SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
PÓS GRADUAÇÃO *LATU SENSU* EM GEOPROCESSAMENTO APLICADO A AGROECOLOGIA E AO USO DOS RECURSOS NATURAIS (GEO_AGROECOLOGIA)

DÉBORA CRISTINA DE LIMA MIRANDA

ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE CANAÃ DOS CARAJÁS - PA (1998 - 2018)

BELÉM
2019

DÉBORA CRISTINA DE LIMA MIRANDA

ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE CANAÃ DOS CARAJÁS - PA (1998 - 2018)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a banca examinadora do programa de especialização *Latu sensu* em Geoprocessamento Aplicado a Agroecologia e ao Uso dos Recursos Naturais da Universidade Federal do Pará – UFPA, Campus Ananindeua, para obtenção do grau de especialista.
Orientado pelo Prof, Dr. Alan Nunes Araújo.

BELÉM
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M672a MIRANDA, Débora Cristina de Lima
ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE CANAÃ DOS CARAJÁS - PA (1998 - 2018) / Débora Cristina de Lima MIRANDA. — 2019.
25 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Alan Nunes Araújo
Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Especialização em Geoprocessamento Aplicado à Agroecologia e ao Uso dos Recursos Naturais, Campus Universitário de Ananindeua, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, 2019.

1. Analise Multitemporal. Modelagem Matemático-Espacial. Fragilidade Ambiental. Álgebra de Mapas.. I. Título.

CDD 910.1333708115

DÉBORA CRISTINA DE LIMA MIRANDA

ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE CANAÃ DOS CARAJÁS - PA (1998 - 2018)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a banca examinadora do programa de especialização *Latu sensu* em Geoprocessamento Aplicado a Agroecologia e ao Uso dos Recursos Naturais da Universidade Federal do Pará – UFPA, Campus Ananindeua, para obtenção do grau de especialista.
Orientado pelo Prof, Dr. Alan Nunes Araújo.

APROVADO EM: ____/_____/_____

BANCA EXAMINADORA:

_____
Prof. Dr. Alan Nunes Araújo
(Orientador – FGT UFPA)

_____
Prof. Dr. Estevão José da Silva Barbosa
(Membro Interno)

_____
Prof. Dr. Tiago Barreto de Andrade Costa
(Membro Externo)

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
PÓS GRADUAÇÃO *LATU SENSU* EM GEOPROCESSAMENTO APLICADO A AGROECOLOGIA E AO USO DOS RECURSOS NATURAIS (GEO_AGROECOLOGIA)

ATA DA DEFESA DE MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

Aos seis dias do mês de Dezembro do ano de 2019, na sala 404, no ***Campus* Ananindeua**, reuniram-se os Membros da Banca Examinadora, abaixo-assinados, sob a presidência do Professor(a) Dr. **Alan Nunes Araújo** com a finalidade de examinar em forma final o Trabalho de Monografia do(a) aluno(a) **DÉBORA CRISTINA DE LIMA MIRANDA**, da Turma/curso de Pós Graduação em **Geoprocessamento aplicado a Agroecologia e ao Uso dos Recursos Naturais (GEO_AGROECOLOGIA)** do Campus Ananindeua, sob o título **"Análise da Fragilidade Ambiental no Município de Canaã dos Carajás – Pa (1998 – 2018)".** A sessão teve início às 10:00 horas e 30 minutos e foi encerrada às 12:00 hs e 30 minutos. Após a exposição do aluno, houve arguição dos Membros da Banca Examinadora seguido de resposta do(a) aluno(a). Em seguida, a Banca reuniu-se para deliberar sobre o CONCEITO atribuído à Monografia/Artigo. Por consenso, a Banca Examinadora decidiu:

( ) Não aprovar

( ) Aprovar com o conceito _____.

(X) Aprovar com o conceito EXCELENTE e recomendações para a revisão dos seguintes pontos: Sugestões propostas e entregues à discente para possíveis correções sugeridas pela banca.

Obs.: Caso o trabalho seja aprovado com recomendações de revisão, o (a) aluno (a) dispõe de 30 dias para dar forma final ao trabalho e entregar em CD no formato digital em PDF na secretaria Geral da Pós-Graduação, após anuência da banca examinadora.

Ananindeua/PA, 06 de Dezembro de 2019.

Presidente/Orientador(a)
Prof. Dr. Alan Nunes Araújo

Membro/Examinador(a)
Prof. Dr. Estevão José da Silva Barbosa

Membro/Examinador(a)
Prof. Dr. Tiago Barreto de Andrade Costa

Scanned with CamScanner

Aos meus pais Ana e Arão.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e por ter me dado saúde e força para concluir mais essa etapa.

Aos meus pais Ana e Arão por todo amor, empenho e dedicação na minha criação, e por serem os grandes incentivadores dos meus estudos. Aos meus irmãos Alexandre e Raul e ao meu noivo Sharleys por sempre estarem comigo, me apoiando, e me incentivando.

Aos meus familiares que foram de extrema importância na minha vida, em especial a minha avó materna Rita *in memoriam.*

À Universidade Federal do Pará, a coordenação e aos professores do curso de pós-graduação, em especial ao Professor Dr. Alan Nunes Araújo, por toda dedicação e disposição empregada na orientação deste trabalho.

A todos os amigos da turma, pelo companheirismo e por todos os momentos vividos.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conquista de mais esse grau em minha formação acadêmica, o meu muito obrigado.

A Persistência é o Caminho do Êxito.
Charlie Chaplin

RESUMO

No presente trabalho foi desenvolvida uma Análise Multitemporal da Fragilidade Ambiental no Município de Canaã dos Carajás, região que enfrenta ao longo de sua história intervenções e modificações, frente aos grandes projetos econômicos como atividades econômicas desenvolvidas na agropecuária, indústria e serviços e ações de preservação ambiental como a criação da Floresta Nacional de Carajás e Parque Nacional dos Campos Ferruginosos. De acordo com as metodologias proposta por Ross (1994) baseadas nos conceitos da Ecodinâmica e Ecossistêmica definidas por Tricart (1977) empregou-se a álgebra de mapas nos mapas de declividade, geológico, proximidade de drenagem e mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 1998, 2008 e 2018, findando em modelos matemáticos-espaciais dos anos citados. Nos modelos gerados, destacam-se ao longo dos 20 anos estudados a classe de fragilidade média, pois apenas essa classe ocupa cerca de 39,40%, 40,99% e 42,08% das áreas dos anos de 1998, 2008 e 2018 respectivamente, localizadas mais ao sul e em áreas com relevo mais planos, empregadas nas atividades agropecuárias. As áreas classificadas com fragilidade muito baixa e baixa quando somadas ocupam 57,8%, 56% e 54% das áreas nos anos de 1998, 2008 e 2018 respectivamente, localizadas principalmente ao norte e em áreas de preservação ambiental, próximos aos cursos d'água e em focos preservados entre as áreas agropecuárias ao sul. As áreas classificadas em fragilidade alta e muito alta ocupam 3,52%, 3,55% e 3,58% das áreas nos anos de 1998, 2008 e 2018 respectivamente, estando presentes nos topos de maior altimetria, localizadas nas porções Leste-Oeste - que caracterizam também áreas de solo exposto devido a vegetação de canga – além de espaços empregadas na atividade mineral e em áreas urbanizadas.

Palavras-chave: Analise Multitemporal. Modelagem Matemático-Espacial. Fragilidade Ambiental. Álgebra de Mapas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de localização do município de Canaã dos Carajás.....2

Figura 2 – Fluxograma das etapas de construção do trabalho desenvolvido.....6

Figura 3 – Evolução da composição do PIB em Canaã dos Carajás.....10

Figura 4 – Distribuição dos platôs com os geossistemas ferruginosos, mostrando sua inserção nos maciços florestais, com os limites do parque nacional dos campos ferruginosos, criando em 2017, podendo ser visualizada área já minerada da serra norte em tom mais claro de rosa.....12

Figura 5 – Mapa de Declividade.....14

Figura 6 – Mapa Geológico.....15

Figura 7 – Mapa de Proximidade de Drenagem.....16

Figura 8 – Mapas de Uso e Ocupação do Solo.....17

Figura 9 – Mapas de Fragilidade Ambiental do ano de 1998.....18

Figura 10 – Mapas de Fragilidade Ambiental do ano de 2008.....19

Figura 11 – Mapas de Fragilidade Ambiental do ano de 2018.....20

Figura 12 – Variação da fragilidade ambiental média. 21

Figura 13 – Variação da fragilidade ambiental do somatório das classes muito baixa e baixa.....21

Figura 14 – Variação da fragilidade ambiental do somatório das classes muito alta e alta.....21

LISTA DE TABELAS

TABELA I -Declividade.....5
TABELA II - Geologia.....7
TABELA III - Proximidade de Drenagem.....7
TABELA IV- Uso e Ocupação do Solo.....8
TABELA V- Classes de Fragilidade Ambiental.....8

LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS

APP – Área de Preservação Permanente

CEDERE - Centro de Desenvolvimento Regional

CFEM - Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

FLONA – Floresta Nacional de Carajás

GETAT - Grupo Executivo das Terras do Araguaia e Tocantins

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

OBIA - Classificação Orientada a Objetos

PIB – Produto Interno Bruto

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SEMDEC – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA vi
AGRADECIMENTOS vii
EPÍGRAFE. viii
RESUMO ix
LISTA DE ILUSTRAÇÕES x
LISTA DE TABELAS xi
LISTAS DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS xii
1.0 INTRODUÇÃO 1
2.0 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 2
3.0 REFERENCIAL TEÓRICO 4
3.1 O CONCEITO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL 4
3.2 GEOTECNOLOGIAS E MEIO AMBIENTE 5
4.0 METODOLOGIA 6
5.0 RESULTADOS E DISCURSSÕES 10
5.1 ECONOMIA 10
5.2 ASPECTOS FISÍOGRÁFICOS 11
5.2.1 Relevo 11
5.2.2 Solos 12
5.2.3 Clima 12
5.2.4 Floresta Nacional de Carajás 12
5.3 FRAGILIDADE AMBIENTAL 14
6.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS 19
7.0 REFERENCIAS 20

1.0 INTRODUÇÃO

As intervenções humanas ao meio ambiente se não forem realizadas de forma consciente podem causar um grande dano ambiental, segundo Borsato & Sousa (2004) a sociedade humana tornou-se o principal agente nos processos naturais, ela cria geossistemas socioeconômicos, com a finalidade da utilização racional da paisagem e de seus recursos naturais. Desse modo, o homem tenta controlar e ajustar os geossistemas e, desta forma, manter as bases naturais e energéticas a um nível que permita a satisfação e a segurança das necessidades da sociedade humana.

De outro lado temos hoje em dia a crescente preocupação em analisar de forma qualitativa e quantitativa quais os impactos que o mau uso causa ao meio geográfico. Uma metodologia bastante empregada para analisar e estabelecer esses dados, são as modelagens, empregadas em analisar dados relacionados com áreas específicas. Assim, partindo da necessidade em analisar dados complexos a partir da integração em uma base de dados única de representação de dados espaciais, emprega-se cada vez mais os sistemas de informação geográfica – SIG (FELGUEIRAS 2001).

Tricart (1977) com os conceitos de Unidades Ecodinâmica e Ecossistêmica, estabelece as trocas de energia e matéria da natureza, que se processam através de relações de equilíbrio dinâmico, onde as intervenções humanas têm alterado constantemente o equilíbrio. A fragilidade empírica proposta por Ross (1994) estabelece graus de instabilidades e estabilidades, de acordo com estudos básicos de todos os elementos e suas variáveis no espaço e no tempo, para se chegar a um diagnóstico das diferentes categorias hierárquica da fragilidade dos ambientes naturais (BORSATO & SOUSA, 2004).

Trabalhando com base na metodologia da fragilidade empírica proposta por Ross (1994) desenvolvidas com base nas concepções de Ecodinâmicas e Ecossistêmica. O presente trabalho, tem como objetivo analisar espaço temporalmente a fragilidade ambiental no município de Canaã dos Carajás

2.0 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

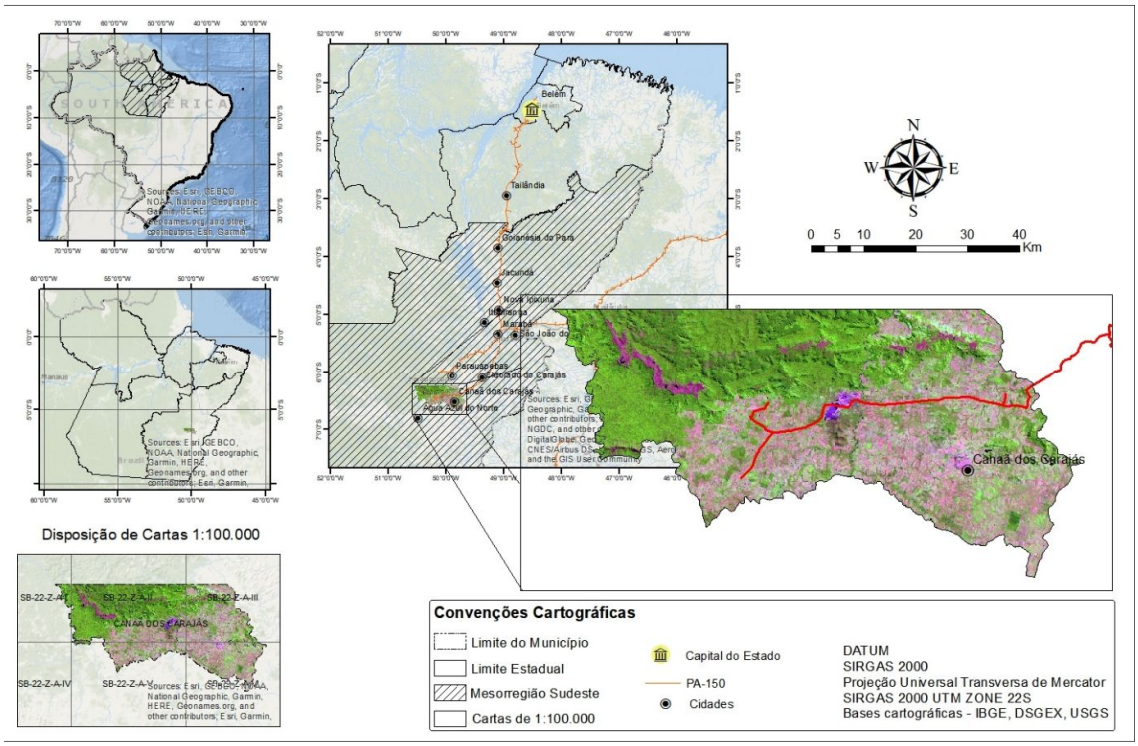
O município de Canaã dos Carajás está localizado a região sudeste e microrregião Parauapebas no estado do Pará, entre a latitudes e longitudes disposta na tabela I, estando a uma altitude de 210 metros. Distante de Belém a aproximadamente 600 km, e abrange área total de 3.145km^2 (Figura 1).

Tabela I - Coordenadas

Latitude	Longitude
06°15'1.03"S	50°34'1.30"W
06°14'55.17"S	49°49'23.68"W
06°31'1.79"S	49°39'3.20"W
06°42'51.91"S	49°43'47.17"W
06°37'46.16"S	50°18'1.75"W
06°30'49.33"S	50°28'56.92"W

Fonte: Da Autora.

Figura 2 – Mapa de localização do município de Canaã dos Carajás.



Fonte: Da Autora.

O nome Canaã dos Carajás tem origem bíblica e significa 'Terra Prometida', o município nasceu a partir de um assentamento agrícola. O Projeto de Assentamento Carajás, localizado na região sudeste do Pará, foi implantado a partir de 1982 pelo Grupo Executivo das Terras do Araguaia e Tocantins (GETAT), do Governo Federal. O objetivo era atenuar os conflitos pela posse da terra na região, principalmente na área conhecida como Bico do

Papagaio. Ao longo de três anos, 1.551 famílias foram assentadas na área que ficou conhecida como Centro de Desenvolvimento Regional, CEDERE. Até 1985, 816 famílias haviam recebido o título definitivo de terra. Porém, naquele mesmo ano, as atividades de assentamento dos sem-terra terminam e o GETAT foi extinto. Só em outubro de 1994, através da Lei Estadual 5.860, o CEDERE é desmembrado de Parauapebas e vira município - o de Canaã dos Carajás PMCC (2019). Segundo o último senso realizado em 2010 a cidade de Canaã possui uma população de 26.716 e densidade demográfica de 8.49 hab/km^2 (IBGE, 2010).

3.0 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O CONCEITO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL

Estudos sobre a análise empírica da fragilidade proposta por Ross (1994), baseou-se no conceito e Unidades Ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1997). Estudar a organização do espaço é determinar como uma ação se insere na dinâmica natural, para corrigir certos aspectos desfavoráveis e para facilitar a explotação dos recursos ecológicos que o meio oferece. As análises são pautadas em três tipos: meios estáveis, meios intergrades e os fortemente instáveis.

Em meios estáveis utiliza-se o modelado, à interface atmosfera-litosfera. O modelado evolui lentamente, muitas vezes de maneira insidiosa, dificilmente perceptível, os processos mecânicos atuam pouco e sempre de modo lento e somente medidas precisas podem colocá-los em evidência. Os meios intergrades (transição) asseguram a passagem gradual entre os meios estáveis e os meios instáveis, característico pela interferência permanente de morfogênese e pedogênese, exercendo-se de maneira concorrente sobre um mesmo espaço, avaliando de acordo com dois critérios um qualitativo e outro quantitativo. Os meios fortemente instáveis a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural, e fator determinante do sistema natural, ao qual outros elementos estão subordinados, a degradação antrópica é um exemplo, pois se acrescentam as causas naturais particularmente eficazes nas regiões acidentadas, onde o clima opõe fatores limitantes severos a vegetação (TRICART, 1997).

Segundo Ross (1994) a análise empírica da fragilidade exige estudos básicos do relevo, do subsolo, do solo, do uso da terra e do clima. Os estudos de solos prestam-se por um lado a avaliação da potencialidade agrícola e do outro subsidia a análise da fragilidade do ambiente face ás ações antrópicas ligadas a agropecuária. Os levantamentos geológicos são básicos para o entendimento da relação relevo/solo/rocha, as informações climáticas, sobretudo as de chuvas, também se prestam tanto para a análise da potencialidade agrícola como para avaliação da fragilidade natural dos ambientes, a rugosidade topográfica do relevo (índice de dissecação) e declividade das vertentes bem como os levantamentos dos tipos de uso da Terra.

Outro modo de tratar a relação das variáveis, solos, relevo, clima, uso da terra e cobertura vegetal é estabelecer uma classificação da fragilidade potencial e emergente a partir de uma associação de dígitos arábicos onde cada um dos números do conjunto numérico representa um determinado peso variam de 1 a 5 ou seja do mais fraco ao mais forte (ROSS, 1994).

Moura (2007) discuti a fragilidade ambiental através da análise de multicritérios também conhecida como *Árvore de Decisões* ou como *Análise Hierárquica de Pesos*, baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação, na definição do grau de pertinência de cada plano e de cada um dos seus componentes de legendas para a construção do resultado final.

Emprega-se a matemática simples de *Média Ponderada* ou a lógica de *fuzzy* para atribuir aos pesos e notas.

3.2 GEOTECNOLOGIAS E MEIO AMBIENTE

As geotecnologias há algum tempo vem sendo consideradas como um importante instrumento para subsidiar a análise e a compreensão dos processos de transformação do espaço geográfico. Os procedimentos de análise espacial, desenvolvidos no ambiente de um SIG, possibilitam, no estágio tecnológico atual, a análise de processos, alguns simples e outros mais complexos, do mundo real. Para isto é necessário a criação de modelos ambientais, que representem adequadamente o fenômeno natural em estudo (FELGUEIRAS, 2001).

O geoprocessamento utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. Utiliza como ferramenta principal o Sistema de Informação Geográfica (SIG). O SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica. Sendo possível trabalhar com diversas fontes e se apresentar em diferentes formados.

Em lugar de simplesmente descrever elementos ou fatos, os modelos de análise espacial em SIGs podem traçar cenários, simulações de fenômenos, com base em tendências observadas ou julgamento de condições estabelecidas. O risco da subjetividade pode ser reduzido com processo de ajustes ou calibração e verificação através de sua aplicação a uma situação conhecida, denominado também de “validação” (MOURA, 2007).

A modelagem deve considerar que os processos da natureza resultam das interações espaço-temporais complexas entre os diversos elementos que os compõem, ou seja, as propriedades ambientais. No modelo matemático de um processo, as propriedades ambientais são tratadas como variáveis do modelo enquanto que suas inter-relações são representadas por operações aritméticas ou lógicas (FELGUEIRAS, 2001).

Moura (2007) descreve as análises de multicritérios, que são muitos utilizadas em geoprocessamento, baseia-se justamente na lógica básica da construção de um SIG, considerando um recorte metodológico de simplificação da complexidade espacial e representação da realidade segundo diferentes variáveis organizadas em camadas de informação e finalmente, possibilidade de validação e calibração do sistema, mediante identificação e correção das relações construídas entre as variáveis mapeadas.

4.0 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos contaram com levantamento da bibliografia especializada, realizado por meio da consulta de livros, teses, dissertações, artigos e outros, a fim de aprimorar os estudos e aprofundar questões técnicas relativas ao geoprocessamento, a metodologia de identificação da fragilidade ambiental e conhecimentos geológicos, geomorfológicos, hidrográficos, hipsométricos, e outros atribuídos a área trabalhada.

Na etapa laboratorial, foram realizados aquisição de dados vetoriais e matriciais, sendo eles: limite municipal, limite estadual adquiridos da base do IBGE, imagens de satélite *Landsat 5 e Landsat* 8 disponibilizadas pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS); imagem do satélite *Alos Palsar* da plataforma *Alaska Satallite Facity*, mapa geológico e hidrografia unifiliar da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

As cartas de fragilidade são os resultados das relações matemático-espacial dos mapas temáticos de declividade, geológico, proximidade de drenagem e uso e ocupação do solo, segundo a metodologia proposta por Ross (1994), o passo a passo de elaboração pode ser visualizado no fluxograma (Figura 2).

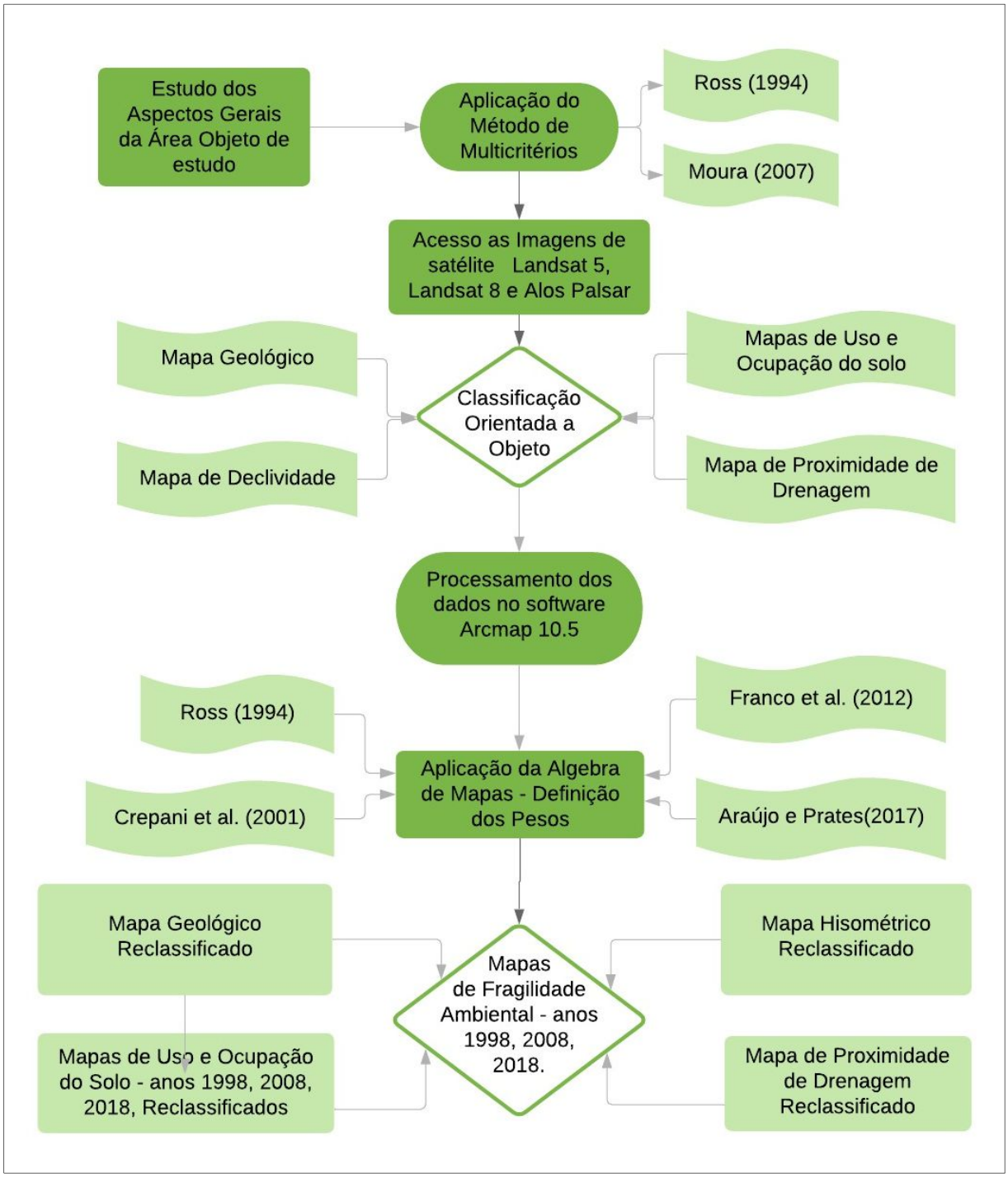
O mapa de declividade foi elaborado a partir de imagens *Alos Palsar* de resolução espacial de 12,5 metros, com escala 1:250.000, projeção SIRGAS 2000 zona 22S, carregadas e modeladas no *software ArcMap* 10.5. São considerados os intervalos de classes já consagrados nos estudos de capacidade de uso/aptidão agrícola associados com aqueles conhecidos como valores limites críticos da geotecnia, indicativos respectivamente do vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamento/ deslizamento e inundações frequentes, estabelecendo pesos baseados nos estudos de Ross (1994) que levam em consideração características como textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas, profundidade/espessura além de litologia, relevo clima e outros fatores (Tabela II).

Tabela II - Declividade

Grau de Fragilidade	declividade (%)	Peso
muito fraca	até 6%	1
fraca	de 6 a 12 %	2
média	12 a 20%	3
forte	20 a 30%	4
muito forte	acima de 30%	5

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Figura 2 – Fluxograma das etapas de construção do trabalho desenvolvido.



Fonte: Da Autora.

O mapa geológico foi adquirido do banco de dados digital da CPRM ano de 2008, em escala de 1:1000.000, projeção SIRGAS 2000 zona 22S, sendo carregado no *software ArcMap* 10.5 e recortado no limite do município. Segundo Crepani *et al*. (2001) a contribuição da geologia para a análise e definição da categoria morfodinâmica da unidade de paisagem natural compreende as informações relativas à história da evolução geológica do ambiente onde a unidade se encontra e as informações relativas ao grau de coesão das rochas que a compõem, sendo esta última, a informação básica da geologia a ser integrada a partir da Ecodinâmica, definindo pesos aos graus de fragilidade (Tabela III).

Tabela III - Geologia

Grau de Fragilidade	Formações	Peso
muito fraca	Outras	1
fraca	Xingu	2
média	Parauapebas	3
forte	Águas Claras	4
muito forte	Carajás	5

Fonte: Adaptado de Crepani *et al*. (2001).

Para o mapa de proximidade de drenagem, foram obtidos dados vetoriais do portal de mapas do IBGE, em escala 1:250.000, projeção SIRGAS 2000 zona 22S, onde foram carregados no *software ArcMap* 10.5 e recortado no limite do município. Para Freitas *et al.* (2013) o emprego da análise da proximidade de drenagem é uma forma de localizar os corpos hídricos e principalmente as áreas de preservação permanente, indicado as áreas muito sensíveis a degradação ambiental, estabelecendo assim pesos para grau de fragilidade conforme as distâncias de proximidade dos cursos d'água (Tabela IV).

Tabela IV – Proximidade de Drenagem

Grau de Fragilidade	Proximidade	peso
muito fraca	>120m	1
fraca	90-120m	2
média	60-90m	3
forte	30-60m	4
muito forte	<30m	5

Fonte: Adaptado de Araujo & Prates (2017).

Os mapas de uso e ocupação do solo foram gerados para os anos de 1998, 2008 e 2018 em escala 1:250.000, projeção SIRGAS 2000 zona 22S. Empregou-se a base de dados da USGS com as imagens *Landsat* 5 para os anos de 1998 e 2008 e *Landsat* 8 para o ano de 2018. Foram classificadas no *software* alemão *eCognition Object-Oriented Image Analysis,* trabalha com a classificação orientada a objetos (OBIA) e surge como um método alternativo para classificar imagens de alta resolução, permitindo uma compreensão detalhada do padrão de cobertura do

solo, uma vez que se torna possível identificar um número maior de classes (UTSUMI *et al.* 2017).

Segundo Franco *et al*. (2012) a cobertura vegetal responde pela estabilidade dos processos morfodinâmicos, quanto maior é a densidade da cobertura vegetal maior é a capacidade de frear o desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese. Por outro lado, a falta de cobertura vegetal densa contribui para a instabilidade ambiental, com o desenvolvimento da morfogênese (Tricart, 1977), com pesos definidos aos graus de proteção dos diferentes tipos de cobertura vegetal (Tabela V).

Tabela V – Uso e ocupação do solo

Grau de Fragilidade	Classes	peso
muito fraca	vegetação/Água	1
fraca	-	-
média	-	-
forte	Pastagem/Mineração/Área Urbana	4
muito forte	Solo Exposto	5

Fonte: Adaptado Tricart (1977) e Franco *et al.* (2012).

Para a modelagem matemático-espacial da fragilidade ambiental, utilizou-se o método de multicritérios com base na média ponderada, segundo Câmara *et al*. (2001) cada plano de informação receberá pesos diferentes, bem como as respectivas classes dos planos de informação. O resultado será um mapa com áreas que expressam um grau de importância relativa através dos valores numéricos de saída, com função matemática expressa por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} wij * yi}{\sum_{i=1}^{n} yi}$$

Sendo, wij é o peso da classe "i" do plano de informação "j", e yj o peso do plano de informação "j". Pesos estabelecidos na Tabela VI.

Tabela VI – Classes de Fragilidade Ambiental

Classe de Fragilidade	Valor Atribuído
muito fraca	1
fraca	2
média	3
forte	4
muito forte	5

Fonte: Adaptado Ross (1994).

5.0 RESULTADOS E DISCURSSÕES

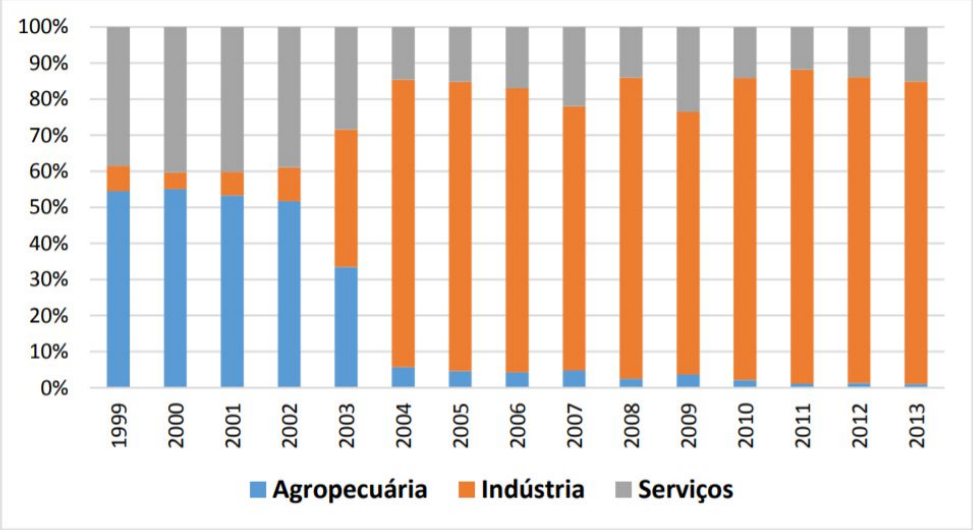
5.1 ECONÔMIA

As atividades agropecuárias e industriais representadas principalmente pela mineração se destacam nessa região, a primeira vem com a fundação do município no assentamento de significativo número de famílias de agricultores, a segunda atividade se deu com a implementação do projeto Sossego no ano de 2000 e operação a partir de 2003, que é tida como a maior jazida de cobre já descoberta no país (SEBRAE & SEMDEC, 2016).

E no ano de 2016, a atividade mineradora ganhou forças com a operação do maior projeto de minério de ferro do mundo denominado de complexo S11D, que segundo os economistas é considerado o maior investimento privado no Brasil desta época. O empreendimento é conhecido por aliar tecnologia e preservação do meio ambiente, uma das principais inovações é a adoção do conceito de *truckless* (mineração sem caminhões), possibilitando a diminuição da quantidade de resíduos em mais de 70%, outra inovação é o processamento do minério de ferro a partir da umidade natural, tecnologia que elimina o uso de barragem de rejeitos e permite um consumo de 93% menor que no processamento úmido tradicional (SEBRAE & SEMDEC, 2016).

Em uma visão histórica essas atividades sempre contribuíram para a econômica de Canaã, no entanto a participação de ambas em número vem mudando no decorre dos anos. Segundo estudos realizados por PINHEIRO (2015) de 1999 para 2003, a distribuição da participação setorial no PIB variou de 55%, 7% e 39% para 33%, 38% e 28% para agropecuária, indústria e serviços; de 2004 a 2013, como reflexo dos projetos de mineração, essa variação foi de 6%, 80% e 15% para 1%, 84% e 15%, respectivamente (Figura 3). Analisando os dados podemos observar uma crescente contribuição do setor mineiro ao longo dos anos. Segundo o senso realizado em 2016 o PIB de Canaã é de 67.238,81 de reais e tende ao crescimento com o funcionamento completo do projeto S11D.

Figura 3 – Evolução da composição do PIB em Canaã dos Carajás.



Fonte: Pinheiro (2015).

5.2 ASPECTOS FISÍOGRÁFICOS

5.2.1 Relevo

O município se encontra localizado dentro da bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas e está dividido em duas estruturas morfológicas, denominados Depressão Periférica do Sul do Pará e Planalto Dissecado do Sul do Pará. Segundo alguns mapeamentos são descritos dois domínios com declividade de 15% a 45% (relevo fortemente ondulado), localizados nas cabeceiras de alguns cursos de águas nas porções oeste e sudoeste da bacia e na região central de toda a bacia, onde se assenta a Serra dos Carajás (SEBRAE & SEMDEC, 2016).

O primeiro domínio é caracterizado pela existência de cursos de água de importante contribuição ao rio Itacaiúnas, o segundo é marcado pela presença de formações ferríferas, constituindo-se na principal unidade geomorfológica e aquífera de toda a bacia hidrográfica, responsável por orientar o curso e alimentar as calhas fluviais dos rios Parauapebas e do próprio Itacaiúnas. A maior parte desses domínios encontrando-se em faixas de 350 a 800 metros em relação ao nível do mar e destacam-se por apresentar elevando potencial erosivo. Outro domínio geomorfológico classificado como áreas de relevo intermediário com faixas de declividade entre 8% e 45%, para as formas residuais de relevo, e de 3% a 8% para áreas rebaixadas contidas nas primeiras, apresentam na faixa de 350 a 650 metros em relação ao nível médio do mar, sendo, entre formações serranas estruturais e aquelas denominadas pediplanadas. O domínio do pediplano está presente em áreas cuja declividade é sempre inferior a 8%, em as altitudes de intervalo entre 100 m e 150 m em relação ao nível médio do mar (SEBRAE & SEMDEC, 2016).

5.2.2 Solos

Os tipos de solos são fundamentais para a formação e estruturação da vegetação, importantes na definição de usos e ocupações, além de influenciarem a formação de aquíferos e os processos de erosão e deposição de sedimentos. No município de Canaã dos Carajás foram mapeados três tipos de solos: argissolos vermelho-amarelos distróficos (observados em regiões menos declivosas), latossolos vermelho-amarelos distróficos (presentes nas Serras e Planaltos de Carajás) e neossolos litólicos distróficos (estão presentes normalmente em regiões cujo relevo tende a ser mais ondulado) (SEBRAE & SEMDEC, 2016).

5.2.3 Clima

Segundo a classificação de Köppen-Geiger o clima em Canaã dos Carajás é tropical com estação seca, Aw subtipo Aw4, SEBRAE & SEMDEC (2016). As condições climáticas deste subtipo, estão regidas por totais pluviométricos de média anual, que vão de 1500 mm a 2000 mm, a área de maior extensão é representada por uma faixa que abrange a parte Leste, Sudeste do Pará, fazendo limite com os Estados do Maranhão e Tocantins. Elas somam 170.391 km^2, o que corresponde a 13.7 % da superfície estadual.

O regime pluviométrico apresenta um ciclo unimodal, com verão chuvoso que se inicia em outubro, atinge o máximo no período de janeiro a março e termina em maio, e inverno seco. Os totais de precipitação registrados na região, da ordem de 2.033 milímetros ao ano, são extremamente altos, ocorrendo durante o ano cerca de 140 dias com chuva, sendo que 3/4 da precipitação total anual ocorre nos três meses mais chuvosos. A temperatura média mensal varia entre 25,1º C e 26,3º C, sendo a mínima absoluta situada entre 15,6º C e 18,3º C e registrada entre os meses de julho e outubro, e a máxima entre 34,3º C e 38,1º C, que pode ocorrer nos demais meses (VIANA *et al.* 2016).

5.2.4 Floresta Nacional de Carajás

A unidade de conservação federal Floresta Nacional de Carajás (Flona), criada em 1998, está localizada no sudeste do Pará, em partes no município de Parauapebas, Canaã dos Carajás e Água Azul do Norte. Com a lei nº 9.985 de 2000 que estabelece o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) as florestas nacionais passaram a ter papel mais explícito na conservação da biodiversidade (ICMBIO, 2017).

> A Floresta Nacional é uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas (BRASIL, 2000).

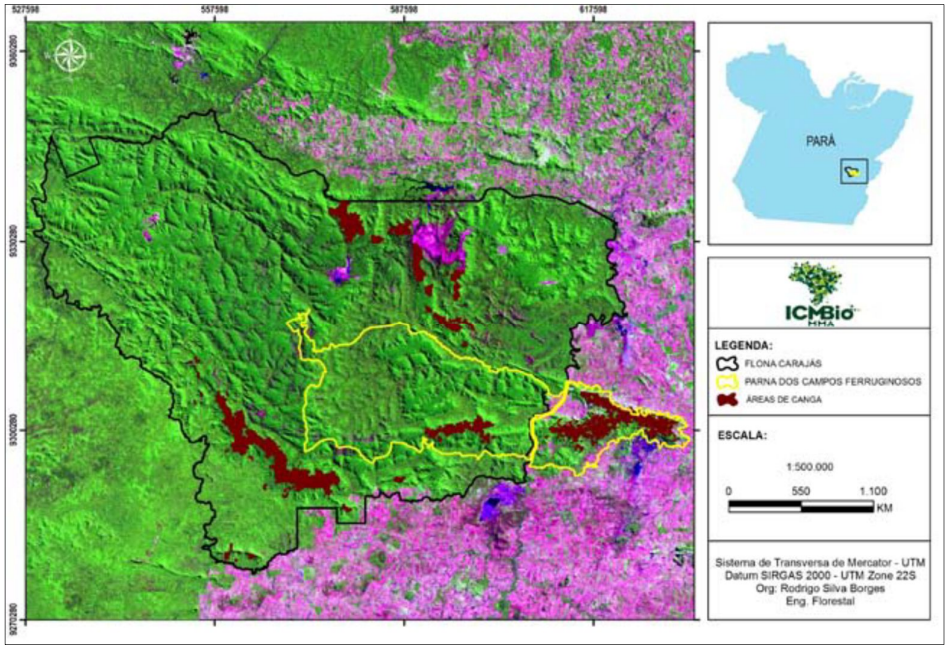
Dentro dos limites da Flona, a Serra dos Carajás destaca-se na paisagem pelas elevações entre 500 e 700 m de altitude com topos ligeiramente aplainados, ocorrendo também, com

menor frequência, morros colinosos e serras com cristas aguçadas. Inserida no domínio fitogeográfico da Amazônia, a região de Carajás abriga vegetação campestre numa matriz dominada por formações florestais que variam desde as florestas ombrófilas sempre verdes até as estacionais, sobre os platôs cobertos por afloramentos ferruginosos na região, encontra-se um rico mosaico de fitofisionomias predominantemente abertas associadas diretamente ao substrato rochoso, para essa vegetação é utilizado o termo "canga" que refere-se à vegetação que ocorre associada às rochas ferruginosas na Serra dos Carajás (VIANA *et al.* 2016).

Com maciços florestais no geral bem conservados, as serras onde se localizam as formações ferríferas bandadas, apresentam formações vegetais mais abertas com alto grau de especialização e riquíssimo patrimônio espeleológico. Parte dos geossistemas ferruginosos, são diretamente afetados pela mineração, de forma praticamente irreversível, com fortes consequências também sobre corpos hídricos subterrâneos ou superficiais (ICMBIO, 2017).

Em 2017 foi criado o Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, para ampliar a garantia da proteção e atender às exigências de compensação espeleológicas, seus limites abarcam a Serra do Tarzan e a Serra da Bocaina (Figura 4). Fica criado o Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, com área total de 79.029ha (setenta e nove mil e vinte e nove hectares) divididos em dois polígonos abrangendo parte dos Municípios de Canaã de Carajás e de Parauapebas, no Estado do Pará (BRASIL, 2017).

Figura 4 – Distribuição dos platôs com os geossistemas ferruginosos, mostrando sua inserção nos maciços florestais, com os limites do parque nacional dos campos ferruginosos, criando em 2017, podendo ser visualizada área já minerada da serra norte em tom mais claro de rosa.



Fonte: ICMBio (2017).

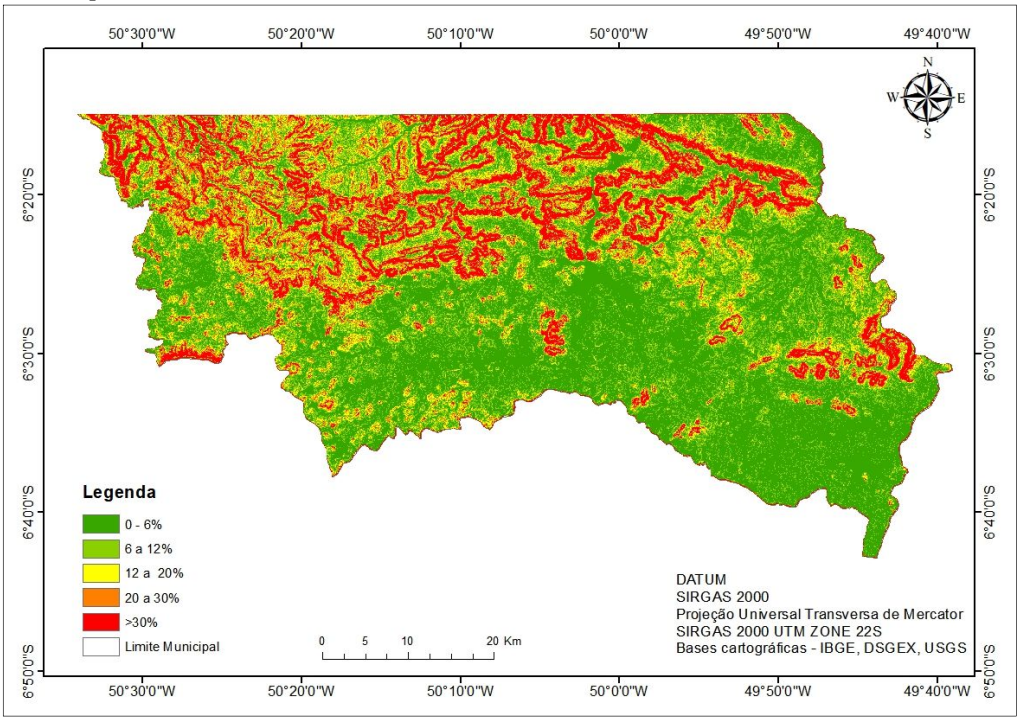
Desta forma, a identidade da Floresta Nacional de Carajás está diretamente relacionada ao caráter de província mineral e, portanto, aos interesses de exploração econômica da área. Embora menos de 2% da extensão da Flona de Carajás seja utilizada por essa atividade, a sobreposição entre as áreas de interesse para a mineração e para a conservação dos geossistemas ferruginosos é integral. Logo, estes sofrem uma pressão extremamente alta, e o manejo da Flona de Carajás está relacionado à convivência de dois objetivos de complexa compatibilização: atividade de mineração e proteção da biodiversidade (ICMBIO, 2017).

5.3 FRAGILIDADE AMBIENTAL

Com base na metodologia da fragilidade ambiental de multicritérios, foram estudadas e classificados em cinco classes de fragilidade (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta) as cartas hipsométrica, geológica, proximidade de drenagem e o uso e ocupação do solo dos anos 1998, 2008 e 2018, como já descrito anteriormente, serviram como dados para a geração dos mapas de fragilidade ambiental propostos para os diferentes anos.

No mapa de declividade foram segmentadas cinco classes de acordo com Ross (1994), sendo que quando maior o grau de declividade do terreno maior será a fragilidade. As classes de maior predominância do município é a de 0 a 12% considerada áreas planas de baixa propensão à ocorrência de processos erosivos classificadas com fragilidade muito baixa e baixa de peso 1 e 2 localizadas mais a sul. No entanto áreas com altimetrias igual ou superior a 20% ocorrem de forma bastantes significativas, são potenciais aos processos erosivos, que marcam os topos das serras a norte e em porções a leste, sendo essas áreas classificadas como fragilidade forte e muito forte, recebem pesos 4 e 5. As áreas classificadas com fragilidade média atribuída peso 3, de 12 a 20% estão presentes nas encostas de morros e em porções de relevo colinoso (Figura 5).

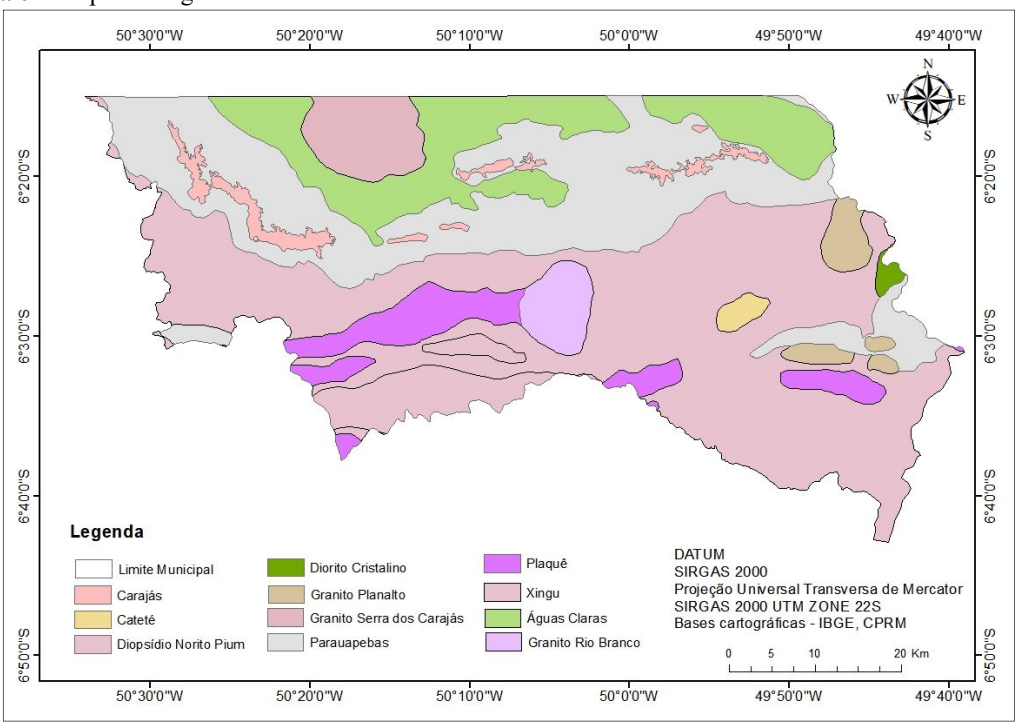
Figura 5 – Mapa de Declividade.



Fonte: Imagem *Alos Palsar*, Plataforma *Alaska Satallite Facity* (2019).

Para o Mapa Geológico as definições dos pesos estão de acordo com os apontados por Crepani *et al*. (2001), mas levam em considerações dados ambientais conhecidos da região. Os granitos e outros corpos intrusivos apresentam forte resistência ao intemperismo, por apresentar grandes concentrações de quartzo (mineral mais estável) receberam valor 1. A formação Xingu faz parte do embasamento, ou seja, é a formação mais antiga, recebe valor 2. As formações Parauapebas, Águas Claras e Carajás, recebem valores 3,4,5 respectivamente, a primeira são rochas vulcânicas (basalto e riolito) apresenta uma certa resistência as ações intempéricas, a segunda de origem siliciclásticas possui alta vulnerabilidade a denundação, ou seja, ao escoamento superficial, e a última é constituída essencialmente por formação ferrífera bandada do tipo japilito quase que totalmente transformada em minério hematítico e por essa característica é alvo principal de atividades mineiras além de possuir altas concentrações espeleológicas (Figura 6).

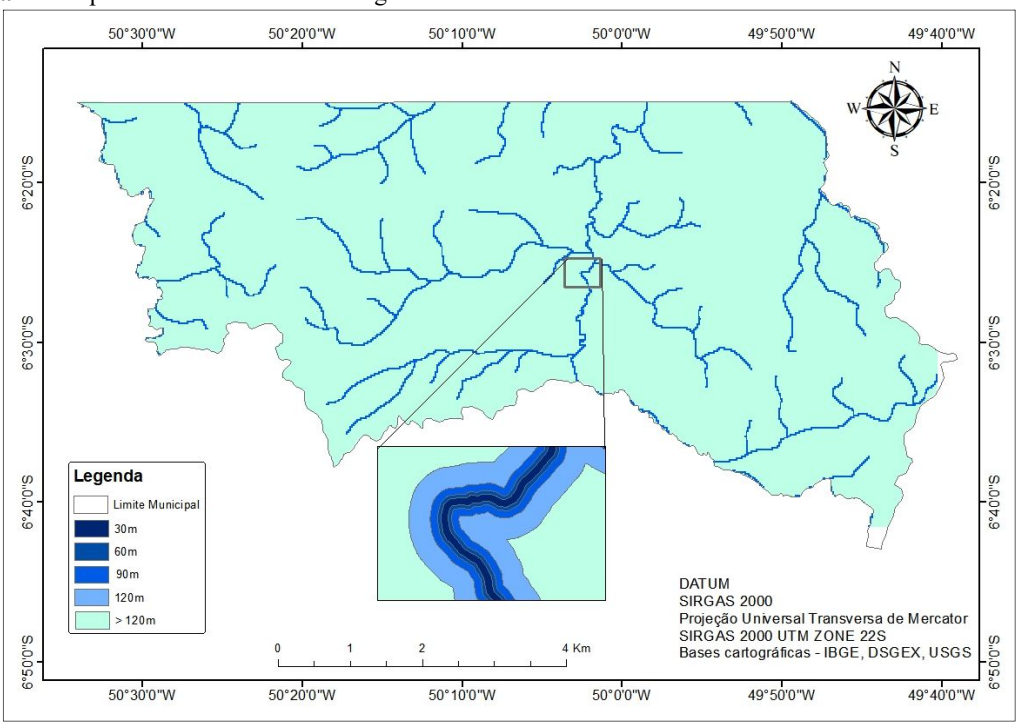
Figura 6 – Mapa Geológico.



Fonte: CPRM (2008).

Para o Mapa de Proximidade de Drenagem, partindo da análise de que quando mais próxima da rede de drenagem o grau de fragilidade é aumentado (Araújo & Prates, 2017), os pesos foram distribuídos em: distância de até 30 metros – peso 5; distância de 30 a 60 metros – peso 4; distância de 60 a 90 metros – peso 3; distância de 90 a 120 metros – peso 2 e distância maior que 120 metros peso 1. Desta forma levando em consideração dos cursos d'água a ferramenta ajuda na delimitação de áreas e determina o perímetro da fragilidade em seus diferentes graus (Figura 7).

Figura 7 – Mapa de Proximidade de Drenagem.

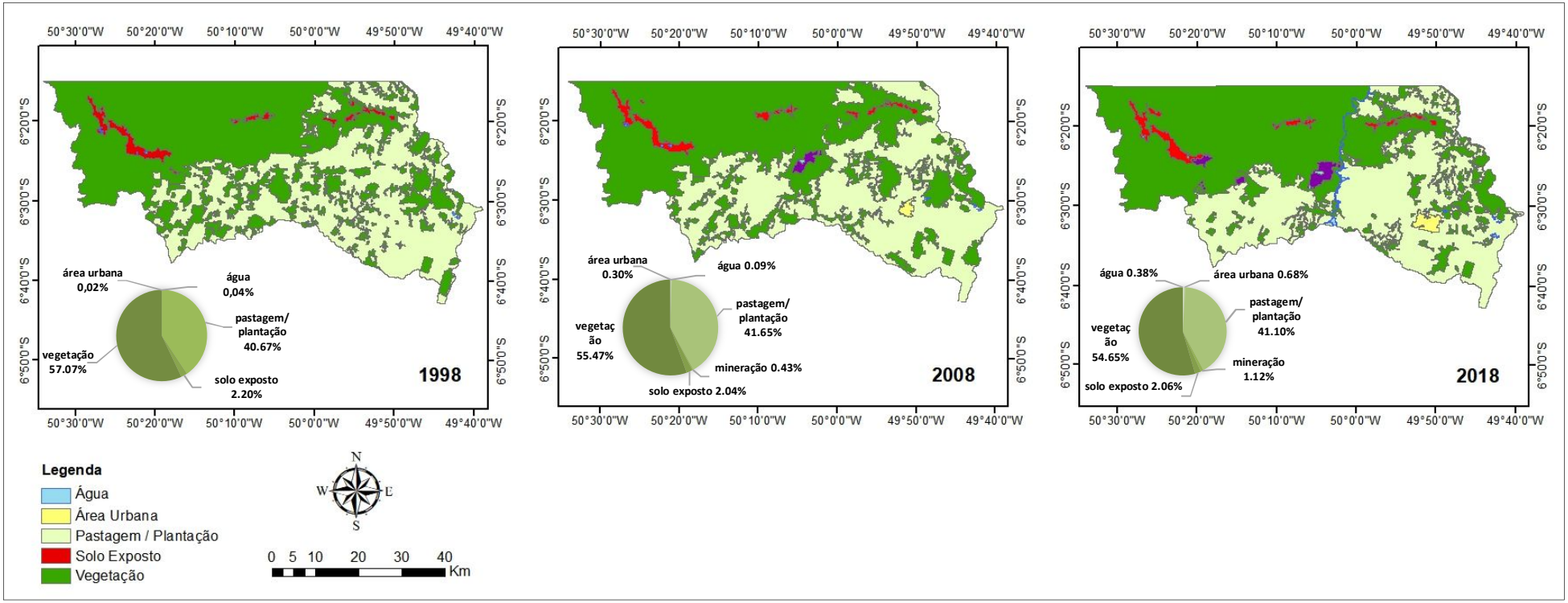


Fonte: CPRM (2008).

No Mapa de Uso e Cobertura de Solo foram classificados conforme os critérios estabelecidos por Tricart (1977) e Franco *et al.* (2012). As classes vegetação e água atribuiu-se peso 1 - por apresentarem baixíssimos risco ambiental e por trazer estabilidade aos processos morfodinâmicos - as classes pastagem, mineração e área urbana ganhou peso 4 – por serem áreas de alto risco ambiental e de intenso uso antrópico tornando-se um meio mais instável - a classe solo exposto tem peso 5 – pois é área propícia ao avanço dos processos mecânicos de erosão pela falta da cobertura vegetal e usadas na extração mineral com presença de formações espeleológicas (Figura 8).

Em uma análise multitemporal em um intervalo de 20 anos (dos anos 1998, 2008 e 2018) do município de Canaã dos Carajás, o que mais observamos são as variações de área ocupada por cada classe no decorrer dos anos, podendo ser visualizada na tabela VII.

Figura 8 – Mapas de Uso e Ocupação do Solo.



Fonte: Da Autora.

Tabela VII – Classes em área e porcentagem

Classes	Área (há)	Porcentagem	
Água	125,80	0,04%	1998
Área Urbana	62,90	0,02%	
Pastagem/Plantação	127907,15	40,67%	
Solo Exposto	6919,00	2,20%	
Vegetação	179485,15	57,07%	
	314500,00	100,00%	
Classes	Área (há)	Porcentagem	
Água	283,05	0,09%	2008
Área Urbana	943,50	0,30%	
Pastagem/Plantação	130989,25	41,65%	
Mineração	1352,35	0,43%	
Solo Exposto	6415,80	2,04%	
Vegetação	174453,15	55,47%	
	314500,00	100%	
Classes	Área (há)	Porcentagem	
Água	1195,10	0,38%	2018
Área Urbana	2138,60	0,68%	
Pastagem/Plantação	129259,50	41,10%	
Mineração	3522,40	1,12%	
Solo Exposto	6478,70	2,06%	
Vegetação	171874,25	54,65%	
	314500,00	100%	

Fonte: Da Autora.

Com a análise integrada dos dados gerados e através do método de multicritérios pré-estabelecidos na literatura especializada. Foi elaborada a modelagem Matemático-Espacial da Fragilidade Ambiental do Município de Canaã dos Carajás dos anos 1998, 2008, 2018 (Figura 8, 9, 10).

No modelo matemático-espacial do ano de 1998 (Figura 9), a fragilidade média predomina com aproximadamente 39,40%, concentrada nas porções sul, leste, sudeste, sudoeste e parte do nordeste do município. As áreas a norte, oeste e a noroeste são em sua maioria classificadas como fragilidade baixa com 37,01% e muito baixa com 20,07%, totalizam uma área de 1776,62 km^2. A fragilidade alta com 3,28% e muito alta com 0,24%, totalizam uma área de 109,4 km^2, ocupa no modelo os topos de morro que apresentam alta inclinação e grande parte são consideradas áreas de cavernas de ferríferas, aumentando a o grau de fragilidade da área.

No modelo matemático-espacial do ano de 2008 (Figura 10), o grau médio de fragilidade continua sendo o maior 40,98% - ocupando as mesmas áreas - observamos um aumento em comparação com o ano de 1998 em uma área de aproximadamente 46,91 km^2. Ocorreu uma diminuição da fragilidade baixa de aproximadamente 70 km^2 e um aumento leve na fragilidade muito baixa em cerca de 22 km^2. A fragilidade alta e muito alta obteve um aumento em uma área de pouco mais de 1km^2, além de ocupar as áreas mais inclinadas de maior altimetria e cavernas ferríferas, estão presentes em áreas empregadas na atividade mineira com a implementação do projeto Sossego no ano 2000 com operação a partir do ano de 2003.

Na modelagem matemático-espacial da fragilidade do ano de 2018 (Figura 11), o grau de fragilidade média continua sendo a predominante no município com 42,03% localizadas nas mesmas áreas dos anos anteriormente estudados. Observa-se um aumento quando comparado com 2008 da fragilidade baixa ocupando uma área de 78,8 km^2, entretanto ocorre uma queda 106 km^2 da fragilidade muito baixa, mostrando uma perda da vegetação, principalmente nas áreas empregadas nas atividades agropecuárias ao sul.

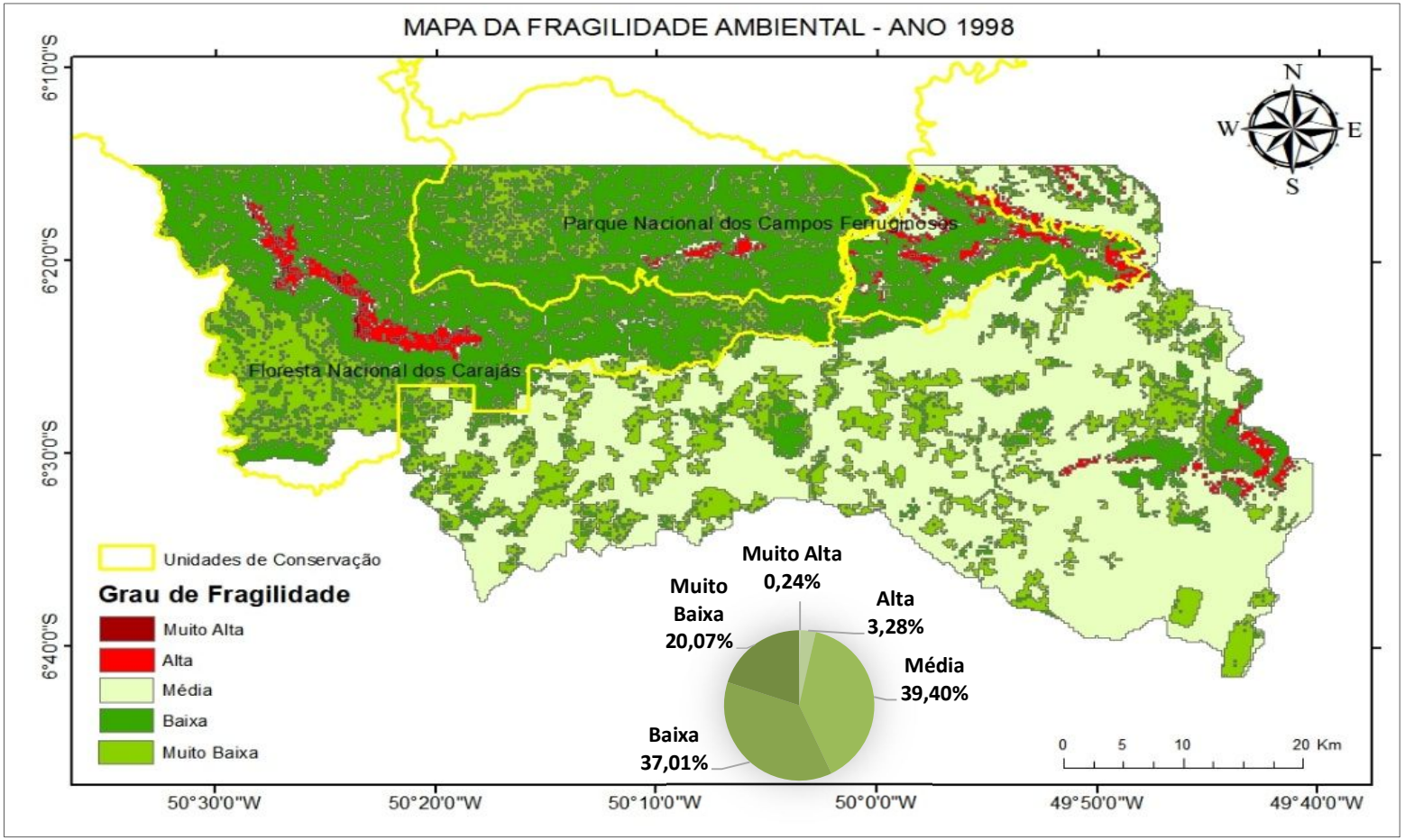
Tem-se um aumento das áreas classificadas em fragilidade alta e muito alta na comparação com 2008 de aproximadamente 1,5 km^2, podendo ser explicada pelo aumento da área urbana localizada a sudeste e apesar da área ocupada pela mineração do projeto S11D já serem classificadas com alta fragilidade desde o ano de 1998, cabe destacar que o projeto ocupa áreas no topo da serra sul operando desde 2016, e pode de alguma forma ter contribuído com o aumento da área afetada.

Analisando de forma integrada os modelos matemáticos-espaciais da fragilidade ambiental dos diferentes anos, evidenciamos um regime quase continuo do modelo, variando apenas a quantificação e variação das áreas/grau de fragilidade.

Nas porções a norte encontramos o predomínio da fragilidade baixa e muito baixa, áreas a sul ocorre o domínio do grau de fragilidade média e a fragilidade alta e muito alta estão presentes nos topos das serras mais altas além de área ocupada pela mineração (projeto Sossego e S11D) e área urbana. Essas diferenças bem evidentes podem ser resultado da delimitação da Floresta Nacional de Carajás no ano de 1998 e a criação do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos em 2017 (localizadas a norte); implementação dos projetos de mineração Sossego passando a operar em 2003 e S11D operando em 2016 (localizadas a sul), ou ainda na diferença do relevo entre áreas planas (mais ao sul) e serranas de cotas que podem chegar a 700 metros (mais a norte), sendo a primeira mais procurada pelas atividades agropecuárias (atividade que ocupa maior área) por apresentar relevo um tanto plano.

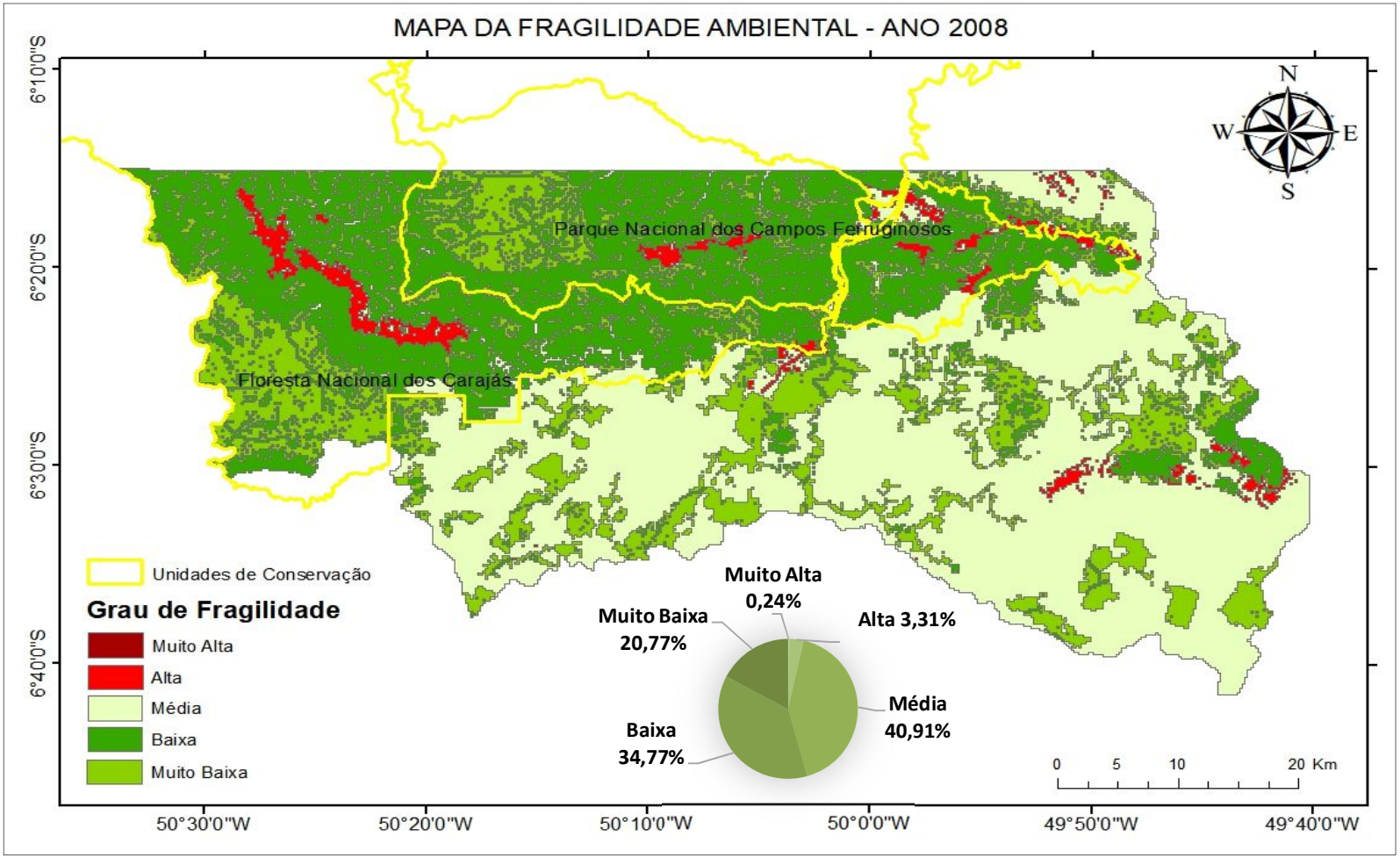
Assim as classes de fragilidade mais expressivas e de maior variedade, pode ser visualizada nos gráficos (Figura 12, 13 e 14), mostrando as mudanças ocorridas ao longo de 20 anos. A fragilidade média teve um aumento de 2,63%, correspondendo uma área de 87,877 km^2 (Figura 12) com a somatória da fragilidade muito baixa e baixa observa-se uma queda de 2,69% de áreas vegetadas representando uma área de 75,665 km^2 (Figura 13) e aumento no somatório da fragilidade alta e muito alta em 0,06% representando aproximadamente 3 km^2 (Figura 14).

Figura 9 – Mapas de Fragilidade Ambiental do ano de 1998.



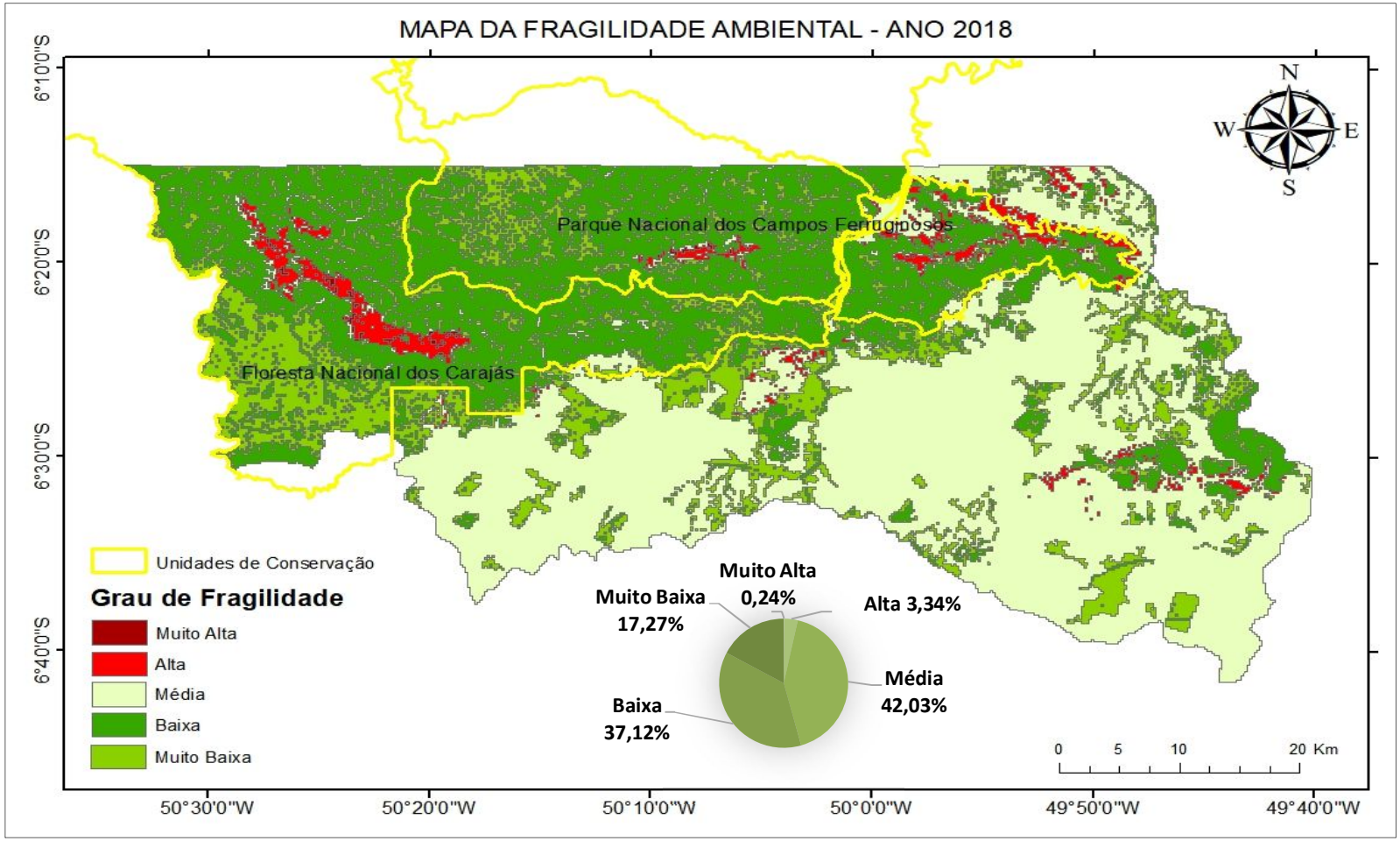
Fonte: Da Autora.

Figura 10 – Mapas de Fragilidade Ambiental do ano de 2008.



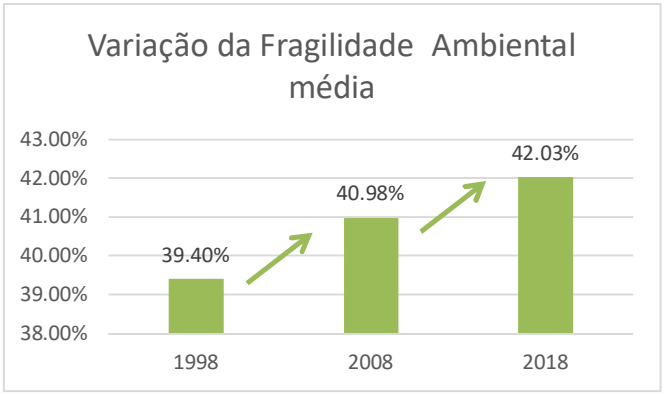
Fonte: Da Autora.

Figura 11 – Mapas de Fragilidade Ambiental do ano de 2018.



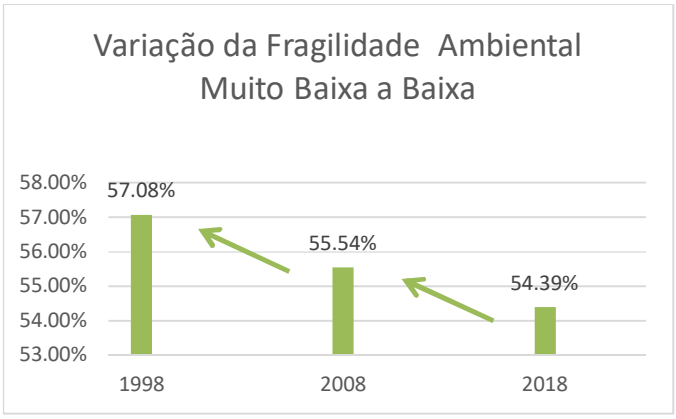
Fonte: Da Autora.

Figura 12 – Variação da fragilidade ambiental média.



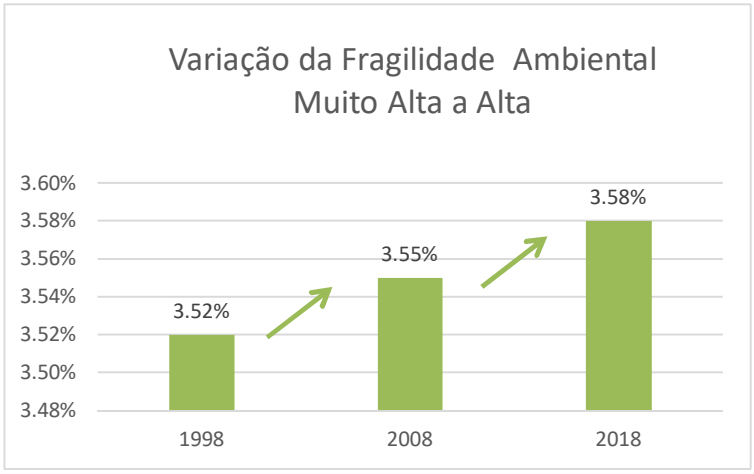
Fonte: Da Autora.

Figura 13 – Variação da fragilidade ambiental do somatório das classes muito baixa e baixa.



Fonte: Da Autora.

Figura 14 – Variação da fragilidade ambiental do somatório das classes muito alta e alta.



Fonte: Da Autora.

De acordo com os dados interpretamos onde pouco se muda no uso e ocupação das terras do município de Canaã dos Carajás, isso reflete na pouca variação das áreas com seus respectivos graus de fragilidade ambiental. No entanto, notamos que ocorreram algumas mudanças como o desmatamento evidenciado pelo aumento da fragilidade média e diminuição das fragilidades baixa e muito baixa, aumento das atividades de mineração e área urbana devido ao aumento do grau de fragilidade alta e muito alta.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho encontra-se resultados gerados a partir de dados bibliográficos de acordo com estudos de Ross (1994), Tricart (1977), Crepani *et al.* (2001), Araújo & Prates (2017) e Franco *et al.* (2012) entre outros, na produção de dados cartográficos ao longo de 20 anos, integrados que culminaram em uma análise detalhada do padrão espacial e ambiental nos anos de 1998, 2008 e 2018.

Foi gerado o mapa de declividade, mostrando cotas de até 700 metros bastantes expressivas na porção norte da área, o mapa geológico trazendo as formações geológicas, sendo algumas delas alvo de extração de minério de ferro e outros metálicos como cobre, níquel e outros e o mapa de proximidade de drenagem, colocando em evidencias as áreas de proteção permanente (APP). Foram gerados também mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 1998, 2008 e 2018, sendo possível observar as mudanças temporais ocorridas, em que muitas delas refletem as ações política, como a criação da Floresta Nacional de Carajás e o Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, além da implantação de grandes projetos de mineração como o Sossego e o S11D e ainda as fortes atividades desenvolvidas na região como a agropecuária e extração madeireira fundadoras do município.

Com base em todas as variáveis destacadas a cima somadas por álgebra de mapas e a partir de uma análise geossistêmica, influenciaram o padrão de fragilidade média para o município objeto desse estudo ao logo de 20 anos, ocupando áreas destinadas as atividades agropecuárias, seguindo da fragilidade baixa (em menor números) visto a presença de uma massa florestal muito grande providas das áreas de unidade de conservação.

Após a geração dos mapas de fragilidade ambiental, foi possível perceber que a localização das classes de fragilidade alta e muito alta estavam relacionadas as áreas de maior declividades - que caracterizam também áreas de solo exposto devido a vegetação de canga - potencializando a erosão e áreas ocupadas pelo setor mineral no topo de serras e em áreas pouco planas e as áreas urbanizadas que causam desmatamento conforme o avanço populacional, queda no potencial de infiltração do solo e aumento no grau poluidor.

7 REFERENCIAS

ARAÚJO, A. N; PRATES, W. P. Modelagem Matemático-Espacial na Identificação de Fragilidades Ambientais da Microbacia do Rio Jarucu, Município de Brasil Novo – PA. nº 12. ed.4. Grajaú /Ma: **InterEspaço**, Revista de Geografia e Interdisciplinaridade. P 207-226. 2017.

BORSATO, V. A; SOUZA FILHO, E. E. Ação Antrópica, Alterações nos Geossistemas, Variabilidade Climática: Contribuição ao Problema. **Revista Formação** – Edição Especial – n.13 v.2, 2004.

BRASIL. LEI Nº 9.985, DE 18 DE JULHO DE 2000. Institui o Código Civil. **Casa Civil**, Brasília, DF. Jul. 2000.

BRASIL. DECRETO Nº 5, DE 18 DE JUNHO DE 2017. Institui o Código Civil. **Secretaria Geral**, Brasília, DF. Jun. 2017.

CÂMARA, G *et al.* **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Cap. 9 (Técnicas de Inferência Geográfica). São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001.

CREPANI, E. *et al*. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001.

FELGUEIRAS, C.A. **Modelagem Ambiental com Tratamento de Incertezas em Sistemas de Informação Geográfica**: O Paradigma Geoestatístico por Indicação. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos, 2001.

FRANCO, G. B.; BETIM, L. S.; MARQUES, E. A. G.; GOMES, R. L.; CHAGAS, C. da S. Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada. Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, n. 1, p. 114-127, 2012.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). **Plano de Pesquisa Geossistemas Ferruginosos da Floresta Nacional de Carajás**: Temas Prioritários. Organizadora Liliane Bezerra; colaboradores André Afonso Ribeiro.[*et al.*], Brasília, 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo Demográfico 2010, Cidade de Canaã dos Carajás – População**. Disponível em https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/canaa-dos-carajas/panorama, acesso em 28.10.2019.

MACAMBIRA, J. B. **O Ambiente Deposicional da Formação Carajás e uma Proposta de Modelo Evolutivo Para a Bacia Grão Pará**. Tese de Doutorado. UNICAMP. São Paulo, 2003.

MOURA, A. C.M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análises de Multicritérios. *In:* XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2899-2906. **Anais** [...] Florianópolis – Sc, 2007.

PINHEIRO, L. A. L. **Royalties da Mineração em Canaã dos Carajás.** Dissertação de mestrado. Mestrado profissional uso sustentável de recursos naturais em regiões tropicais. Instituto Tecnológico Vale, Belém, 2015.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, p. 63-74, 1994.

SECRETARIA DE DESENVOLVENDO ECONOMICO (SEMDEC) & SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Diagnóstico Socioeconômico do Município de Canaã dos Carajás, Estado do Pará.** Prefeitura Municipal de Canaã dos Carajás, 2016.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/SUPREN, 1977. 31 p.

UTSUMI, A. G. *et al*. Classificação Orientada a Objetos Para Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo Utilizando Imagem Rapideye. *In:* IV Simpósio Brasileiro de Geomática – SBG e II Jornadas Lusófonas sobre Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica/CTIG 2017. São José dos Campos - São Paulo. **Anais** [...] São José dos Campos – São Paulo: Departamento de Cartografia, 2017.

.

VIANA, P. L. *et al.* Flora Of The Cangas Of The Serra dos Carajás, Pará, Brazil: History, Study Area and Methodology. Revista **Rodriguésia** 67, n. 5 (Especial). Pg 1107-1124, 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CANAÃ DOS CARAJÁS (PMCC). **História do Município de Canaã dos Carajás**. Disponível no site www.canaadoscarajas.pa.gov.br/novo/, acesso em 28.10.2019.