de cobertura vegetal, e por fatores antrópicos que contribuíram para degradação ambiental da paisagem. Estas áreas podem ser classificadas em duas partes, veja a figura 16, a saber áreas I e II, por fatores diferenciados.

**Figura 16** - Áreas instáveis do PARNA dos Campos Ferruginosos



Elaboração: Jilciene Alves (2019).



A área (I), apresenta baixa altitude com declividade plana a suave ondulada, com plintossolo pétrico, esta porção de área instável é decorrente do uso e ocupação do solo, que se deu primeiramente com supressão da vegetação nativa e posteriormente o desenvolvimento de atividades agropecuárias, que possivelmente tiveram dentre algumas consequências a degradação dos solos pelo pisoteio de animais, redução da capacidade de infiltração de águas pluviais devido a compactação do solo. Tais atividades foram interditada a partir de 2017 com a criação do PARNA, o que possibilitou a regeneração da vegetação, comumente denominada de vegetação secundária.

Áreas instáveis II, também podem ser áreas que houveram a supressão da vegetação, mas que agora possuem uma vegetação secundária de pequeno porte, mas possivelmente a maior parte são decorrentes de fatores naturais pois esta categoria se apresenta nas áreas de elevadas altimetrias e com altas declividade forte ondulada a montanhosa, é muito íngreme, composta uma pouca vegetação de floresta ombrófila aberta, vegetação secundária e vegetação rasteira.

#### 5.5. Fragilidade ambiental do PARNA e planejamento ambiental

Face as condições da paisagem do PARNA, exposto a partir do presente estudo, tendo como produto final a delimitação de áreas de fragilidades em transição e instáveis, é necessário pensar medidas de gestão ambiental, embora o PARNA dos Campos Ferruginosos enquanto unidade de conservação ambiental já se configure uma medida, que limita o seu uso e ocupação, é necessário ir além, tendo em vista o planejamento e ações efetivas para conservação da paisagem, levando em consideração as áreas de fragilidades em transição e instáveis, que tratam-se em parte da fragilidade decorrentes de fatores antrópicos que causaram desequilíbrio no sistema, e em parte por fatores meramente naturais decorrentes do balanço dinâmico entre os componentes naturais, vinculados sobretudo ao relevo, cobertura vegetal e solos, estando as áreas em transição são mais propensas ao desencadeamento de processos erosivos, enquanto as áreas de maiores instabilidades são as áreas prioritárias de conservação, que merecem maior atenção da gestão ambiental.

Para que a gestão ambiental do PARNA dos Campos Ferruginosos se torne efetiva, é necessário estudos técnicos e científicos como este trabalho, que permitem um levantamento integrado do quadro natural do PARNA, o que viabiliza a criação do Plano de Manejo que visa intervir e garantir a conservação desse geossistema, tendo em vista os diferentes cenários e as áreas prioritárias de conservação, como as áreas de fragilidade em transição e instáveis e a partir

de então traçar planos de gestão exequíveis, que como proposição estão: a criação de projetos de monitoramento via satélite, que pode ser feito por sites gratuitos como o site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) *Earth Explorer*, que disponibiliza imagens de diferentes satélite; mapeamento digital e trabalhos de campo nas áreas de fragilidade em transição, afim de constatar o balanço dinâmico dos componentes naturais e o grau dos processos erosivos. Tais projetos poderiam ser desenvolvidos por órgãos ambientais em parceria com grupos de pesquisa científicas de diferentes instituições de ensino.

Como medidas de planejamento para as áreas de fragilidade instável causadas pelo balanço dinâmico dos componentes naturais, que se encontram principalmente nas áreas do PARNA de maior declividade e com pouca cobertura vegetal, uma alternativa viável para tais áreas seria a implantação de projetos de Revegetação assistida, que consiste num conjunto de intervenções planejadas cujo objetivo e estabelecer uma cobertura vegetal, que neste caso seria mais para reforça a vegetação, servindo como estratégia de retenção para processos erosivos. Já para as áreas de fragilidade instável decorrente de ações antrópicas, o mais viável é que a gestão ambiental se concretize na pratica, garantindo que tais áreas não tenham nenhum tipo de uso e ocupação, possibilitando que não haja interferência na capacidade de recuperação natural dessas áreas, como desenvolvimento da vegetação secundaria, fazendo também avaliações temporais para constar o desenvolvimento dessa vegetação.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Como já mencionado o PARNA dos Campos Ferruginosos é um ambiente endêmico de grande relevância ecossistêmica, não só no contexto regional, mas também nacional, por isso compreender a sua morfodinâmica paisagística fora de suma importância para entender o estado de equilíbrio desse geossistema, que se tornou possível mediante a caracterização geoambiental e o mapeamento da fragilidade ambiental, realizada por meio do cruzamento dos dados geoambientais (solo, vegetação e relevo), que por fim constatou que o PARNA possui áreas com potencial erosivos e áreas de fragilidade instável, no qual a geomorfologia teve papel bem significativo, que facilitou a interpretação do funcionamento dinâmico do geossistema ferruginosos.

Uma vez identificadas as áreas de fragilidade instável, pode se dizer que este desequilíbrio é decorrente de dois processos distintos, o primeiro está relacionado ao balanço

dinâmico dos componentes naturais (relevo, solo e cobertura vegetal), no qual se correlacionam de forma desproporcional, sendo áreas de alta declividade, com uma vegetação de pequeno porte, o que pode favorecer aos processos erosivos dos solos, e tornam tais áreas instáveis. Vale ressaltar que na perspectiva de compartimentação morfopedológica, a unidade de Encosta íngreme de erosão é a que possui maior potencial erosivo. O segundo está relacionado com ação antrópica, que consistiu na supressão da vegetação nativa para realização de atividades agropecuárias, configurando, portanto, áreas de instabilidade.

O estudo também constatou que embora os platôs ou afloramentos rochosos com couraças ferruginosas estejam nas áreas de maior altitude, tendo uma vegetação bem rasteira, ainda assim não se configuram áreas de instabilidade, haja vista o relevo apresentar uma forma tabular e pelo fato da couraça ferruginosa apresentar uma estrutura de difícil desagregação, sendo muito resistentes a processos intempéricos, as áreas que aparecem como instável são as áreas de encosta desses platôs em virtude da acentuada declividade e vegetação de pequeno porte.

Tendo em vista todos os resultados expostos desta pesquisa, que mostraram as principais áreas prioritárias de conservação ambiental do PARNA dos Campos Ferruginosos, cabe ao poder público por meio dos órgãos ambientais competentes construir um plano adequado de gestão que vise na conservação da paisagem e contribua para o bom equilíbrio desse geossistema, se efetivando na prática e garantindo o seu funcionamento, além disso o mapeamento da fragilidade ambiental constitui importante ferramenta utilizada pelos órgãos públicos para o planejamento territorial, em escala regional ou local. Por fim espera-se que a presente pesquisa sirva como subsídio para trabalhos futuros que tenham como recorte espacial o PARNA dos Campos Ferruginosos.

## 7. REFERENCIAS

AB´SÁBER, A. N. **Um conceito de geomorfologia a serviço de pesquisas sobre o quaternário. Geomorfologia.** São Paulo, v. 18, p.01-20, 1969.

\_\_\_\_\_. **A teoria dos refúgios: Origem e significado.** Revista do Instituto Florestal. Edição Especial. (1992).

ALMEIDA, F. F. M. **Diferenciação tectônica da plataforma brasileira.** Congresso Brasileiro de Geologia, 23. Salvador-BA, p. 29-46, 1967.

BECKER, Berta K.; CHRISTOFOLETTI, Antônio; DAVIDOCICH, Fany R. & GEIGER, Pedro P. **Geografia e Meio Ambiente no Brasil**. São Paulo: ed. Hucitec, 1995.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico**. Caderno de Ciências da Terra. n.13. São Paulo, 1971. 27p.

BOAVENTURA, R. S. **Geomorfologia da Folha SB.22 Araguaia e parte da folha SC.22 Tocantins**. In: Projeto RADAM (DNPM), vol. 4. Rio de Janeiro, PIN, 1974.

BRASIL. Lei n°. 9985 de 18/07/2000, **dispõe sobre a instituição do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação**. Brasília.

CARMO, Flavio Fonseca; KAMINO Hiromi Luciana Yoshino (Org.) **Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais**. Belo Horizonte : 3i Editora, 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979.  
\_\_\_\_\_. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

DNPM – **Departamento Nacional de Produção Mineral**. 2007. Anuário Mineral Brasileiro. Disponível em: [www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br)

\_\_\_\_\_. **Departamento Nacional de Produção Mineral**. 2014. Sumário Mineral. Coordenadores: Lima, T.M. & Neves, C.A.R. Brasília: DNPM. 141 p.

EMBRAPA – **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos – Brasília: Embrapa. Produção de Informação**; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FOLHA DO BICO. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/8654-governo-pretende-aumentar-numero-de-ucs> Pará. Acesso em 01 de novembro de 2018.

FOLHA DO BICO. Disponível em [http://www.sema.pa.gov.br/download/classificacao\\_climatica\\_do\\_para.doc](http://www.sema.pa.gov.br/download/classificacao_climatica_do_para.doc). Acesso em 17 de agosto de 2019.

FOLHA DO BICO. O que são Unidades de Conservação. Dicionário Ambiental. ((o))eco, Rio de Janeiro, abr. 2013. Disponível em <https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/27099-o-que-sao-unidades-de-conservacao>. Acesso em 13 de agosto de 2019.

FOLHA DO BICO. Disponível em [http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/Cartilha\\_baixa\\_.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/Cartilha_baixa_.pdf). Acesso em 05 de novembro de 2018.

FOLHA DO BICO. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/4-destaques/4790-tres-unidades-de-conservacao-celebram-juntas-25-anos-de-existencia>. Publicado em 05 de maio de 2014. Acesso em 17 de agosto de 2019.

FOLHA DO BICO. Disponível em <[https://www.sema.pa.gov.br/download/classificacao\\_climatica\\_do\\_para.doc](https://www.sema.pa.gov.br/download/classificacao_climatica_do_para.doc)>. Acesso em 17 de agosto de 2019.

FOLHA DO BICO. Disponível em <<https://earthexplorer.usgs.gov/>> Acesso em: 08 de maio de 2018.

FOLHA DO BICO. Disponível em <<https://gismobrasil.com/2017/07/23/download-mde-alos-com-resolucao-125-m/>> Acesso em: 13 de julho de 2019.

FOLHA DO BICO. Disponível em <[https://www.mma.gov.br/cadastro\\_uc](https://www.mma.gov.br/cadastro_uc)> Acesso em: 17 de julho de 2019.

FLORENZANO, Tereza Gallotti. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: oficina de textos, 2008.

IBAMA, 2003. CVRD Companhia Vale do Rio Doce & - STP Engenharia de Projetos LTDA. **Plano de Manejo para uso múltiplos da Floresta Nacional De Carajás**.

IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2009. 175 p.

\_\_\_\_\_. **Manual Técnico de Pedologia**. n.2, 2ª ed. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2007.

\_\_\_\_\_. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2012. Versão ampliada.

\_\_\_\_\_. **Geociências Download**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>. Acesso em: 08 de maio de 2018.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. STCP Engenharia de Projetos Ltda. **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Carajás**. Brasília: MMA, 2016. 1 v.

JORGE JOÃO, Xafi da Silva Jorge.; TEIXEIRA, Sheila Gatinho.; FONSECA, Dianne Danielle Farias. (org.). Geodiversidade do estado do Pará - Belém: CPRM, 2013. 258 p.

LEPSCH, Igo Fernando. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.

\_\_\_\_\_. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo. Oficina de Textos. 2011, 456p.

MACAMBIRA, J.B. O ambiente deposicional da Formação Carajás e uma proposta de modelo evolutivo para a Bacia Grão Pará. Unpublish, Ph.D. Thesis, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 2003. 217p.

MARTINS, Frederico Drumond (et al). **Fauna da Floresta Nacional de Carajás: estudos sobre os vertebrados terrestres**. São Paulo; Nitro Imagens, 2012.

MARTORANO, L. G.; PEREIRA, L. C.; CESAR, E. G. M.; PEREIRA, I. C. B. **Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica**

(**Thornthwaite, Mather**). Belém, PA: SUDAM; Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1993. 53 p.

NOGUEIRA, A.C.R.; TRUCKENBRODT, W.; PINHEIRO, R.V.L. Formação Águas Claras, Pré-cambriano da serra do Carajás: redescrção e redefi nição litoestratigráfi ca. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 7, p. 177-197, 1995. (Série Ciências da Terra).

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Editora UFC, 2007.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia/ FFLCH/USP*, n.º 8, p. 63-73, 1994.

\_\_\_\_\_. **O registro Cartográfico dos Fatos Geomorfológicos e a Questão da taxonomia do relevo**. Revista do Departamento de Geografia, n. 6. São Paulo, 1992.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. 8. ed. São Paulo (SP): Contexto, 2008.

SANTOS, J.O.S. Geotectônica do Escudo das Guianas e Brasil-Central. In: BIZZI, L.A. et al. (Ed.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG**. Brasília: CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2003.p. 169-226, il.

**Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. rev. ampl. Brasília, DF. EMBRAPA, 2013. 356p.

SOTCHAVA, V. B. Por uma teoria de classificação de geossistemas da vida terrestre. São Paulo: Instituto de Geografia, USP, 1978.

SPÖRL, C., ROSS, J. L. S. Análise Comparativa da Fragilidade Ambiental com aplicação de três modelos. **GEOSP** - Espaço e Tempo 15, 39-49, 2004.

TAGLIANI, C. R. A. **Técnica para Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental de Ambientes Costeiros Utilizando um Sistema Geográfico de Informação**. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, 2003.

TEIXEIRA, J.B.G.; OHMOTO, H.; EGGLEER, D.H. Elemental and oxygen isotope variations in Archean mafic rocks associated with the banded iron-formation at the N4 iron deposit, Carajás, Brazil. In: COSTA, M.L.; ANGÉLICA, R.S. (Coord.). **Contribuições à geologia da Amazônia**. Belém: FINEP/SBG, 1997. p. 161-203.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN/IBGE, 1977. 91p.

VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T. (org.). **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas – SIG: texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará**. Belém: CPRM, 2008.

VIDAL, M.R. **Geocologia das Paisagens: Fundamentos e Aplicabilidades para o Planejamento Ambiental no Baixo Curso do Rio Curu-Ceará-Brasil**. 2014. p. 190. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2014.