



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E  
MEIO AMBIENTE**

**EDINETE MARIA DE OLIVEIRA**

**MINERAÇÃO DO CAULIM COMO TENDÊNCIA À DESERTIFICAÇÃO NO  
SERIDÓ PARAIBANO**

Recife

2019

EDINETE MARIA DE OLIVEIRA

**MINERAÇÃO DO CAULIM COMO TENDÊNCIA À DESERTIFICAÇÃO NO  
SERIDÓ PARAIBANO**

Tese apresentada ao Colegiado do doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, do Programa de Pós-Graduação da Associação em Rede Plena (UFC, UFPI, UFRN, UFPB, UFPE, UFC, UNESC), como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

**Área de Concentração:** Desenvolvimento e Meio Ambiente.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vanice Santiago Fragoso Selva

Recife

2019



**EDINETE MARIA DE OLIVEIRA**

**MINERAÇÃO DO CAULIM COMO TENDÊNCIA À DESERTIFICAÇÃO NO  
SERIDÓ PARAIBANO**

Tese apresentada ao Colegiado do doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, do Programa de Pós-Graduação da Associação em Rede Plena (UFC, UFPI, UFRN, UFPB, UFPE, UFC, UNESC), como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em: 26/08/2019.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Vanice Santiago Fragoso Selva (Orientadora)

Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>º</sup>. Dr. Lucivânio Jatobá de Oliveira (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Valéria Sandra de Oliveira Costa (Examinadora Interna)

Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>º</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira (Examinadora Externa)

Universidade Federal do Ceará

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Edneida Rabelo Cavalcanti (Examinadora Externa)

Fundação Joaquim Nabuco

A Deus, fonte de amor, fidelidade, sabedoria, justiça e paz.  
Aos meus familiares, propósito eterno de Deus.

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela saúde, proteção, sabedoria e paz.

A todos os membros da minha família, em especial a minha mãe Elizabete de Sousa, irmãos e avós (in memoriam) Manuel Herculano Sobrinho e Maria Herculano de Sousa pelos ensinamentos, respeito e amor.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação da Associação em Rede Plena (UFC, UFPI, UFRN, UFPB, UFPE, UFC, UNESC) em Desenvolvimento e Meio Ambiente, sobretudo, aos examinadores dos seminários, qualificação e defesa final desta pesquisa, pelas valiosas contribuições ao longo desta trajetória.

À Coordenação do doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA-UFPE) e a secretária Solange, pelos esclarecimentos e suporte.

Aos meus colegas de trabalho da Escola Municipal de Serviço Público (EMUSP) de Campina Grande-PB pela compreensão e encorajamento.

A todos os amigos que de alguma forma contribuíram e torceram para realização dessa pesquisa.

Sinceramente, muito obrigada.

## RESUMO

O Seridó paraibano é marcado desde sua colonização pelo desenvolvimento socioeconômico, principalmente pela prática da mineração, atingindo gravemente os recursos ecossistêmicos da Caatinga. O estudo foi realizado no município de Juazeirinho, microrregião do Seridó oriental, no estado da Paraíba, com área territorial de 467,526 km<sup>2</sup>. O objetivo desta pesquisa foi analisar o processo de desertificação a partir da atividade da mineração, em especial da extração do caulim no Seridó da Paraíba. Para apreensão e interpretação da realidade foram utilizados os métodos indutivo e dialético, através de técnicas estatísticas e geológicas, apoiados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e pesquisa de campo. Foi identificada correlação das médias do Índice de Textura do Solo (TGSI), Índice de Vegetação Ajustada ao Solo (SAVI) e Índice de Aridez (IA) por meio de Árvore de Decisão (AD) em períodos úmido e seco. O SAVI do período seco (2000 e 2016) trouxe resposta de uma redução na cobertura vegetal. O IA foi oscilante, de acordo com os limites estabelecidos na metodologia, explicando a razão do TGSI entrar na faixa de risco alto e severo (> ou igual a 0,25). Enquanto no período úmido (1984, 1990, 2010) o SAVI apresentou aumento médio (0,50 – 0,90), com IA variando entre 0,2 e 0,5, reduzindo as médias do TGSI, evidenciando a importância da cobertura vegetal. O município possui mais da metade de suas terras com grave erosão (217.686,12 km<sup>2</sup>), sendo mais acentuada no distrito de Barra, apresentando manchas branco-acinzentadas no solo provenientes da mineração. No aspecto socioeconômico, os resultados dos indicadores revelaram-se afetados indiretamente pelas aptidões naturais e diretamente pelas ações antrópicas, apresentando baixos níveis de Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável (IDMS). Destarte, conclui-se que o modelo de extração e beneficiamento do caulim no município de Juazeirinho tendem a produzir um fenômeno local, nomeado de “caulimização do solo”, impactando negativamente no meio ambiente e, por consequência, nas condições socioeconômicas, contribuindo com a evolução do processo de desertificação.

Palavras-chave: Degradação. Indicadores. Caulim. Desenvolvimento socioeconômico. SIG.

## ABSTRACT

The Seridó Paraibano is marked since its colonization by socioeconomic development, mainly by the practice of mining, severely affecting the ecosystem resources of the Caatinga. The study was conducted in the municipality of Juazeirinho, microregion of the eastern Seridó, in the state of Paraíba, with a territorial area of 467.526 km<sup>2</sup>. The aim of this research is to analyze the desertification process from the extraction and beneficiation of kaolin in Seridó of Paraíba. To apprehend and interpret this reality, the inductive and dialectical methods were used by means of statistical and geocological techniques, supported by Geographic Information System (GIS) in environment and field research. Correlation of Topsoil Grain Size Index (TGSI), Soil-adjusted vegetation Index (SAVI) and aridity Index (AI) was identified by means of decision Tree (AD) in wet and dry periods. The SAVI of the dry period (2000 and 2016) brought the response of a reduction in the vegetation cover; The AI was oscillating according to the limits established in the methodology, explaining the reason of the TGSI entering the high and severe risk range (or equal to 0,25). While in the humid period (1984, 1990, 2010), the SAVI presented an average increase (0,50 – 0,90), with IA varying between 0,2 and 0,5, reducing the averages of the TGSI, evidencing the importance of vegetation cover. The municipality has more than half of its lands with severe erosion (217,686.12 km<sup>2</sup>), being more pronounced in the district of Barra and presenting grayish-white spots in the soil from mining. In the socioeconomic aspect, the results of the indicators were indirectly affected by the natural aptitudes and directly by anthropic actions, presenting low levels of sustainable Municipal Development Index (IDMS). Thus, it is concluded that the model of extraction and beneficiation of kaolin in the municipality of Juazeirinho tend to produce a local phenomenon, named "Soil caulimization", negatively impacting the environment and consequently the socioeconomic conditions contributing to the evolution of the desertification process.

Keywords: Degradation. Indicators. Kaolin. Socioeconomic development. SIG.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Mapa global das áreas vulneráveis à desertificação.....	32
Figura 2-	Núcleos de desertificação do Nordeste brasileiro.....	38
Figura 3-	Delimitação do semiárido brasileiro.....	42
Figura 4-	Áreas em processo de desertificação na Paraíba.....	43
Figura 5-	Mapa temático da vegetação de caatinga no município de Juazeirinho, Paraíba.....	46
Figura 6-	Localização geográfica do município de Juazeirinho no estado da Paraíba.....	59
Figura 7-	Mapa temático da rede de drenagem do município de Juazeirinho, destacando a área da mineração do caulim.....	61
Figura 8-	Bloco-diagrama (folha de Juazeirinho) mostrando contato entre as rochas de diferentes graus metamórficos: (1) Embasamento Arqueano; (2) Complexo Sertânea; (3) Complexo Irajaí; (4) Formação Jucurutu; (5) Formação Equador; (6) Formação Seridó; (7) Grupo Salgueiro-cachoeirinha; (8) Plutônica Sin-tangencial; (9) Plutônica Sin-tanscorrente; (10) Plutônica Sin-pós-tanscorrente; (11) Coberturas fenerozóicas.....	64
Figura 9-	Formas de abordagem e observância da pesquisa ambiental.....	67
Figura 10-	Fluxograma dos indicadores com base na uniformização dos dados e na sistemática do problema.....	69
Figura 11-	Área imageada pelo satélite LANDSAT para estudo do semiárido.....	74
Figura 12-	Representação das onze estações meteorológicas dos municípios paraibanos.....	79
Figura 13-	Diagrama da árvore de decisão (AD) para avaliar e classificar os graus de desertificação utilizando o índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI), índice de textura do solo (TGSI) e índice de aridez (IA).....	89
Figura 14-	Localização dos pontos de coleta dos solos no município de Juazeirinho, Paraíba.....	90
Figura 15-	Áreas de maior potencial mineral do Seridó: vermelho (concessão de lavra); marrom (disponibilidade); verde (requerimento de pesquisa); azul (autorização de pesquisa) e amarelo (requerimento de licenciamento).....	94

Figura 16-	Mapa dos pontos de jazidas dos municípios do Seridó paraibano.....	95
Figura 17-	Média mensal e desvio padrão da série pluviométrica do município de Juazeirinho, Paraíba.....	97
Figura 18-	Média anual da série histórica da precipitação do município de Juazeirinho, Paraíba.....	98
Figura 19-	Variabilidade espacial das chuvas no município de Juazeirinho.....	100
Figura 20-	Variabilidade interanual da temperatura (t) versus desvio-padrão, Juazeirinho, Paraíba.....	101
Figura 21-	Correlação entre precipitação e temperatura.....	102
Figura 22-	Comportamento do índice de aridez e perda de água para a atmosfera.....	103
Figura 23-	Mapa do índice de aridez do município de Juazeirinho, Paraíba.....	105
Figura 24-	Mapas geológico (A) e de risco geológico (B) do município de Juazeirinho, Paraíba.....	107
Figura 25-	Mapas da declividade (A) e de risco de declividade (B) do município de Juazeirinho, Paraíba.....	108
Figura 26-	Mapas pedológico (A) e de risco pedológico (B) do município de Juazeirinho, Paraíba.....	110
Figura 27-	Mapas de uso e ocupação do solo (A) e do risco do uso e ocupação do solo (B) de Juazeirinho, Paraíba.....	110
Figura 28-	Média da precipitação (A) e do risco climático (B) do município de Juazeirinho, Paraíba.....	112
Figura 29-	Mapas de risco referentes às variáveis: geologia (A), geomorfologia (B), pedologia (C), vegetação (D) e clima (E).....	114
Figura 30-	Mapa de risco ambiental natural aos processos erosivos gerados pela adição das variáveis: geologia, geomorfologia, pedologia vegetação, clima.....	115
Figura 31-	Dimensão e percentual sociocultural do município de Juazeirinho, Paraíba.....	119
Figura 32-	Dimensão e percentual econômico do município de Juazeirinho, Paraíba.....	120
Figura 33-	Dimensão e percentual ambiental do município de Juazeirinho, Paraíba.....	121

Figura 34-	Dimensão e percentual político-institucional do município de Juazeirinho, Paraíba.....	121
Figura 35-	Percentual do balanço final do índice de desenvolvimento municipal sustentável para o município de Juazeirinho, Paraíba.....	122
Figura 36-	Área (complexo) da mineração em Juazeirinho, Paraíba.....	124
Figura 37-	Índice de vegetação ajustado ao solo dos anos 2000 e 2016 (período seco), Juazeirinho, Paraíba.....	127
Figura 38-	Índice de vegetação ajustado ao solo dos anos 1984, 1990 e 2010 (período úmido), Juazeirinho, Paraíba.....	129
Figura 39-	Mapas de TGSi representando os anos de 2000 (A) e 2016 (B), período seco), Juazeirinho, Paraíba.....	137
Figura 40-	Mapas de TGSi representando os anos de 1984 (A), 1990 (B) e 2010 (C), período úmido), Juazeirinho, Paraíba.....	138
Figura 41-	Relação entre o índice de vegetação ajustado ao solo, índice de textura do solo e índice de aridez para o município de Juazeirinho, na Paraíba.....	142
Figura 42-	Mapa temático das médias de textura do solo extraídas dos valores da areia, silte e argila.....	144
Figura 43-	Mapa de risco à erosão do município de Juazeirinho, Paraíba ano 1984....	149
Figura 44-	Mapa de risco à erosão do município de Juazeirinho, Paraíba ano 2016....	150
Figura 45-	Avaliação do crescimento populacional entre os anos 1960 a 2010.....	152

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1-	Vegetação arbórea-arbustiva espaçada e pouco densa sob interferência antrópica.....	63
Fotografia 2-	Vegetação de cactáceas e arbórea-arbustiva sob a interferência antrópica. Extração de madeira e construção de casa.....	63
Fotografia 3-	Área estudada na passagem do período considerado úmido, apresentando os reflexos do processo morfodinâmico.....	115
Fotografia 4-	Registro <i>in loco</i> da produção industrial do caulim no distrito da Barra, Juazeirinho, Paraíba.....	124
Fotografia 5-	Registro <i>in loco</i> da precarização da produção industrial do caulim (A); peneiramento do caulim (B) e produto final do caulim (C).....	125
Fotografia 6-	Imagem da vegetação de Caatinga em “seca verde” comprometida pelas lavras do caulim (representadas no círculo amarelo).....	131
Fotografia 7-	Vegetação de Caatinga já fragmentada, evidenciando o solo arenoso coberto com rejeito de caulim.....	131
Fotografia 8-	Grande montanha de rejeito do caulim próximo a PB-228/BR- 230 com solo desgastado, acúmulo de lixo e vegetação arbustiva fragmentada. (Período seco).....	133
Fotografia 9-	Plantio de palma sobre solo coberto por rejeito do caulim, comprometendo solo e vegetação na paisagem da Caatinga em resiliência.....	133
Fotografia 10-	Plantio de milho sob condições extremas de estresse hídrico em solo degradado.....	134
Fotografia 11-	Montanhas de rejeito de caulim espalhadas por erosão eólica e antrópica, próximas à residências e pequenos plantios, comprometendo a Caatinga (período seco).....	134
Fotografia 12-	Banqueta de extração do caulim (A) e Rejeito do caulim jogado nas estradas (B).....	140
Fotografia 13-	Os impactos no solo e vegetação causados pelo caulim. Solo esbranquiçado evidenciando a caulimização (A, B) – vegetação fragmentada coberta de rejeito do caulim (C) - Açude da Barra,	147

contaminado pelos rejeitos da mineração (D - período considerado úmido) - Açude da Barra no período seco (E).....

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1-	Áreas-piloto estudadas por Vasconcelos Sobrinho.....	37
Quadro 2-	Indicadores para o diagnóstico da desertificação.....	55
Quadro 3-	Colaboradores, dados e indicadores utilizados na pesquisa.....	72
Quadro 4-	Relação do peso para cada subdimensão.....	84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Degradação das terras na Paraíba.....	44
Tabela 2-	Níveis de susceptibilidade à desertificação no semiárido paraibano.....	45
Tabela 3-	Relações, compreensão dos fatos e transformações entre natureza e sociedade.....	70
Tabela 4-	Descrição das informações das imagens escolhidas para o estudo ambiental.....	77
Tabela 5-	Dados da pluviosidade anual dos municípios circunvizinhos.....	78
Tabela 6-	Valores do Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável e classificação correspondente por cores.....	85
Tabela 7-	Níveis de aridez de acordo com o grau de risco.....	87
Tabela 8-	Médias extraídas da classificação supervisionada considerando os períodos entre 1984 a 2016 para os indicadores SAVI, TGSI e IA ao respectivo período considerado úmido e o período seco.....	88
Tabela 9-	Série temporal das chuvas versus evapotranspiração.....	104
Tabela 10-	Dados hipsométricos e da declividade de Juazeirinho, Paraíba.....	107
Tabela 11-	Sequência temporal e seus níveis de suscetibilidade à desertificação.....	118
Tabela 12-	Valores do SAVI representados pelos indicadores do período úmido e seco, com fator de ajuste, $L=0,5$ .....	128
Tabela 13-	Valores do SAVI para o alvo da classe de mineração pelos indicadores do período úmido e seco, com fator de ajuste, $L=0,5$ .....	132
Tabela 14-	Matriz de erro gerada em (%) no processo de classificação das classes de solo.....	135
Tabela 15-	Distribuição das classes de uso do solo em (km <sup>2</sup> ).....	136
Tabela 16-	Médias do TGSI para a sequência temporal analisada em Juazeirinho, Paraíba.....	140
Tabela 17-	Resultado da análise da fertilidade do solo de Juazeirinho, considerando os valores de N, P, K e pH para os pontos observados.....	143
Tabela 18-	Resultados da análise de solo, considerando os teores em % de areia, silte e argila em Juazeirinho, Paraíba.....	145
Tabela 19-	Situação referente aos riscos à erosão observados nos anos de 1984 e 2016 do município de Juazeirinho, Paraíba.....	151

Tabela 20-	Empresas de minérios que atuam no município de Juazeirinho, Paraíba...	153
Tabela 21-	Índice de Desenvolvimento Humano – IDHM do município de Juazeirinho, Paraíba.....	154
Tabela 22-	Renda, Pobreza e Desigualdade no município de Juazeirinho, Paraíba.....	155
Tabela 23-	Situação temporal da extração vegetal do município de Juazeirinho, Paraíba.....	156

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD	Árvore de Decisão
ADH	Atlas do Desenvolvimento Humano
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba
ANA	Agência Nacional de Águas
ANM	Agência Nacional de Mineração
ASD	Áreas Suscetíveis à Desertificação
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CBERS	China-Brazil Earth-Resources Satellite
CCD	Convenção de Combate à Desertificação
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DCA	Departamento de Ciências Atmosférica
DS	Desenvolvimento Sustentável
DPI	Divisão de Processamento de Imagem
EDB	Empresa do Brasil
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMEPA	Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária
ENOS	El Niño-Oscilação Sul
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ESRI	Environmental Systems Research Institute
ETP	Evapotranspiração
<i>ETr</i>	Evapotranspiração de referência
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FECAM	Federação Catarinense de Municípios
FIEP	Federação das Indústrias do Estado da Paraíba
GPS	Global Positioning System
IA	Índice de Aridez
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IDMS	Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável.
IDMSDE	Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável Dimensão Econômica.
IDMSDMA	Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável Dimensão Meio Ambiente.
IDMSDPT	Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável Dimensão Político Institucional.
IDMSDSC	Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável Dimensão Sociocultural
IDW	Weighted Mean by Inverse Distance
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
ICNF	Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPP	Índice Padronizado de Precipitação
IPPC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
LIS	Laboratório de Irrigação e Salinidade
MATLAB	Matrix Laboratory
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MP	Planalto da Mongólia
NDVI	Normalized Difference Vegetation Model
ONU	Organização das Nações Unidas
P	Precipitação
PAE- PB	Programa Estadual de Combate à Desertificação
PAN Brasil	Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca
PD	Processamento Digital
pH	Potencial de Hidrogênio
PIB	Produto Interno Bruto
PISF	Projeto de Integração do Rio São Francisco

PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA	Programa de Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROMIN	Programa de Desenvolvimento da Mineração Paraibana
PS	Período Seco
PU	Período Úmido
QGIS	QuantumGis
RADAM	Radar of the Amazon
SAB	Semiárido Brasileiro
SAVI	Soil-adjusted Total Vegetation Index
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIGMINE	Sistemas de Informações Geográficas da Mineração
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SUDENE	Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste
TGSI	Topsoil Grain Size Index
TM	Tematic Mapper
UACA	Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UNCCD	United Nations Conference to Combat Desertification
UNICEF	United Nations Children's Fund
VCAS	Vórtices Ciclônicos da Atmosfera Superior
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
1.1	OBJETIVOS .....	29
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>30</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>30</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>31</b>
2.1	ASPECTOS GERAIS DA DESERTIFICAÇÃO.....	31
2.2	DESERTIFICAÇÃO NO BRASIL E NA PARAÍBA.....	36
2.3	PANORAMA NACIONAL DA MINERAÇÃO .....	47
2.4	MINERAL CAULIM E OS IMPACTOS DA MINERAÇÃO.....	51
2.5	INDICADORES DE DESERTIFICAÇÃO.....	54
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO.....</b>	<b>59</b>
3.1	ÁREA DE ESTUDO .....	59
<b>3.1.1</b>	<b>Localização .....</b>	<b>59</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Clima .....</b>	<b>60</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Hidrografia .....</b>	<b>60</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Vegetação .....</b>	<b>62</b>
<b>3.1.5</b>	<b>Geologia .....</b>	<b>63</b>
3.2	MÉTODOS E TÉCNICAS .....	65
<b>3.2.1</b>	<b>Abordagem dos métodos .....</b>	<b>67</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Indicadores .....</b>	<b>68</b>
3.3	ETAPAS DA PESQUISA .....	71
<b>3.3.1</b>	<b>Pesquisa bibliográfica e documental .....</b>	<b>71</b>

<b>3.3.2</b>	<b>Sensoriamento remoto e imagens LANDSAT e CBERS.....</b>	<b>72</b>
3.3.2.1	Obtenção e Processamento Digital de Imagens.....	75
3.3.2.2	Imagens Orbitais.....	76
<b>3.3.3</b>	<b>Situação climatológica.....</b>	<b>77</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Cálculos de índices.....</b>	<b>79</b>
3.3.4.1	Índice de Aridez.....	80
3.3.4.2	Índice de vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) .....	80
3.3.4.3	Índice de Textura do Solo (TGSI) .....	82
3.3.4.4	Índices de Desenvolvimento Municipal Sustentável (IDMS) .....	83
<b>3.3.5</b>	<b>Cálculos de riscos .....</b>	<b>85</b>
3.3.5.1	Erosão .....	86
3.3.5.2	Desertificação .....	86
<b>3.3.6</b>	<b>Pesquisa de campo.....</b>	<b>89</b>
<b>3.3.7</b>	<b>Análise laboratorial de solo.....</b>	<b>90</b>
<b>3.3.8</b>	<b>Elaboração de mapas.....</b>	<b>91</b>
<b>3.3.9</b>	<b>Análise estatística .....</b>	<b>92</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>93</b>
4.1	INDICADORES DE SITUAÇÃO .....	93
<b>4.1.1</b>	<b>Potencial da mineração no Seridó paraibano.....</b>	<b>93</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Indicadores Climáticos .....</b>	<b>97</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Indicadores Físico - geográficos .....</b>	<b>105</b>
4.1.3.1	Risco à Erosão.....	106

4.1.3.2	Risco à Desertificação.....	117
<b>4.1.4</b>	<b>Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável - IDMS.....</b>	<b>118</b>
4.2	INDICADORES DE DESERTIFICAÇÃO .....	123
<b>4.2.1</b>	<b>Impactos da mineração.....</b>	<b>123</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Cobertura vegetal .....</b>	<b>126</b>
4.2.2.1	Índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI) .....	126
<b>4.2.3</b>	<b>Degradação do solo.....</b>	<b>135</b>
4.2.3.1	Uso do Solo.....	135
4.2.3.2	Índice de Textura do Solo (TGSI) .....	136
4.2.3.3	Risco à Erosão.....	148
<b>4.2.4</b>	<b>Indicadores socioeconômicos .....</b>	<b>151</b>
4.2.4.1	Evolução da População.....	152
4.2.4.2	Desenvolvimento Humano.....	154
4.2.4.3	Extração Vegetal.....	155
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>158</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>159</b>
	<b>APÊNDICE A – CHECKLIST .....</b>	<b>175</b>
	<b>APÊNDICE B – MAPA TEMÁTICO DE USO DO SOLO DE 1984, JUAZEIRINHO, PARAÍBA .....</b>	<b>177</b>
	<b>APÊNDICE C – MAPA TEMÁTICO DE USO DO SOLO DE 1990, JUAZEIRINHO, PARAÍBA .....</b>	<b>178</b>
	<b>APÊNDICE D – MAPA TEMÁTICO DE USO DO SOLO DE 2000, JUAZEIRINHO, PARAÍBA .....</b>	<b>179</b>

<b>APÊNDICE E – MAPA TEMÁTICO DE USO DO SOLO DE 2010, JUAZEIRINHO, PARAÍBA .....</b>	<b>180</b>
<b>APÊNDICE F – MAPA TEMÁTICO DE USO DO SOLO DE 2016, JUAZEIRINHO, PARAÍBA .....</b>	<b>181</b>
<b>APÊNDICE G – FOTOGRAFIA (A) - REGISTRO DA VEGETAÇÃO DE CAATINGA DO DISTRITO DE BARRA COBERTO PELO REJEITO DE CAULIM. FOTOGRAFIA (B) - REGISTRO DO DISTRITO DE BARRA APRESENTANDO A CAATINGA ARBUSTIVA-ARBÓREA EM MEIO ÀS MONTANHAS DE REJEITO DE CAULIM .....</b>	<b>182</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O fenômeno da desertificação é conceituado como “a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas” conforme a Conferência de Combate à Desertificação e Organização das Nações Unidas (UNCCD, 1992, p.7, traduzido). Apesar de esta definição ser a mais exposta e oficialmente utilizada, não significa que o problema seja recente. Algumas pesquisas registram o processo da desertificação como um fenômeno antigo, ou seja, com mais de sete mil anos, embora equivocadamente. Alguns desastres são considerados como tal, com destaque para a desertização, fenômeno natural que contribui negativamente para as transformações paisagísticas. No entanto, a primordial ênfase da desertificação, como um risco à vida, é recente e tem mobilizado a comunidade científica através de diversas pesquisas. Nesse sentido, Nascimento (2006) já relatava a existência de mais 60 conceitos, 80 indicadores e outros diversos métodos de análise.

Na maioria das pesquisas sobre desertificação, tem-se aluído controvérsias em aspectos básicos como conceito, causa, consequência e metodologias. Infelizmente, as pesquisas não têm acompanhado a velocidade do processo de desertificação, em sua maioria girando em torno de generalizações e estimativas distantes da realidade do problema por falta de aprofundamento nas questões locais e, sobretudo, correlacionando temáticas tão complexas quanto o próprio fenômeno, como por exemplo a mineração. Portanto, estamos diante de uma problemática complexa de ser compreendida, mitigada e prevenida tanto pela abrangência ambiental, social e econômica como pelos diversos e particulares processos (local/global) que direta ou indiretamente retroalimentam o fenômeno ao longo do tempo.

A conjuntura textual desse trabalho concentra-se nesse fenômeno ambiental em regiões semiáridas, como a paraibana, que expõe um grande desafio de sustentabilidade para quem depende da terra para o plantio e outros fins, como a prática da mineração, por exemplo. Impõe-se, nesse cenário de variabilidade climática e escasso de água, um impacto de grande proporção e muito irreversível. O impacto desse cenário, conforme Santos, Silva e Srinivasan (2007), gera degradação tanto dos recursos naturais, fato que aumenta os processos que envolvem a desertificação, por não existirem as práticas da conservação e menos ainda a conscientização de quem habita essa região de Caatinga, quanto do solo em terreno cristalino. Por outro lado, aumenta a preocupação dos pesquisadores por falta de ações políticas e dos riscos tanto pelo aspecto social quanto econômico para região.

Observando os impactos oriundos das atividades de mineração em terras semiáridas, constata-se que as mesmas produzem conflitos e vulnerabilidades de ordem social, econômica, ambiental e cultural em todo mundo. A vulnerabilidade compreende um complexo sistema que envolve riscos e exposições a desastres (SANTOS, 2015). Da mesma forma que esses processos de degradação por mineração são conflitantes para regiões semiáridas, em outras regiões do Brasil, grandes desastres ambientais também são percebidos, ligados à mineração, como, por exemplo, o rompimento de barragens de rejeitos. A sociedade que sofre essa problemática, destacando a tragédia/crime pelo rompimento das barragens de rejeitos, nas cidades de Mariana (2015) e Brumadinho (2019) no estado de Minas Gerais, não é priorizada por segurança de vida, tampouco assegurada legalmente em suas localidades. Infelizmente, a visibilidade e repercussão desses acontecimentos foram relevantes (nacional e internacionalmente) devido à quantidade de vidas e famílias completamente destruídas. Nesse sentido, é possível enxergar uma interação dialética dos elementos (homem x natureza) que se interceptam quando o assunto é falar sobre tais fatos que montam e remontam histórias de desastres e fenômenos ambientais. A desertificação está em curso de forma lenta e constante, passando despercebida da população geral e grande mídia, quanto aos impactos das atividades de mineração nas áreas susceptíveis.

O ambiente de estudo está localizado na Paraíba, especificamente na região do Seridó, no município de Juazeirinho, mais precisamente na mesorregião da Borborema, microrregião do Seridó Oriental, região mineradora desde os primórdios da antiga Província Pegmatítica Borborema-Seridó, cortando a BR-230 e as PB-195 e PB-228 (distrito de Barra). Apresenta em seu espaço territorial uma extrema e séria vulnerabilidade quanto aos processos erosivos de solo, além da exploração de minérios, fator predominantemente impactante e severo na região estudada, com o qual há uma relevante preocupação por este agredir e modificar a estrutura do solo e comprometer a qualidade de vida da população local, promovendo doenças respiratórias, visuais, auditivas, renais, etc. Esta pesquisa atenta para o desastre da desertificação, mostrando a mineração como causa de vulnerabilidades, enquadrando-se à orientações e indagações metodológicas de caráter científico e de estudos socioambientais voltados à temática, para que sejam apontadas proposições que contribuam para o entendimento e a mitigação do problema.

Conforme Araújo e Souza (2017) o processo de desertificação no Nordeste do Brasil já atinge 48% das terras semiáridas. No caso da Paraíba, o grau de conhecimento desse fenômeno e de sua extensão é ainda precário e necessita de maior aprofundamento em trabalhos socioambientais. Observa-se que no Seridó da Paraíba, particularmente no município de Juazeirinho, as ações de combate e convivência com a desertificação não têm surtido efeitos

positivos. Ao longo dos tempos, estas ações têm desencadeado outros problemas ambientais e socioeconômicos, pois foi criada uma dependência permanente da população em relação ao poder público em todas as esferas bem como do capital hegemônico da indústria do caulim.

Diante desse contexto e das temáticas que envolvem esta pesquisa, conforme relatos de campo e estudos diversos, torna-se relevante expor que no processo de crescimento e desenvolvimento de Juazeirinho enquanto município (área da pesquisa), a maioria dos avanços são provenientes da circulação de pessoas e negócios do próprio interior para outras cidades vizinhas, bem como pela formação econômica marcada pela extração de minérios e exploração de terras, que contribuíram para uma gradativa perda de vegetação, empobrecimento e desgaste do solo. Provavelmente em meio a essas transformações e exploração do ambiente semiárido de Juazeirinho pelas atividades antrópicas, deu-se o surgimento do processo de desertificação neste local. Silva (2013), ao estudar a mineração no município de Juazeirinho, destaca a importância da extração do mineral para o crescimento da região, porém alerta que os setores industriais se desenvolvem sem uma política ambiental de controle dessa obtenção do minério, e ainda que a retirada do mineral se dá por meio de máquinas que removem muita vegetação (existente ao redor), além do rejeito ser posto em locais próximos às jazidas.

Essa prática supracitada resulta em um ambiente vulnerável à degradação extrema do solo, além da fragmentação da Caatinga, vegetação nativa que se sustenta em uma região com condições hídricas precárias e de alta evapotranspiração. Em contrapartida, os níveis de aridez na Paraíba, levando em consideração os prejuízos causados à desertificação, contribuem para os riscos ambientais em todo país. Por outro lado, a vulnerabilidade associada à fragilidade do bioma, com a baixa pluviosidade, seguido de altos níveis de evaporação se somam em caráter quantitativo aos indicadores da desertificação (CONAMA, 2008).

A sobrevivência da espécie humana depende da biodiversidade do planeta. Para isso, o ser humano vem ao longo de sua história extraindo matéria prima para suprir suas necessidades básicas e essenciais. No entanto, a partir da Segunda Guerra Mundial, essa condição sustentável e racional vem sendo comprometida pelo modelo ditador de “desenvolvimento” socioeconômico mundial que coopta pessoas e até mesmo quem deveria estar preservando os bens comuns, o Estado. O produto disso tem sido a geração de sucessivas crises de difícil resolutividade, dentre elas a socioambiental, para as quais apenas os “atalhos” têm sido tomados como caminhos rumo às soluções que não passam de mais um agir imediato e emergente que engana e aliena, sem ações que produzam mudanças efetivas. Assim, o modelo se impõe e se mantém. Nesse sentido, pesquisadores nos diversos continentes do planeta têm se empenhado

em pesquisar fenômenos com implicações ambiental, social e econômica, tendo em vista a compreensão de causas, avanços e impactos espacial e temporal. Dentre os quais, cabe destaque o processo de desertificação.

A problemática da desertificação tem sido objeto de estudo extremamente vinculado ao desenvolvimento da sociedade, uma vez que setores, como a indústria, passaram a ser mensurados pelo potencial de produção, consumo e avanço tecnológico, fatos que implicam diretamente no uso e ocupação dos recursos naturais. Sendo assim, as escolhas, nesse sentido, ocorrem sem pensar nas consequências que reverberam em um modelo insustentável e de crises constantes, sobretudo, nos últimos tempos. Essa lógica também é realidade e preocupação na prática mineradora no complexo industrial em Juazeirinho, área de solo arenoso e de irregulares chuvas. Por isso, há preocupação sobre os impactos que essa atividade pode trazer diretamente à população e no crescimento do município, sob condições precárias de gestão ambiental e de salubridade, expostas as “sobras” de todo processo que envolve a atividade do mineral caulim. Da década de setenta até os dias atuais, novas visões de desenvolvimento têm sido incorporadas à sociedade, colocando as pesquisas em novos patamares de análise quanto às questões sociais e ecológicas, ampliando a perspectiva qualitativa. Segundo Barros e Barbosa (2015), no Brasil esse entendimento vem se destacando após a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD, 1994), embora para os mesmos autores, tanto na sustentabilidade institucional quanto na desertificação, existam fragilidades na manutenção dos objetivos acordados e resultados alcançados.

O processo de desertificação promove prejuízos ambientais e socioeconômicos que refletem diretamente nas famílias e sociedade como um todo, provocando êxodos e migrações que impactam não apenas o ambiente rural, mas, sobretudo, as zonas urbanas, que quase sempre não estão em condições de oferecer estrutura e serviços ao elevado contingente populacional que se desloca na maioria das vezes rumo ao ambiente urbano. Esse panorama tem implicado diretamente no desenvolvimento dos municípios brasileiros, precisamente no semiárido. Identificar na degradação das terras (desertificação) os processos de implicação de causas e consequências é condição imprescindível, tanto para compreensão do fenômeno, como para subsidiar planejamento e ações rumo à mitigação do processo e seus conflitos. E nesse sentido, torna-se fundamental compreender o uso e ocupação do solo com capacidade de acompanhar o comportamento de variáveis (geoambientais e socioeconômicas) no tempo e espaço. Conforme Ab'Saber (1977), os processos parciais de desertificação são todos aqueles fatos pontuais, suficientes para criar degradações irreversíveis da paisagem e dos tecidos ecológicos naturais.

Considerando que o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) define a desertificação como degradação das terras áridas, semiáridas [...] e as ações antrópicas como principal causa, esta pesquisa priorizou como ponto de partida analisar a problemática da desertificação, abordando-a a partir da extração mineral no Seridó Oriental da Paraíba. Desta forma, escolheu-se espacialmente o município de Juazeirinho, por ser um dos mais secos do Nordeste, com clima semiárido, conforme Koppen tipo BSh (seco semiárido de baixas latitudes), com temperaturas médias anuais em torno de 26°C., apresentando de nove a onze meses secos com chuvas mal distribuídas (IBGE, 2010a), possuir menos de 20% de área de Caatinga em seu território (Xavier et al., 2016), apresentar um relevo em condições onduladas, rochas cristalinas, solos rasos e pedregosos, além de apresentar a extração e beneficiamento do caulim como uma das principais atividades econômicas. O município está inserido no Planalto da Borborema, na carta geológica Boqueirão da CPRM, folha SB.24-Z-D- III.

O Seridó da Paraíba é marcado pela mineração como principal atividade econômica da região, tornando-se alvo de maiores pressões antrópicas se comparada a outras áreas do próprio Estado, fato que o torna mais vulnerável ao processo de desertificação. De maneira mais detalhada, o município de Juazeirinho apresenta potencial competitivo do mineral caulim e com aptidão para o beneficiamento, além da presença de pedras preciosas, minerais de pegmatito e os não-metálicos, tais como: berilo, nióbio, tântalo, estanho, turmalina e asbestos (FIEP, 2010). Conforme a CPRM (2002), o município, em diferentes localidades, já chegou a possuir dezoito lavras em atividade. Para Lima, Cavalcante e Fidelis Filho (2011), na área de estudo dessa pesquisa, foi constatado que em quinze anos ocorreu uma redução de 17,4% de vegetação densa e semidensa em 1990-2005, correspondendo a 2,3 km<sup>2</sup> ao ano. É um município que possui uma área fortemente vulnerável à incidência da degradação ambiental, sob forte pressão (natural e antrópica), ou seja, um meio ambiente frágil, localizado no semiárido do Brasil, onde crescem a pobreza, infertilidade do solo, quantidade e qualidade da água, perda de biodiversidade e qualidade de vida.

É nesse cenário “modelo” de ecossistemas e territorialização do poder do capital e perpetuação do contexto neocolonial que esta pesquisa buscou focar na relação sociedade e natureza, analisando de forma multidimensional dados de cunho ambiental, social, econômico, político-institucional e cultural na tentativa de analisar as tendências do processo de desertificação sob uma condição espaço-temporal do município de Juazeirinho associado às condições negativas que a mineração apresenta, considerando os períodos de 1984 a 2016 respectivamente, com vistas à compreensão do problema em sua totalidade. Partindo desse

pressuposto, surgem os seguintes questionamentos: **Qual a relação entre a mineração da região do Seridó da Paraíba com o avanço do processo de desertificação no município de Juazeirinho? Quais e como são gerados os impactos negativos da extração e beneficiamento do caulim na degradação do solo?** Nesse universo de realidades e fragilidades, esta pesquisa concentra-se nas seguintes hipóteses:

H1- Os impactos causados pela extração e beneficiamento do caulim têm contribuído para transformação na cobertura vegetal e textura do solo, situação que potencializa ao longo do período pesquisado o processo de desertificação no município de Juazeirinho;

H2- O modelo socioeconômico praticado ao longo do tempo tem promovido a evolução do processo de desertificação e conseqüentemente a precarização do município de Juazeirinho, implicando em relações, interferências e determinações socioambientais e econômicas complexas e circulares em permanente devir.

A principal razão para escolha desta área como objeto de investigação é a multicomplexidade dos processos referentes ao uso e ocupação do solo presente no Seridó paraibano e o desafio em preencher lacunas de informação e conhecimentos de uma realidade com **desertificação, degradação/exploração de recursos minerais e ações antrópicas**, sendo este último, uma das maiores preocupações atuais da sociedade com geração de problemas ambientais de difícil resolutividade, comprometendo o desenvolvimento sustentável. Dessa forma, traz como desafio a junção de elementos que promovem uma análise mais aprofundada do assunto.

Dessa forma, promove como desafio a junção de elementos que contribuem para uma análise ainda não correlacionada, integrando aspectos biofísicos, climáticos, socioeconômicos e político-institucional, em uma abordagem multidimensional, através do índice de vegetação ajustada ao solo (SAVI), índice de textura do solo (TGSI), imprescindível nas análises granulométricas e de refletância, índice de aridez (IA) e índice de desenvolvimento municipal sustentável (IDMS), ainda não realizada na microrregião onde se insere a área de estudo. Além de ferramentas computacionais para análise de dados de campo e imagens de satélite na compreensão da problemática da desertificação, assim como as formas de decisão que os resultados do processamento de dados transmitem, para abrir caminhos e respostas das transformações que o fenômeno produz na área.

Em áreas extensas de terrenos suscetíveis às transformações naturais e antrópicas, o Sensoriamento Remoto permite melhor precisão da análise dessas transformações (SÁ et al. 2011). Nesse sentido, buscou-se potencializadores do processo de degradação/desertificação

e/ou servir de duplo monitoramento a relação desertificação/mineração, comparando as transformações que passa o município utilizando um diagnóstico quanti-qualitativo e espaço-temporal. Essa estrutura de pesquisa poderá se tornar ferramenta lógica para indicação e monitoramento do processo de desertificação em áreas com extração e beneficiamento da rocha caulim tanto no Seridó da Paraíba como no Nordeste brasileiro, devido às semelhanças ambientais e socioeconômicas dos municípios paraibanos.

Tanto a desertificação quanto a mineração são problemáticas complexas que envolvem diferentes aspectos e “verdades”, difíceis de serem encontradas e compreendidas apenas em única dimensão devido suas particularidades e relatividades. Portanto, essa pesquisa buscou suprir a escassez de estudos da temática desertificação/mineração na Paraíba, sobretudo, para a microrregião do Seridó Oriental, extraíndo da aparência, fatos, dados, indicadores e processos que movimentam o objeto de estudo, tendo em vista uma análise interdisciplinar/indisciplinar capaz de subsidiar ações de planejamento, gestão dos poderes públicos locais (curto e médio prazo) que possa coadjuvar com as políticas públicas locais, uma vez que Juazeirinho extrai e beneficia seu caulim e importa grande volume desse mineral de outros municípios da região para industrializar, ampliando assim o “ônus” ambiental local, além da junção de métodos, abordagens, técnicas e metodologias até então não utilizadas conjuntamente para detectar a problemática em questão no município.

Também favorece a importância deste estudo o fato de considerar as orientações da Organização das Nações Unidas (ONU) na sua recomendação quanto ao uso de indicadores em pesquisa sobre desertificação, sobretudo, na inclusão da cobertura vegetal e índice de aridez. Investigar o processo de desertificação conjuntamente com a temática da mineração não é tarefa simples, pois requer amplitudes de visão e investigação em multicritérios e dimensões, uma vez que o meio ambiente não é só natureza, é cultura, política, história, homem, incertezas e tendências.

## 1.1 OBJETIVOS

Esta pesquisa científica buscou essencialmente desenvolver o corpo de conhecimento delimitado através do objetivo geral e dos objetivos específicos citados abaixo:

### **1.1.1 Objetivo Geral:**

- Analisar o processo de desertificação a partir da atividade da mineração, em especial da extração do caulim no Seridó da Paraíba.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Investigar o potencial mineral no Seridó paraibano explicitando o beneficiamento e impactos do caulim no município de Juazeirinho, em especial no Distrito de Barra;
- Identificar possíveis correlações entre indicadores climáticos, geomorfológicos, pedológicos e socioeconômicos;
- Analisar as transformações espaço-temporais da cobertura vegetal e uso da terra;
- Identificar os impactos ambientais, susceptibilidade à erosão do solo e tendência da ocorrência do processo de desertificação no município.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta revisão bibliográfica foram abordadas de forma inclusiva e correlacionada as diferentes dimensões que envolvem as temáticas desta pesquisa, objetivando alcançar maior aproximação do cerne da crise socioambiental e paradigmática local. Sendo assim, foi preciso ir para além delas, através das interfaces que as entrelaçam em uma teia de ligações e conexões, para instigar da melhor maneira possível a relação sociedade, natureza e meio ambiente no espaço e tempo.

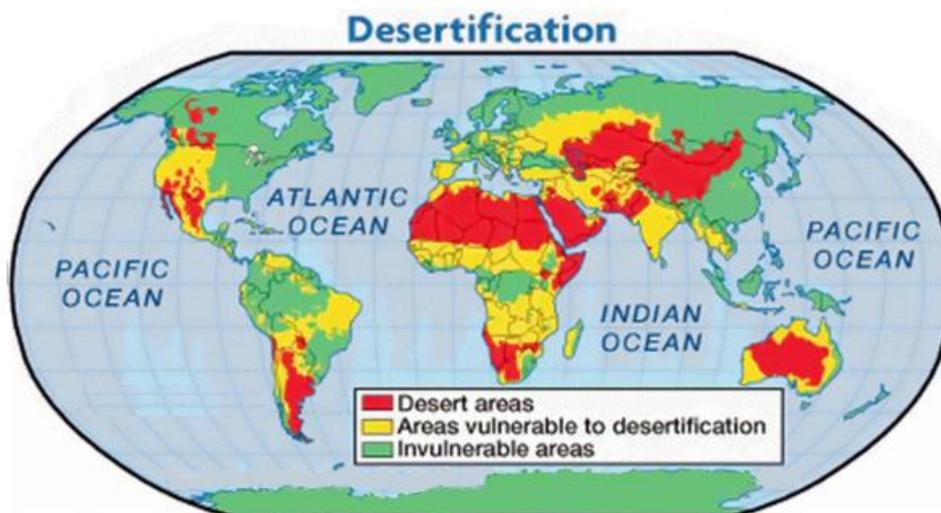
### 2.1 ASPECTOS GERAIS DA DESERTIFICAÇÃO

Considerando a abrangência da temática desertificação, faz-se necessário inicialmente traçar um panorama de realidades que se inter-relacionam com a investigação, a fim de situar melhor geograficamente quali-quantificando alguns aspectos que podem ser confundidos e equivocados no tocante as terras secas, áridas, semiáridas e subsumidas. De acordo com a Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (UNCCD, 1994), essas áreas representam 41,3% da superfície emersa do planeta e 35,5% da população global. Estima-se que sejam perdidos, aproximadamente, cerca de 6 milhões de hectares de terras produtivas anualmente, afetando direta ou indiretamente mais de 70 milhões de pessoas no planeta (BRASIL, 2007). À nível mundial, Rêgo (2012) cita que as terras secas se estendem por áreas da África, Oceania, Ásia Central e Sudoeste, sudeste norte-americano, América do Sul e Europa. De acordo com a Figura 1, em vermelho destacam-se as áreas de deserto, em amarelo as áreas vulneráveis à desertificação, e na cor verde, as áreas não suscetíveis.

Quanto à origem dos estudos e termos sobre a desertificação, a história mostra ao longo do tempo três maneiras. A primeira reporta-se a Louis Lavendau por volta de 1927 com base na degradação ocorrida no Sul da Tunísia, onde o mesmo atribuiu o fenômeno a uma origem antrópica (DREGNE, 2002); a segunda à comunidade científica norte-americana (1930), com ênfase do fenômeno ocorrido no meio-oeste americano, onde a intensa degradação dos solos afetou uma área de cerca de 380 mil km<sup>2</sup> em vários estados, reflexo da seca entre 1929-1932; e a terceira e mais difundida, citado por Patrício (2017), é destacado por Aubreville em 1949 que conceitua o termo para caracterizar áreas com semelhança a desertos. Para ele a desertificação é um evento como conclusão de um processo de degradação. Esse pesquisador era mais preocupado com as atividades humanas, pois percebeu que o cultivo, desmatamento e erosão tinham relações diretas com a destruição do solo (RÊGO, 2012). Somente no início de 1970,

quando ocorreu uma grande seca na região localizada ao Sul do deserto do Sahara, conhecida como Sahel, onde mais de 500 mil pessoas morreram de fome, foi que a comunidade internacional reconheceu o impacto econômico, social e ambiental do problema e estabeleceu um programa mundial de ação para combater a desertificação (BRASIL, 2011).

Figura 1 – Mapa global das áreas vulneráveis à desertificação



Fonte: [soil.usda.gov/useworldsoils/mapindex/desert.html](http://soil.usda.gov/useworldsoils/mapindex/desert.html). 2012.

Com base no exposto, a comunidade científica tem afirmado ao longo dos fatos e do tempo que o processo da degradação é contemporâneo na existência humana, fortalecendo a ideia das implicações antrópicas ao fenômeno. Isso corrobora com pensamentos de pesquisadores do fenômeno na atualidade, como Pereira e Nascimento (2013, p. 176), ao dizerem que o último conceito do termo (UNCCD, 2004) busca um viés climático delimitando geograficamente a ocorrência, onde para eles o fenômeno é antropogênico. Para esses autores, “cada bioma da terra possui certo potencial de produção biofísica e o potencial nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas é dos mais baixos”.

Em 1956 ocorreu no Rio de Janeiro o XVIII Congresso Internacional de Geografia, no qual já se pautava a desertificação como um fenômeno preocupante, dando início por essa razão a uma comissão especial de estudos sobre a temática (CONTI, 2008). A primeira Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação veio ocorrer em Nairóbi, Quênia, em 1977, e conceituou o fenômeno como um processo de mudanças regressivas do solo, vegetação e regime hídrico devido aos fatores climáticos e atividades humanas.

Existe uma diversidade de conceitos para a desertificação. No entanto, isso tem causado prejuízos em todos os sentidos para mitigação e combate ao problema, confundindo

informações e diluindo forças. Na tentativa de resolver tais confusões, a Organização das Nações Unidas (ONU), na Conferência de Nairóbi em 1977, afirmou algumas críticas e descontentamentos tanto da comunidade científica como da sociedade em geral, por não atingir os objetivos esperados e básicos como o de constituir uma base metodológica para ações nacionais e internacionais. Como resultado obteve apenas a implementação, em vinte países, de planos nacionais e a participação ínfima dos países desenvolvidos em recursos financeiros e tecnológicos. Nesse sentido, cabe uma reflexão sobre as mudanças entre 1977 até os dias atuais.

A história mostra que a indefinição sobre o que seria desertificação, por considerável tempo, contribuiu para atraso de ações capazes de estancar o avanço do fenômeno no planeta, principalmente em terras semiáridas de países com maior índice de pobreza, embora estudos preliminares já evidenciassem suas características e causas. De acordo com a UNCCD (2004), vários conceitos foram debatidos, inclusive gerando documentos, os quais foram expostos no encontro (ECO - 92) pela Convenção Internacional de Luta Contra a Desertificação a fim de alavancar maiores compromissos. Autores como Matallo Júnior (2009), Soares, Mota Filho e Nóbrega (2011), através de seus estudos contribuíram na validação de conceitos básicos sobre desertificação, como sendo “a degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas”. Conforme os autores, todas essas evidências estão inseridas em um conceito mais amplo de degradação, que compreende a redução ou a perda da produtividade biológica ou econômica das terras agrícolas de sequeiro, das terras de cultivo irrigado, dos pastos e dos bosques, em zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, pelos sistemas de utilização da terra, por um processo ou uma combinação de processos, incluídos os resultantes de atividades humanas e padrões de povoamento, tais como: (i) erosão do solo causada pelo vento ou pela água; (ii) deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas ou das propriedades econômicas do solo; e (iii) perda duradoura da vegetação natural (SOARES, MOTA FILHO, NÓBREGA, 2011, p.175).

Sobre a percepção da ONU, cabe ressaltar o que diz Rêgo (2012) sobre o processo. Este estudioso o considera dinâmico com eventos em cadeia fechada, no qual causas e consequências se misturam como, por exemplo, da seca onde o mesmo diz que as duas somam-se e se agravam mutuamente. Matallo Junior (2001) atenta para complexidade da degradação da terra versus degradações de solo, vegetação, recursos hídricos e qualidade de vida. Sampaio et al. (2003) faz algumas observações ao conceito da ONU quanto aos termos “vários fatores”, “variações climáticas” e “atividades humanas”, vendo esta última de caráter muito abrangente em ações e

tempo. Enfim, existe uma grande distância para consenso, embora não seja privilégio exclusivo da desertificação frente a história do conceito de Seca.

O Programa das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) também define o termo desertificação como degradação que atinge as populações, animais e vegetais do semiárido, devido à caça e extração de madeira ou efeito químico que limitam as condições hidrológicas e geohidrológicas, além de prejudicar a infraestrutura e qualidade de vida dos seres humanos. Desta forma, percebe-se, ao longo da história, que o conceito do processo da desertificação vem sendo aplicado conforme limitações, delimitações, necessidades e implicações. Para Rêgo (2012), a interpretação é colocada como convém, comprometendo a percepção da globalidade da problemática.

Ramalho, Silva e Oliveira (2013) alertam para a necessidade da distinção entre desertificação e desertização. Eles dizem que a desertização é um processo natural que independe de ações antrópicas e atinge um clímax ecológico, enquanto a desertificação é desencadeada por efeitos climáticos e intensificada pelas ações antrópicas através de processos mais complexos como econômicos, sociais e culturais causando profundos impactos ambientais em constante transformação. Para Matallo Junior (2009), os conceitos são distintos. Desertos são resultados de evolução climática e desertificação é resultado de manejo inadequado dos recursos naturais nas zonas áridas.

Para Rêgo (2012), o conceito é enganador pelo fato de espoliar a origem do processo que, além de ser localizado, poderá ocorrer a milhares de quilômetros de distância do deserto, passando a ser visto como um problema que afetará algumas regiões, embora já se admita o fato de que a desertificação esteja presente em todos os continentes e mesmo em países desenvolvidos. Nesse sentido, o combate torna-se difícil e complexo pelo fato de países ricos sofrerem consequências indiretas da desertificação em outras áreas.

O nome escolhido para o processo de degradação das terras de acordo com a Conferência de Combate à Desertificação (UNCCD,1992) tem provocado embaraços e remetendo a formação de desertos (fenômeno natural). Isso tem contribuído com as ambiguidades do conceito da desertificação que ainda não foram totalmente compreendidas no meio técnico e científico. Portanto, existe uma profunda necessidade de análises que perpassa fundamentalmente por causas e consequências do fenômeno com foco em fatos locais. Pensando sobre tal problemática, Sampaio et al. (2003) sugerem que, sem sobrepor as decisões da Convenção Internacional, fique claro no mínimo o campo de ação do combate no Nordeste do Brasil.

Quanto à situação socioeconômica, é de fundamental importância a compreensão das degradações das terras pela capacidade de apontar as vulnerabilidades nas quais está exposta a população dessas áreas. Com destaque para os aspectos demográficos por colocar os ecossistemas expostos à vulnerabilidades humanas. Segundo Matallo Junior (2001), em áreas suscetíveis à desertificação, a densidade não deveria ultrapassar 20 habitantes por quilômetro quadrado (hab/km<sup>2</sup>), bem como o Índice de desenvolvimento humano (IDH) principalmente nos parâmetros educação, longevidade e renda. De acordo com o United Nations Children's Fund (UNICEF, 2011), ou Fundo das Nações Unidas para a Infância, as famílias que perdem seus meios de subsistência em decorrência da seca dificilmente têm condições de manter seus filhos na escola.

Em relação ao sistema climatológico, o que se pode considerar é que o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2007) aponta que as regiões semiáridas suscetíveis à desertificação serão as mais afetadas pelas mudanças climáticas nos próximos anos, devido as suas condições de vulnerabilidade socioeconômica e ambiental. Observando de maneira especulativa a dialética no que concerne a climatologia atrelada a uma análise holística dos conceitos de vários pesquisadores que estudam a desertificação, apontam que a esfera climática para região árida e semiárida, sendo esse presente no Nordeste brasileiro, atinge uma complexidade relativamente alta e metódica. As relações conceituais do fator clima ora se contradizem ora contribuem em apresentar afirmativas necessárias à compreensão de que os fenômenos climáticos estão sim potencializando ou tendem a potencializar o empobrecimento do solo, a ausência de chuvas, conseqüentemente, fazendo surgir um processo de desertificação.

Conforme Rêgo (2012), as situações da desertificação se reproduzem mundo afora. As pesquisas mostram que desastres ambientais por ações antrópicas poderão provocar catástrofes sociais e favorecer a incursão de conflitos com origens múltiplas de ordem local e/ou internacional até 2050. Mesmo que não seja o ponto de partida, serão intensificados pela degradação da natureza. O processo da desertificação vem sendo colocado sobre três pontos de vista, a saber: como fenômeno essencialmente humano; resultado de causas climáticas e humanas; e causas naturais, sendo esta última com menor número de adeptos.

As previsões para um futuro próximo não são nada otimistas para as terras áridas e semiáridas do planeta. A situação caminha para além de um “deserto” ecológico que independente de suas origens e conseqüências, é resultado de um meio ambiente esgotado e em constante desequilíbrio entre o homem e natureza. Trata-se de uma “bola de neve” que cresce e se intensifica absurdamente.

## 2.2 DESERTIFICAÇÃO NO BRASIL E NA PARAÍBA

Conforme o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2016), no Brasil a desertificação abrange em torno de 70,5 mil km<sup>2</sup> com nível alto de comprometimento da produção agrícola e produtividade dos recursos naturais que reflete na capacidade de suporte para a vida vegetal e animal. A percepção no Brasil sobre desertificação, preliminarmente no campo da intuição, foi registrada e sentida desde o século XIX por Euclides da Cunha registrado em sua obra “Os Sertões” ao falar do “martírio secular da terra” e dos “fazedores de desertos”, contabilizando esses fazedores na seguinte ordem: primeiro os indígenas, queimando vegetação e solo; segundo os portugueses pelo desmatamento em função da monocultura (algodão e cana); e por último os mineradores (PARAÍBA, 2011, p.6-7). Infelizmente, até os dias atuais esses fatos são desconsiderados e, na maioria das vezes, desvinculados da erosão e desertificação, mesmo com tantas evidências.

Conforme Meunier (2008) vale salientar que no artigo – O Deserto Brasileiro, os núcleos falados pelo autor não resultavam de diagnósticos de ocorrência de desertificação. Tratava-se de propostas metodológicas para pesquisar o fenômeno. Em 1994 surge a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD), no entanto, só em 2007 a ONU reuniu na Espanha diversos países na 8ª Conferencia para discutir sobre o tema. Vasconcelos Sobrinho estudou “manchas” no solo do semiárido, fato que para ele era evidência da desertificação, reflexo de solos rasos por afloramento de rochas sem capacidade de reter água, desidratando-se. O clima era o mesmo de outras áreas, o que levou o pesquisador a considerar que ao lado dos fatores gerais que caracterizam a desertificação, existem fatores locais determinados pelas condições de solo, podendo ser encontrado manchas fortes de solo muito próximas de manchas em desertificação. Para ele as existências isoladas ou agregadas dessas manchas favorecem a formação do que ele chamou de Núcleos de desertificação (VASCONCELOS SOBRINHO, 1982).

Vasconcelos Sobrinho (década de 70) trouxe uma grande contribuição através de pesquisas sobre a desertificação no Nordeste, e o artigo de maior repercussão foi e continua sendo sobre os “núcleos” de desertificação. Tais trabalhos foram marcantes para o conhecimento do processo no ambiente semiárido nordestino. Inicialmente, ele dividiu em seis áreas-piloto para estudo (Quadro 1).

Quadro 1 – Áreas-piloto estudadas por Vasconcelos Sobrinho.

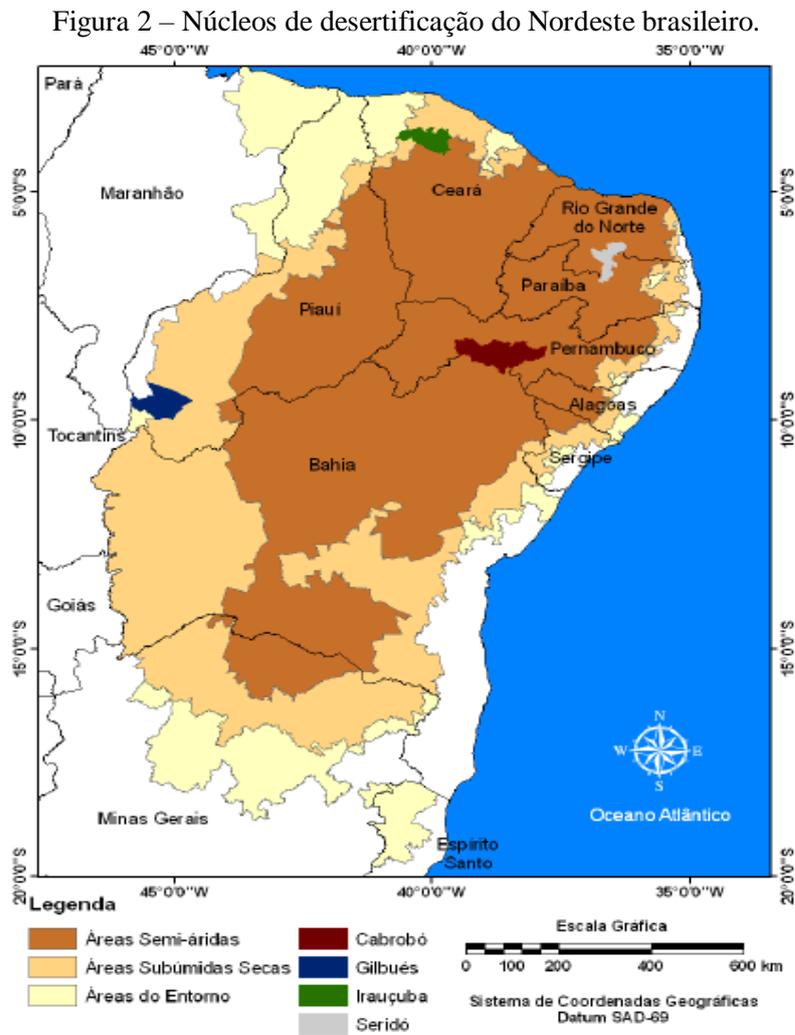
Área Piloto	Estados	Municípios
1	Piauí	Gilbués, Simplício Mendes, Cristino Castro, Ribeiro Gonçalves, Correntes, Bom Jesus e municípios vizinhos.
2	Ceará	Tauá, Ameiroz, Monçaba, Auaba, Catarina, Saboeiro, Irauçuba e municípios vizinhos.
3	Rio Grande do Norte	Currais Novos, Acari, Parelhas, Equador, Carnaúba dos Dantas, Caicó e Jardim do Seridó.
4	Paraíba	<b>Juazeirinho</b> , São João do Cariri, Serra Branca, Cabaceiras, Camalaú, Picuí e municípios vizinhos.
5	Pernambuco	Salgueiro, Parnamirim, Cabrobó, Itacuruba, Belém do São Francisco, Petrolina, Afrânio, Ouricuri, Araripina e municípios vizinhos.
6	Bahia	Uauá, Macururé, Chorrochó, Abaré, Rodelas, Curaçá, Glória, Jeremoabo Juazeiro e municípios vizinhos.

Fonte: BRASIL, 2005b.

A partir de então, muitos pesquisadores têm se debruçado sobre essa temática com grandes contribuições para a região, culminando na identificação de outros “núcleos”, a exemplo do Estado do Ceará, que divulgou mais dois núcleos (Sertão de Inhamune e Médio Jaguaribe). Podemos destacar: Ab’Saber (1977); Nimer (1980); Rodrigues (1992); Conti (1995); Sales (2002), além de inúmeras publicações de instituições públicas Federais e Estaduais.

A Universidade Federal do Piauí (1990), através de novos estudos e tendo como base as áreas-piloto de Vasconcelos Sobrinho, constatou que nas áreas susceptíveis ao processo de desertificação, uma das principais causas para a intensa degradação é a supressão da caatinga pela prática da agricultura e pecuária, como também pela mineração (Gilbués), extração de argila de solos aluviais (Seridó) e retirada de madeira para lenha e carvão. Essas áreas foram

caracterizadas pelo alto risco ao processo de desertificação, sendo conhecidas como núcleos de desertificação (BRASIL,2005a), até então formadas por quatro áreas com 18.740 km<sup>2</sup>, constituindo os núcleos de Gilbués (PI), Irauçuba (CE), Seridó (RN) e (PB), Cabrobó (PE), (BRASIL, 2007) observados na Figura 2.



Fonte: BRASIL, 2007b.

No entanto, em 2007, o Brasil através do Atlas das áreas susceptíveis à desertificação retirou, por motivos até então inexplicáveis, duas áreas-piloto do Núcleo de Desertificação, ou seja, o de número 4º (Paraíba) e o 6º (Bahia), lembrando que o 4º referia-se a região dos Cariris Velhos, no qual inclui-se o município de estudo desse trabalho, Juazeirinho, no Seridó paraibano. Quanto a esse fato, tem-se a necessidade de maior conhecimento da realidade (in loco) como fundamental para uma tomada de decisão neste porte, através dos órgãos direta e indiretamente responsáveis. Observando a situação da área piloto Seridó, em especial na Paraíba, no que se refere à ocupação do solo, segundo o MMA, essa área apresenta uma forte

exploração mineral, o que chama a atenção dos especialistas em discutir os sérios riscos em relação ao processo de desertificação.

O PAN-Brasil é um documento produto de um compromisso do país com a Convenção das Nações Unidas de Combate à desertificação (CCD), uma responsabilidade que atravessou muitos desafios. Para isso contou-se fundamentalmente com a participação de instituições governamentais e não governamentais em todas as esferas de governos, bem como dos conhecimentos práticos e tradicionais da sociedade civil. Para isso, foram utilizados alguns documentos norteadores. O próprio documento diz que o mesmo não pode ser entendido como finalizado e sim é um retrato momentâneo de uma trajetória já iniciada. É um documento que se apresenta como marco nacional de luta, combate e prevenção, uma vez que, a partir dele iniciou-se mobilizações e convocações em todo território nacional para produção de instrumentos programáticos e normativos de ações, onde culminou para elaboração dos estados de seus próprios programas os chamados - PAES para retratar a realidade e necessidade tanto ambiental como da população local.

Seguindo o critério da UNCCD, o PAN-Brasil considerou como zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas as áreas com índices de aridez entre 0,05 a 0,65, colocando-as como áreas afetadas ou susceptíveis a processos de desertificação. Esse documento diz que as áreas no Brasil correspondem a 1.130.790,53 km<sup>2</sup> onde 62,83% são caracterizados como semiáridas e 37,17 são subúmidas secas. Seguindo as orientações da CCD, o Brasil estabelece políticas que se direcionam em quatro eixos temáticos. Esses eixos serviram de parâmetros norteadores para que os Estados elaborassem seus Planos Estaduais (PAES), tornando-se natural ao direcionamento de princípios voltados ao desenvolvimento sustentável (DS) e a inclusão social. No caso da Paraíba, o PAE-PB (2011) traçou como “missão”: melhorar a capacidade de adaptação das áreas susceptíveis de desertificação (ASD) às mudanças climáticas e a desertificação. Assim, o plano foi discutido em oficinas realizadas em alguns municípios (Campina Grande, Patos e Monteiro) com participação de representantes governamentais (federal, estadual e municipal); setor produtivo; pesquisadores; parlamentares e sociedade civil. Destes encontros surgiram propostas de ações de acordo com órgãos e eixos temáticos.

Em contrapartida, o estudioso e escritor Ab'Saber (1977) afirma que se tornam, de certa maneira, convincentes os comentários sobre a ocorrência das chuvas em regiões quentes principalmente pela vivência no ambiente tropical. No Brasil sobressai a ideia da superioridade que o clima tem quando relacionamos com as atividades humanas. Tratando ainda sobre a região mais quente do Brasil, no quesito clima, outros autores citam hipóteses que geram vários

questionamentos ao mencionar sobre o clima úmido defendido por Miner (1979), em que cita o Nordeste como uma região que apresenta umidade devido às massas de ar do Atlântico, inexistindo seca, e que devido a uma variabilidade no clima, a modalidade do tipo superúmido também é encontrado no Nordeste, no entanto apenas para a faixa litorânea, já a modalidade do tipo semiárido, este o regime chuvoso é barrado por serras tornando os meses mais longos em termos de seca.

Por outro lado, estudos feitos por Cirilo et al. (2007) apontam que a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) influencia a chegada do período chuvoso para o semiárido em condição mensal, sendo para o Agreste (fevereiro a julho). No entanto, quando existe um esfriamento do Atlântico Tropical Sul, a ZCIT enfraquece deixando a região semiárida propensa a seca (JATOBÁ e LINS, 1996). Observando as alterações climáticas em lugares do Brasil, especialmente no Nordeste, onde a seca e a escassez de água predominam, Duarte (2001) aponta que as irregularidades do clima apresentam uma forma cíclica e inconsistente que ora pode ocorrer efeitos de longos períodos de seca ora pode apontar concentrações pluviométricas acima da média em uma determinada região semiárida.

As divergências no contexto exposto pelos autores pedem, portanto, uma análise mais detalhada para se chegar a uma resposta precisa e certificada cientificamente, visto que o estudo da Climatologia no Nordeste nos traz de fato a certeza de que através dessas observações é possível sim afirmar que o fator clima contribui para a desertificação. A luta contra a desertificação deve ser fundamentada em três esferas: (I) aceitação realista dos fatos geocológicos, ou seja, precipitações fracas e irregulares, recorrência imprevisível de longos períodos secos, um potencial fraco por unidade de superfície, decorrendo da necessidade de unidades de manejo bastante grandes para compensar a variabilidade das precipitações no espaço no decorrer de qualquer ano, ecossistemas frágeis e instáveis naturalmente, e graves riscos de erosão, de acumulação e de salinização dos solos; (II) percepção adequada dos critérios econômicos e das atitudes sociais, através de um amplo programa de educação ambiental; e (III) a disposição de bons estudos capazes de fornecer uma sólida avaliação de cada unidade ecológica em função das estratégias de desenvolvimento e dos investimentos possíveis (ALVES, 2007).

Ao tratar-se da desertificação no estado da Paraíba, é importante observar que no Nordeste do Brasil as áreas que são consideradas semiáridas e subúmidas incluem nove Estados da Federação (Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas,

Sergipe e Bahia). No entanto, o semiárido estende-se do Piauí a Bahia indo ao Norte de Minas Gerais (Sudeste).

O Nordeste brasileiro colhe maus frutos plantados desde suas bases de colonização, ou seja, pela chegada dos europeus que só pensavam e objetivavam obter lucros e explorar sem critério as riquezas naturais. Ao perceberem que se tratava de terras férteis, começou a superexploração do solo e da água. No século XVI, a exploração ambiental ocorreu com a expansão ao cultivo da cana de açúcar suprimindo a vegetação nativa, através de técnicas danosas de desmatamento e queimadas que desencadearam a morte de muitos animais e a vida edáfica.

Dessa forma, na metade do século XIX, o meio ambiente nordestino estava imensamente repleto de usinas e latifúndios, apresentando sinais de degradação ambiental principalmente pelo desmatamento e pela poluição das águas que culminou com a expansão da pecuária. Tais fatos, além da situação natural de seca, colocaram o ambiente e a população em risco ao longo do tempo. A degradação avança e piora também nas últimas décadas do século XIX, quando praticamente todo país internaliza e reproduz como projeto de desenvolvimento e crescimento os modelos de economias capitalistas, desconectando e dividindo o Brasil de seu Nordeste e de suas origens e pautando-se em uma civilização estranha a seu povo, sobretudo, de princípios europeus (PARAÍBA, 2011).

As áreas susceptíveis à desertificação (ASD) incluem tanto o semiárido como seu entorno, contando os biomas do Cerrado e do Agreste e perfazendo onze Estados da Federação (BRASIL, 2007). Para Silva e Oliveira (2017), a degradação das terras e a desertificação têm se configurado como um dos mais graves problemas no semiárido do Nordeste do Brasil, produzindo instabilidades diversas nos sistemas ambientais, através da junção de vários fatores, sobretudo, o da semiaridez. Conforme Araújo e Souza (2017), o processo de desertificação no Nordeste do Brasil já atinge 48% das terras semiáridas.

Oficialmente, o semiárido brasileiro estava composto de 1.135 municípios, ocupa uma área de 1.600,00 Km<sup>2</sup>, apresenta 60% inserida no polígono da seca com predominância de solos rasos, pluviometria inferior a 800 mm/ano, taxa de evaporação elevada e distribuição pluviométrica espaço-temporal muito irregular (BRASIL, 2005c). Em agosto de 2017, a mídia nacional divulgou uma nova delimitação da região semiárida do Brasil (Figura 3), onde foram acrescentados mais 54 municípios em três estados, ou seja, 36 no Piauí, 15 no Ceará e três na Bahia. Desta forma, o novo mapa do semiárido passa a compor de 1.189 municípios em nove estados, concentrando juntos 25 milhões de pessoas, sendo que em 31 das cidades estão os 20%

com pior IDH. Destarte, constata-se que a degradação das terras no Nordeste faz parte de uma construção social que só se agrava em ápices insustentáveis. É possível enxergar ainda mais situações de degradação quando percebemos outro fator que atinge tanto o Sertão como Mesorregião do Seridó: a forma inadequada de manejo do solo, de gado, no tocante à agricultura, pecuária e mais diretamente na extração mineral, desconsiderando resiliência e sustentabilidade, desgaste este que provoca o aumento e aprofundamentos de erosões.

Figura 3 - Delimitação do semiárido brasileiro.



Fonte: SUDENE, 2017.

A degradação das terras secas na Paraíba tem maior expressão na mesorregião da Borborema, especificamente no Cariri e Seridó (Oriental e Ocidental) e na mesorregião do Sertão (Figura 4). O Ministério do Meio Ambiente (MMA) admite que aproximadamente 80% dos municípios paraibanos estão inseridos em uma realidade de índices pluviométricos inferior

a 800mm/ano, com escassez de água para 1,5 milhões de pessoas. Apesar dessa realidade, somente a partir dos anos 90, esse problema passou a ter relevância passando a ser mais pesquisado (PARAÍBA, 2011). Conforme Sousa et al. (2016), o estado da Paraíba possui aproximadamente 39.136,51 km<sup>2</sup> em processo de desertificação, isso equivale a 69,2 da área total.

Figura 4 - Áreas em processo de desertificação na Paraíba.



Fonte: SOUSA et al., 2016.

É no semiárido que se concentram as áreas em risco ao processo de desertificação devido a sua condição de aridez (BRASIL, 2005b). Nas áreas afetadas pela seca existe um espaço “miolão semiárido”, onde o desastre da seca é bem mais intenso de 80 a 100% (BRASIL, 2007). De acordo com Nimer (1972), o semiárido apresenta um clima mais diferenciado do mundo e com aproximadamente 50% do território nordestino apresentando clima variando entre semiúmido ao superúmido, com secas de cinco a um mês. Nesse sentido, diz Lopes e Soares (2016) que a região semiárida brasileira (SAB) é vulnerável a enchentes e chuvas intensas como também veranicos e períodos de seca. Para Sá e Angelotti (2009), os processos de desertificação no Semiárido brasileiro não só são reflexo da sensibilidade natural do ambiente, mas, sobretudo, do uso inadequado. Para os autores, é importante salientar que as observações de campo e a

análise visual de imagens de satélite apontam nitidamente que as áreas mais devastadas comportam solos de alta fertilidade, que foram e/ou estão sendo intensivamente explorados.

Para Alves, Sousa e Nascimento (2009), a desertificação é um processo que ocorre lentamente em pequenos focos de solos desnudos ou com início de ulceração do tecido ecológico. Os autores consideraram na Paraíba os municípios de Cabaceiras, Camalaú, Serra Branca e Juazeirinho como os mais afetados. Os solos vêm sofrendo um processo intenso de degradação devido à substituição da vegetação natural por campos de cultivos, pastagens e outros usos alternativos da terra (SÁ et al.,2013).

Na década de 70, segundo o PNUD (1994), a cobertura vegetal no território paraibano atingiu 53,5%, no entanto, houve uma redução em quase 20 anos para 33,25%, destacando que a demanda de produtos florestais é muito alta. Nesse sentido, Barbosa, Pereira e Araújo (2005) tem alertado através de inúmeras pesquisas para os dados no Estado, que o território está comprometido com o processo da desertificação em 72,8% distribuídos em níveis de degradação diferentes (Tabela 1).

Tabela 1 - Degradação das terras na Paraíba.

<b>Níveis de Degradação das Terras</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>% Estado</b>
Muito Baixo	2.400	4.49
Baixo	10.695	19.99
Moderado	23.801	44.48
Grave	13.149	24.57
Muito grave	2.015	3.76
<b>Total</b>	<b>52.060</b>	<b>97.29</b>

Fonte: BARBOSA, 2005.

Esses dados corroboram com a mais recente afirmativa do CGEE (2016), onde diz que o estado da Paraíba se encontra bastante comprometido com o fenômeno da desertificação, sendo perceptíveis as manchas de degradação espalhadas por todo o Estado. As áreas fortemente degradadas mostradas por mapas perfazem um total de 4.339,09 km<sup>2</sup>, equivalendo a 8,12% da ASD do território paraibano. De acordo com os últimos números divulgados pelo IBGE (2010 a) e CGEE (2016), a Paraíba possui 223 municípios com área total de 56.469,744 km<sup>2</sup>, compreendendo 170 municípios e 48.785,32 km<sup>2</sup> no semiárido com 209 municípios e 53.421,9 km<sup>2</sup> em ASD.

O estado da Paraíba através do Plano Estadual de Combate à Desertificação- PAE-PB, traçou como “missão”: melhorar a capacidade de adaptação das áreas susceptíveis a desertificação (ASD) às mudanças climáticas e a desertificação. Assim, o plano foi discutido em oficinas realizadas em alguns municípios (Campina Grande, Patos e Monteiro) com participação de representantes governamentais (Federal, Estadual e Municipal); setor produtivo; pesquisadores; parlamentares e sociedade civil. Destes encontros surgiram propostas de ações de acordo com órgãos e eixos temáticos. Estabeleceu-se a necessidade de criação de um Comitê Gestor, a partir do qual seriam identificados agentes sociais e suas respectivas funções nas políticas de mitigação e combate ao processo de desertificação (PARAÍBA, 2011). Infelizmente, apesar de todo esse esforço, na prática a participação da sociedade civil tem sido ínfima devido a uma série de limitações, dificuldades e articulação política.

A Tabela 2 mostra a quantificação das áreas susceptíveis à desertificação com base no cruzamento da cobertura vegetal e classes de solos do semiárido paraibano em estudos recentes conforme Sá et al. (2013).

Tabela 2 – Níveis de susceptibilidade à desertificação no semiárido paraibano.

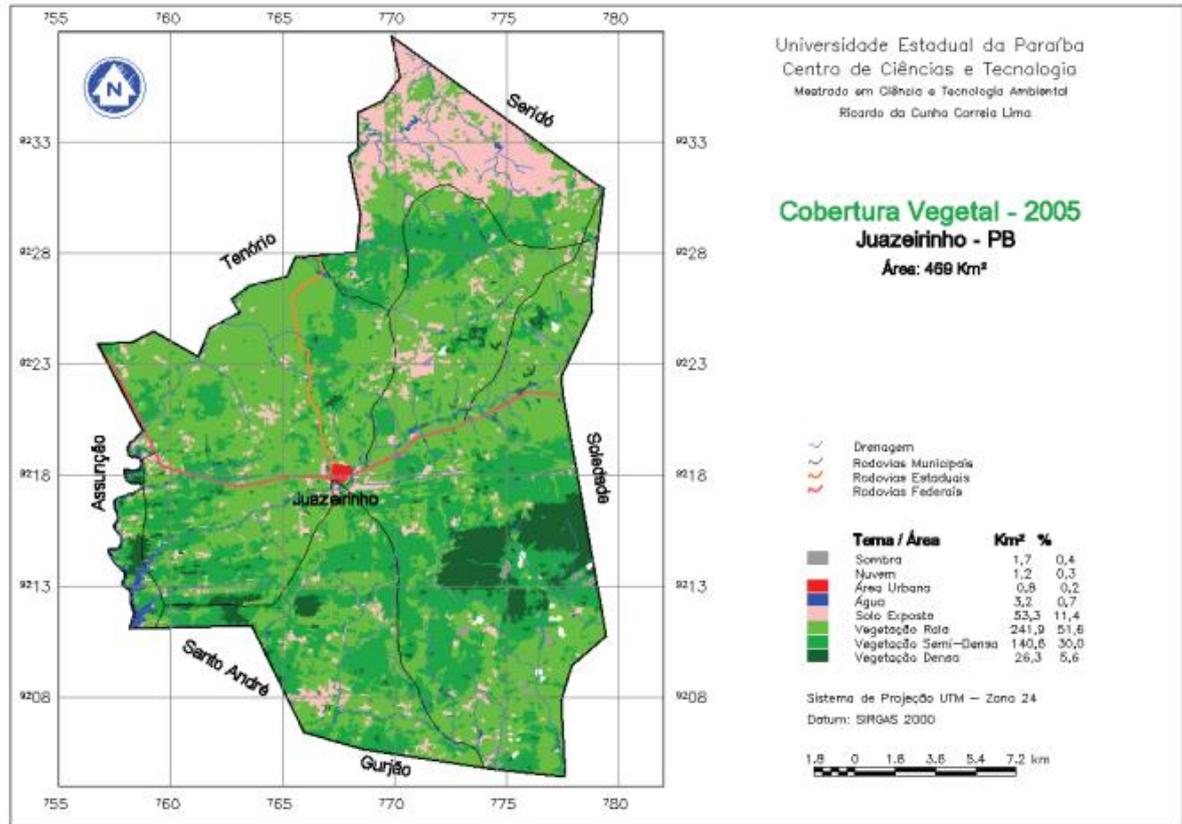
<b>Nível de Susceptibilidade</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Ausente	19,65	-
Fraco	281.096,46	5,76
Moderado	409.346,21	8,39
Acentuado	3.048.319,95	62,48
Severo	1.139.717,73	23,36
<b>Total</b>	<b>4.876.500,00</b>	<b>100,00</b>

Fonte: SÁ et al., 2013.

Estudando os níveis de degradação da vegetação e as perdas de solo por km<sup>2</sup> através das atividades antrópicas, no município de Juazeirinho, Seridó paraibano, Lima (2010) apresentou através de um mapa temático (Figura 5), utilizando as ferramentas do Sistema de Informações Geográficas (SIG), o comportamento das classes temáticas levando em consideração a classe de solo e vegetação, trazendo uma constatação preocupante e negativa para a Caatinga nativa do município, onde mais da metade da cobertura vegetal de Juazeirinho encontra-se rala e

empobrecida, em consequência disso um solo erodido e infértil, propenso à desertificação, principalmente nos pontos observados pelo autor, através de uma análise temporal (1990-2005).

Figura 5 - Mapa temático da vegetação de caatinga no município de Juazeirinho, Paraíba.



Fonte: LIMA, 2010.

Por fim, segundo Alves, Sousa e Nascimento (2009, p.148), na Paraíba, em termos de Caatinga, as espécies lenhosas chamam a atenção por suas formas biológicas e pela posição dominante na estrutura da formação. Em função da magnitude dessas características, esse corresponde ao maior problema na geração dos núcleos de desertificação no estado da Paraíba. “Essas espécies lenhosas de porte raquítico são as mais apreciadas para a queima em carvoarias, fornos de padarias, minério e etc”. Tratam-se da fâcies mais seco e degradado das caatingas. Outro aspecto a observar é que a fragilidade natural desse ecossistema traz sérias consequências para os geótopos e para as biocenoses, como também a prática da devastação de grandes espaços pelas queimadas para as áreas de pastagem, provocando grande desequilíbrio no ecossistema e contribuindo com o processo de degradação das terras. Estes mesmos autores supracitados enfatizaram que a desertificação no estado tem na prática se espalhado a partir de pequenos núcleos até atingir grandes superfícies. Esses núcleos foram denominados de focos de solos

desnudos ou com ulceração acentuada do tecido ecológico. Esses focos e/ou núcleos apresentam uma concentração maior no Cariri e no Seridó.

### 2.3 PANORAMA NACIONAL DA MINERAÇÃO

A mineração, desde seus primórdios, vive em constante ascensão mundial e atualmente se caracteriza como indispensável ao crescimento e “desenvolvimento” da sociedade, sendo em suas diversas modalidades um divisor econômico na história da humanidade. No caso do Brasil, tornou-se um elemento fundamental na balança comercial, pois infelizmente é um país quase que totalmente exportador de matéria prima. O grande ônus ambiental dessa atividade fica para o meio ambiente brasileiro, pois os fatos mostram que o Brasil está muito longe de reais desenvolvimentos tecnológicos e socioambientais nessa área.

A partir da década de oitenta, através do Decreto Federal 97.632/89, foram considerados como áreas ou paisagens degradadas os locais onde existem ou existiram processos causadores de danos ao meio ambiente através de perdas ou redução de qualidade produtiva e propriedades dos recursos naturais. “ A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente” (Art. 3º- Decreto nº 97.632/89). De acordo com Farias e Coelho (2002), o principal impacto ambiental resultante da atividade de mineração está enquadrado em quatro categorias: Poluição da água, Poluição do ar, Poluição sonora e afundamento abrupto ou gradativo da superfície do terreno. Geralmente essas externalidades desencadeiam além das alterações ambientais, conflitos de uso do solo.

A ocorrência de minério no Brasil é considerável e competitiva (15% do planeta), embora tecnologicamente seja insuficiente e em alguns locais precaríssimos. O Brasil, e particularmente a Paraíba, ainda predomina em forma de garimpo e métodos rudimentares de lavras e beneficiamento. Ambas as modalidades são formas que agridem severamente o ambiente. Mesmo assim, ainda isso é um divisor na economia e balança comercial do Brasil, embora sua tributação seja a mais permissiva do mundo conforme a maioria dos especialistas no assunto.

As críticas sobre a mineração brasileira está para além dos estragos ambientais. Um ponto muito atacado é sua legislação regida sobre um código caduco de 1940, fora de contexto e da atual realidade, pois não se preocupa com a população, protege unicamente a empresa mineradora, um órgão apenas - DNPM com pouquíssimos funcionários para calcular, arrecadar

e fiscalizar. A preocupação com o ambiente é algo recente, passou a ser mais efetiva a partir da Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente (CMMA), evento realizado em Estocolmo (1972). Desde então, as mineradoras começaram a planejar suas atividades pensando nas questões ambientais. Nesse sentido, tanto a extração mineral como o processo de desertificação são contemporâneos em termos de alerta e ênfase às problemáticas ambientais e sociais, embora pouco tenha sido efetivamente posto em prática.

Falar da mineração no estado da Paraíba é tentar enxergar desde os primórdios da época exploratória do Brasil-colônia como também observar as regiões que marcam essa potência mineral tão importante para o estado, especialmente para o Seridó paraibano, mas ao mesmo tempo questionável do ponto de vista ambiental, visto que a mineração é considerada como um impacto negativo para um ambiente vulnerável. Trata-se de um setor que requer pré-requisito socioambiental e tecnológico em constante acompanhamento e atualização com vistas à mitigação e prevenção dos seus efeitos, fato que lamentavelmente não condiz com a realidade do Seridó paraibano.

Portanto, observa-se que na Paraíba, sobretudo, no Seridó, área desta pesquisa, a vulnerabilidade é marcante por envolver uma série de implicações, devido as suas características e potencialidade local. Nesse sentido, a CGEE (2016) explica que:

As vulnerabilidades ambientais à desertificação estão associadas aos terrenos do embasamento cristalino, com rochas plutônicas e metamórficas, com muito baixa permoporosidade e essencialmente impermeáveis. Extensas superfícies de erosão ou de pediplanação truncam, indistintamente, a grande variedade de litotipos do embasamento cristalino, incluindo setores de bacias sedimentares intracratônicas. As superfícies de erosão têm formas de rampas ou pedimentos que se inclinam de modo suave e com baixos declives na direção dos vales abertos dos sertões. É muito baixo o poder de entalhe proporcionado pela densa rede hidrográfica dotada de intermitência sazonal. A ocorrência eventual de algumas gargantas epigênicas (boqueirões) deriva de paleoclimas úmidos. Os solos se apresentam em grande parte degradados, com evidentes restrições ao uso agrícola. Mesmo os que têm maior capacidade de uso se exibem fortemente erodidos, a exemplo dos luvisolos crômicos, argissolos vermelho amarelos e cambissolos, todos com características eutróficas. A flora e a fauna têm sofrido, fortemente, a ação predatória do homem. A matriz energética do Semiárido é ainda muito dependente do uso indiscriminado de plantas da Caatinga (CGEE, 2016, p.75 -76).

Para a compreensão do processo de formação que envolve a mineração, considerando os aspectos geológicos e as fontes históricas, na Paraíba, em épocas remotas dos períodos de formações rochosas (cambriano, mesozoico e paleozoicos), destaca-se através de estudos feitos pelo CPRM – MME (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Ministério de Minas e

Energia) em 2002, que o complexo rochoso de formação mineral para a área desse estudo é formada pelo grupo Seridó e Cariris Velhos, onde o Seridó é composto por rochas metassedimentares de natureza marinha além de dominância calcária e calcicilicática, enquanto que a composição do grupo Cariris Velhos advém de formações leucograníticas, migmatitos e composições vulcanosedimentares, ressalta o estudo do CPRM (2002).

A presença forte da formação mineral no Seridó, considerando a Paraíba e o Rio Grande do Norte, em especial o Seridó paraibano, trouxe uma gama de estudos relacionados aos recursos minerais, os quais permitiram a compreensão da potência econômica que surgiu durante várias descobertas dos corpos rochosos tão ricos e cristalinos. Tendo em vista essa preocupação, Luz et al. (2003) destacaram a importância da representação mineralógica e de grande valor comercial, sendo eles o feldspato, o caulim, o quartzo, a mica, e presentes também uma composição rara encontrada entre essas formações geológicas, o tântalo. As demonstrações desse cenário tão atraente de minérios promoveram uma verdadeira busca pelos diversos tipos de minérios espalhados pelo Seridó (PB/RN).

Entra em cena, portanto, uma história pioneira se assim pode-se dizer com relação a um território ser marcado, economicamente, pela comercialização dos minerais, a chamada “Província Pegmática da Borborema-Seridó”, que se expandiu consideravelmente na Paraíba e no Rio Grande do Norte, chegando a alcançar outros Estados vizinhos como o de Pernambuco. Segue, então, uma nova oportunidade para os agricultores garantirem seu sustento, já despertando, portanto, um impacto ambiental futuro. A consolidação da atividade mineradora foi garantida durante a II Guerra Mundial, quando o Brasil e os EUA fecharam um acordo comercial de reaver condições de demanda, entrega, intercâmbios e capacitação em associação com o DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). Devido ao compromisso gerado entre os dois países, a expansão comercial e o crescimento econômico só foram vistos durante os combates mundiais, a II Guerra, após os conflitos, outro cenário chega trazendo um desequilíbrio nessa progressão econômica, gerando consequências difíceis para os trabalhadores que dependiam da renda distribuída, expõe assim o autor Vasconcelos (2006). O mesmo ainda ressalta:

Essa é a fase da ênfase na produção de mica e dos minerais metálicos tantalita-columbita e berilo, em que o lugar cumpre o papel [...] como produtor de minerais brutos para o mercado exterior. (VASCONCELOS, 2006, p.109).

Estudo feito por Forte (1994) mostra que o Seridó paraibano, considerando o investimento econômico, apresenta uma prática mineradora muito aquém para o desenvolvimento da região, por não ter tecnologia suficiente que garanta resultados satisfatórios para aquecer a economia e enriquecer o Estado. Além disso, o autor ainda expõe que o não aproveitamento das jazidas com práticas desorganizadas por parte dos mineradores só trazem consequências como trabalhos clandestinos e problemas de saúde para o garimpeiro, deixando claro, portanto, um impacto social nesse contexto associado ao ambiental. Tal situação é compreendida pelo autor:

Suas atividades estavam voltadas para comercialização de bens minerais produzidos pelos garimpeiros e para o controle dos principais garimpos da região. Não havia uma preocupação maior por parte delas [das empresas] em tentar desenvolver uma mineração organizada do ponto de vista técnico a despeito de possuírem, ao que parecia, capacidade financeira para isso. (FORTE, 1994, p.22)

Na Paraíba, a Companhia de Desenvolvimento dos Recursos Minerais (CDRM) teve como objetivo organizar e conduzir trabalhos associados ao cooperativismo com base em orientações técnicas e por outro lado serem conveniados pela SUDENE, onde tanto Forte (1994) como Vasconcelos (2006) apontam que é importante a cooperação para essas empresas mineradoras que já aquecem o mercado como as que ainda irão se desenvolver. Por tantas idas e vindas de apoios de outros órgãos, como o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), a EMATER, as universidades da Paraíba, surgiu através dos próprios garimpeiros e o Estado a criação do PROMIN – Programa de desenvolvimento da Mineração que teve por objetivo conscientizar a importância da capacitação tecnológica, de melhorar as condições de trabalho dos garimpeiros com abertura de créditos e expansão de mercado. Essa ação conjunta garantiu estabilidade e progressão no comércio, no entanto, devido aos recursos financeiros serem baixos e alguns órgãos do Estado não colaborarem o suficiente, os trabalhos da mineração seguiram manualmente, como complementa o autor Forte (1994).

As primeiras descobertas de mineração no município de Juazeirinho na Paraíba, conforme Figueiredo, Monteiro e Figueiredo (2011), ocorreram entre 1938-1942 na fazenda Seridozinho e Sítio Pedras Pretas com a detecção de columbita-tantalita, cassiterita e espodumenio. Posteriormente, outras descobertas ocorreram no sítio Cajazeiras (jazida de caldedônia) e nos sítios: Casa de Pedra, Grota e Várzea do Cariri, onde constataram a presença de caulim primário. A mineração no Seridó da Paraíba encontra-se novamente em expansão devido aos vários fatores, dentre eles as desburocratizações e facilidades junto aos órgãos

competentes à nível tanto Federal quanto Estadual, com destaque no aumento das exportações, alta de preços no mercado internacional dos bens minerais, crescentes requerimentos de alvarás de pesquisa e aumento nas concessões de lavra (FARIAS, 2015). O autor ainda destaca que desde o início essa atividade é vista como sem necessidade de especialização, realizada por camponeses, sendo esse trabalho como complementação da renda familiar e muitas vezes como a única. Muitas vezes os instrumentos de trabalho são precários e improvisados pelos trabalhadores para o garimpo, além da escassez de equipamentos de proteção individual (EPIs), vulnerabilizando muito mais o trabalhador. Este mesmo autor declara que “o acesso ao subsolo seridoense se concentra no poder de poucas empresas, essa usurpação acontece desde a primeira metade do século XX por capital privado nacional e internacional”.

#### 2.4 MINERAL CAULIM E OS IMPACTOS DA MINERAÇÃO

Estudos feitos no Brasil mostram que o caulim é um mineral associado ao pegmatito, muito encontrado nos municípios de Juazeirinho, Junco do Seridó e Pedra Lavrada. Conforme o DNPM (2014), o valor do mineral caulim está relacionado a sua ampla aplicabilidade em variados setores de produção, com ênfase na produção de papel (45%), cerâmica (31%), tinta, borracha e plástico (24%). A maior parte da Província Pegmatita do Nordeste encontra-se localizada no Seridó (RN e PB). Foram identificadas as seguintes classes nestes minerais: Pedras preciosas (água marinha e turmalina); minerais metálicos (tantalita, columbita e cassiterita) e minerais industriais (quartzo, berilo, mica, espodumênio, ambligonita e feldspato). O caulim é produto de alterações do feldspato dos pegmatitos, que atualmente vem sendo uma das rochas mais exploradas no Seridó (CPRM, 2002).

De acordo com o MMA, a lavra do caulim é processada manualmente sem qualquer proteção coberta, ou seja, sem haver um depósito coberto. O beneficiamento é passado pelas seguintes fases: primeiro o peneiramento, depois sofre um processo de decantação e secagem e, em seguida, é esquentado em forno à lenha. A lenha é retirada das árvores nativas do município, sendo elas de grande e pequeno porte. Quando já processada, passa-se para o setor de qualificação, sendo esse considerado bom, com baixo teor de  $Fe_2O_3$ , sendo esses destinados às indústrias de cerâmica. Quando não apresenta em sua composição o mineral haloisita, esses são destinados às indústrias de papel (BRASIL, 2012).

O caulim no Brasil é encontrado tomando como base duas situações, a primária e a secundária, segundo os estudos feitos por Luz e Damasceno (1993). Os autores afirmam que,

na primária, o caulim surge de um processo de intemperização por este ser de clima tropical e o ambiente apresentar condições físicas e químicas que ajudam na decomposição dos minerais existentes das rochas metamórficas e, na secundária, o que já se decompôs, sendo carreado pelas águas de riachos. Pesquisando os trabalhos de campo dos garimpeiros do Seridó paraibano, mais precisamente em Junco do Seridó, Nobrega e Menezes (2012), por meio de entrevistas, observaram de perto a situação de quem depende da mineração para sobreviver e segundo alguns relatos do cotidiano, alguns destacaram:

[...]O trabalho começa com a “limpeza da serra”, ou seja, o desmatamento e limpeza do terreno para começar as escavações. Essa fase se desenvolve por duas técnicas. Primeiramente, os próprios trabalhadores com picaretas, pás, machados, vão fazendo a limpeza superficial da área para começar a escavar; essa é a técnica mais comum. O resultado da fase de limpeza da terra é o estabelecimento de um grande quadro limpo que evoluirá para uma galeria ou uma banqueteta, como se chama comumente. Banquetas é uma espécie de trincheira com dimensões, aproximadamente, de 1,5m a 2m de largura e comprimento, que têm diversas extensões, variando de 20m a 60m e profundidades que chegam aos 60 metros. [...] (NÓBREGA, MENEZES, 2012. p. 80-81, 2012).

No Seridó paraibano a lavra de caulim predominantemente é feita manualmente e a céu aberto. Em alguns casos, pode evoluir para forma subterrânea através de poços e galerias, ou seja, de forma artesanal. As etapas para o beneficiamento compreendem a desagregação, peneiramento, decantação e secagem, que na maioria das vezes, ocorre em pátio a céu aberto (sol) e a forno de lenha. Para esse autor, o caulim é um mineral que pode causar danos graves para a saúde humana e ao meio ambiente devido ao descumprimento da legislação ambiental (ANDRADE, 2015).

Em estudo realizado no município de Pedra Lavrada-PB, Dantas, Silva e Medeiros (2015) constataram que a extração mineral causava impactos ambientais como: redução espacial do habitat silvestre e da biodiversidade (fauna e flora); perda de solo e aumento da erosão, depreciação da qualidade do ar e alterações diversas na paisagem. Dentre os impactos socioeconômicos, destacou a degradação da saúde dos trabalhadores; poluição sonora e visual; rachaduras em edificações e residências próximas.

Observando essa rotina diária dos garimpeiros, é possível enxergar o quão impactante é para os municípios, que têm como uma das fontes financeiras encontradas na mineração, poder conseguir repor ou sobressair de uma vasta supressão da vegetação nativa. Para isso, faz-se necessário um planejamento sério de políticas públicas para tal situação.

Quanto à relação entre mineração e desertificação, Ferreira et al. (1994) já cita a mineração como um fator grave de degradação ao estudar sobre o Núcleo de Gilbués, no Piauí. Em contrapartida, Matallo Junior (2001), ao estudar o processo de degradação, encontra não na mineração, mas sim na agropecuária o problema principal no que consiste o processo erosivo. Possivelmente, o autor supramencionado enfatiza mais a agropecuária considerando uma específica área de suas pesquisas. No entanto, Candido et al. (2002) ao estudarem o Seridó da Paraíba, constataram que pelo menos 50% de toda área já apresentam categorias de graves degradações, por duas práticas antropogênicas: a mineração e o pastoreio. Em 2005, o PAN-Brasil também aponta a mineração como uma das causas fortes que contribui significativamente para uma degradação do solo, aliada à supressão da vegetação, sendo esta ignorada pelo homem, principalmente em uma região seca e semiárida como a do Nordeste, através das atividades de sobrevivência (BRASIL, 2005b).

Partindo para um contexto mais voltado para o estudo de uma área degradada a ser recuperada pela mineração, alguns autores tiveram a preocupação de trazer a importância da preservação. Essa preocupação é observada no estudo de Oliveira Junior (2001), o qual afirma que “minerar é assegurar, economicamente, com mínima perturbação ambiental, justa remuneração e segurança, a máxima observância do princípio da conservação mineral a serviço do social”. Estudo feito por Silva (2012) constatou que trabalhos manuais e por maquinários (tratores, retroescavadeira) em lugares abertos trazem um impacto ambiental extremo devido às sobras das indústrias serem jogadas, principalmente dos lavrados: caulim e feldspato, em qualquer lugar do entorno das indústrias.

Ressalva ainda o PAN-Brasil que se a atividade mineradora garante o sustento das famílias com renda e outros recursos, ao mesmo tempo possibilita a susceptibilidade à desertificação, pois todo o ecossistema natural do ambiente da mineração fica comprometido em razão da retirada constante dos recursos florestais existentes, servindo de fonte de energia para a produção de cerâmicas, argilas, etc. (BRASIL, 2005b). Por outro lado, Dunck (2010) em sua pesquisa pelo Rio Grande do Norte e Paraíba, especificamente na região do Seridó do Rio Grande do Norte, constatou que as atividades antrópicas contribuem diretamente para o processo de desertificação, tendo em vista duas situações encontradas em uma das entrevistas feitas pelo autor, onde em Currais Novos, uma moradora de um povoado a 48 km, relatou a retirada constante da Caatinga arbórea (angico, jurema, pinhão) para servir de lenha na fabricação das cerâmicas. Outro caso foi encontrado em Acari, onde árvores nativas da Caatinga das margens dos açudes eram retiradas sem qualquer controle para também serem

transformadas em lenhas para fabricação de telhas e tijolos. Ao observar esse impacto, constatou-se na região o surgimento de voçorocas.

## 2.5 INDICADORES DE DESERTIFICAÇÃO

Diante de um cenário tão marcado pela degradação ambiental, vários indicadores se apresentam como um ponto de partida para tentar entender o início e o porquê de tantos fatores de degradação e propensão à desertificação. Autores como Zucca et al. (2012), Matallo Junior (2001) e Vasconcelos Sobrinho (1983) ressaltam a necessidade de uma metodologia que satisfaça o melhor entendimento possível dos indicadores para que esses não se tornem difíceis de diagnosticar. Esta pesquisa baseou-se nos indicadores propostos por Matallo Junior (2001), cuja tese levanta a ideia da complexidade para entender os problemas sociais e ambientais. O autor ainda destaca que cada indicador apresenta seu grau de dificuldade, embora seja possível traçar técnicas capazes de definir todos os parâmetros. Desta forma, o autor para definir os indicadores socioeconômicos, biológicos e espectrais, traçou a organização exposta no Quadro 2.

Vasconcelos Sobrinho é apontado na literatura como pioneiro na identificação de indicadores em ASD no Nordeste do Brasil. Para ele era importante que os indicadores não fossem exclusivamente estatísticos e que fossem locais para promover comparações e tomada de decisões mais efetivas. No Brasil, vários pesquisadores tentaram por meio de muitos estudos desenvolver técnicas ou até as já existentes, utilizando-as como forma para melhor interpretar a situação ambiental e social. Oliveira (2011) tentou, por meio de suas pesquisas, adotar a ideia de que a identificação dos níveis de degradação possa ser analisada através de indicadores biofísicos de maneira espacial focando nos níveis potenciais que causam a desertificação. Analisando o processo de desertificação no Seridó do Rio Grande do Norte, Lucena (2016) concluiu que a degradação ocorre em vários níveis em áreas antropizadas, com piores resultados em áreas de caatinga aberta e de pastos. Para esse autor, os indicadores de situação e de desertificação são ferramentas satisfatórias na interpretação e indicação no processo de desertificação.

Quadro 2 – Indicadores para o diagnóstico da desertificação.

<b>Indicadores Socioeconômicos</b>	
<b>INDICADOR</b>	<b>PARÂMETROS</b>
1 . Acesso e nível de saúde	Esperança de vida; nutrição; médicos por habitante; leitos por habitante. Acesso à saúde.
2. Nível de Vida	Nível de vida observado
3. Atividade	Nº. Ocupados/nº de ativos)
4. Educação	Escolaridade e analfabetismo
5. Nível Econômico	Renda média; porcentagem de pobreza Índice de desigualdade; dependência econômica; população dependente.
6. Consciência da população com relação ao processo de desertificação	Porcentagem da população consciente do processo desertificação.
7. Integração	Distância do centro de intercâmbio.
8. Propriedade da terra	Disponibilidade da terra.
9. Atitude	Modernidade
10.Vinculação Social	Participação Informação e comunicação desapego (apego/desapego).
11.Distribuição da população	Pressão atual do uso de recursos.
12.Estrutura da população	Índice de dependência e juventude Índice de masculinidade
13. Dinâmica da população	Taxa de crescimento populacional Nº médio de crianças nascidas vivas a partir de mulheres maiores de 14 anos Índice sintético de fecundidade Migrações Saldo migratório Saldo migratório por grupo de idade.

Quadro 2 – Indicadores para o diagnóstico da desertificação (Continuação).

<b>Indicadores Físicos</b>	
INDICADOR	PARÂMETROS
1. Perda de solo	
Erosão hídrica	Pedra superficial; pedestais de erosão; sulcos e voçorocas.
Erosão Eólica	Superfície coberta por gravas; área superficial coberta por montículos e dunas; tempestades de pó ou areia.
2. Perda de matéria orgânica	Conteúdo de matéria orgânica no horizonte superficial
3. Compactação	Percentual de selamento superficial; aumento da densidade aparente
4. Diminuição da retenção de umidade	Umidade gravimétrica.
5. Salinização e alcalinização do solo	Níveis de condutividade elétrica e percentual de sódio no solo Presença de sais na superfície do solo Quantidade de boro solúvel
6. Diminuição da fertilidade	Observação visual de sintomas CIC
7. Aumento de sólidos transportados	Sólidos em suspensão Turbidez da água superficial Aumento de sedimentos nos cursos d'água
8. Mineralização da água	Condutividade elétrica (indireta) Razão de absorção de sódio. CE/RAS
9. Contaminação biológica	
10. Perda de água	Aumento profundidade das camadas freáticas.
11. Diminuição das precipitações	Médias móveis
<b>Indicadores Espectrais</b>	
INDICADOR/ PARÂMETROS	FONTES
1. Reflectância	Radiômetro
2. Índice de vegetação	NDVI, ARVI, SAVI, SARVI
3. Índice de área foliar	Estimativa a partir de NDVI
4. Temperatura de superfície	
5. Emissividade aparente	Estimativa a partir de NDVI
6. Inércia e amplitude térmica	Estimativa a partir da temperatura de superfície.
7. Evapotranspiração	Estimativa a partir da temperatura de superfície.

Fonte: MATALLO JUNIOR, 2001.

Como parâmetro, esta pesquisa delineou teoricamente as discussões referentes aos indicadores da desertificação como base na ideia postada por Tomasoni (2008). Para as condições ambientais o termo indicador passa como sendo uma avaliação mais profunda da realidade, e que possa ser acompanhada e/ou investigada. Nesse sentido, buscou-se também a visão de vulnerabilidade ambiental exposta pelo CGEE (2016) que coloca como decorrente das condições que favorecem o desenvolvimento de fatores e processos que potencializam com maior intensidade a susceptibilidade aos riscos da degradação e da desertificação.

O trabalho assume os critérios de avaliação com bases nos parâmetros supracitados no Quadro 2, além do embasamento teórico que é de fundamental importância no tocante aos indicadores, visto que esses mostram detalhadamente cada situação mediada por aspectos socioambientais, físicos, geotécnicos, sendo assim, uma forma de obter respostas que facilite a compreensão do problema em relação à desertificação. Quanto ao indicador espectral, o índice SAVI foi considerado adequado para melhor compreender a situação da Caatinga nativa do município de Juazeirinho. Todo esse arcabouço teórico tem como base as definições refletidas por Matallo Junior. A avaliação torna-se:

Uma área com desertificação, e mesmo com indicadores econômicos adversos, pode ser alvo de investimentos governamentais, bem como sofrer os efeitos de políticas macroeconômicas. Os investimentos, por exemplo, podem ser feitos em atividades tipicamente urbanas, atraindo as populações das áreas em desertificação e não interferindo na contenção desses processos. Assim a maior parte dos indicadores econômicos devem ser considerados como sendo *Indicadores de Situação...* [...] (MATALLO JUNIOR, 2001, p.46).

[...] *Indicadores de Desertificação*. Nesse grupo figuram aqueles indicadores que podem identificar o fenômeno em nível ambiental, isto é, relativos à vegetação, solos e recursos hídricos. Esses indicadores são aqueles que podem identificar, de fato, os processos relativos à perda da capacidade produtiva da terra. (MATALLO JUNIOR, 2001, p.47).

Toda sistemática que envolve o processo de desertificação também recebe outras abordagens metodológicas voltadas para essa problemática ambiental, combinadas com elementos ecossistêmicos que envolvem o uso da terra (biofísico), social (consumo) e econômico (desenvolvimento urbano e populacional), apontando todos os efeitos que condicionam para as degradações das terras (processos erosivos, atividades antrópicas). Entram em destaque os estudos avaliativos de Abraham, Montaña, Torres (2006) que interpretam de uma forma mais atual a desertificação, apresentando indicadores como: (i) Força Motriz (Atividades humanas); (ii) Indicadores de Pressão (causas da desertificação); (iii) Indicadores

de Estado (descrição do estado da desertificação); (iv) Indicadores de Impacto (consequências dos impactos de uso do solo); e (v) Indicadores de Resposta (medidas e soluções para tal fenômeno).

Quanto ao uso das ferramentas do Sensoriamento Remoto, autores como (NOVO, 2010; MATALLO JUNIOR, 2001; ICNF, 2015; CGEE, 2016) estruturaram conceitos metodológicos para avaliar as degradações ambientais e consequentemente a desertificação de forma mais detalhada e computacionalmente precisa.

Trazendo a realidade paraibana em questão, tratando-se de degradações graves, Candido et al. (2002), especialmente no Seridó da Paraíba, aponta que toda avaliação coletada em campo trouxe como resposta altas deteriorações ambientais e socioeconômicas, com famílias rompendo suas rotinas e fugindo das condições precárias existentes no campo.

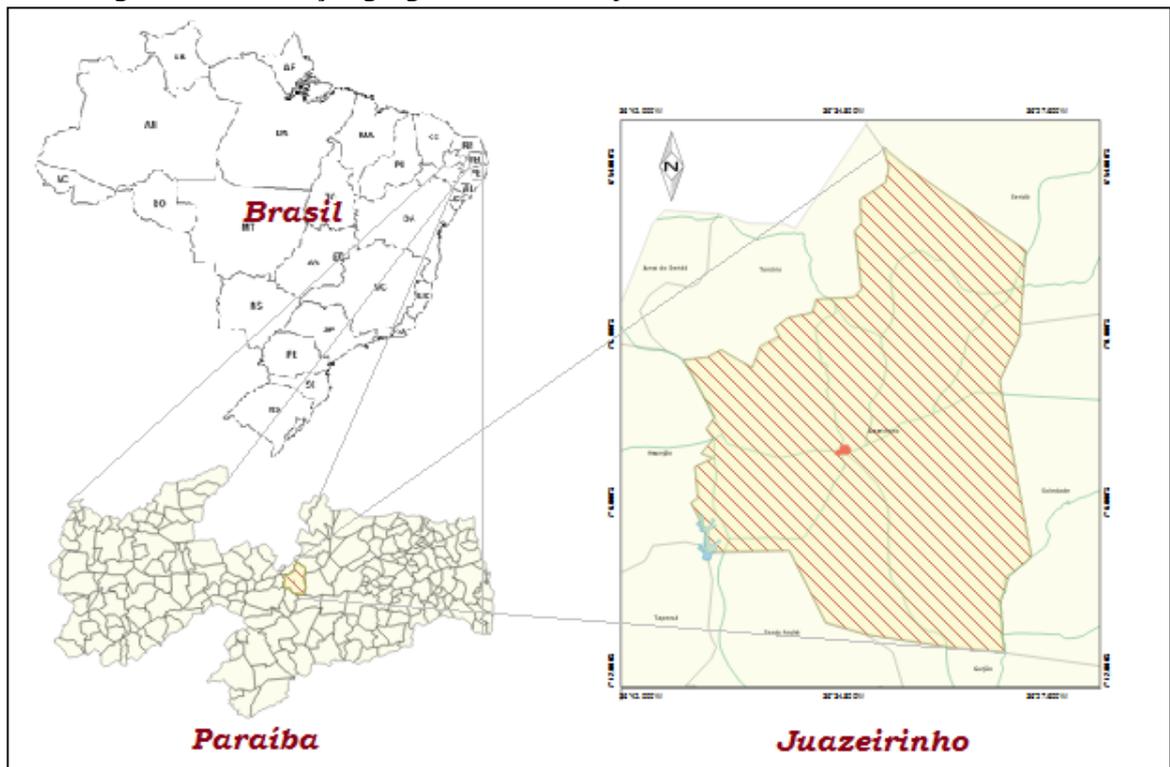
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o município de Juazeirinho, pertencente à microrregião do Seridó Oriental da Paraíba, semiárido brasileiro (Figura 6). Nessa divisão geográfica estão inseridos nove municípios (Baraúna, Cubati, Frei Martinho, Juazeirinho, Nova Palmeira, Pedra Lavrada, Picuí, Seridó, Tenório).

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Juazeirinho possui uma população de 16.776 habitantes, ocupando a posição 48 dentre os 223 municípios no Estado. Sua densidade demográfica é de 35.88 por km<sup>2</sup>, área territorial de 467,526 km<sup>2</sup>, entre a latitude 07° 04' 04"(S) e longitude 36° 34' 40"(O), além de uma altitude de 554m (IBGE, 2010a).

Figura 6 - Localização geográfica do município de Juazeirinho no estado da Paraíba.



Fonte: IBGE e QGIS. Elaboração Própria.

##### 3.1.1 Localização

Juazeirinho limita-se ao Norte com os municípios de Tenório e São Vicente do Seridó; ao Sul com Santo André e Gurjão; ao Leste com Soledade e ao Oeste com Assunção. Está

localizado na sub-bacia hidrográfica do rio Taperoá que faz parte da maior e mais importante bacia hidrográfica do rio Paraíba, possuindo uma área de cerca de 20 mil km<sup>2</sup> e representando 32% da área estadual. O distrito de Barra localiza-se no sentido oeste do município de Juazeirinho, com aproximadamente 9 km de distância da cidade (IBGE, 2010b). A economia local é focada na extração e beneficiamento do caulim. Essa área, apesar dos danos causados pela atividade mineradora, ainda é consideravelmente povoada, com residências e escolas em precárias condições. Apresenta também como destaque local um manancial (Açude da Barra) relativamente grande com aproximadamente três milhões de metros cúbicos.

### **3.1.2 Clima**

Conforme a AESA (2006) o clima que envolve o município de Juazeirinho, concentra-se nas classes sub-úmido e semiárido, sobretudo, nas áreas que englobam o Planalto da Borborema, apresentando uma temperatura de 30 °C em média. No tocante ao regime pluviométrico da região estudada, segundo a AESA (2019), os sistemas meteorológicos atuantes iniciam-se no primeiro trimestre de cada ano (fevereiro a maio) e o fator responsável pelo regime chuvoso é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), atingindo toda região do semiárido, inclusive o Norte. Mas já em Juazeirinho, apesar da grande variabilidade pluviométrica no Seridó, com estiagens prolongadas, as chuvas chegam mais intensas em maio, terminando em junho, com média anual chuvosa de 500 mm aproximadamente.

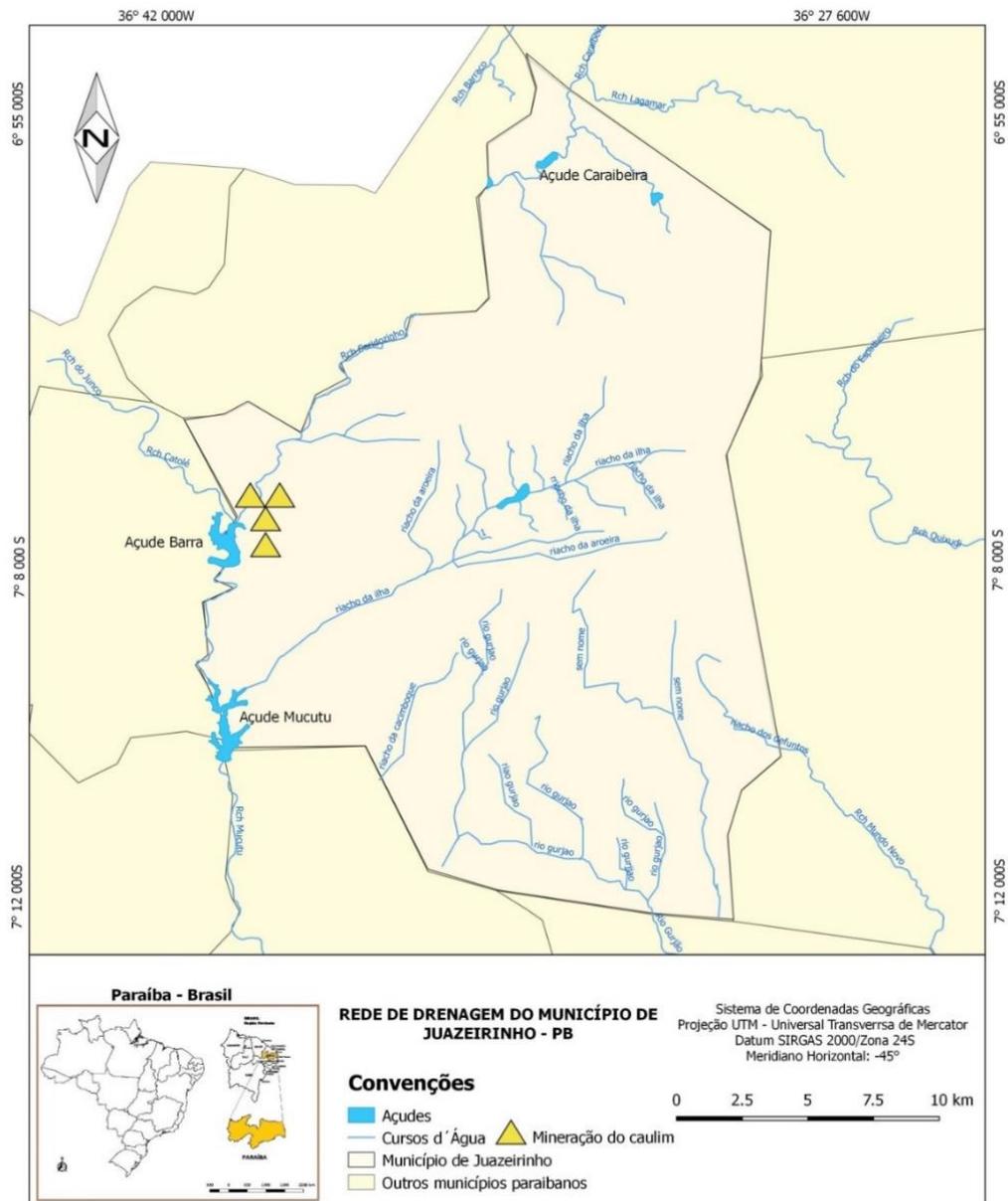
Mais chuvas fora da média histórica do mês chegam a ser registradas na região do Seridó devido ao enfraquecimento do El Niño e das condições de instabilidades do Oceano Atlântico. As influencias do ZCIT, quando se encontram com as massas de ar (seco) da Tépida Kalahariana - TK, (sudoeste africano), (JATOBÁ, 2012), trazem para o Nordeste semiárido, especialmente para a faixa oeste, grandes movimentos de ar (blocos) fazendo com que haja, dependendo logicamente das condições de pressão atmosférica e temperatura, forte instabilidade, podendo ser quente ou frio, ocorrendo chuvas fracas na nossa região, ou até dependendo da intensidade, seguidas de outras influências atmosféricas, a falta de chuvas (escassez prolongadas ou não), impossibilitando, por hipótese, a atuação do ZCIT.

### **3.1.3 Hidrografia**

O reservatório principal do município de Juazeirinho é o açude Mucutú, que possui uma capacidade máxima de 25.370.000 m<sup>3</sup>, o maior da região, além de outros como o do sítio

Escurinho e distrito da Barra (AESA, 2018), observados na Figura 7. A perda da cobertura vegetal das áreas de vazante, rios e riachos propiciam a degradação da bacia, situação bastante acentuada nesse ambiente.

Figura 7 – Mapa temático da rede de drenagem do município de Juazeirinho, destacando a área da mineração do caulim.



Fonte: ANA/AESA, 2019.

O município de Juazeirinho está localizado na região da sub-bacia do rio Taperoá, uma das mais importantes fontes hídricas do Seridó paraibano. Sua nascente encontra-se no município de Teixeira e suas águas seguem para o rio Paraíba, que em 2017 recebeu as águas

do rio São Francisco, perenizando o trecho que inicia em Monteiro e termina em Boqueirão (município paraibano) através de um canal hídrico, vulgarmente chamado de Projeto de Integração do rio São Francisco (PISF).

As desagregações rochosas das formações geológicas e geomorfológicas, por influência do intemperismo químico e físico, possivelmente favorecem formações de areia e outras formas minerais granulométricas, sedimentando-se por correntes fluviais. Tal fato é percebido na distribuição não assimétrica dos canais de drenagem, nos quais se percebem fluxos de pequenos e médios rios e nas formas batimétricas dos mananciais, os quais se encontram assoreados e em degradação, quando observados pelas imagens de satélite escolhidas para esse estudo (AESA, 2019). Devido ao assoreamento, o escoamento dos rios, por ser a maioria intermitente na Paraíba, apresenta direções de fluxos muitas das vezes interrompidas, tanto a montante como a jusante, por possíveis causas de erosões naturais e antrópicas, sendo essas por construções de casas e irrigação (LACERDA, 2003; SILVA, 2012).

### **3.1.4 Vegetação**

O município de Juazeirinho está inserido no Bioma da Caatinga, situação que o coloca como uma área semiárida caracterizada por uma florística própria do clima de semiárido, destacando-se pela predominância de plantas espinhosas decíduais (LIMA; CAVALCANTE; FIDELIS FILHO, 2011). Possui uma vegetação de Caatinga Arbórea Arbustiva por apresentar espécies lenhosas, espinhosas, árvores de tamanhos pequenos e rasteiros, formada por florestas Caducifólias e subcaducifólias (CPRM, 2005). A caracterização do desenvolvimento natural da vegetação desse ambiente apresenta um porte pequeno, são rasteiras e espalhadas de folhas maciças (Fotografias 1 e 2), cactáceas e muito pouco preservadas (MARIANO, 2011).

Essas espécies Hiperxerófilas são tipicamente vistas nessa região, com aspectos secos, lenhosos, onde se desenvolvem mais em solos Neossolo Litólicos e Planossolo Solódicos e pouca reserva hídrica (PACHÊCO; FREIRE; BORGES, 2006). A perda gradativa dessa vegetação pouco densa e todo o cenário paisagístico da mesma sofre graves alterações quando é explorado de forma intensa pela sociedade, através da queima, da agricultura, exploração de minérios, sem sequer garantir retorno suficiente para o que foi fragmentado, comprometendo então sua existência biótica e o solo. Além disso, quando ocorre o empobrecimento e morte da cobertura vegetal, o solo desnudo sofre sérias consequências por estar suscetível à erosões graves e desertificação.

Fotografia 1 - Vegetação arbórea-arbustiva espaçada e pouco densa sob interferência antrópica.



Fonte: Autora (visita *in loco*), 2018.

Fotografia 2 - Vegetação de cactáceas e arbórea-arbustiva sob a interferência antrópica. Extração de madeira e construção de casas.

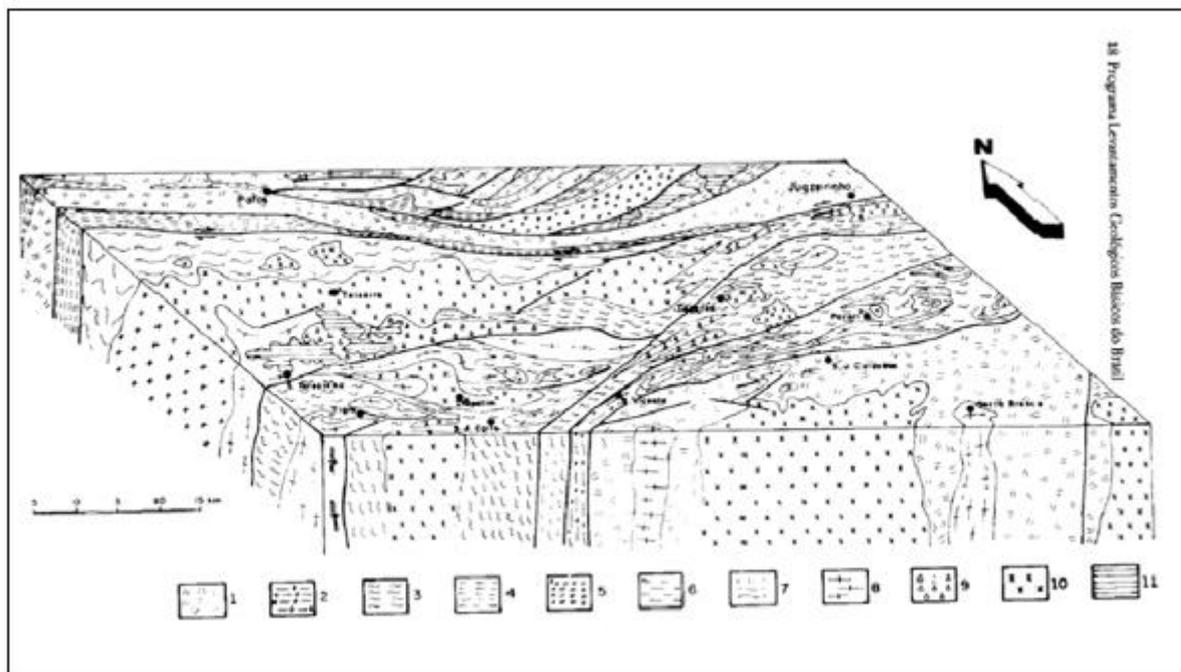


Fonte: Autora (visita *in loco*), 2018.

### 3.1.5 Geologia

De acordo com a CPRM (1993) em Programas de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, a área estudada insere-se totalmente em terrenos pré-cambrianos (Embasamento Arqueano) cristalinos e metamórficos, do núcleo Nordestino do Escudo Brasileiro. Trata-se de um espaço geográfico que foi submetido a intensas interferências tectônicas que culminaram, sobretudo, em falhamentos do rejeito direcional. O município de Juazeirinho encontra-se atravessado por uma dessas falhas rejeito direcional, NE-SO, que originou um metamorfismo local. O CPRM (1993) expõe geologicamente o fato de os pegmatitos apresentarem vários graus metamórficos (Figura 8).

Figura 8 – Bloco-diagrama (folha de Juazeirinho) mostrando contato entre as rochas de diferentes graus metamórficos: (1) Embasamento Arqueano; (2) Complexo Sertânea; (3) Complexo Irajá; (4) Formação Jucurutu; (5) Formação Equador; (6) Formação Seridó; (7) Grupo Salgueiro-cachoeirinha; (8) Plutônica Sin-tangencial; (9) Plutônica Sin-tanscorrente; (10) Plutônica Sin-pós-tanscorrente; (11) Coberturas Fenerozóicas.



Fonte: CPRM, 1993.

Conforme Xavier, Maciel, Silva (2016), na área correspondente à folha Boqueirão Paraíba, encontra-se rochas cristalinas resistentes aos processos de intemperismo, fato que promove solidez e estabilidade na paisagem geomorfológica. Resultados de vulnerabilidade geológica encontrados pelos pesquisadores mostram que a dinâmica geológica proporciona e conduz à ações pedogênicas. No entanto, as condições climáticas na área não contribuem significativamente em transformação pelo intemperismo.

### 3.2 MÉTODOS E TÉCNICAS

A base metodológica seguida nessa pesquisa ambiental partiu de premissas reconhecidas inicialmente como prováveis/verdadeiras, que levou a caracterizações, identificações, relações, comparações, correlações e análise de resultados. Para isso, foram utilizados os métodos **indutivo** e **dialético** (MARCONI e LAKATOS, 2003). A junção dos métodos supracitados baseia-se na possibilidade de compreender o objeto de estudo em sua totalidade com vistas a negação (destruição), conservação (aproveitamento) e transformação (modificação) da matéria prima.

Quanto ao método indutivo, o estudo buscou as aproximações de relações das situações baseadas em teorias e observação de como fatos ou fenômenos podem se manifestar. Com isso, o pesquisador opta por identificar as causas de tais manifestações. O dialético abordou a reciprocidade dos fenômenos na natureza e sociedade, apontando as contradições, as mudanças ocorrentes, e o que essas mudanças podem trazer de resultado para o ambiente em questão, consistindo em uma condição “Materialista”, em que o homem ao refletir sobre sua existência, produz e consome sob o mundo material em que vive, conforme Marconi e Lakatos (2003).

A indução é um processo mental por intermédio do qual, partindo de dados particulares, suficientemente constatados, infere-se uma verdade geral ou universal, não contida nas partes examinadas. Portanto, o objetivo dos argumentos indutivos é levar a conclusão cujo conteúdo é muito mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam (MARCONI e LAKATOS, 2003, p.86).

O conceito e significado da dialética desde sua origem na Grécia antiga é controverso e objeto de muitos questionamentos. No entanto, esta pesquisa a considera a partir das relações, correlações e conexões entre dimensões, indicadores, variáveis e critérios que permeiam esse estudo. É compreendido o método indutivo e dialético como instrumentos de estudo da realidade através da síntese de opostos e generalizações, que para esta pesquisa aponta resultados e realidades encontradas nos principais eixos temáticos, como algo em permanente construção que se afirmam e se negam constantemente.

Nesse sentido, as autoras, conscientes da falta de acordo entre os pesquisadores em relação às leis fundamentais do método dialético materialista (denominação e ordem), buscaram fazer uma mistura (resumo/junção) de ideias e conceitos, copilando conhecimentos e baseando-

se em diferentes pensadores, desde a Grécia antiga até os materialistas (Karl Marx e Friedrich Engels). Desta forma, unificaram as seguintes leis em:

a) Ação recíproca, unidade polar ou “tudo se relaciona”:

Na dialética, os objetos de estudo não são analisados na qualidade de coisas fixas, mas em movimento: nenhuma coisa está “acabada”, encontra-se sempre em vias de se transformar, desenvolver; o fim de um processo é sempre o começo de outro... Tanto a natureza como a sociedade são compostas de objetos e fenômenos organicamente ligados entre si, dependendo uns dos outros e, ao mesmo tempo, condicionando-se reciprocamente (MARCONI e LAKATOS, 2003, p.101).

b) Mudança dialética, negação da negação ou “tudo se transforma”:

Nesta segunda lei dialética, a ênfase é o processo do movimento ou transformação das coisas e é considerado verdadeiro (reais ou ideias). A negação da negação tem como produto uma nova coisa; passando pelas seguintes etapas: a *tese* premissa positiva, em seguida vem a *antítese* (negação da premissa), que, por consequência, também é negada pela terceira etapa, ou seja, a *síntese*, esta nega a *tese* e a *antítese*. “A negação de uma coisa é o ponto de transformação das coisas em seu contrário. A negação por sua vez, é negada. Por isso se diz que a mudança dialética é a negação da negação” (MARCONI e LAKATOS, 2003, p.102).

c) Passagem da quantidade a qualidade ou mudança qualitativa:

Esta lei busca interpretar as constantes transformações das coisas através de ritmos próprios “lentos ou saltos” compreendendo que “a mudança qualitativa não é obra do acaso, decorre necessariamente da mudança quantitativa” (MARCONI e LAKATOS, 2003, p.104).

d) Interpenetração dos contrários, contradição ou luta dos contrários:

Aqui a intenção é compreender o movimento contínuo do “perecer e evoluir”, nessa passagem ocorre as modificações que transformam. A contradição pode ser interna (essência); inovadora (fecundidade) e única (unidade). Tudo se relaciona em constante conexão (MARCONI e LAKATOS, 2003, p.105).

### 3.2.1 Abordagem dos métodos

Os métodos foram abordados ora conjuntamente ora separados conforme triangulação (Figura 9) por meio de adaptações baseadas em estudos de Marconi e Lakatos (2003), tendo em vista uma abordagem de natureza sistêmica, quali-quantitativa, de objetivo descritivo, comparativo, analítico com procedimentos bibliográficos, documentais, observacionais e de campo. Desta forma, as categorias foco foram: matéria, espaço, tempo, causas e consequências.

Figura 9 - Formas de abordagem e observância da pesquisa ambiental



Fonte: Adaptado de Marconi e Lakatos, 2003.

Conforme Marconi e Lakatos (2003), “toda realidade é movimento e vice-versa; o movimento sendo universal assume formas quantitativas e qualitativas interligadas entre si e que se transformam uma na outra” (p.104). Segundo Minayo (2002), a modalidade quali-quantitativa engloba um espaço mais profundo das relações, dos fenômenos envolvendo significados de ações e relações, que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis apenas quantitativas. A descrição de acordo com Gonçalves (2011) busca descrever as características do objeto de estudo.

A escolha da junção desses métodos parte do pressuposto de que na **indução**, a ênfase foi na observação, relação e generalização, ao passo que na **dialética**, buscou-se as transformações, conexões e contradições através da especulação, correlação e síntese do problema estudado. Essa junção possibilitou a apreensão com maior segurança do movimento da problemática do processo de desertificação local. A junção dos métodos supracitados baseia-se na possibilidade de compreender o objeto de estudo em sua totalidade com vistas a negação (destruição), conservação (aproveitamento) e transformação (modificação) da matéria prima.

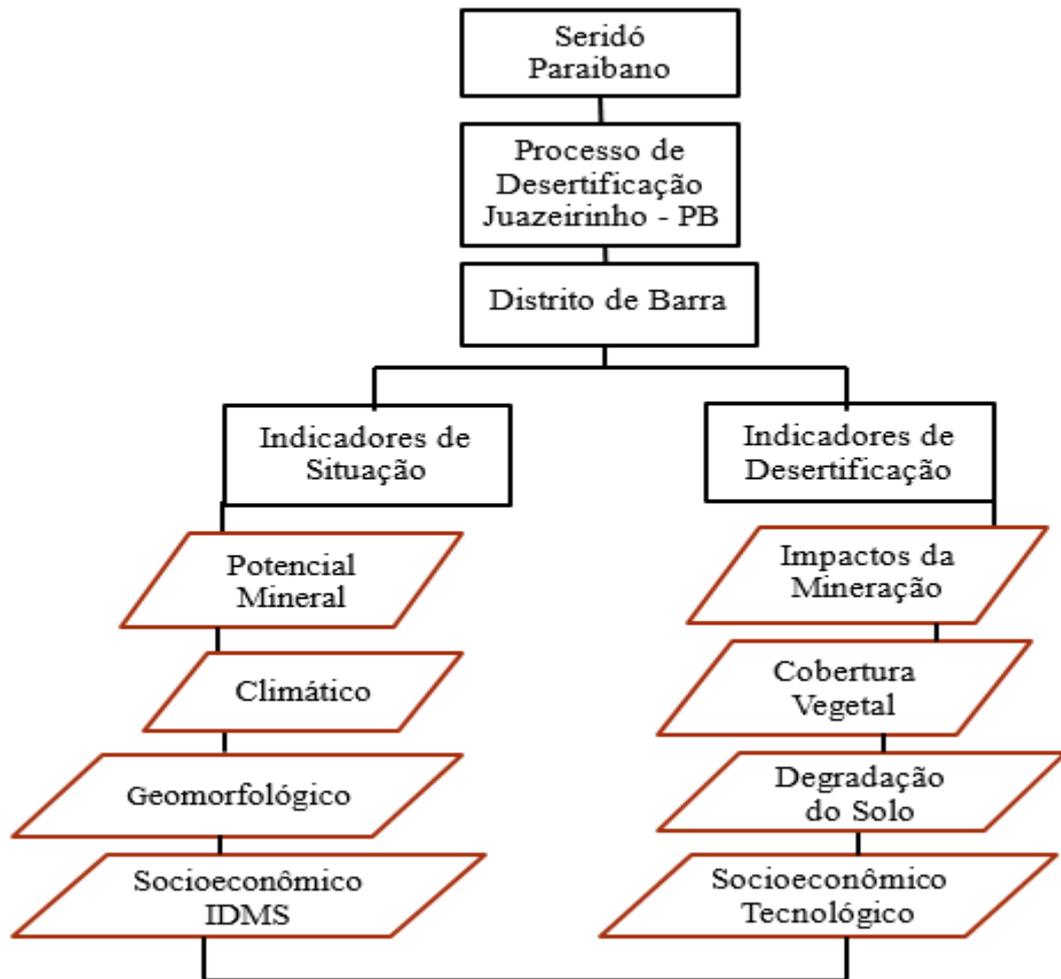
A utilização do método indutivo adstrito ao dialético buscou maior aprofundamento no problema e acredita-se que nesse caminho foi possível chegar a hipóteses de uma “verdade” em movimento para explicar a evolução do processo de desertificação no município de Juazeirinho - PB no período de 1984 a 2016. Desta forma, apoiou-se nos estudos de Bertrand (1971), Christofolletti (1999), onde a paisagem é vista como resultado de dinâmicas de aspectos físicos, biológicos e antrópicos e as relações e conexões podem ser compreendidas através de estudos integrados e sistêmicos.

Desta forma, foi necessário o uso de ferramentas que compõem o SIG (Sistema de Informações Geográficas), para compreensão de toda sistemática dos fenômenos existentes no Seridó paraibano, incluindo logicamente a área estudada do distrito da Barra, em Juazeirinho.

### 3.2.2 Indicadores

A estruturação dos indicadores nessa pesquisa fundamenta-se no modelo recomendado pelo Secretariado da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (2001). Essa estrutura está subdividida em duas categorias de análise: **Indicadores de Situação** e **Indicadores de Desertificação**, conforme segue definida no fluxograma a seguir (Figura 10).

Figura 10 - Fluxograma dos indicadores com base na uniformização dos dados e na sistemática do problema.



Fonte: Adaptado da metodologia de Matallo Junior, 1999/2001.

Essa análise foi baseada através da metodologia estudada por Matallo Junior (1999), na qual agrupam-se duas condições: a primeira referente à **Situação** e a segunda à **Desertificação**, proposta bastante aceita por colaboradores científicos e escolhida para compor essa pesquisa, justamente por proporcionar ampla liberdade na escolha e classificação dos indicadores (adaptação) conforme à realidade local do município estudado.

Estas condições foram apresentadas em duas etapas. A primeira caracteriza-se mais fortemente como diagnóstica. A segunda pauta-se em análises e avaliações com caráter mais investigativo e propositivo fazendo-se correlações entre ambas. Desta forma, buscar-se-á compreender as questões locais que favoreçam a ampliação de conhecimentos rumo à perspectiva nacional e global do problema.

Quanto aos **indicadores de situação**, a proposta foi identificar os elementos baseando-se na metodologia estudada por Matallo Junior (2001), na qual se agrupam as questões geológicas, climáticas, sociais e econômicas. Tratando-se da questão econômica do município estudado, entra em destaque o potencial e prática da mineração como sendo uma das fortes interferências humanas para uma degradação ambiental, situação que caracteriza um grande risco ao processo de desertificação. Além disso, foi possível analisar o Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável (IDMS) como indicador da condição situação com base nos dados referentes ao censo 2010 (IBGE b), gerando índices por dimensões e consequentemente o índice geral do município. O uso desses dados de 2010 foi exatamente por ser o último censo para configurar resultados de sustentabilidade mais recentes possíveis.

Para a complexidade do problema, os **Indicadores de Desertificação**, sendo estes ambientais, representados pelos impactos da mineração, cobertura vegetal, degradação do solo e o indicador socioeconômico tecnológico, devem estar interligados, pois todo esse processo deve trazer respostas suficientes e compatíveis com a situação real que o município enfrenta, baseado na metodologia de Matallo Junior (2001). Entra em cena aqui a utilização da geotecnologia (Indicadores Espectrais), ou seja, o geoprocessamento e sensoriamento remoto para toda modelação geoestatística e obtenção de dados favoráveis em relação ao real problema ambiental e da desertificação, através de imagens orbitais para geração de mapas, onde a posteriori serão apresentados.

A junção dos métodos supracitados baseia-se na possibilidade de compreender o objeto de estudo em sua totalidade através das conexões de fatos, dados, transformações e luta de contrários como apresentado na Tabela 3, além da possibilidade dessa estrutura de pesquisa se tornar uma ferramenta (lógica) eficiente para indicação e monitoramento da evolução do processo de desertificação em áreas de exploração da rocha caulim, sobretudo, no Seridó da Paraíba.

Tabela 3- Relações, compreensão dos fatos e transformações entre natureza e sociedade.

<b>Conexões de fatos e dados</b>	<b>Transformações</b>	<b>Luta de contrários</b>
Físico	Quantitativa	Natureza
Biológico	Qualitativa	Sociedade
Natureza x Sociedade	Leis/Teorias	Homem x Meio ambiente

Fonte: Elaboração própria.

### 3.3 ETAPAS DA PESQUISA

A pesquisa apresenta várias etapas e, conforme necessidade, algumas subdivisões importantes de se destacar como: pesquisa bibliográfica e documental; sensoriamento remoto e imagens LANDSAT e CBERS; situação climatológica; cálculos de Índices; cálculos de Riscos; pesquisa de campo; análise laboratorial de solo; elaboração de mapas; e análise estatística.

#### 3.3.1 Pesquisa bibliográfica e documental

O levantamento bibliográfico e documental da região e município ocorreu inicialmente na Prefeitura e *sites* oficiais da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA); posteriormente em Universidades, Instituto Nacional do Semiárido (INSA), Agência Nacional de Mineração (ANM), Companhia de pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), bem como em outras instituições que forneçam informações e dados de literatura não acadêmica que retrate a realidade pretérita e presente local. Foram considerados estudos sobre a temática e interfaces que se relacionem direta ou indiretamente com essa pesquisa. Para isso, o levantamento abrangeu também estudos em nível mundial, nacional, estadual e regional. As consultas foram realizadas em múltiplas fontes, a saber: livros, revistas, documentos, Termos, Relatórios (impressos, eletrônicos, internet).

Nessa etapa foram ainda coletados dados censitários, meteorológicos, desambientais e orbitais em órgão Federal, Estadual e Municipal como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Federação das Indústrias e Empresas da Paraíba (FIEP), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), INSA, Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESPA), EMATER, PREFEITURA, onde a obtenção ocorreu tanto através de sites oficiais via internet como diretamente nas instituições conforme segue no Quadro 3.

Quadro 3 – Colaboradores, dados e indicadores utilizados na pesquisa.

<b>COLABORADORES</b>	<b>DADOS UTILIZADOS</b>	<b>INDICADORES</b>
EMATER	Tecnológicos, Produção, programas sociais...	Socioeconômicos
AESA/DCA-UFCG/ CAGEPA	Pluviosidade, temperatura ar, Água (quantidade/qualidade)	Biofísicos
IBGE	Demográfico, Agropecuário, Social, Econômico.	Socioeconômicos
INPE /USRG	Imagens orbitais do Landsat/TM5 e CBERS4/MUX.	Espectrais (SAVI, TGSI, Uso de solo)
PREFEITURA MUNICIPAL	Ambiental, social, político-institucional.	Socioeconômicos

Fonte: Elaboração própria.

### 3.3.2 Sensoriamento remoto e imagens LANDSAT e CBERS

A Geotecnologia entra em cena atingindo os âmbitos do Sensoriamento Remoto e do Geoprocessamento, sendo, portanto, definida como um conjunto multiconceitual dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), permitindo que toda essa ferramenta tecnológica e espectral produza resultados e respostas precisas para os estudos ambientais, principalmente em vegetação, clima, solo, água, mancha urbana. A Geotecnologia (sensoriamento remoto de imagens) é uma ferramenta que favorece diagnósticos e respostas espaço-temporais da paisagem em ASD, possibilitando também simulações para uma realidade futura. Isso justifica sua importância na utilização em pesquisas científicas.

A técnica espectral dos sensores utilizada para manipulação e vetorização dos alvos (solo e vegetação) é crucial para identificação da desertificação, asseguram Karnieli e Qinz (2014). O uso de geotecnologias aliadas ao processamento digital de imagens e sensoriamento remoto em estudos de cobertura vegetal, principalmente em ASD, é necessário em avaliação e monitoramento (SANTOS, 2018).

As ferramentas de processamento de dados, geo-referenciamento, Sistema de Informação Geográfica (SIG) e *softwares* têm promovido qualidade e contribuído significativamente nos estudos ambientais e de sobremaneira nas análises das formas de relevo. Com base nos SIGs, utilizando os modelos digitais do terreno (MDT), é possível maior aproximação da realidade das áreas em estudo. Em se tratando de desertificação, as pesquisas geomorfológicas são bons parâmetros de análise. Esse tipo de mapeamento é fundamental na

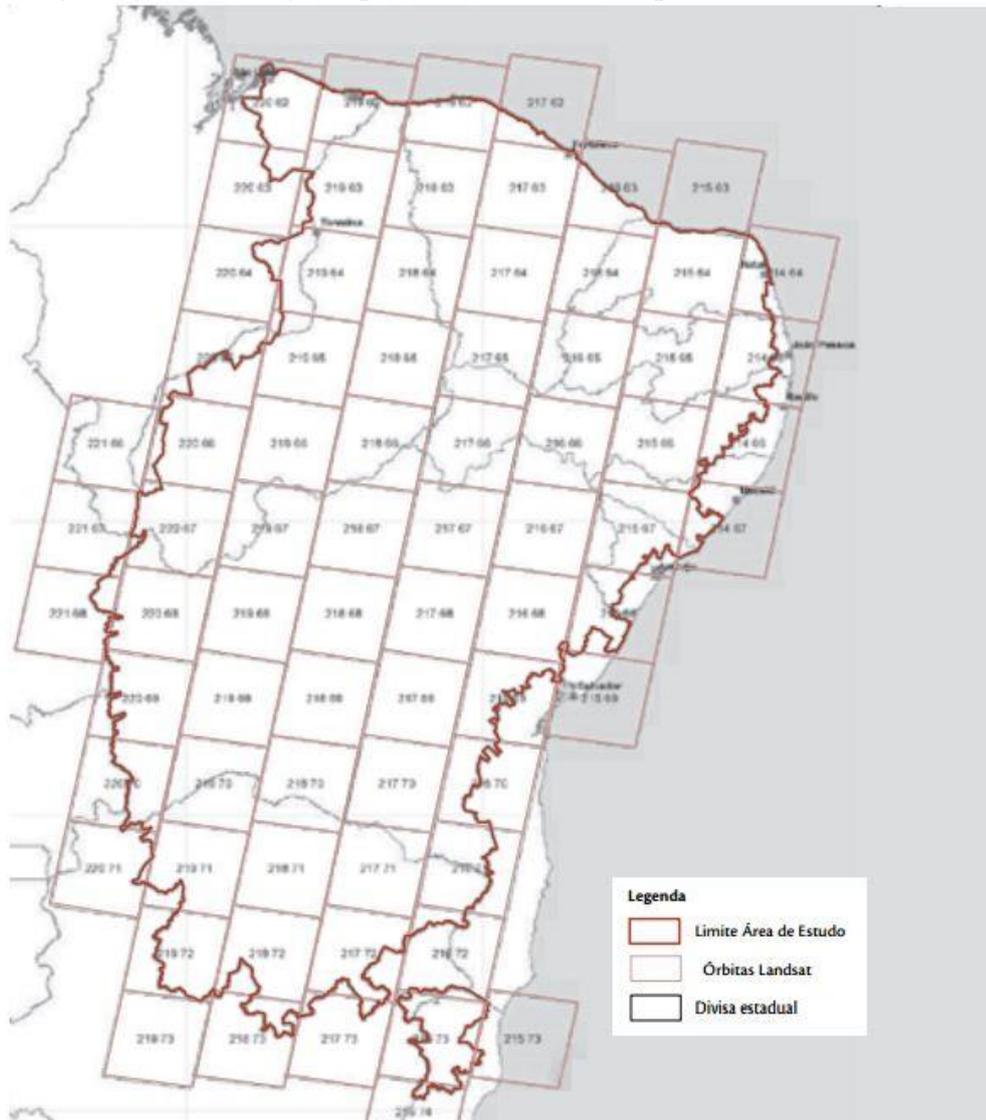
mensuração e identificação de ASD (ROCHA e SOUZA, 2016). Para esses autores:

No que tange a aplicação dos SIGs nos estudos ambientais, os levantamentos sobre as susceptíveis à desertificação (ASD), ou simplesmente, os estudos sobre desertificação e/ou degradação ambiental, constituem uma base de grandes possibilidades para uma complementação mais sólida dos levantamentos, baseados em metodologias já consolidadas pelos pesquisadores, assim como, os avanços das técnicas de mapeamento geomorfológico (p. 209-210).

Pesquisando as ASD através do sensoriamento remoto, Oliveira et al. (2017) mostraram que 70.279,46 km<sup>2</sup> da região semiárida do Brasil estão fortemente degradadas quanto aos aspectos físicos. Para esses autores, as imagens de satélite e as técnicas de sensoriamento remoto são eficientes em pesquisas nessas áreas e sobre desertificação, com satisfatório grau de confiabilidade e sugerem replicação periódica como plano de monitoramento da degradação nessas terras. Para estudos ambientais, só é possível o uso dessa ferramenta quando se utiliza imagens orbitais, ou seja, imagens de satélite que fazem a cobertura através de órbitas no espaço. O trabalho utilizou o satélite LANDSAT do sensor TM5, o qual possui 73 orbitas para o estudo do semiárido (Figura 11), conforme o CGEE (2016). Outro satélite foi necessário para contribuição do estudo desse trabalho onde foi muito preciso para o estudo das áreas suscetíveis à desertificação, o CBERS 4 do sensor MUX que apresenta uma resolução de 20m para melhor identificação de áreas com alteração na vegetação e de solo, como também facilita o monitoramento de áreas agrícolas.

De acordo com a Embrapa Monitoramento por satélite em Processamento Digital (2016), desde 1972 os EUA lançaram a série LANDSAT (Land Remote Sensing Satellite), sendo 1, 2, 3, 4, 5 e 7 e em fevereiro de 2013 a série Landsat 8. Todos com o objetivo de realizar mapeamentos espectrais utilizando canais do sensor TM. As bandas 5,4,3 (RGB) para avaliação de uso do solo e os índices de aridez são as mais recomendadas, visto que facilitam a compreensão dos estudos de degradação. Vê-se, portanto, a importância da Geotecnologia para a avaliação dos processos que envolvem a desertificação. A ONU observou e recomendou uso da ferramenta SIG para determinar soluções e respostas de mitigação em áreas consideradas erosivas e situação de vulnerabilidade à desertificação.

Figura 11 – Área imageada pelo satélite LANDSAT para estudo do semiárido.



Fonte: CGEE, 2016.

O satélite CBERS foi desenvolvido através de uma parceria com a China, desde 1988, quando produziram o primeiro CBERS. Em 2016, desenvolveram o CBERS 4, possuindo quatro câmeras multiespectrais imageadoras e, dentre essas, foi possível concluir a importância do uso do sensor MUX para detecção das áreas vulneráveis à erosão e desertificação (PROCESSAMENTO DIGITAL, 2016). De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2018), as bandas espectrais mais recomendadas para o estudo de degradação de solos são as do sensor MUX e PAN, visto que possuem resoluções espaciais suficientes para verificação do detalhamento dos alvos. Uma observação importante da geotecnologia para esse trabalho é percebida por Figueiredo (2005), afirmando que através das faixas eletromagnéticas emitidas pelos sensores é possível determinar a forma da composição mineral e de rochas, além da matéria orgânica existente no solo.

Estudos feitos por Silva e Silva (2011), por meio de Geotecnologias e utilizando imagens orbitais, conseguiram identificar as áreas com mais perdas de vegetação através de uma análise temporal (1970 a 2005), quando foi possível constatar em 35 anos uma perda de cobertura vegetal de 1,381ha, sendo a área utilizada para irrigação. Outros trabalhos como o de Sousa et al. (2018), utilizando imagens de satélite LANDSAT/TM5 e CBERS4, conseguiram identificar, utilizando o algoritmo de classificação e pós classificação de imagens, a degradação da bacia hidrográfica do açude Sumé, em Sumé na Paraíba, onde encontraram um considerado assoreamento, conseqüentemente, um baixo volume do reservatório relacionado à situação do ano de 2010 e 2015.

A partir da utilização de técnicas de Processamento Digital de imagens e SIG, utilizando o software *ArcGIS*, Silva, Vidal e Batista (2017) conseguiram identificar a presença de óxidos de ferro e argila, relacionando essas informações com a geologia local. Para os autores, os resultados e metodologia da pesquisa foram satisfatórios.

Para Dourado (2017), a quantidade de dados produzidos através da utilização do sensoriamento remoto, em muitas situações, supera a capacidade e condições de análise. Nesse sentido, acrescenta:

Esse crescimento explosivo na quantidade de dados tem gerado a necessidade do desenvolvimento de novas técnicas e ferramentas automatizadas com o intuito de auxiliar o analista na transformação dos dados em informação útil e conhecimento (Dourado, 2017, p.19).

### 3.3.2.1 Obtenção e Processamento Digital de Imagens

Para a produção de toda estrutura dos mapas de geologia, pedologia, climatologia, declividade e uso do solo, foi necessário a utilização dos softwares o SPRING 5.7.3 do INPE, com sistema de código aberto e gratuito, o QGIS 2.18.12, gratuito e licenciado pelo GNU GENERAL PUBLIC LICENSE e o auxílio do ArcMAP 10.2 do Environmental Systems Research Institute (ESRI) para a complementação final do mapa de risco à erosão. A base de cálculo para a composição do mapeamento foi atribuída à proposta de Crepani et al. (2001). Todos elaborados em escala 1:100.000. Os arquivos vetoriais através dos softwares QGIS e SPRING foram transformados em arquivos *raster* na etapa final do processamento digital.

No mapeamento geológico, a base cartográfica utilizada foi a do estado da Paraíba, especificamente do município a ser estudado, através do IBGE (2018) e arquivos vetoriais em formato *shapefile* do limite de Juazeirinho pelo site da AESA, como também da situação

geológica através do CPRM, utilizando os valores de risco propostos por Crepani *et al.* (2001), sendo este uma variação de 1 a 3, onde 1 é sem risco e 3 com risco. Para o mapa de declividade, foi necessário a aquisição de uma imagem de radar SRTM da Paraíba pelo site da Embrapa Monitoramento por Satélite, no qual foi importado ao QGIS para o processo de recorte e transformação através das ferramentas raster > análise > MDE > modo declividade. A elaboração do mapa de pedologia foi construída utilizando o arquivo vetorial em formato *shapefile* do município de Juazeirinho e da base de dados do IBGE (2018), onde todo esse plano de informações foi importado ao programa do QGIS. Os dados pluviométricos para a confecção do mapa temático foram adquiridos através do banco de dados da AESA.

Relacionado aos aspectos biofísicos, climáticos, socioeconômicos e político-institucionais de abordagens multidimensionais, atributos importantes para análise do problema, foi possível investigar utilizando técnicas que o estudo do Sensoriamento Remoto apresenta, como o índice de vegetação ajustada ao solo (SAVI), índice de textura do solo (TGSI), imprescindível nas análises granulométricas e de refletância (XIAO *et al.*, 2006) e índice de aridez (IA). Outro método indicador é o índice de desenvolvimento municipal sustentável (IDMS), ainda não realizada na microrregião onde se insere a área de estudo. Por isso, a importância em analisar todos esses parâmetros, utilizando Geotecnologias para a dinamização e geração de respostas espectrais por meio de dados de satélite envolvendo duas vertentes, o semiárido e a sociedade (BENDER; BELLO, 1993).

Quanto aos mapas de risco à erosão, os mesmos foram confeccionados seguindo os critérios e processos do georreferenciamento, ajuste radiométrico, filtragem, classificação supervisionada do tipo Maxver, ajuste pós-classificação nos dados e imagem, e a posteriori Operações Aritméticas + Medidas de Classes, para obtenção dos valores das áreas mais suscetíveis ao risco de erosão, sendo esses adquiridos pelo software SPRING 5.2.7 do INPE.

### 3.3.2.2 Imagens Orbitais

Quanto ao tratamento e pré-processamento como a correção radiométrica, geométrica e calibração para o Uso de Solo, utilizaram-se imagens de satélite para que essas fossem importadas ao software SPRING e a posteriori serem recortadas, registradas, ortorretificadas e realçadas para o processo de operações matemáticas, gerando os modelos do SAVI e TGSI. As imagens escolhidas foram a do satélite americano LANDSAT do sensor TM 5, com resolução espacial de 30m, adquiridas através do site do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE),

e a do CBERS 4, satélite Japonês em parceria com o Brasil, do sensor MUX, com resolução espacial de 20m, as quais por definição temporal das transformações naturais e antrópicas, foram definidas em dois períodos, seco e úmido, seguidos dos anos de acordo com a Tabela 4. Em relação às datas da passagem dos anos adquiridos, não foi possível, portanto, obter as imagens no período chuvoso do município de Juazeirinho devido à presença de muitas nuvens nos meses de março e abril dos anos escolhidos.

Tabela 4 - Descrição das informações das imagens escolhidas para o estudo ambiental.

<b>Data da passagem</b>	<b>Orbita/Ponto</b>	<b>Satélite/Sensor</b>	<b>Período</b>
13-05-1984	215/65	Landsat/TM5	Úmido
18-06-1990	215/65	Landsat/TM5	Úmido
04-11-2000	215/65	Landsat/TM5	Seco
24-05-2010	215/65	Landsat/TM5	Úmido
18-09-2016	108/48	CBERS4/MUX	Seco

Fonte: INPE, 2018.

As imagens foram selecionadas e classificadas utilizando o método de classificação supervisionada e algoritmo classificador do tipo Maxver com um limiar de 100% para todas as classes selecionadas de água, solo exposto, vegetação e mineração. Toda matriz gerada foi convertida em vetor e em seguida transformada em raster para que fosse inserida na ferramenta de cartas. Com todos os mapas adquiridos, foi elaborado, por fim, o mapa de risco à erosão, seguindo os valores de Crepani et al. (2001), mas para isso, foi utilizada a ferramenta Calculadora Raster, Estatística Zonal e Miscelanea do QGIS, como também a ferramenta Reclassy do ArcMAP para o mapa de vulnerabilidade à erosão.

### 3.3.3 Situação climatológica

Nessa fase, a coleta de dados ocorreu em órgãos públicos e sites oficiais de instituições públicas de pesquisa. Os dados pluviométricos foram disponibilizados pela AESA, período referente a (1963 a 2016) e Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) que disponibilizou os dados de temperatura referentes também ao mesmo período supracitado.

Os dados de temperatura do ar foram calculados por meio de regressões múltiplas devido à ausência desses dados para região estudada e para isso utilizou-se o *software* Estima -

T (CAVALCANTI; SILVA; SOUSA, 2006), disponível na página da UACA – UFCG através da função quadrática para as temperaturas média, máxima e mínima mensal em função das coordenadas locais: latitude, longitude e altitude. Esse método é executado devido à ausência de registros de temperatura do ar para a área a ser estudada. Esse estudo propôs o alcance dos objetivos nessa pesquisa, uma vez que, poderá esclarecer dificuldades de compreensão entre relação biológica, biofísica e antrópica e, por consequência, o processo de desertificação. Através do MATLAB disponível no MATHWORK (2018) foi possível realizar cálculos de média aritmética, interpolar e gerar resultados em tabelas, gráficos e mapas. Desta forma, foram obtidos resultados referentes à climatologia mensal, variabilidade interanual das chuvas, correlação chuva/temperatura mensal e anual.

O regime de precipitação pluvial foi analisado utilizando a estatística descritiva, através da média, mediana, desvio padrão, valor máximo, valor mínimo e coeficiente de variação. Foi gerado um mapa de distribuição espacial das chuvas do município utilizando dados médios mensais da estação pluviométrica, referentes ao período 1963-2016 e dados médios anuais de municípios circunvizinhos referentes aos anos de 1911 a 1990 conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Dados da pluviosidade anual dos municípios circunvizinhos.

<b>Município</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Pluviosidade anual (mm)</b>
Equador (RN)	-6,95	-36,72	426,8
Gurjão	-7,27	-36,48	469,5
Juazeirinho	-7,13	-36,58	483,9
Olivedos	-6,98	-36,25	469,2
Parellhas (RN)	-6,68	-36,67	570,3
Pedra Lavrada	-6,75	-36,47	368,6
Salgadinho	-7,10	-36,85	450,4
Santo André	-7,22	-36,63	528,6
Soledade	-7,07	-36,37	395,8
Taperoá	-7,20	-36,83	511,9
Seridó	-6,903	-36,44	432,0

Fonte: AESA, 2017.

### 3.3.4 Cálculos de Índices

O IA de uma região depende da quantidade de água advinda da chuva e da evapotranspiração que se refere à perda de água pela atmosfera. Para definir a espacialização do IA do município pesquisado, serão utilizados, além dos dados de Juazeirinho, os dados das estações de dez outros circunvizinhos (Figura 12). Esse parâmetro é considerado em nível nacional e internacional como fundamental na análise de áreas susceptíveis à desertificação.

Figura 12 - Representação das onze estações meteorológicas dos municípios paraibanos.



Fonte: DCA/UFPG, 2017.



Esses ajustes ao solo foram fundamentais na escolha desse modelo para essa pesquisa uma vez que demonstram melhor as condições reais (semiaridez e Caatinga) da área estudada. Utilizou-se uma classificação com base nas características colocadas por Almeida; Cunha; Nascimento (2012), onde por meio do Sensoriamento Remoto, usando as imagens LANDSAT e CBERS para o SAVI, pode-se interpretar as espécies nativas através de classes conforme os portes arbóreo-arbustivos pequenos e grandes. O presente trabalho classificou a vegetação da Caatinga em: Caatinga arbórea-arbustiva densa e rala. Sendo assim, a pesquisa buscou determinar evidências de densidade nos intervalos SAVI, pois, entende-se como dado fundamental para compressão e análise dos processos a serem estudados.

O SAVI é um dos índices de vegetação mais utilizados em pesquisas científicas. No entanto, ainda é pouco aplicado em estudos sobre a degradação das terras (desertificação) no Seridó paraibano, embora muitos autores o considere mais adequado em análise do semiárido.

Os índices de vegetação ajustados ao solo (SAVI) são calculados através de combinações matemáticas das refletâncias dos alvos das faixas espectrais, sobretudo, do vermelho e infravermelho. Tais espectros podem sofrer influências/alterações de vários fatores. Através do SAVI é possível corrigir os efeitos do solo na imagem, trata-se de um índice (modelo) para uso em áreas de vegetação rala e solo exposto. Portanto, se faz necessário avaliar o melhor fator de ajuste (L) e confrontar as imagens com a realidade in loco. Esse estudo mostrou que o SAVI é o índice mais eficiente para o bioma caatinga (RIBEIRO; SILVA; SILVA, 2016).

Por meio do SAVI, Alves (2016) analisou o processo de desertificação na bacia hidrográfica do rio Paraíba. A autora constatou que a sazonalidade na vegetação variou conforme o período seco e chuvoso na região, ocorrendo valores máximos no trimestre mais chuvoso (fevereiro a abril), podendo constatar que, à medida que aumenta o estresse hídrico, a refletância aumenta. Comprovações como essas refletem tanto a importância da utilização do SAVI na caatinga local como do uso de imagens de satélite na compreensão dos fenômenos ambientais.

Santos (2018), utilizando o SAVI para uma análise espaço-temporal da cobertura vegetal no município de Juazeiro do Piauí (ASD) dos anos 1997, 2006 e 2016, detectou redução nas classes de vegetação no ano 2016. Para esse autor, o SAVI é uma forma de estimar a quantidade de água líquida que existe na cobertura vegetal, sendo um bom instrumento de análise no Nordeste do Brasil, devido a sua variação depender do período da produção da imagem. O autor evidenciou também a importância do uso de índices espectrais nessas áreas.



consideradas em situação de desertificação, os valores do TGSi variaram entre 0,10 a 0,20, situação compreendida quando Xiao considera que valores positivos representam as camadas mais grosseiras quando avaliadas pelo TGSi.

Tomando como base a aplicação do TGSi proposto por Xiao et al. (2006), um estudo feito na Paraíba, mais precisamente em Cabaceiras por Patrício (2017), a mesma identificou que, ao dividir os períodos analisados em seco e úmido, considerando uma faixa temporal entre os anos de 1989 a 2010, observou que em lugares com maiores concentrações de areia o valor do TGSi foi bastante alto e onde houve a presença de vegetação em solo argiloso, os valores do TGSi foram baixos. Ndabula et al. (2018) através do indicador TGSi mostrou o engrossamento do solo em terras na Nigéria e sua relação com o processo de desertificação. Esses pesquisadores mostraram aumento temporal no índice de textura do solo nos anos analisados, com os seguintes valores: 1987 (-0,143 - 0,456), 2000 (-0,107-0,497) e 2015 (-0,079 – 0,515), significando aumento no grão de solo nos valores positivos dos dados. Esses autores conjecturaram a possibilidade dessa ocorrência por causa das ações antrópicas e as mudanças climáticas que favorecem ao processo de erosão eólica e hídrica

#### 3.3.4.4 Índices de Desenvolvimento Municipal Sustentável (IDMS)

Para conhecer a realidade de desenvolvimento sustentável do município de Juazeirinho, foi aplicado o IDMS (FECAM, 2014), o qual representa o auxílio, o apoio aos órgãos públicos a se voltarem para um planejamento atrativo e desejável quanto aos pilares da sustentabilidade. O foco principal desse modelo de gestão pública se aplica as potencialidades e os possíveis desafios que o município pode vir a enfrentar para as tomadas de decisão. Seguindo os critérios da FECAM (2014), o IDMS considera a necessidade de se construir condições adequadas de sustentabilidade no processo de desenvolvimento, a partir da melhoria da realidade de quatro dimensões básicas do desenvolvimento municipal: ambiental, econômica, sociocultural e político institucional.

O IDMS é o resultado da média aritmética das subdimensões de cada uma das quatro dimensões do desenvolvimento municipal levadas em consideração neste sistema. Considera-se que cada dimensão contribui de forma igual para a sustentabilidade local. Desta forma, cada dimensão recebe peso 1 na composição da fórmula final. O IDMS, portanto, será obtido calculando-se a média aritmética de cada uma das dimensões, segundo Equação 4:



3. Médias dos 25% dos municípios melhores e/ou piores colocados: e 4. Médias brasileiras do Estado da Paraíba.

As parametrizações de cada variável/indicador exigem uma extensa caracterização de suas especificidades. Nesse sentido, a definição dos níveis de escala e dos padrões de eficiência para cada variável leva em conta estudos e pesquisas que tratam do tema com nítido rigor técnico.

Desta forma, atribui-se a cada dimensão a mesma capacidade de favorecer a sustentabilidade do município. Como já salientado, o IDMS é calculado a partir da média aritmética dos índices de cada dimensão. Por sua vez, os índices das dimensões são calculados pela média ponderada das subdimensiones. De posse dos resultados, os valores são classificados com base na Tabela 6.

Tabela 6- Valores do Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável e Classificação correspondente por cores.

<b>VALOR DO IDMS</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b>
<b>Maior ou igual a 0,875</b>	<b>ALTO</b>
<b>Maior ou igual a 0,750 e menor do que 0,875</b>	<b>MÉDIO ALTO</b>
<b>Maior ou igual a 0,625 e menor do que 0,750</b>	<b>MÉDIO</b>
<b>Maior ou igual a 0,500 e menor do que 0,625</b>	<b>MÉDIO BAIXO</b>
<b>Menor do 0,500</b>	<b>BAIXO</b>

Fonte: FECAM, 2014.

### 3.3.5 Cálculos de Riscos

O risco aos processos erosivos da área pesquisada baseou-se na vulnerabilidade natural, na perda de solo, conforme Crepani et al. (2001), que se fundamentou nos estudos de ecodinâmica de Tricart (1977). Para isso, foi utilizada a base de dados do projeto Radam Brasil (Mapa exploratório de solos), disponível no site oficial do IBGE, além de base de dados da Empresa Brasileira de Agropecuária (EMBRAPA) e da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

### 3.3.5.1 Erosão

Feitos os mapeamentos, utilizando as ferramentas do software QGIS 16,18.13, os arquivos importados ao programa em formato *shapefile* foram transformados para o formato *raster* (Solos, Geologia, Geomorfologia e Climatologia). Após a conversão, foram atribuídos os pesos de vulnerabilidade à erosão através das tabelas propostas por Crepani et al. (2001) com pesos variando de 1 a 3, sendo 1 para atributos considerados estáveis, predominando a pedogênese, 2 para os intermediários e 3 para os instáveis, predominando a morfogênese.

Foi obtida a álgebra de mapas das grades de vulnerabilidade à erosão dos temas citados anteriormente e essa álgebra consistiu na média simples dos cinco mapas citados, conforme apresenta a Equação 5.

$$V = G + D + S + Vg + C / 5 \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde: V = Vulnerabilidade; G = vulnerabilidade para Geologia; D = vulnerabilidade para Declividade; S = vulnerabilidade para Solo; Vg = vulnerabilidade para Vegetação; e C = vulnerabilidade para o Clima.

### 3.3.5.2 Desertificação

O risco à desertificação foi analisado da seguinte forma. Primeiro, através do indicador IA. Em seguida, calculou-se a média e mediana a cada dezoito anos. Através desses resultados, os níveis de risco foram delimitados considerando a classificação climática: hiperárido, árido, semiárido, subsumido seco e subsumido úmido (MATALLO JUNIOR, 2001).

Com base na classificação climática e índice de aridez (IA) é possível delimitar os níveis de risco à desertificação, observados na Tabela 7. Trata-se de um parâmetro adotado pela Convenção de Combate à Desertificação (CCD) de critério internacional (UNCCD, 1994). Portanto, para a delimitação do nível de desertificação nessa pesquisa tomou-se como parâmetro os resultados de média e mediana com vistas a uma classificação temporal.

Tabela 7- Níveis de aridez de acordo com o grau de risco.

<b>Nível de Susceptibilidade</b>	<b>Índice de Aridez (IA)</b>
Muito Alto	0,05 – 0,20
Alto	0,21 -0,50
Moderado	0,51 -0,65
Baixo	>0,65

Fonte: MATALLO JUNIOR, 2001.

Visando o estudo da desertificação e levando em consideração a correlação entre a vegetação, IA e o solo, a segunda forma tomou como base todo processo que envolve a extração do caulim, em especial toda sua forma de rejeito e deposição, observados nos pontos de solo estudados. Optou-se por combinar os indicadores (SAVI, TGSI e IA) através de uma Árvore de Decisão (AD), método capaz de aproximar a classificação das imagens orbitais onde se adotam regras baseadas em critérios de divisão e os graus de risco à desertificação de acordo com as condições climáticas, sendo eles: **zero risco, baixo risco, médio risco, alto risco e severo risco**, com base na metodologia dos estudos feitos por Xu; Xiangwo; Dongsheng (2009) e Lamchin et al. (2016).

A AD permite identificar os níveis de desertificação dos indicadores utilizando dados extraídos dos sensores orbitais (QIANG et al., 2017). Por essa razão foi possível analisar os níveis de desertificação pelos dados das médias obtidas com o cálculo do TGSI, as médias do índice SAVI e do IA. Através da Tabela 8, é possível compreender essa correlação estabelecida pela AD, árvore essa que garante a compreensão do algoritmo de classificação supervisionada usado pelo programa SPRING 5.7.2 e ArcGIS 10.2.1, por meio da combinação de bandas do Sensoriamento Remoto. Os valores das médias estabeleceram uma sequência lógica com os níveis de risco permitindo enxergar as tendências à desertificação por meio de operações matemáticas de inferioridade, superioridade e igualdade.

Tabela 8 – Médias extraídas da classificação supervisionada considerando os períodos entre 1984 a 2016 para os indicadores SAVI, TGSI e IA ao respectivo período considerado úmido e o período seco.

Ano das imagens	SAVI (média)	TGSI (média)	IA
1984 PU	0,48	0,06204	0,5
1990 PU	0,47	0,14001	0,2
2000 PS	0,24	0,1789	0,9
2010 PU	0,49	0,23983	0,5
2016 PS	0,23	0,2886	0,3

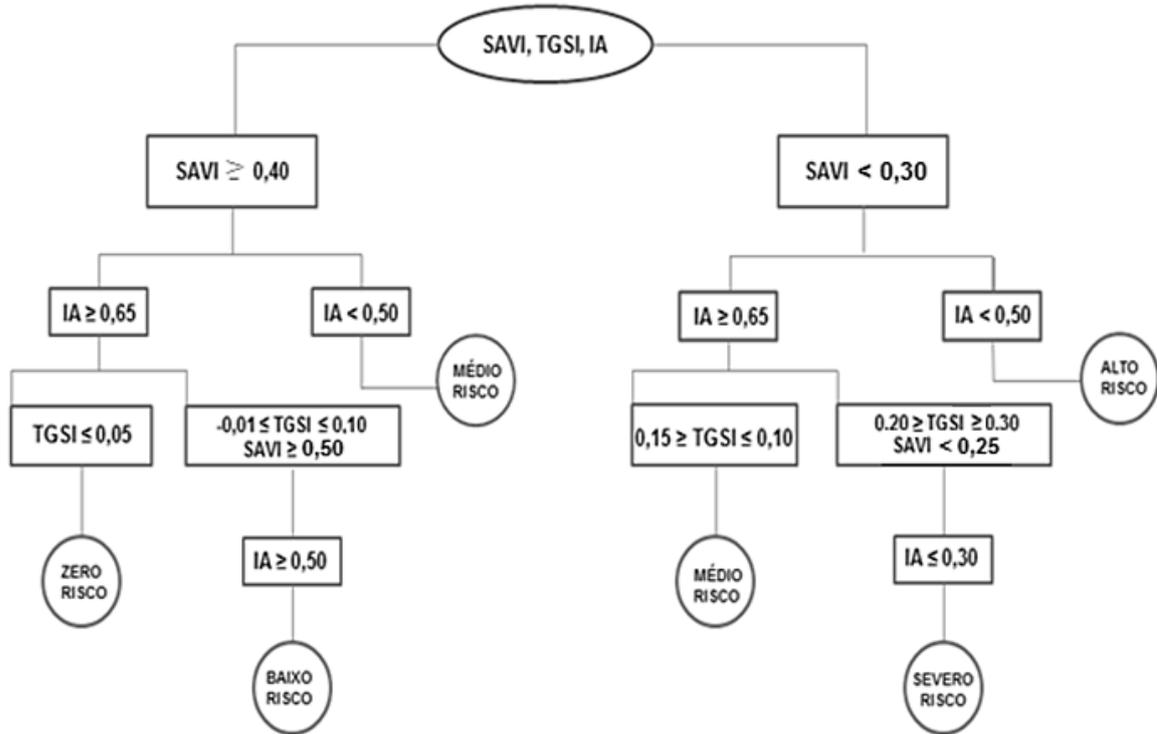
Fonte: SPRING 5.7.2.

Para a escolha das datas das imagens, considerando os períodos úmidos e os secos, entre os anos (1984, 1990, 2000, 2010, 2016), especialmente 1984, 1990 e 2010, considerou-se a construção de apenas uma AD para os dois períodos em razão do período úmido das imagens (mês de maio e junho) estarem fora da faixa das chuvas do Seridó Oriental, apenas levando em consideração a umidade ganhada da faixa de chuvas (janeiro – abril), quando as menções de Nimer (1989) apontam que o período chuvoso de janeiro a abril, sob influência do ZCIT, com precipitação maior no mês de março, está ligado às faixas de instabilidade que circulam da região Norte para a região Leste, deixando pontos de umidade em algumas áreas, e em outras pontos mais secos. Por outro lado, Alves (2008) aponta que na região do Seridó Ocidental tanto o solo cristalino quanto a caatinga nativa rala, de acordo com o regime pluviométrico, apresentam pequenos aquíferos subterrâneos quando chega o período chuvoso entre janeiro a abril, favorecendo, portanto, um pouco mais de umidade para os meses seguintes, sendo esses os meses de maio e junho, meses relacionados aos anos de 1984 e 2010 escolhidos para o processamento digital de imagens desse trabalho. No tocante aos meses, ao buscar os dados pluviométricos na AESA (2017), o mês de maio de 2010 (do satélite LANDSAT5), por exemplo, apresentou uma precipitação de 27mm apenas, enquanto, que no mês anterior choveu em abril 61,2mm, mês correspondente à faixa de chuvas do município de Juazeirinho.

Na AD (Figura 13), pretende-se analisar os valores das classes do SAVI associados com os valores do TGSI e IA, que o coloca como um critério semelhante à metodologia adotada por Xu, Xiangwo e Dongsheeng (2009), por estes utilizarem a correlação entre o TGSI, o NDVI e o Albedo. O SAVI foi escolhido por analisar a vegetação de acordo com o ajuste do solo, sendo este muito importante na classificação quanto ao tamanho da vegetação, aplicando-se melhor a espécies como os da Caatinga. Para a sequência temporal escolhida no estudo, isto é, 1984,

1990, 2000, 2010 e 2016, a sequência promoverá um padrão de riscos à desertificação dentro dos períodos úmido e seco.

Figura 13- Diagrama da árvore de decisão (AD) para avaliar e classificar os graus de desertificação utilizando o índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI), índice de textura do solo (TGSi) e índice de aridez (IA).



Fonte: Adaptado de Lamchin et al., 2016.

### 3.3.6 Pesquisa de campo

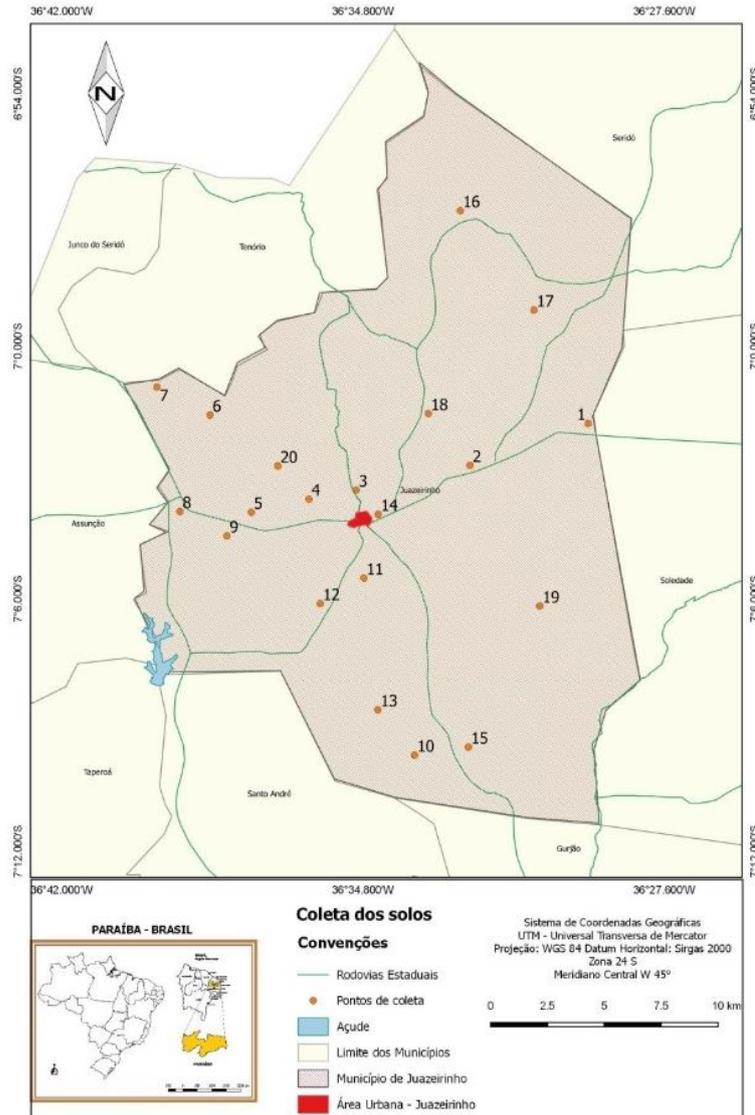
Os dados em campo foram coletados da seguinte forma:

1) Através do método de registro direto (*Checklist*) com roteiros semiestruturados (Apêndice A). O preenchimento das informações inicialmente foi com base nos seguintes procedimentos: a) observação direta; b) diálogos informais com os moradores; e c) registros fotográficos. As informações não preenchidas foram obtidas via instituições/órgãos públicos local, estadual ou pesquisa bibliográfica. O recorte espacial para coletar esses dados foi o distrito da Barra por ser o local onde se concentra maior parte das atividades da mineração do município. Os fatores abordados foram de cunho ambiental e social-tecnológico.

2) Foram coletados solos em vinte diferentes pontos da área, observados na Figura 14, de maneira que representassem os tipos de solo do município e com distâncias que venham a responder os objetivos da pesquisa. As amostras foram coletadas com aproximadamente 20 cm

de profundidade em torno de 1 kg. Esse solo foi analisado quanto às características físicas e químicas, conforme descrição no item (2.3.7). Os pontos foram georreferenciados (latitude, longitude, altitude) utilizando um GPS (Garmin, GPSMAP 76CSX). As visitas ao município para levantamento desses dados iniciaram-se em 02/04/2018 a 30/06 de 2018 no período considerado úmido, e 01/10 a 30/11 de 2018 no período seco.

Figura 14 - Localização dos pontos de coleta dos solos no município de Juazeirinho, Paraíba.



Fonte: Dados da autora, pesquisa de campo, 2018.

### 3.3.7 Análise laboratorial de solo

Para fins de informações das características dos solos da área estudada, comparação e validação com os resultados do TGSI, assim como a pesquisa de campo, foi escolhido o Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), de Engenharia Agrícola da UFCG para obtenção

dos resultados das análises físicas (granulometria, classificação textura, densidade de partículas, porosidade, umidade) e químicas (N, P, K, carbono orgânico, matéria orgânica e pH). Foram coletados exatamente 20 pontos, dos quais as amostras (p1, p3, p7, p9, p13 p16 e p19), foram analisadas quimicamente. Foi possível obter pela Granulometria as porcentagens de areia, silte e argila de todos os pontos. A metodologia utilizada para as análises supracitadas advém de métodos utilizados pela EMBRAPA (1997).

### 3.3.8 Elaboração de mapas

A base de dados foi organizada em planilhas eletrônicas, seguindo o formato (linhas e colunas) preestabelecido, estruturando as informações para cada dimensão. Nesta fase foi elaborado um banco de dados em ambiente SIG para produção dos mapas temáticos, onde foram armazenados em uma única base de dados informações provenientes dos trabalhos de campo, pesquisas em literatura, imagens de satélite, base cartográfica, dentre outras fontes, projetando um banco de dados que suporte informações descritivas e geográficas. Os mapas foram confeccionados seguindo os critérios e processos do georreferenciamento, ajuste radiométrico, filtragem, classificação supervisionada do tipo Maxver, ajuste pós-classificação nos dados e imagem, e a posteriori Operações Aritméticas + Medidas de Classes, para obtenção dos valores das áreas mais suscetíveis ao risco de erosão, sendo esses adquiridos pelo software SPRING 5.2.7 do INPE. Foram produzidos mapas temáticos para: a) análise de indicadores de **Situação** (físico/erosão); e b) indicadores de **Desertificação** (Uso do Solo, TGSI e Riscos).

a) Foram produzidos mapas temáticos em escala (1:100.000) por meio do software QGIS 18.1.3, SPRING 5.7.2 e o ArcGIS 10.2, de geologia, geomorfologia (hipsometria, declividade), climáticos (Precipitação, IA), classes de solo, Uso do Solo com vistas à elaboração do mapa final de risco à erosão.

b) Para os mapas de Uso de Solo, SAVI e TGSI foram utilizadas imagens orbitais, em que estas foram adquiridas através do INPE, sendo a Landsat do sensor TM5 e CBERS 4 do sensor MUX. As mesmas foram importadas ao software para serem tratadas, classificadas e mapeadas, e a posteriori serem exportadas ao banco de dados. As cenas obtidas do mosaico dos satélites escolhidos foram: órbita - ponto 215/065 de 1984, 1990, 2000 e 2010 da LANDSAT/TM5, e a órbita ponto 148/108 de 2016 do satélite CBERS 4, sensor MUX., levando-se em consideração poucas nuvens na região de interesse nas épocas úmidas e secas. Essas imagens têm passagens datadas em 16/05/1984, 18/06/1990, 04/11/2000, 24/05/2010 e 18/09/2016.

### 3.3.9 Análise estatística

Para análise de temperatura do ar, os cálculos foram realizados por regressões múltiplas devido à ausência de dados para o município de Juazeirinho com auxílio do *software* Estima - T (CAVALCANTI; SILVA; SOUSA,2006). Quanto à situação estatística do trabalho em ambiente SIG, os dados foram gerados através dos softwares e os dados de IA foram interpolados utilizando o método da média ponderada pelo inverso da distância (IDW). Para a situação pluviométrica abordada, fez-se a análise através da estatística descritiva, obtendo-se média, mediana, desvio padrão, valor máximo, valor mínimo e coeficiente de variação utilizando o MATLAB, software de fácil manipulação (MATHWORK, 2018).

Segundo Câmara, Davis e Monteiro (1999) a representação da realidade e a forma de como o alvo se apresenta nas imagens podem ser projetadas em modelos estatísticos. Para o estudo estatístico dos dados gerados através das imagens de satélite e dos mapeamentos temáticos, tendo em vista a correlação encontrada entre as mesmas da quantidade de áreas prejudicadas pelo processo de erosões graves e, conseqüentemente, desertificação, foi necessário a utilização da proposta de Tabari et al. (2011) e Wanderley et al. (2013), através da qual foi usada uma regressão linear com a finalidade de identificar a tendência do Índice de Aridez na série temporal escolhida para o trabalho. Realizou-se análise de regressão, a fim de identificar a tendência do IA à série histórica, e por meio do teste de significância do coeficiente de correlação ( $r^2$ ). Para isso foi necessária a equação 6:

$$y = a + bx \dots \dots \dots \text{(Eq. 6)}$$

Onde: y representa o Índice de Aridez; x representa a série temporal; e a e b representam os coeficientes de regressão pelo método dos mínimos quadrados.

Para expressar a tendência do IA no município de Juazeirinho, este foi calculado com base na ETP referente ao período de 1963 a 2016, seguindo a mesma metodologia supracitada (THORNTHWAITE, 1948).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A discussão e os resultados da pesquisa são apresentados seguindo a lógica de classificação dos indicadores, conforme metodologia utilizada.

### **4.1 INDICADORES DE SITUAÇÃO**

A problemática da desertificação tem sido objeto de estudo extremamente vinculado ao desenvolvimento das sociedades. Após a segunda Guerra Mundial, e consequentemente com a industrialização, o mundo passou a produzir e consumir de forma inconsequente levando a sucessivas e constantes crises. Isso conduziu as pesquisas à visão com incorporações tendo em vista as correlações de desenvolvimento com questões sociais e ecológicas, ampliando-se para além da ótica qualitativa. Diversos pesquisadores da desertificação consideram que tanto na sustentabilidade institucional quanto na desertificação existem fragilidades na manutenção e superação de objetivos e metas.

Considerando a problemática do estudo e os objetivos propostos nessa pesquisa, buscou-se inicialmente conhecer a realidade local quanto mineração no aspecto do potencial (jazida) para identificar a situação da área. Para esse levantamento, investigou-se dados em instituições responsáveis (DNPM, CPRM e PREFEITURA) além da pesquisa em campo. Desta forma, foi possível numerar e identificar o “caminho das minas” no Seridó da Paraíba, particularmente no município de Juazeirinho e circunvizinhos de maior relevância para esse estudo.

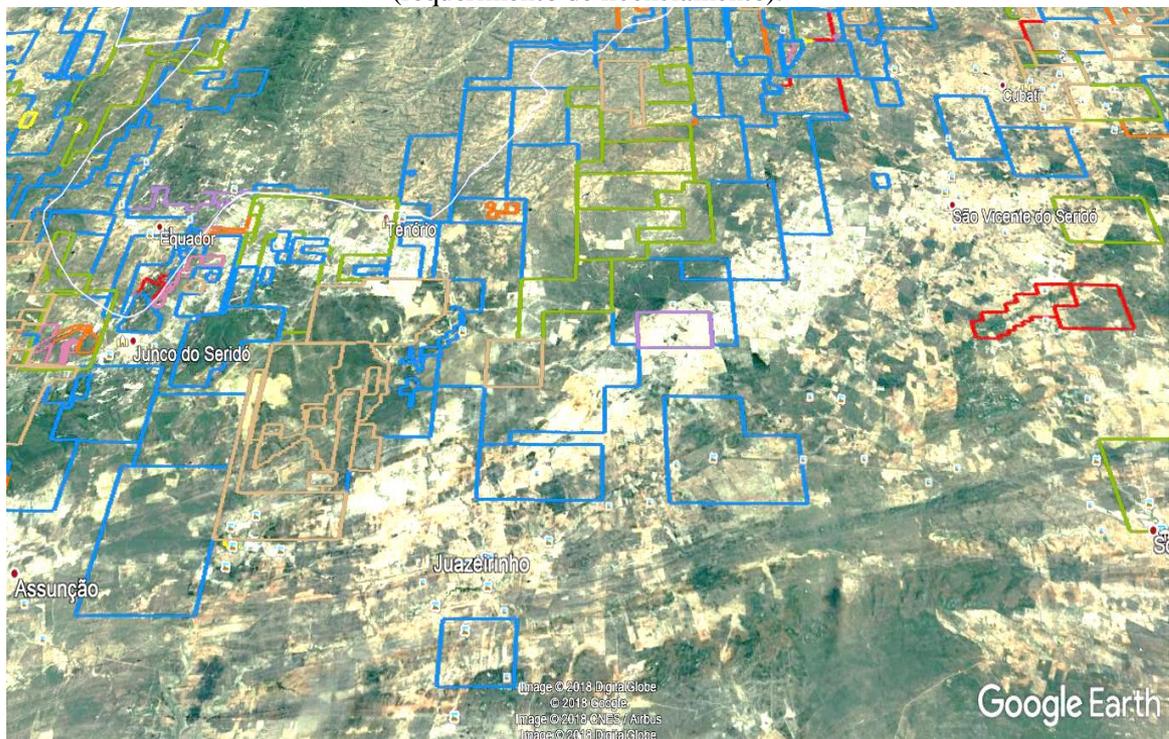
#### **4.1.1 Potencial da mineração no Seridó paraibano**

A Figura 15 mostra como a área pesquisada se encontra quanto ao potencial mineral. No total foram identificadas 164 jazidas. Destas jazidas, 19 encontram-se no entorno do território de Juazeirinho com maior concentração no distrito da Barra (pontos verdes, Figura 16). Através destes resultados, pode-se conjecturar as possíveis relações, negações, contradições e transformações (leis dialéticas) que atuam nessa área, reflexo da relação sociedade e natureza ao longo do tempo da extração e beneficiamento do caulim.

Este resultado evidencia que a região do Seridó paraibano possui atualmente poucas áreas livres de extração mineral, o quão competitivo é em mineração e o quanto essa atividade afeta os aspectos ambientais e, por consequência, vem determinando os rumos do desenvolvimento socioeconômico local. Ressalta-se que muitos desses municípios, que

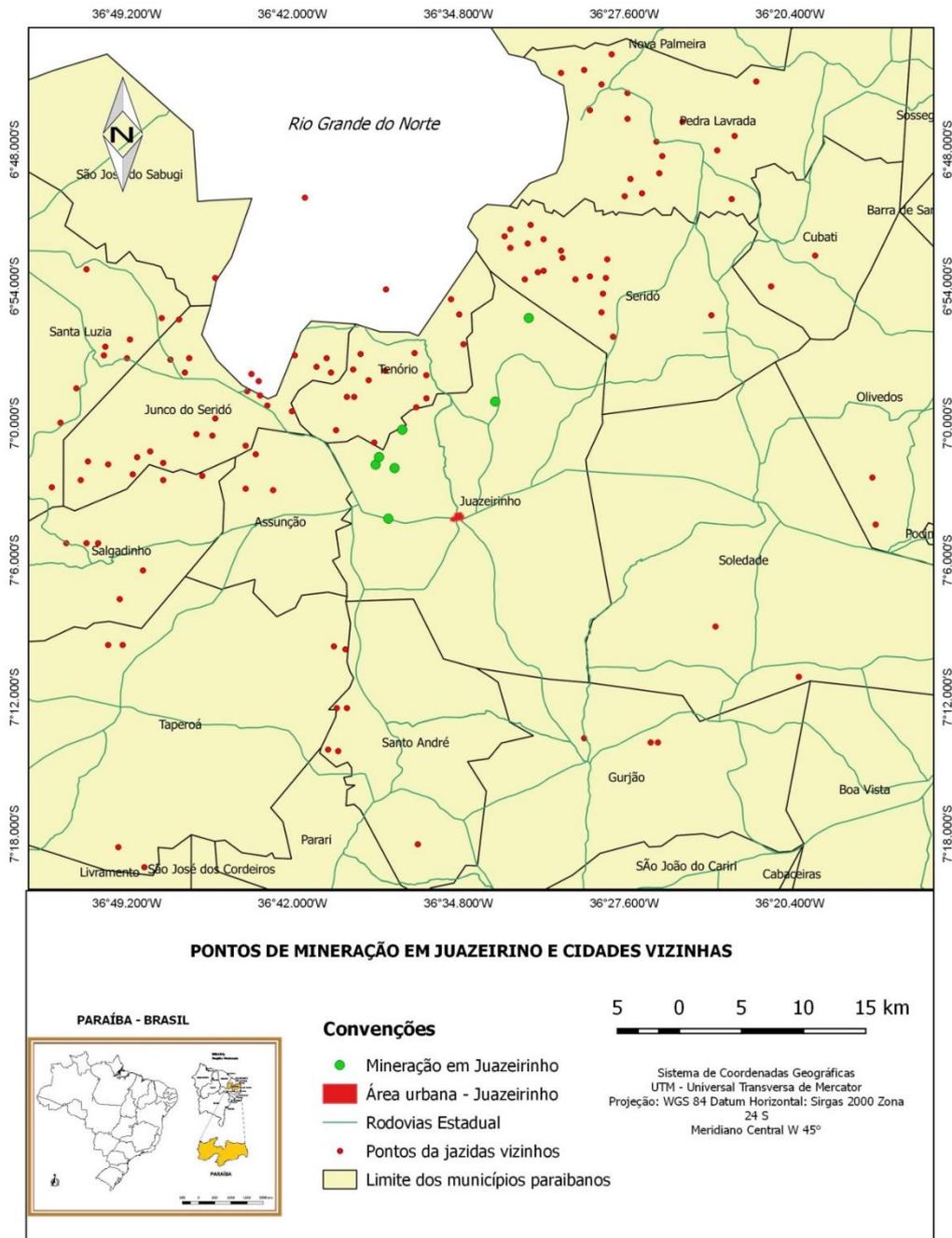
circundam hoje a área do município de Juazeirinho, foram a bem pouco tempo terras do município. Talvez esse fato explique a razão do município ter se tornado polo no beneficiamento do mineral caulim. A CPRM (2002), ao estudar a geologia e minerais do estado da Paraíba (Org. SANTOS, FERREIRA e SILVA JR), relata que as ocorrências e/ou depósitos de caulim na formação do Seridó estão associados a pegmatitos com maior parte da exploração encaixados nas muscovitas.

Figura 15- Áreas de maior potencial mineral do Seridó: vermelho (concessão de lavra); marrom (disponibilidade); verde (requerimento de pesquisa); azul (autorização de pesquisa) e amarelo (requerimento de licenciamento).



Fonte: CPRM, (2002) / Autora /ANM: Sigmire /KMZ, 2018.

Figura 16 - Mapa dos pontos de jazidas dos municípios do Seridó paraibano



Fonte: Santos CPRM, 2002 e Dados da autora, 2017.

Segundo o DNPM (2001), o mineral caulim, no Brasil, representa 28,2% das reservas mundiais, valor que agregado ao nióbio e tantalita refletem diretamente no Produto Interno Bruto (PIB) e na balança comercial do país. No entanto, esses resultados mostram que o Seridó poderia ter se tornado uma região com maiores condições de desenvolvimento socioeconômico e mais resistente ao avanço do processo de desertificação em relação a outras realidades do semiárido nordestino e paraibano, uma vez que teoricamente a mineração é uma atividade que impulsiona o crescimento de empregos e o valor comercial do produto. Infelizmente, essa lógica

fica apenas no campo da imaginação e especulação, pois falta transparência nos valores (produção/arrecadação) em nível nacional, estadual e municipal. Andrade (2015), ao analisar o caulim no município de Junco do Seridó paraibano através de Indicadores de Sustentabilidade da Mineração (ISM), considerou essa atividade insustentável para todas as dimensões estudadas. Nesse trabalho, a autora identificou o valor de ISM de 0,2 (escala entre 0 a 1) e, quando considerou apenas os indicadores ambientais, esse valor reduziu para 0,14. Para a pesquisadora, sem redução dos impactos negativos e preservação dos recursos naturais, essa atividade em breve será inviabilizada.

O município de Juazeirinho, loco dessa investigação, apresenta conforme a CPRM (2002) concentrados minerais de óxido de tântalo e nióbio (em proporções modestas) e os feldspatos, quartzo e mica em quantidades consideradas relevantes. Segundo Lira et al. (2016), os três pegmatitos supracitados correspondem a 1.365.470 (um milhão trezentos e sessenta mil e quatrocentos e setenta) metros cúbicos, o que corresponde a 3.550.222 (três milhões quinhentos e cinquenta mil e duzentos e vinte dois) toneladas. Destes, o teor de tantalita-columbita é na ordem de 2% implicando em uma reserva avaliada em aproximadamente 27.000 (vinte sete mil) toneladas desse mineral metálico. Dessa forma, trata-se de uma realidade quantitativa com viabilidade econômica, associado aos minerais industriais que correspondem mais de 90% da massa da rocha pegmatítica. Conforme CPRM (2002) existem 14 jazidas de caulim distribuídas entre Junco do Seridó, Juazeirinho e Pedra Lavrada. No entanto, de acordo com dados do ANM/SIGMINE (2018), o município de Juazeirinho destaca-se tanto na produção bruta como no beneficiamento do caulim, com mão de obra rudimentar, fato que chama a atenção quanto ao destino dos rejeitos e recuperação da área após esgotamento do mineral. In loco a situação é de caos, abandono e descaso com o meio ambiente.

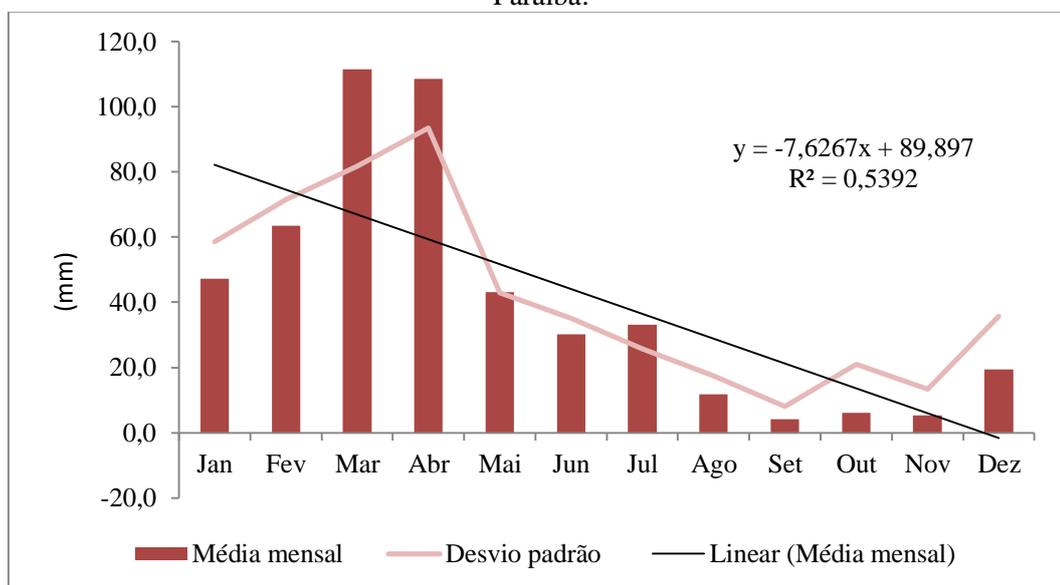
Através desse levantamento potencial, observa-se que este é produto de uma variedade de implicações, pressões e forças naturais e antrópicas. Para atender as exigências de mercado, o produto bruto (rocha) passa por acelerado processo de beneficiamento para ser transformado em outra mercadoria de maior valor, ocorrendo alterações condicionando uma passagem da quantidade a qualidade, uma dialética que promove alterações inicialmente ambientais que refletem diretamente nas condições socioeconômicas quiçá positivas ou não para a população, e negativa para o ambiente alterado. Isso torna-se mais evidente ao relacionar esses dados com o indicador socioeconômico tecnológico (indicadores de desertificação), analisado na segunda fase desse estudo, reforçado nos valores obtidos do IDMS (indicador de situação) referente ao

último censo (IBGE, 2010b) do município de Juazeirinho com baixíssimos índices de desenvolvimento.

#### 4.1.2. Indicadores Climáticos

**Chuva e Temperatura** são importantes indicadores climáticos. As séries pluviométricas de 1963 a 2016 (Figura 17) evidenciam consideráveis instabilidades entre os meses, com médias baixas na maioria dos meses analisados, revelando agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro como os meses mais secos e os meses entre janeiro a maio com maiores médias pluviométricas, sob influências do verão. De acordo com essa série temporal, o coeficiente de correlação  $R^2=0,5392$  representa um valor que corresponde à situação de uma considerada estiagem, deixando claro a variabilidade no clima da região. Além disso, o valor da linha de tendência da equação negativa gerada ( $y$ ) aponta com nitidez o comportamento da série temporal, mostrando valores que caracterizam condições de poucas precipitações no município e, quando correlacionado com o  $R^2$ , este mostra tendência a um valor menor que 1, indicando, portanto, uma considerável estiagem.

Figura 17 - Média mensal e desvio padrão da série pluviométrica do município de Juazeirinho, Paraíba.



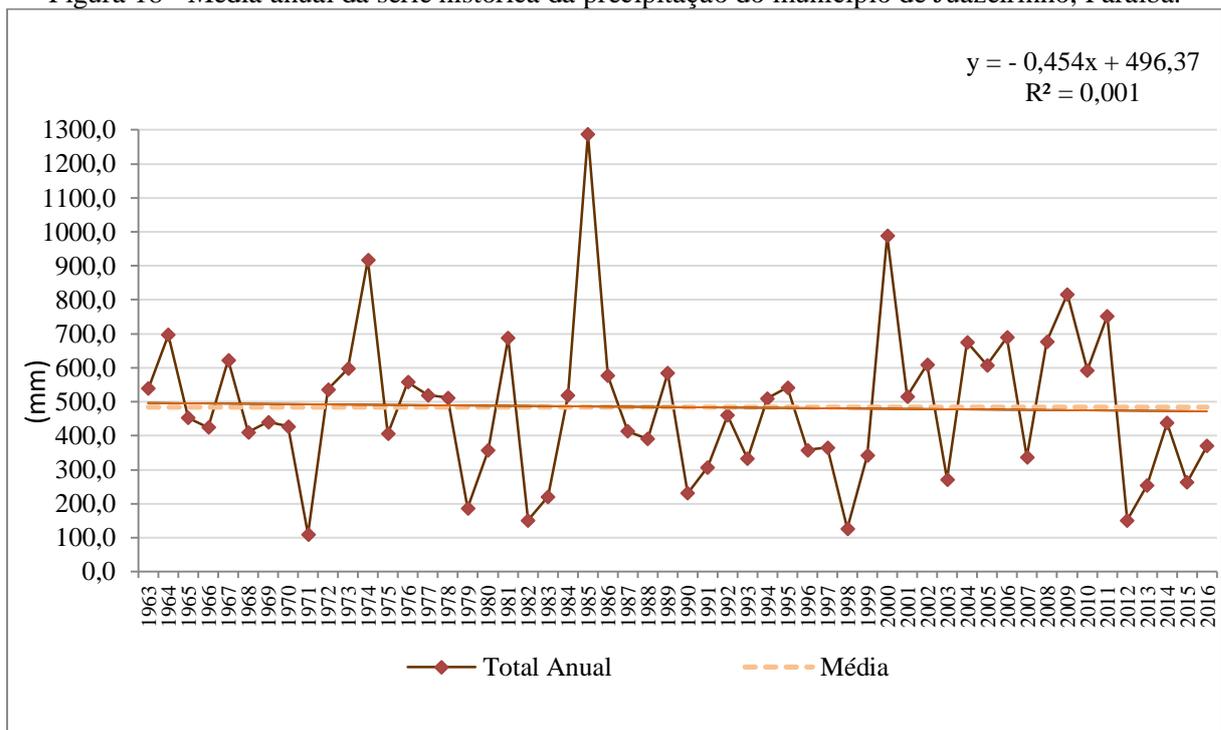
Fonte: AESA, 2017.

A média da série histórica da precipitação anual do município de Juazeirinho foi de 483,9 mm, com desvio padrão de 223,00 mm, onde podem ser evidenciadas grandes oscilações e distribuição temporal dispersa (Figura 18). Na variabilidade interanual das chuvas no período

estudado é possível observar maior expressividade de acúmulo de chuvas em 1974 (917,6 mm), 1985 (1.287,5 mm) e no ano 2000 com 988,7mm. Para Souza et al. (2015), a sazonalidade das chuvas e a variabilidade interanual têm grandes impactos na caatinga, adaptando-se a estação de extremas chuvas e de secas.

Os resultados encontrados por Araújo (2010) corroboram em parte com esta pesquisa, uma vez que, estudando a sub-bacia do rio Taperoá, constatou que a espacialização temporal da precipitação média mensal da região é de aproximadamente 30 mm, e que o período chuvoso tem início no mês de fevereiro e termina no mês de maio, quadra mais chuvosa, com valores máximos de precipitação ultrapassando 90 mm em média no mês de março. Almeida (2008) declara que no semiárido nordestino, particularmente no estado da Paraíba, a distribuição e quantidades de chuvas anuais são escassas e irregulares, apresentando chuvas torrenciais em um curto espaço de tempo, situação que coloca a vegetação nativa em riscos de degradação.

Figura 18 - Média anual da série histórica da precipitação do município de Juazeirinho, Paraíba.



Fonte: AESA, 2018.

Considerando a média da regressão linear  $y = -0,454x + 496,37$  e seu coeficiente de correlação para essa série temporal (1963-2016), os valores por serem muito baixos trazem como resposta a grande instabilidade do regime chuvoso da região do Seridó, visto que com essa ocorrência, pode ter a presença de algum fenômeno climático em atuação. Neste sentido, Costa, Levit e Fedorova (2013) destacam que as precipitações na microrregião do Seridó,

principalmente no município de Juazeirinho, ocorrem em maiores proporções quando da atuação da ZCIT e das frentes frias. Como lembrado anteriormente, a ZCIT apresenta maior contribuição para a pluviosidade da região, com valores máximos no mês de março (equinócio de outono) e/ou abril. Os períodos de diminuição das chuvas ocorrem nos meses de setembro a novembro, com destaque para o mês de outubro, período marcado pelo equinócio de primavera.

Os menores valores pluviométricos do município ocorreram em 1971, 1979, 1982, 1998 e 2012 com valores bem abaixo da média histórica variando entre 109,8 mm (1971) a 187,2 mm (1979). Esses resultados corroboram em parte com a pesquisa de Farias (2016), na qual estudando o regime da precipitação pluvial da sub-bacia do rio Taperoá, encontrou resultados semelhantes, apresentando valores das médias e medianas de 112,5 e 110,8; 105,3 e 107,1 mm para os meses de março e abril, respectivamente. Nesta mesma pesquisa, o autor identificou 30 ocorrências de seca no município de Juazeirinho entre 1963 e 2014 e as classificou como secas severas e extremas. Na análise de Índice Padronizado de Precipitação (IPP) de 12 meses identificou seis de secas, sendo cinco de severas e uma extrema. As severas ocorreram entre agosto de 1970 e junho de 1971, junho de 1979 e março de 1980, julho de 1983 e fevereiro de 1984, abril de 1998 e abril de 1999 e junho de 2012 e janeiro de 2014. A seca extrema ocorreu entre abril de 1982 e janeiro de 1983. Para Marengo (2008, p. 156), “a principal manifestação da variabilidade climática no Nordeste – é a seca”. Em resposta às condições climáticas do semiárido, Jatobá, Silva e Galvêncio (2017) ressaltam a importância de se observar os fatores que ocasionam as secas na região semiárida e o seu grau de complexidade. Outra predominância é o fato da região Nordeste sofrer as influências do El Niño e as variações térmicas do oceano Atlântico, onde esses fenômenos trazem em pouco espaço de tempo uma deficiência na sucessão de chuvas (SUASSUNA, 2002).

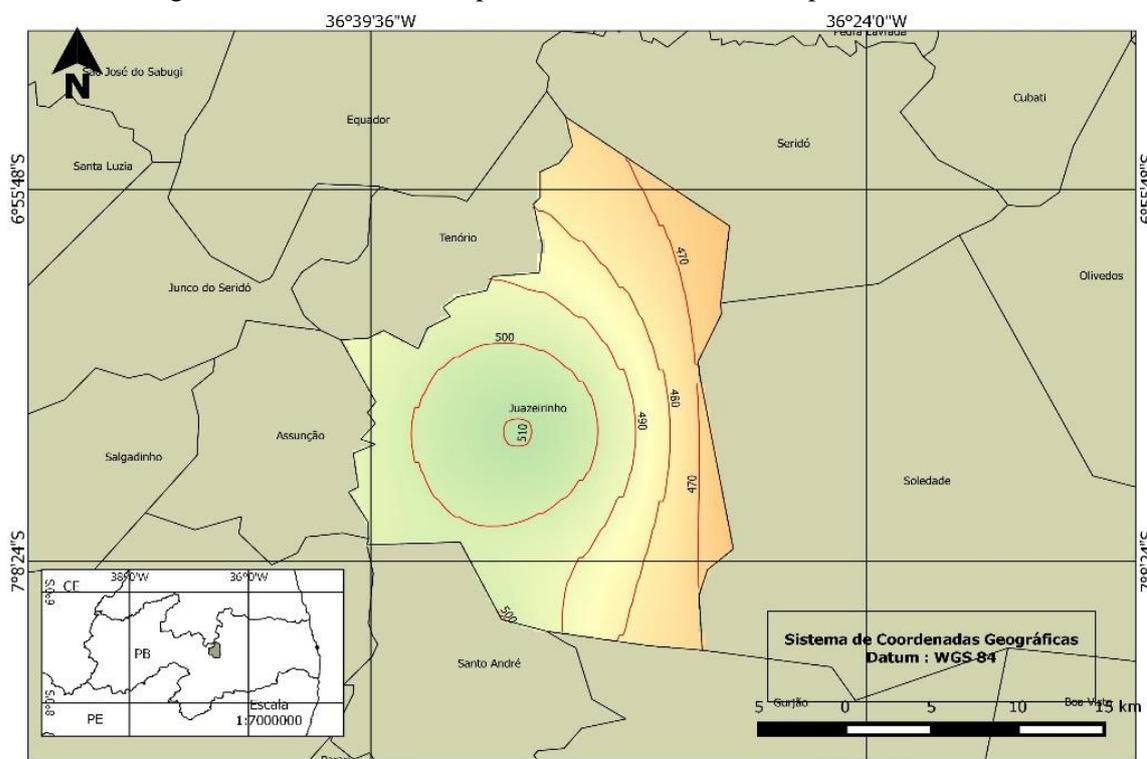
Com base nos dados das estações pluviométricas da área é possível perceber a amplitude e variabilidade espacial das chuvas, revelando dissociação entre precipitação, espaço e tempo, fato que pode ser reflexo tanto das alterações atmosféricas que incidem na Paraíba como pelas diferenças altimétricas (relação orográfica/pluviométrica). Conforme Jatobá e Silva (2017), em terrenos cristalinos, os relevos contribuem para a subida do ar tépido Kalariano, promovendo o resfriamento adiabático do ar e conseqüentemente surgem orográficas chuvas. Em áreas da Depressão Sertaneja, essa corrente de ar tende a diminuir produzindo um efeito contrário que culminaria na semiaridez local.

De posse desses dados, é possível mostrar (Figura 17) a variabilidade espacial das chuvas no município de Juazeirinho. A amplitude da média pluvial anual (109,8 -1287,5) do

período estudado 1963- 2016 foi de aproximadamente 1178,6 mm, o que equivale a número superior duas vezes à média histórica (483,9 mm). Segundo Araújo (2010), a alternância nos sistemas de circulação atmosférica produz áreas/épocas de precipitações e estiagem em toda bacia hidrográfica do rio Paraíba, onde janeiro, fevereiro, março e abril são os meses em que a área é mais influenciada pelo vórtice ciclônico de ar superior (VCAS) e ZCIT e, no último quadrimestre do ano, três desses meses apresentaram precipitação inferior a 10 mm, valor insuficiente para repor até as perdas por evapotranspiração.

Através da modelagem espacial (Figura 19), observa-se que a área pesquisada apresentou variadas e aproximadas cotas em volumes de chuva e que essa distribuição na precipitação adstrita às condições geomorfológicas e demográficas sugerem que a área está potencialmente mais vulnerável à evolução do processo de desertificação, bem como no ápice dessa degradação que é a desertificação propriamente estabelecida, revelando uma dialética de processos locais, tanto na passagem da quantidade à qualidade como na ação recíproca, com a qual tudo se relaciona e se transforma, sobretudo, o solo.

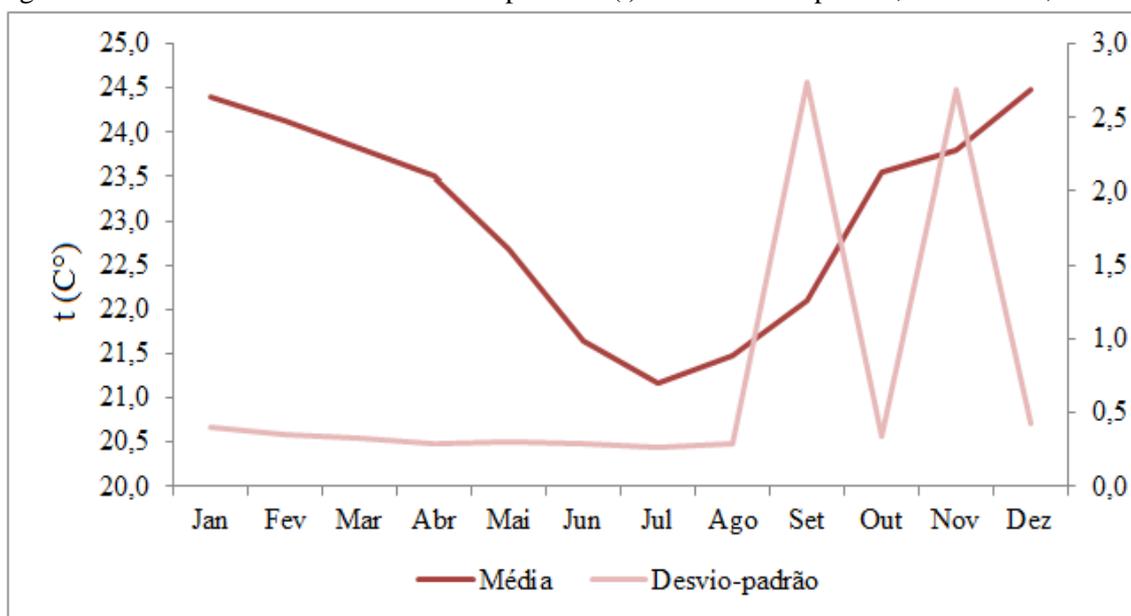
Figura 19 - Variabilidade espacial das chuvas no município de Juazeirinho.



Fonte: AESA, 2017.

Portanto, ao relacionarmos os dados da Figuras 19 e 20, é possível inferir que a variabilidade das precipitações ocorre até mesmo em período chuvoso, ou seja, existe estiagem em pleno período chuvoso. As indagações supracitadas contribuem para características contraditórias no que diz respeito à interpretação das instabilidades climáticas do Seridó Oriental, no entanto, preenche a observância avaliativa da complexidade pluviométrica que a região estudada apresenta, contribuindo, então, com a lei da interpretação dos contrários, o que necessariamente requer mais investigação a essa variabilidade tão presente.

Figura 20 - Variabilidade interanual da temperatura (t) versus desvio-padrão, Juazeirinho, Paraíba.

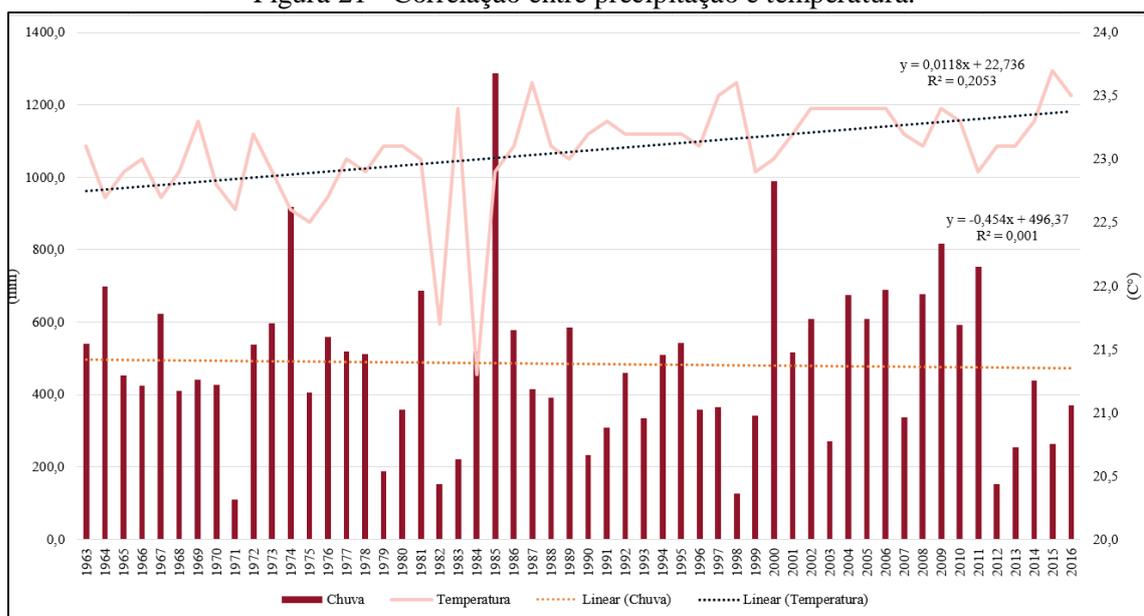


Fonte: UACA/UFCG, 2017.

Em relação às temperaturas mensais, o município de Juazeirinho apresentou na variabilidade interanual (Figura 20) médias entre 21,2 °C em julho a 24,5 °C em dezembro, com desvio padrão relativamente constante de fevereiro a julho e oscilando mais entre setembro e dezembro com 2,7-0,3-2,7 e 0,4, respectivamente, revelando esse período com maior potencial de evaporação. Isso mostra a homogeneidade nos dados em meio à instabilidade pluviométrica. Conforme Jatobá, Silva e Galvêncio (2017) em Depressão Sertaneja, as amplitudes térmicas diárias são significantes em função da forte radiação noturna e a intensa radiação de ondas longas em período diurno. Para os autores, esse fato é “normal” em ambientes áridos e semiáridos. Esse termo radiação noturna utilizada pelos autores refere-se possivelmente à transferência de calor absorvida durante o dia pela superfície rochosa e solo, ocorrendo perda de calor e resfriando a região. Isso explica as significativas amplitudes térmicas de calor diurno.

Na correlação entre chuva e temperatura anual do período estudado (1963 a 2016), os resultados das variáveis apresentam-se independentes tanto nos resultados interanuais como para os totais anuais, uma vez que os valores de temperatura não variaram em função do acúmulo de chuvas. Isso pode ser visto mais nitidamente nos anos de 1974, 1985, 2000 e 2009 (Figura 21). Tais resultados possibilitam inferir que outros fatores ambientais podem estar influenciando no ambiente. A correlação  $R^2$  existente nas duas regressões lineares aponta significância na independência dos fatores, apresentando tendência de elevação na temperatura e diminuição no volume de chuva. Ferreira e Alves (2015), analisando as tendências no padrão de temperaturas e precipitação máximas e mínimas no período de 1974-2011 no município de Arcoverde-PE, identificaram aumentos nas temperaturas e de ondas de calor na região. Os autores inferiram que “ a área em estudo está ficando mais quente e indica forte tendência de mudanças e não de variabilidade climática”.

Figura 21 - Correlação entre precipitação e temperatura.

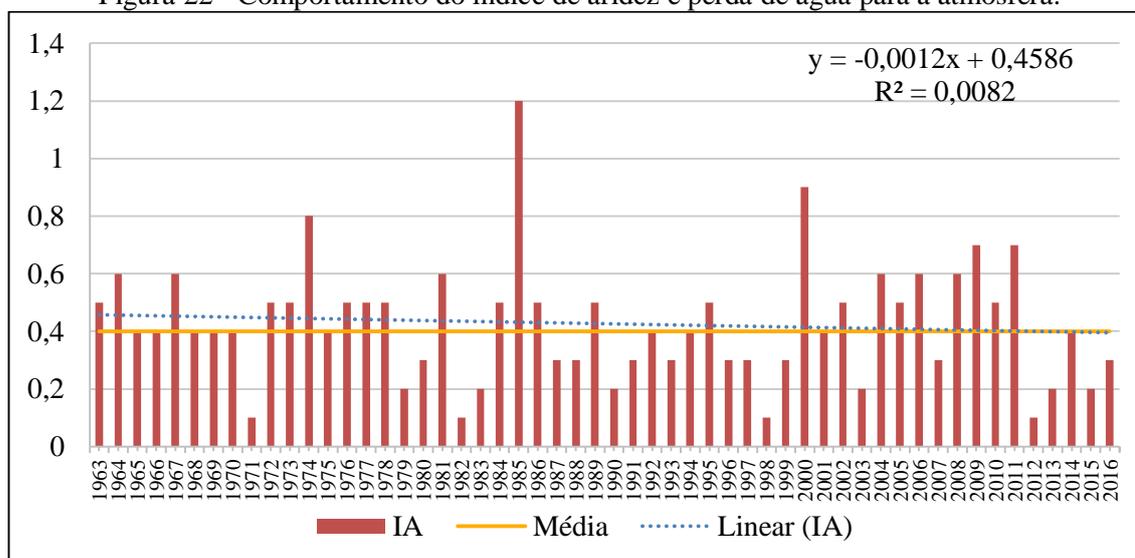


Fonte: AESA, 2018 e UACA/UFCG, 2017.

No entanto, o comportamento do **Índice de Aridez (IA)** pode ser visto na Figura 22, onde esse resultado mostra ao longo do período estudado (1963-2016) detalhes da oscilação com base no valor mínimo, máximo, média e regressão linear indicando o estado das condições climáticas da área, seguindo a fórmula  $y = ax+b$ . A relação com o estado das precipitações, apresentando valores muito baixos nas linhas de tendência (y), justifica o fato da série temporal para o IA apontar um coeficiente de correlação  $R^2$  tão baixo (0,0082), revelando possíveis variações de temperatura e vulnerabilidades no clima.

Desta forma, observa-se que os valores mais baixos do IA ocorreram em 1971, 1982, 1998 e 2012 revelando uma tendência cíclica e temporal, correlacionando-se com a quantidade de chuva e a perda de água do sistema pela evapotranspiração potencial (MATALLO JÚNIOR, 2003). Conforme Sampaio et al. (2003), este resultado é considerado de precisão na determinação das áreas vulneráveis climaticamente à desertificação devido à utilização de variáveis quantitativas. Na Tabela 9, é possível observar o comportamento desse indicador no tempo (1971-2015) e correlacionar com a precipitação e evapotranspiração.

Figura 22 - Comportamento do índice de aridez e perda de água para a atmosfera.



Fonte: AESA, 2018 e UACA/UFCG, 2017.

Na Tabela 9, observa-se que o IA variou entre 0,1 ou 1,2 e que existiu correlação entre os valores de precipitação e IA anual, pois quanto maior acúmulo de chuva maior foi o valor encontrado para o IA, que significa menor aridez. Esse índice (IA) também manteve relação com a evapotranspiração, uma vez que, quanto maior os valores de ETP, menor os valores de IA, exceto para o ano de 1985 identificado como atípico para região com chuvas acima da média (1287,5 mm). Lopes et al. (2017), estudando a variação do IA e a tendência climática à desertificação no semiárido do Nordeste do Brasil, concluíram que essa área apresenta predisposição ao aumento nas condições de aridez e à desertificação climática.

Tabela 9 - Série temporal das chuvas versus evapotranspiração.

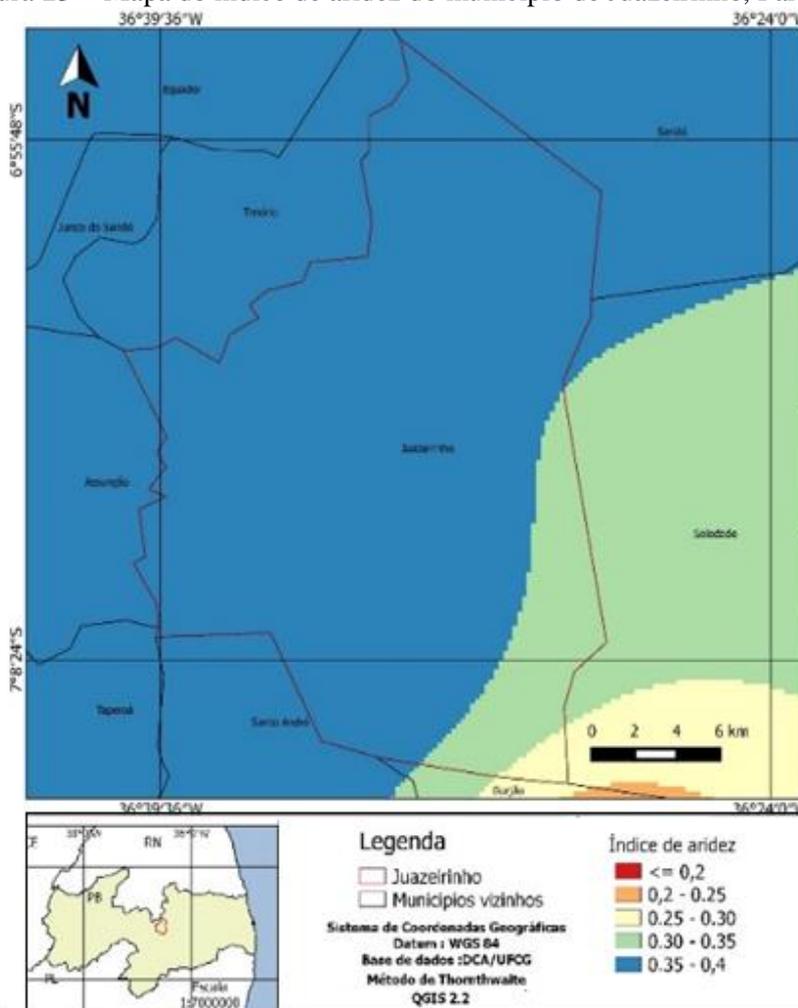
<b>ANO</b>	<b>CHUVA (mm)</b>	<b>ETP</b>	<b>IA</b>
<b>1971</b>	109,8	1085,5	0,1
<b>1974</b>	917,6	1086,5	0,8
<b>1979</b>	187,2	1138,6	0,2
<b>1982</b>	151,4	1161,2	0,1
<b>1983</b>	220,4	1214,1	0,2
<b>1985</b>	1287,5	1113,6	1,2
<b>1990</b>	231,3	1153	0,2
<b>1998</b>	156,9	1189,9	0,1
<b>2000</b>	988,7	1128,4	0,9
<b>2003</b>	271,1	1175,5	0,2
<b>2009</b>	816,2	1173	0,7
<b>2011</b>	752,3	1119,8	0,7
<b>2012</b>	151,6	1337,6	0,1
<b>2013</b>	254,1	1140,6	0,2
<b>2015</b>	263,3	1198,4	0,2

Fonte AESA. Elaboração da autora.

O mapa da Figura 23 mostra o índice geral de aridez do município do período estudado (1963-2016). Esses resultados revelam que as análises desses indicadores devem ser observadas para além da climatologia (pura e linear), ou seja, que sejam correlacionados com o uso e ocupação do solo, uma vez que poderão refletir no desenvolvimento socioeconômico que por sua vez também retroalimentam o processo de maior complexidade- degradação/desertificação. Com base na literatura, é possível dizer que os estudos sobre variabilidade climática no Seridó da Paraíba são desvinculados do fenômeno da desertificação e entre si (das secas) com grandes generalizações, reportando-se na maioria das vezes a eventos distantes em escala global a exemplo do El Niño-Ocilação Sul (ENOS) sem aprofundamentos nos impactos e degradação local.

No processo de desertificação, o principal elemento de estudo é o solo. No entanto, diversos componentes implicam direta ou indiretamente sobre o mesmo. O clima, por exemplo, atua nos seus constituintes (rocha, micro-organismos) promovendo processos (intemperismo, fermentação, oxidação) que alteram a formação e qualidade do mesmo. No caso estudado, a situação se agrava muito mais, principalmente devido ao uso intensivo das terras com as atividades de extração e beneficiamento do caulim.

Figura 23 - Mapa do índice de aridez do município de Juazeirinho, Paraíba.



Fonte: Dados da autora.

Diante dos expostos resultados obtidos através dos indicadores potencial **mineral e climáticos**, torna-se mais compreensível nessa pesquisa as relações e transformações pelas quais o ambiente vem passando e as implicações nos demais indicadores analisados (situação e desertificação). Portanto, é possível inferir que essa situação em conjunto com outros fenômenos externos (ENOS, desmatamentos, poluição, etc.) apresentam relações e conexões indiretas e/ou diretas com a variabilidade climática da região e juntos potencializam o processo de desertificação no Seridó paraibano. Através dos dados climáticos, observa-se alterações ao longo do período estudado com mudanças quantitativas (precipitação, temperatura e IA) que possivelmente conduzem as transformações qualitativas no clima, textura do solo, cobertura vegetal e, conseqüentemente, no desenvolvimento socioeconômico do município.

#### 4.1.3 Indicadores Físico - geográficos

A metodologia utilizada para análise do risco à erosão natural trouxe respostas acerca das vulnerabilidades à perda de solo, culminando para um satisfatório diagnóstico da área estudada.

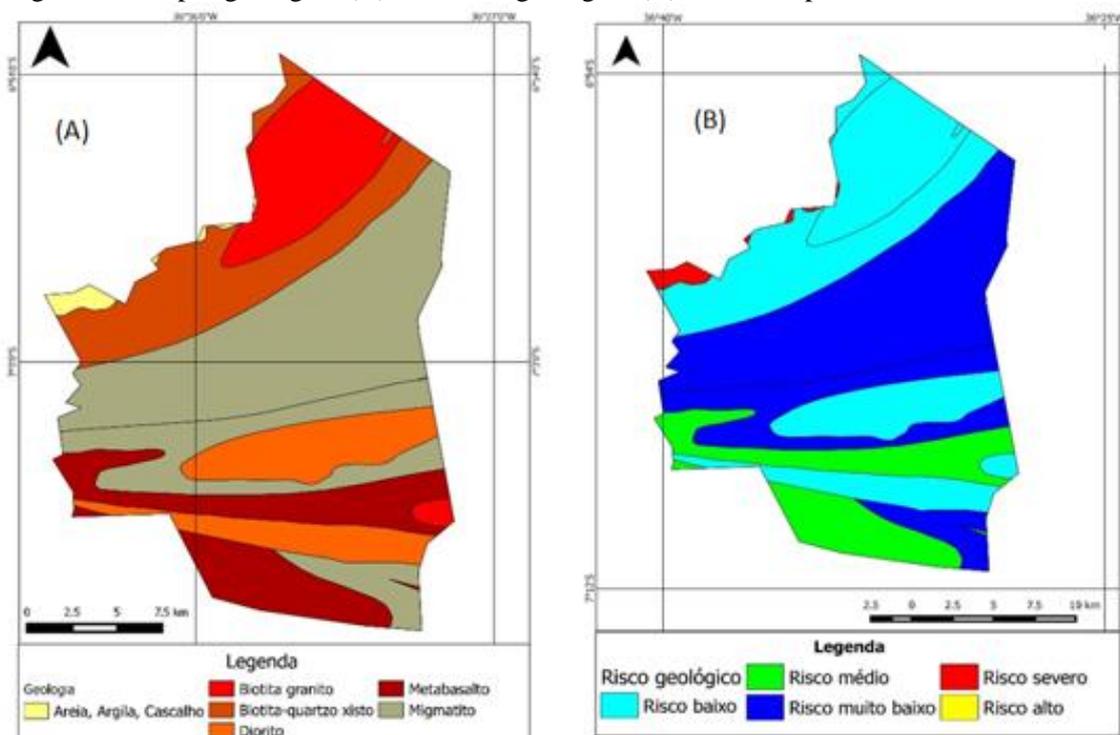
#### 4.1.3.1 Risco à Erosão

Para o estudo de risco à erosão e aquisição dos resultados da geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e clima foram considerados as observações de Tricart (1977, p.35-51) que estabeleceu três categorias morfodinâmicas: Meios estáveis caracterizados pela cobertura vegetal densa, dissecação moderada e ausência de manifestações vulcânicas, com favorecimento à pedogênese; Meios integrados caracterizados pelo balanço entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas e pela transição entre os meios estáveis e instáveis; e Meios fortemente instáveis caracterizados por condições bioclimáticas agressivas com variações fortes e irregulares de ventos e chuvas, relevo com vigorosa dissecação, presença de solos rasos, baixa densidade de cobertura vegetal, planícies e fundos de vale sujeitos à inundações e geodinâmica interna intensa.

**a) Geologia** - por se tratar de uma área composta pelo embasamento cristalino, as rochas presentes na maior parte da área (Figura 24 A, B) têm mais condições de resistir aos processos de desestruturalização (intemperismo). Sendo assim, é possível perceber que se trata de uma área que apresenta níveis variados de risco, onde pode ser evidenciado risco severo aos processos erosivos principalmente devido a sua formação natural rochosa inconsolidada (areia, argila e cascalho) e risco “médio” onde apresenta-se geologicamente com maior quantidade de biotita granito/quartzo-xisto, migmatito/diorito e metabasalto, respectivamente. Esse fato pode ser melhor compreendido através da seguinte explicação:

Os quartzitos, rochas decorrentes da metamorfização do arenito, são, na maioria dos casos, mais resistentes ao intemperismo e à erosão do que diversas outras rochas. No caso de quartzitos mais homogêneos e fortemente cimentados pela cristalização da sílica, o relevo resultante é quase sempre representado por cristas elevadas e alongadas, segundo a orientação tectônica (JATOBÁ, 2006, p. 8).

Figura 24- Mapas geológico (A) e de risco geológico (B) do município de Juazeirinho, Paraíba.



Fonte: CPRM, 2005.

**b) Geomorfologia: hipsometria e declividade** - o município de Juazeirinho encontra-se no domínio geomorfológico do planalto da Borborema, com amplitude de relevo de 240m (XAVIER et al., 2016). Os resultados da hipsometria e declividade da área (Tabela 10) mostram uma amplitude altimétrica suave (451-700m) e baixas declividades, evidenciando terrenos aplainados, embora apresente valores relevantes no percentual de declividade (8-20%). Esse conhecimento é valioso para revelar a dinâmica do relevo em questão e a susceptibilidade à desertificação, principalmente no Semiárido e Seridó da Paraíba.

Tabela 10 - Dados hipsométricos e da declividade de Juazeirinho, Paraíba.

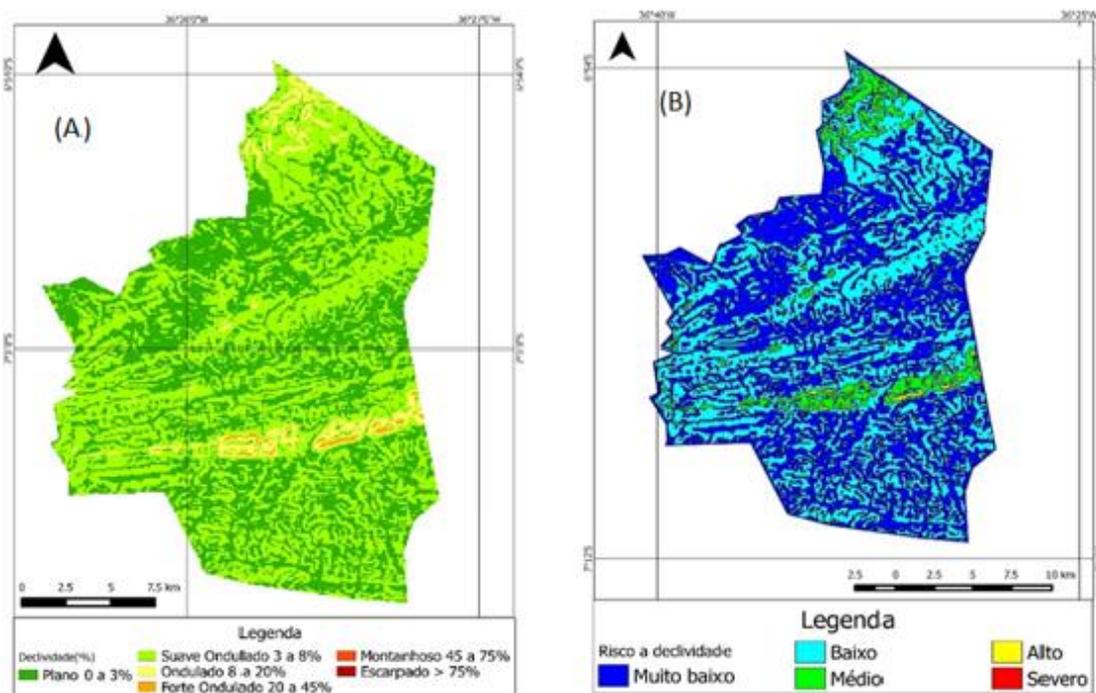
Hipsometria (m)	Declividade (%)					Total
	0-3	3-8	8-20	20-45	>45	
451-500	0,67	0,22	331,00	0,01	0,00	331,90
501-550	84,64	31,44	2,84	0,03	0,00	118,94
551-600	165,74	51,59	5,17	0,29	0,00	222,79
601-650	2,28	30,39	5,08	1,26	0,00	39,01
651-700	2,76	1,19	1,06	0,14	0,00	5,14
<b>Total</b>	<b>256,09</b>	<b>114,82</b>	<b>345,14</b>	<b>1,73</b>	<b>0,00</b>	<b>717,78</b>

Fonte: Dados da pesquisa (Autora).

Esse cruzamento entre hipsometria e declividade revelou que a maior parte da área do município está inserida entre 451 a 600 m de altitude, onde prevalecem também os maiores percentuais de declividade com destaque para a classe entre 8-20% e que o município não apresentou declividade superior a 45% em nenhuma das classes dessa relação.

O município possui quatro serras: serra dos Borges (sul), serra da Carneira (oeste) e as serras da Gruta e Urubu, sendo as duas primeiras de maior relevância na região. Esse quadro natural evidencia a presença de serras secas, característica comum em quase todo Nordeste brasileiro e precisamente no Seridó paraibano. A área analisada sobre os critérios nos estudos de Crepani et al. (2001) revela “baixa” vulnerabilidade geomorfológica (Figura 25B). Mesmo assim, esses atributos geomorfológicos impactam no processo erosivo através de atuações de forças contrárias (lei dialética), reverberando na quantidade e qualidade do solo (profundidade, textura e fertilidade) e paisagem como um todo.

Figura 25 - Mapas da declividade (A) e de risco de declividade (B) do município de Juazeirinho, Paraíba.



Fonte: Dados da pesquisa (Autora).

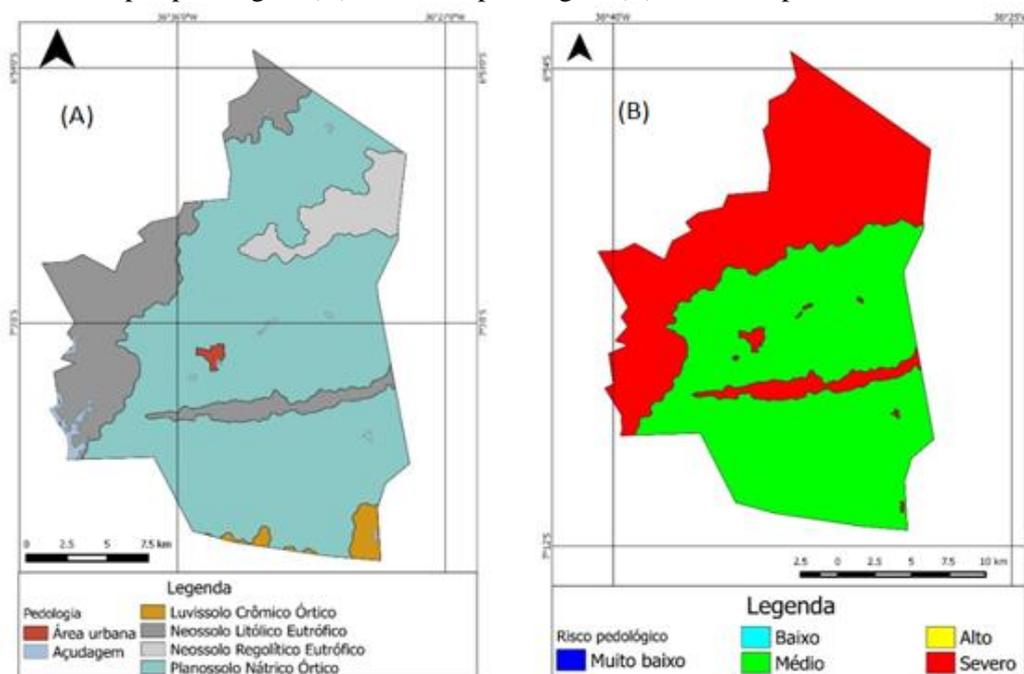
Esta característica é causada por suas baixas declividades, demonstrando-se como terrenos mais aplainados. As áreas consideradas com risco alto e severo são inexpressivas na área de estudo, estando concentradas em pontos isolados no centro-leste da área. Xavier et al. (2016) identificaram em sua pesquisa que, independentemente da declividade, o município de

Juazeirinho apresentou taxa alta de perdas de solo e elevada produção de sedimentos em diferentes tipos de cultivo. Isto implica na necessidade de analisar outros indicadores para compreender à desertificação.

Estudando a geomorfologia na serra do Quincuncá-CE, Cordeiro, Bastos e Maia (2017) descrevem que na área de estudo, o escoamento superficial é influenciado diretamente pela impermeabilidade das rochas e pela declividade do relevo favorecendo um escoamento superficial intermitente e torrencial. Conforme Lamchin et al. (2016), em Hognó Khaan (Mongólia) a declividade e hipsometria apresentou relação com a desertificação local, por facilitar o escoamento da precipitação pluvial, diminuindo o tempo de infiltração no solo, conseqüentemente favorecendo a erosão. Corroborando com os resultados supra-apresentados, a Figura 25 A e B registra constatação da pesquisa de campo com relevos e serras alinhadas e isoladas comprovando o histórico ciclo de erosão da área e nítidas características transicionais entre o urbano e o rural, fato reforçado também por outros estudos identificados ao longo do levantamento bibliográfico e documental da região.

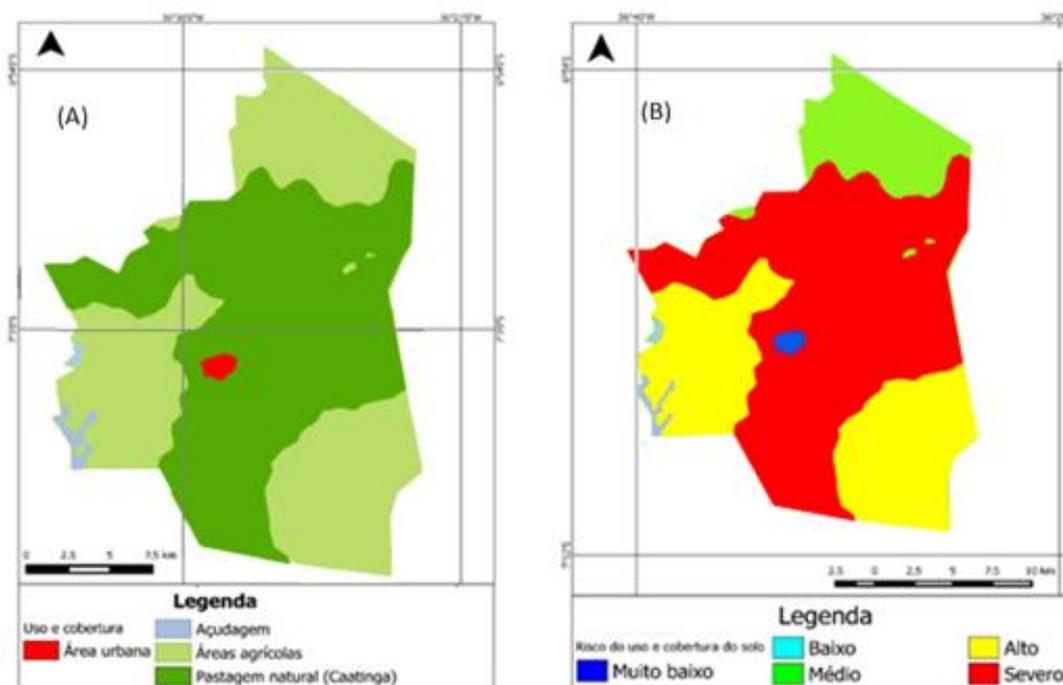
**c) Pedologia** - conforme a metodologia utilizada, a área do município comportou-se dentro do espectro pedológico nas classes “médio” e “severo”. Esse resultado está possivelmente relacionado à formação do tipo de solo predominante (Neossolo Litólico Eutrófico e Planossolo Nátrico Órtico) identificados, conforme Embrapa (2018), como rasos, ácidos, pedregosos com baixa fertilidade e evolução apresentando muitos afloramentos rochosos em pouca diferença espacial (Figura 26A). Na formação do solo ocorre uma teia de conexões dialéticas entre os componentes rocha e fatores como atmosfera e hidrosfera implicando em mudanças quantitativas, qualitativas e negações. O município apresenta risco pedológico com intervalo de classe “médio” e “severo” (Figura 27 B) correspondendo a 56,55 % (285,33ha) e 43,45% (219,20 ha), respectivamente.

Figura 26 - Mapas pedológico (A) e de risco pedológico (B) do município de Juazeirinho, Paraíba.



Fonte: EMBRAPA, 2018.

Figura 27 - Mapas de uso e ocupação do solo (A) e do risco do uso e ocupação do solo (B) de Juazeirinho, Paraíba.



Fonte: Dados da pesquisa (Autora).

Estudando a bacia do rio Taperoá, Henriques et al. (2017) identificaram predomínio de Luvisolo Crômico e relacionaram o baixo valor do escoamento superficial e produção de

sedimentos a este tipo de solo, ao uso da terra (caprinocultura, extração de lenha e exploração mineral) e a declividade da área. Chaves et al. (2015), analisando a perda de solo na bacia do rio Taperoá, ressaltaram que os solos Neossolos litólicos e Luvisolos apresentam alto risco a degradação e os Neossolos regolíticos enquadra-se na classe de risco “muito alto”. Para os autores esses resultados estão relacionados com a susceptibilidade do solo aos processos erosivos (erodibilidade).

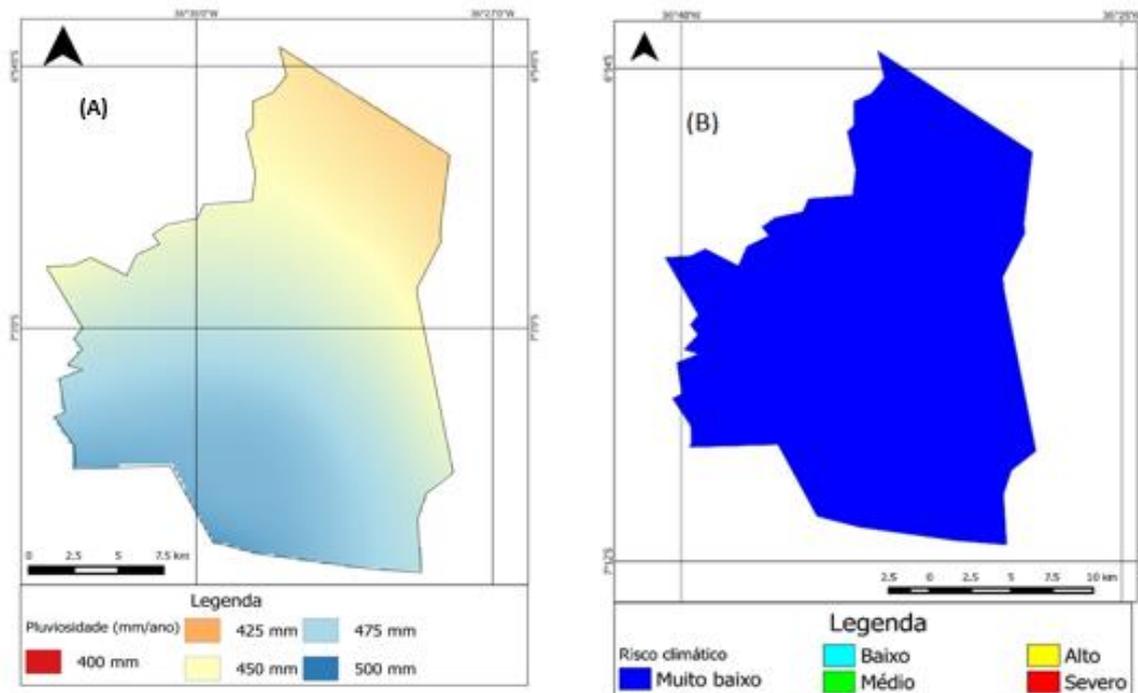
**d) Vegetação: uso e ocupação do solo** - a identificação do grau de erosão da área foi obtida com base no uso do solo. Desta forma, as classes de uso e ocupação do solo no município foram: área urbana, açudagem, áreas agrícolas e pastagem natural. Através da Figura 27 A, é possível verificar predomínio de áreas agrícolas e caatinga (pastagem natural), tais resultados contradizem os valores em relação ao risco da categoria analisada. No entanto, esse fato pode estar provavelmente relacionado à ocorrência de chuvas no período da passagem do satélite que captou a imagem e a própria fragilidade da Caatinga local.

Portanto, a Figura 27B mostra que, quanto ao uso do solo, ocorreram predominância nas classes alto (189,9 km<sup>2</sup>) e severo (262,3 km<sup>2</sup>) correspondendo a 96,8 da área total. Pesquisando as perdas de solo e água no município de Juazeirinho, Santos (2017) declara que a vulnerabilidade à erosão foi estável e moderada e que analisar uso e manejo do solo é fundamental nos processos erosivos. Nesse mesmo trabalho, o autor identificou menor perda de solo e água em parcelas com pastos, evidenciando a importância da vegetação para mitigar a erosão e seus efeitos. Neste sentido, Tinoco e Souza (2012) admitem que essas transformações vêm ocorrendo principalmente em cidades de pequeno porte (de até 50.00 hab) susceptíveis à desertificação ou localizadas em núcleos do processo.

**e) Clima** - a precipitação pluvial é um indicador essencial ao estudo da erosão, uma vez que sua intensidade e quantidade dizem muito sobre a erosividade e degradação instalada em uma área. Esses fatores refletem a energia que incidem sobre as partículas do solo como quebra de agregados e selagem, exteriorizando características de erosão/degradação. Segundo Lamchin et al. (2016) o comportamento das chuvas com intensidades anormais para o período chuvoso também contribui para o carreamento dos grãos finos do solo, deixando na superfície os mais grosseiros. O município de Juazeirinho apresentou baixos valores de precipitação anual, com dados espacialmente quase uniformizados ao longo do período estudado (Figura 28 A). Esse resultado coloca-o em uma mesma classe de potencial erosivo, corroborando com os pressupostos da metodologia utilizada (CREPANI et al.,2001). Conforme a Figura 28 B, o município enquadrou-se em risco “muito baixo”. Segundo Maciel (2014) o estudo individual

de cada fator natural é fundamental na compreensão do fenômeno da erosão, uma vez que as chuvas são altamente variáveis no espaço e tempo.

Figura 28 - Média da precipitação (A) e do risco climático (B) do município de Juazeirinho, Paraíba.



Fonte: AESA, 2018.

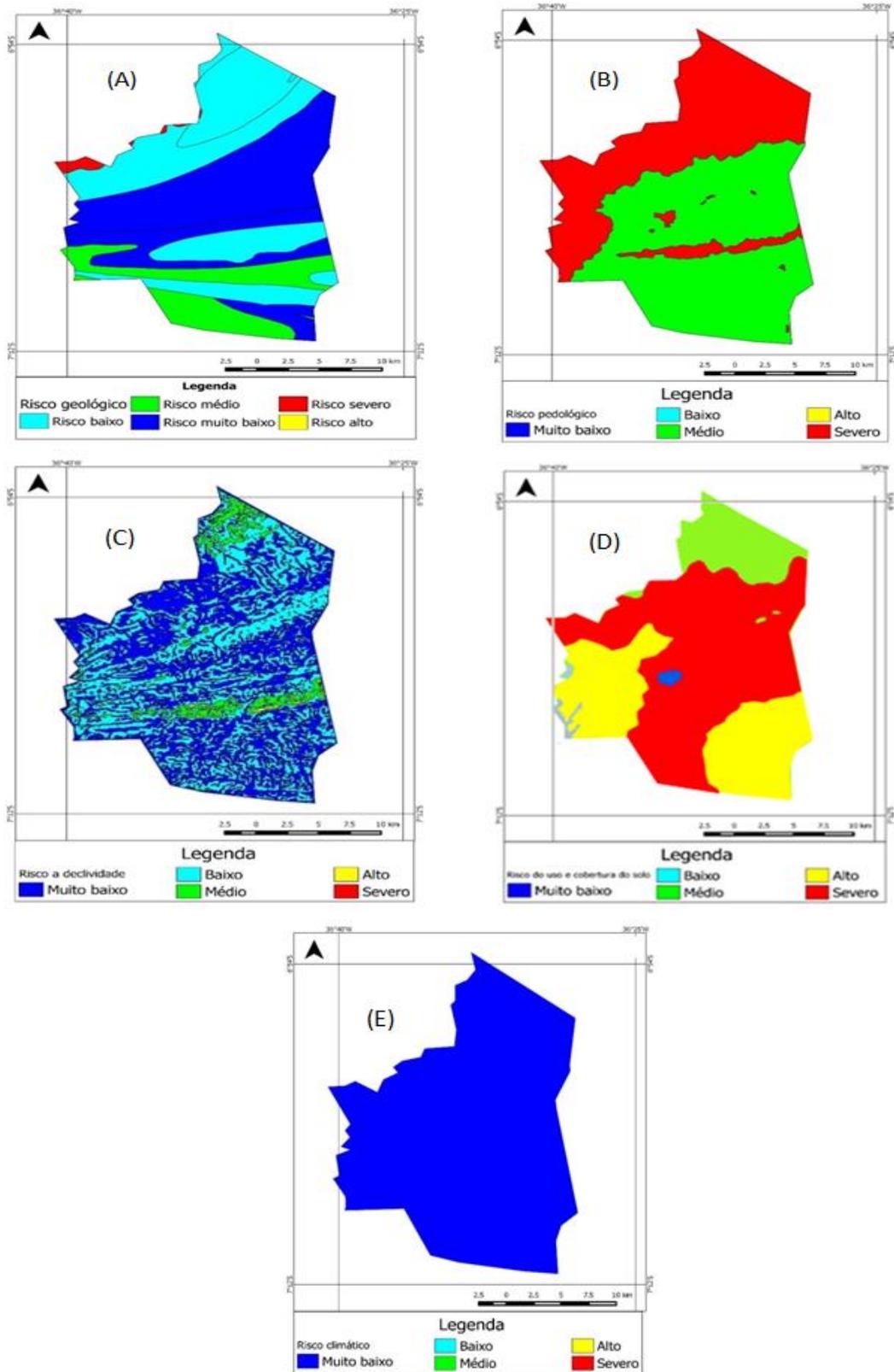
Estudando especificamente a erosividade na bacia do rio Taperoá, Maciel e Xavier (2016) mostraram que o município de Juazeirinho apresentou os meses de janeiro, fevereiro e março com bom volume de chuva (60% do ano) e nove meses considerados secos. Com base na metodologia utilizada, o município enquadrou-se na classe “média” de erosividade (3580,84R), classificado como potencial erosivo “alto”. Estudando a geomorfologia na serra do Quincuncá- CE, Cordeiro, Bastos e Maia (2017, p. 114) consideram que a variação de altitude da serra faz toda diferença na produção de chuvas. Para os autores essa é uma das condições que “favorece a ascensão das massas de ar úmidas oriundas do litoral setentrional, formando nebulosidade e atenuando a semiaridez na estação seca”.

É possível perceber que a área estudada tende a sofrer um duplo impacto, primeiro com as consequências do extenso período seco (nove meses) que fortalece e promove a erosão eólica e segundo devido ao parco volume de chuva e suas irregularidades espaciais e temporais que conduzem a erosão hídrica, ambas retroalimentadas pelo estado natural e/ou por esgotamentos dos demais fatores supra-analisados. Ribeiro et al. (2016), estudando a desertificação na microrregião de Umbuzeiro na Paraíba, dizem que o clima influencia no processo devido aos

impactos causados na vegetação, uma vez que a mesma é responsável por absorver parte da energia solar que incide na superfície do planeta, intensificando o grau de albedo impactando diretamente no clima. Para Vieira et al. (2015) o processo de desertificação pode ser acelerado através da forma de exploração dos recursos naturais em regiões com vulnerabilidade alta, colocando em risco a vida em todos os sentidos, ambiental e humano.

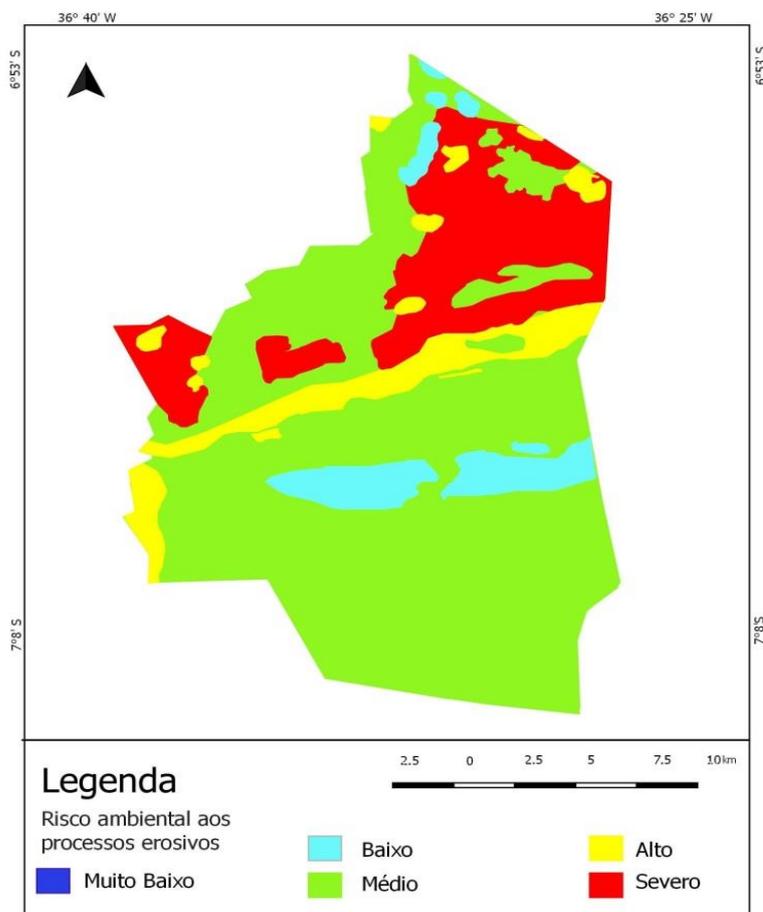
**f) Risco à erosão natural** - tendo como suporte os resultados quanto à vulnerabilidade das variáveis geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e clima, a Figura 29 apresenta individualmente o risco referente a cada fator, embora considerando que as ocorrências dos resultados estão em sua maioria ligadas principalmente às atividades antrópicas, visto que a maior parte dos processos erosivos são ocasionados pela supressão da Caatinga nativa, pelas práticas agrícolas e o pastoreio. Obtendo-se o risco total à erosão do município, essa equação revela na Figura 30 que o município foi identificado quanto ao risco total ambiental com áreas alternando entre as classes de “baixo e médio” em maior parte da área e pontos isolados de “risco alto” à erosão na região centro-oeste. Isso significa que quanto ao aspecto físico-natural-ambiental, o município encontra-se estável, mas com possibilidades para a instabilidade dependendo da intensidade de pressão, sobretudo, na cobertura vegetal (Fotografia 3), aspecto enfatizado pelo próprio Crepani et al. (2001) ao dizer que a vegetação age de diferentes formas na proteção do solo. De acordo com Lima, Cavalcante e Fidelis Filho (2011), entre 1990 e 2005 o município aumentou 29,9 km<sup>2</sup> em vegetação rala e no aspecto vegetação densa sofreu redução de 19,1km<sup>2</sup>. Esse resultado comunga em parte com os estudos de Xavier et al. (2016) que identificou 61,3% como moderadamente estável e 1,4% como moderadamente vulnerável. Para os autores, esses resultados estão relacionados com a presença de geomorfologia suave e rochas cristalinas resistentes aos processos de intemperismo.

Figura 29 - Mapas de risco referentes às variáveis: geologia (A), geomorfologia (B), pedologia (C), vegetação (D) e clima (E).



Fonte: Dados da pesquisa (Autora)

Figura 30 - Mapa de risco ambiental natural aos processos erosivos gerados pela adição das variáveis: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e clima.



Fonte: Dados da pesquisa (Autora).

Fotografia 3 - Área estudada na passagem do período considerado úmido, apresentando os reflexos do processo morfodinâmico.



Fonte: Autora (visita *in loco*), 2018.

Destarte, esses resultados corroboram com os dados de campo onde foram identificados relevos côncavos, colinas convexas e cristas residuais, possivelmente reflexos de intensos processos morfodinâmicos, clima seco, solos rasos com rochas parcial e/ou completamente expostas, solos de detritos e possíveis falhas geológicas. Desta forma, confirma-se a pré-disposição “natural” da área a determinadas características e processos que promovem a erosão diferencial, produzindo remoção seletiva de materiais e possíveis conexões entre clima, morfogênese do relevo e pedologia, contribuindo com alterações na paisagem. Tudo isso, aliado ao uso e ocupação do solo, sobretudo, com as atividades de mineração de forma desordenada e sem planejamento, elevando o risco à erosão. O produto dessa desordem ambiental promove impactos ambientais e socioeconômicos de diferentes magnitudes e de difícil compreensão e resolutividade que culmina em seu maior estágio de degradação – a desertificação.

Nesse sentido, Jatobá e Silva (2017), estudando a paisagem no município de Timbaúba, Pernambuco, observaram a influência das condições paleoclimáticas do Quaternário, ao constarem que a área, por ser plana, ocorre infiltração de maior quantidade de água, fato que pode ter influenciado na formação de solos do tipo Latossolos a partir das alterações das condições climáticas, ocorrendo dissecação pelas correntes pluviais e originando vertentes e vales, “estes elementos funcionam como um nível de base para erosão”. Para os pesquisadores, o represamento da água para a formação de uma barragem na área demonstra uma relação dialética entre atmosfera e recursos hídricos. Desta forma, asseguram os autores que o geossistema é dinâmico e complexo, uma vez que nele interagem uma multiplicidade de variáveis que se relacionam e desconectam-se não se ajustando a processos lineares com entradas e saídas de matéria e energia sobre os componentes da paisagem (litomassa, relevo, solos, etc.), o que pode ser deduzido como uma totalidade dialética.

Souza (2008), estudando a bacia hidrográfica de Taperoá e, sobretudo, a degradação da área, afirma que o processo de desertificação é uma realidade local que além dos fatores antrópicos, os fatores naturais de ordem climática e geoecológica se constituem como causa. Para Costa e Vieira (2018, p .61) é fundamental a análise da vulnerabilidade devido à junção dos diversos elementos do ambiente (natural ou antropizado), uma vez que na desertificação os efeitos desse fenômeno comprometem a vegetação, água, solo e também a qualidade de vida das pessoas. Para esses autores, “quanto maior a degradação maior será a vulnerabilidade à desertificação”.

De acordo com Jatobá (2006), tanto a estrutura geológica através das forças tectônicas, natureza das rochas, grau de resistência da litomassa aos processos de meteorização e de erosão,

bem como as condições climáticas em seus efeitos químicos e mecânicos determinam processos morfoclimáticos e, conseqüentemente, definem a paisagem. Embora para esse autor, o fato geográfico é complexo e pode ser melhor compreendido sobre três combinações: física; físico-biológica e físico-biológico-humana, sendo esse último o mais elevado grau de complexidade. Para esse autor:

O Princípio do Uniformitarismo preconiza, portanto, que os mesmos processos e leis físicas que atuam no presente, agiram no passado, mas não necessariamente com a mesma intensidade. Assim, para os uniformitaristas, a Terra chegou a ser o que é mediante a ação de processos graduais e uniformes. Essa ideia se opõe, assim, aos conceitos catastrofistas (JATOBÁ, 2006, p.6).

Seja qual for o nível de erosão na área estudada, esse parâmetro e as condições tornam-se preocupantes devido a sua predisposição natural geo-ambiental e ao intenso processo de mineração local, pois além de degradar e fragilizar o solo, produz fortes conseqüências aos corpos d'água desencadeando prejuízos também sociais e econômicos tais como diminuição e contaminação de água, extinção e redução da biodiversidade, além de comprometer seriamente o plantio/produção/produktividade das parcas culturas de subsistência. Nota-se, então, que a desordem do sistema natural desse ambiente semiárido, bastante explorado, sofre transformações infelizmente negativas, havendo notadamente correlação quanto aos indicadores de situação e uma conexão aos elementos da sociedade com os da natureza de maneira intensa, implicando a lei da ação recíproca e mudança dialética.

Com base nos resultados individuais de cada fator, é possível perceber que a área em estudo apresenta evolução geomorfológica modelada por diferentes erosões em razão principalmente de sua formação geológica e variabilidade climática, fatos que induzem a uma fragilidade e vulnerabilidade natural a degradações, perdas da vegetação nativa e desertificação. Nesse sentido, o SIG foi uma ferramenta imprescindível para abrir a discussão da necessidade de um planejamento e gestão adequada às condições de suporte e capacidade de resiliência.

#### 4.1.3.2 Risco à Desertificação

Tendo em vista os últimos quarenta e cinco anos do período observado, quando foi calculado média e mediana do IA a cada dezoito anos, observa-se que os valores se mostram assimétricos (medias diferentes de mediana), revelando leve tendência ao aumento de aridez. A mediana em todo período foi menor que um ( $< 1$ ) e nos últimos trinta anos (1987-2016) com

média também menor que um (<1). Desta forma, o município apresenta os seguintes níveis de susceptibilidade à desertificação (Tabela 11).

Tabela 11- Sequência temporal e seus níveis de susceptibilidade à desertificação.

<b>Período</b>	<b>Média</b>	<b>Nível de Susceptibilidade</b>	<b>Mediana</b>	<b>Nível de Susceptibilidade</b>
1963-1980	0,04	Muito Alto	0,45	Alto
1981-1998	0,09	Muito Alto	0,65	Moderado
1999-2016	0,04	Muito Alto	0,50	Alto

Fonte: Dados da pesquisa (Autora).

Como o IA é um cálculo que está diretamente relacionado com o volume pluviométrico, é possível explicar a discrepância entre as médias, já que em 1985 o acúmulo de chuva foi muito acima da média em todo Seridó (1287,5mm), fato que elevou também o valor de aridez nesse ano (1,2) e, conseqüentemente, afetou a média e mediana desse período, o que não significa que durante esses anos o IA tenha sido baixo. Nesse sentido, Vieira et al. (2015), quanto a uma pesquisa no Nordeste brasileiro, observaram em clima úmido uma baixa susceptibilidade tendo como parâmetro apenas o clima, embora ao considerar conjuntamente com o uso do solo, a região estudada passou para alta susceptibilidade. Nesta mesma pesquisa, os autores perceberam predisposição no aumento da aridez e ampliação de áreas ao risco à desertificação. Existe, portanto, uma inter-relação forte dos indicadores social e ambiental mostrando uma dialética fundamentada nas mudanças quantitativas e na desordem dos elementos do ambiente semiárido.

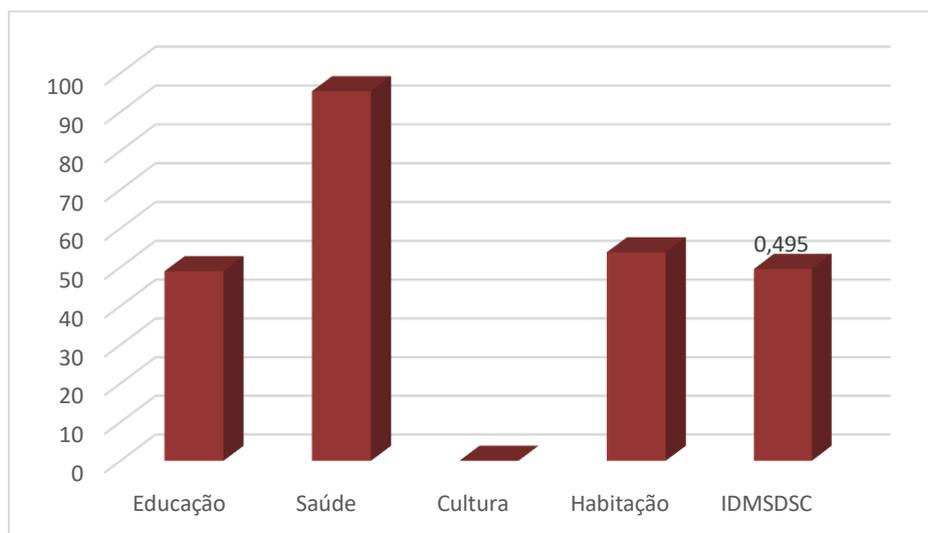
#### 4.1.4 Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável – IDMS

O IDMS considera a necessidade de “construir condições adequadas de sustentabilidade no processo de desenvolvimento, a partir da melhoria da realidade em quatro dimensões básicas do desenvolvimento municipal sustentável: Meio Ambiente, Econômica, Sociocultural e Político Institucional” (FECAM, 2014, p.02). Dessa forma, essas dimensões foram quantificadas e analisadas.

A Figura 31 mostra que a Dimensão Sociocultural (IDMSSC) foi a que apresentou melhor resultado (0,495). Mesmo assim, enquadrou-se como **nível baixo**, conforme a metodologia utilizada. Destaca-se dentre os indicadores, que podem ter contribuído (positivo e negativamente) para este resultado a Longevidade / Esperança de Vida (0,953) e a inexistência

de Conselho Municipal de Cultura. Patrício (2016), ao estudar os indicadores socioambientais dos municípios de Cabaceiras e Barra de São Miguel na Paraíba, acredita que o atraso nesses locais não esteja atrelado diretamente à falta de água, mas a inexistência de gestão pública, focada no desenvolvimento sustentável e educacional. Conforme a autora, o percentual de pessoas com mais de dezoito anos sem o ensino fundamental completo nos dois municípios supramencionados é muito elevado.

Figura 31 – Dimensão e percentual sociocultural do município de Juazeirinho, Paraíba.



IDMSDSC = Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável Dimensão Sociocultural.

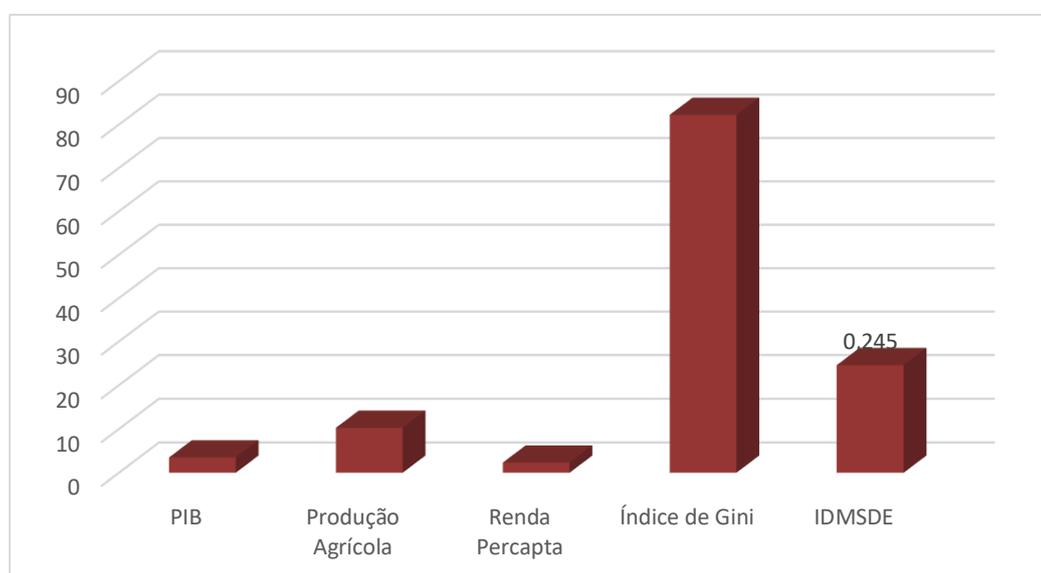
Fonte: IBGE, 2010b.

Lima (2017), estudando o processo de desertificação no Seridó potiguar e paraibano, apresentou como causas estruturais do fenômeno da desertificação a desigualdade social e cultural do consumo com 49,7% da área apontando níveis de severidade moderada e forte ou muito forte. Andrade (2015) detectou em Junco do Seridó-PB que, na extração e beneficiamento do caulim, os trabalhadores possuem baixa escolaridade, trabalhando pela sobrevivência e pouco sabendo sobre seus direitos. Isso certamente é uma realidade em outros municípios da região e coopera para os baixos salários pagos.

No entanto, através da Figura 32, a Dimensão Econômica (IDMSE) apresentou o pior índice (0,245). Dentre os indicadores selecionados os que apresentaram menores valores foram renda per capita (0,232) e o PIB (0,349), ambos calculados com base nos resultados nacionais. Esses resultados apresentam também relação com os dados desta pesquisa, tanto nos indicadores de **situação** (IDMS) como nos indicadores de **desertificação** (socioeconômicos) referentes ao histórico do município de Juazeirinho, Paraíba.

Nos municípios de Cabaceiras e Barra de São Miguel na Paraíba, conforme Patrício (2016) os indicadores sociais como educação e renda *per capita* apresentaram os piores resultados em relação à média nacional, concluindo que mais da metade da população desses municípios estão vulneráveis à pobreza, evidenciando que o modelo de exploração das atividades econômicas tem produzido a degradação das terras, dos recursos naturais e, por consequência, o processo de desertificação. Neste sentido, conforme Andrade (2015) os salários pagos pelas empresas de mineração do caulim no Junco do Seridó-PB apresentaram média próxima ao valor do salário mínimo vigente ao ano de 2014, fato que mostra a ínfima contribuição econômica em relação a outras atividades do município.

Figura 32 – Dimensão e percentual econômico do município de Juazeirinho, Paraíba.



IDMSDE = Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável Dimensão Econômica.

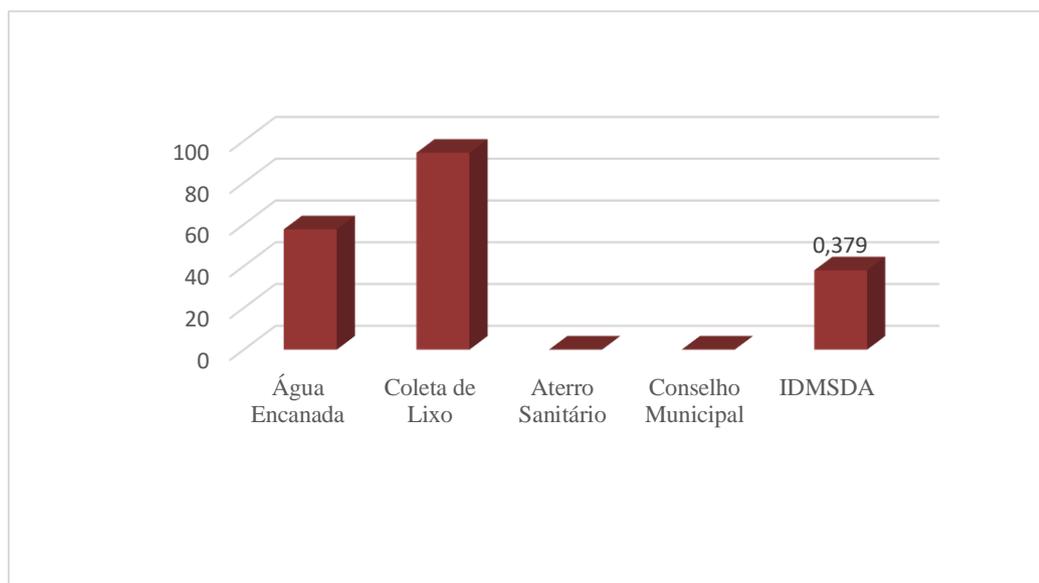
Fonte: IBGE, 2010b.

Para Caetano et al. (2017) as práticas agrícolas e a alta vulnerabilidade socioeconômica são fatores que implicam no aumento da desertificação. Desta forma, alertam esses autores para a importância de ampliação em estudos sobre impactos das vulnerabilidades socioeconômicas, estruturais e ambientais em ASD. Nessa perspectiva, afirma Lopes (2016, p.321):

As consequências da desertificação resultam no empobrecimento da população local, declínio da qualidade ambiental, processos migratórios intra-regionais, perda de biodiversidade e de território. (LOPES, 2016, p.321).

A Dimensão Ambiental (IDMSDMA) e a Dimensão Político–Institucional (IDMSDPI) apresentaram valores medianos (Figuras 33 e 34).

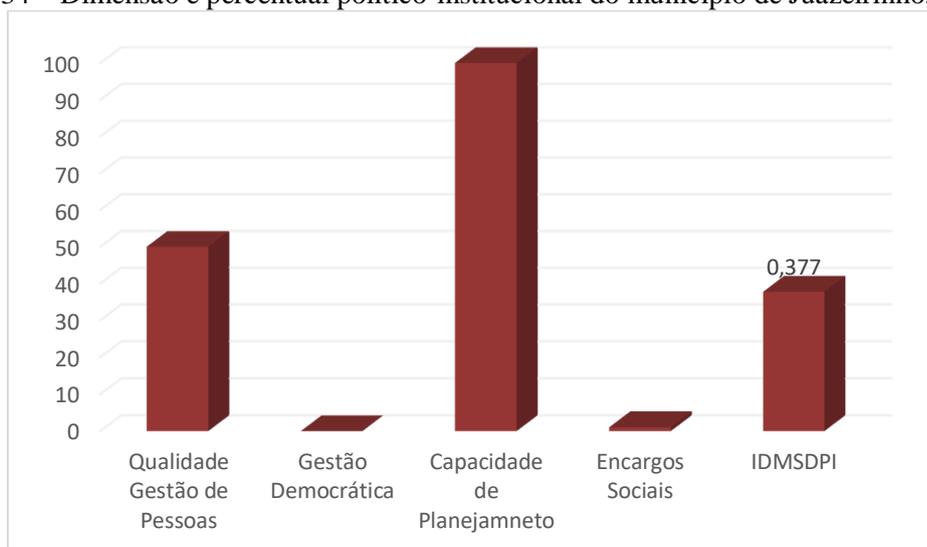
Figura 33 – Dimensão e percentual ambiental do município de Juazeirinho, Paraíba.



IDMSDA = Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável Dimensão Ambiental.

Fonte: IBGE, 2010b.

Figura 34 – Dimensão e percentual político-institucional do município de Juazeirinho, Paraíba.



IDMSDPI = Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável Dimensão Político-institucional.

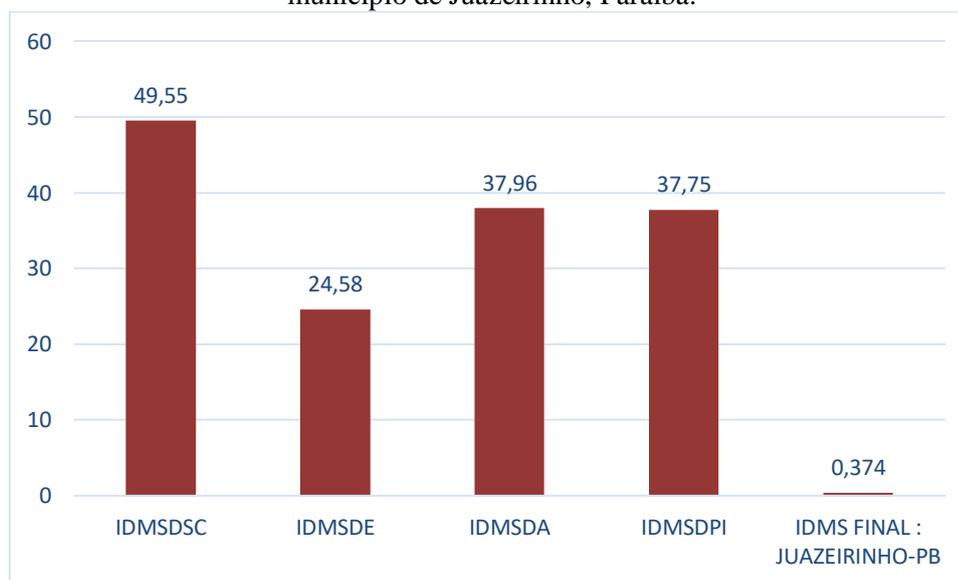
Fonte: IBGE, 2010b.

Dentre as demais, porém, ambos os valores correspondem a um **nível baixo** de sustentabilidade. Na Dimensão Ambiental a inexistência de aterro sanitário e falta de efetividade do conselho municipal de meio ambiente refletiram no baixo resultado. Em relação ao IDMSDPI chama atenção a gestão democrática (não existência de conselho municipal paritário) e encargos sociais (1,02%), esse percentual refere-se ao indicador despesas orçamentárias empenhadas. Essa realidade mostra o nível de fragilidade da população do município e o quão distante está para atingir metas fundamentais para um real desenvolvimento

sustentável, pois esses indicadores refletem em diversos aspectos da sociedade local, e infelizmente essa realidade se entende para praticamente todos os municípios da região estudada.

Portanto, a Figura 35 mostra percentualmente os resultados de cada dimensão do Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável (IDMS) de Juazeirinho e o resultado final que correspondeu a 0,374 (soma/4/100) resultando em baixo desenvolvimento e conseqüentemente alta vulnerabilidade, o que reflete a realidade do município. A busca por melhores condições de vida, voltada para a prática da mineração, sem qualquer uso sustentável explica o baixo percentual, sugerindo que a fragilidade do município quanto ao processo de desertificação é contínua e atrelada a todas as dimensões analisadas, sobretudo, na ambiental de uso e ocupação do solo, fato que corrobora o pensamento de Sampaio et al. (2003) quando dizem que os municípios mais susceptíveis ao ciclo de desertificação são os de menor IDH-M, alegando maior dependência por parte da população dos recursos naturais.

Figura 35 – Percentual do balanço final do índice de desenvolvimento municipal sustentável para o município de Juazeirinho, Paraíba.



Fonte: IBGE, 2010b.

Analisando a prática da mineração de caulim no município de Junco do Seridó-PB, utilizando como ferramenta os indicadores de sustentabilidade da Mineração (ISM), Andrade (2015) considerou essa atividade insustentável para todas as dimensões estudadas com total geral de 0,2 (escala de 0 a 1). Quando foi considerado apenas os indicadores ambientais, esse valor reduziu para 0,14. Para essa pesquisadora, sem redução dos impactos negativos e

preservação dos recursos naturais, a mineração é uma atividade que em pouco tempo estará inviabilizada na área pesquisada.

Os resultados desses índices retratam o quão utópico é o desenvolvimento e a sustentabilidade da área estudada, pois evidenciam a insegurança, incertezas e contradições na tríade ambiental, social e econômica. Esses valores (individual e total) corroboram com os dados da pesquisa de campo, validando a retroalimentação das causas do processo de degradação das terras. O fato da inexistência de um programa/ação no município voltado à conscientização e sensibilização, deixa-o em maior grau de vulnerabilidade ao processo de desertificação que assola as terras áridas, semiáridas e subúmidas secas. Conforme o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2007), devido às condições socioeconômicas de vulnerabilidade, as regiões susceptíveis à desertificação são as mais afetadas pelas mudanças climáticas nos próximos anos.

## 4.2 INDICADORES DE DESERTIFICAÇÃO

Os indicadores considerados de desertificação apontam a temática da mineração, vegetação e solo com ênfase nos impactos e degradações.

### 4.2.1 Impactos da mineração

Apesar de Juazeirinho atualmente apresentar menor quantidade de minério tanto (caulim/outras) em relação aos demais municípios do Seridó-PB, destaca-se em potencial por possuir lavra ativa desde a década de 70 e no beneficiamento do caulim no distrito da Barra (Fotografias 4-5 e Figura 36).

Parte do caulim extraído em Tenório, Junco do Seridó e Assunção é também beneficiado no distrito da Barra de Juazeirinho. Isso implica que o município fica com o “ônus” dos impactos ambientais, além dos danos indiretos, pois não há como negar que trata-se de uma região em que essa atividade econômica determina duplamente a vida das pessoas, por um lado, na dependência financeira em períodos difíceis de estiagem e, por outro, na degradação ambiental sem ações de recuperação que se acumulam ao longo da história da mineração local, ou seja, a população vive constantemente a lutar pela vida através de comportamentos antagônicos e insustentáveis (CONSCIENTES OU NÃO). Lembrando que muitos desses municípios que circundam hoje as áreas de Juazeirinho foram, há pouco tempo, terras do

município, talvez isso explique a razão de Juazeirinho ter se tornado um polo no beneficiamento desse mineral

Fotografia 4 - Registro *in loco* da produção industrial do caulim no distrito da Barra, Juazeirinho, Paraíba.



Fonte: Autora (visita *in loco*), 2018.

Figura 36 - Área (complexo) da mineração em Juazeirinho, Paraíba.



Fonte: Google Earth, 2017.

Fotografia 5 - Registro *in loco* da precarização da produção industrial do caulim (A); peneiramento do caulim (B) e produto final do caulim (C).



Fonte: Autora (visita *in loco*), 2018.

O estudo *in loco* identificou 19 jazimentos no município de Juazeirinho; os dois mais antigos são sitio Grota e distrito da Barra, ativos na extração de caulim, embora se saiba (pesquisa de campo) que novos garimpos/banquetas estão constantemente iniciando suas explorações (legalizados ou não). De acordo com a CPRM (2002), os municípios de Juazeirinho e Junco do Seridó em 1999 detinham 66.895 (t) - 127.443 (t) de caulim respectivamente. Silva (2013) constatou que o município de Juazeirinho também beneficia caulim trazido do município de Junco do Seridó, Assunção e Tenório. Segundo a população, isso ocorre devido à diminuição do mineral em terras locais e pelas condições estruturais de beneficiamento no distrito da Barra. Segundo Farias (2015), o polo produtor Junco/Equador (PB-RN) ocupa cerca de 1.800km extraindo exclusivamente caulim representando 10.800 toneladas ao mês.

Infelizmente, os fatos evidenciam a precarização dessa atividade (Fotografia 5 A, B e C) que reflete na degradação ambiental, identificando como um tipo de atividade rudimentar tanto em equipamentos como em tecnologias de referência nessa atividade.

Situação que se assemelha aos relatos de Santos e Lima (2012) que mostram a precarização dos materiais e utensílios para extração e beneficiamento do caulim, provocando grande impacto ambiental. Além disso, não existem práticas de gestão ambiental suficientes quanto aos rejeitos dessa produção, que são despejados abertamente no entorno das indústrias, nas margens das rodovias e corpos d'água, fato que preocupa devido ao grave impacto gerado no solo (Figura 36). Essa realidade atualmente ainda é “maquiada” com alienações e ilusões de “desenvolvimento”, embora esse discurso tende a não se sustentar por muito tempo, caso nada seja feito em se tratando de recuperação desse solo. A situação é de superexploração e degradação de bens comuns (solo, água, vegetação). Evidenciou-se em pesquisa de campo a existência de uma ação recíproca/dialética entre o espaço do ambiente que está sendo gradativamente modificado pela ação antrópica sem quaisquer leis que interajam e identifiquem o dano. Falta conscientização, sensibilização, regulação e, sobretudo, civilização.

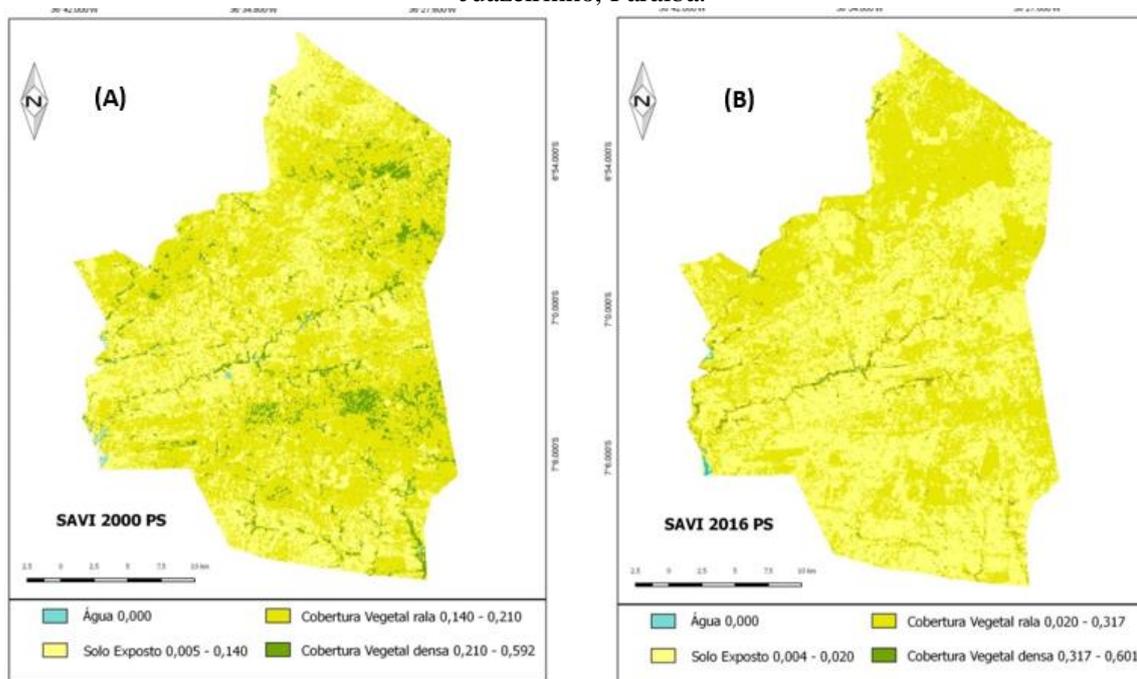
#### **4.2.2 Cobertura vegetal**

A cobertura vegetal da área pesquisada foi analisada através do SAVI em período seco e úmido.

##### **4.2.2.1 Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI)**

Quanto à análise da vegetação na região estudada pela série temporal escolhida (1984, 1990, 2000, 2010, 2016), foi necessária a utilização da Geotecnologia para confeccionar todo processo que envolve o comportamento e mapeamento da Caatinga do município. Rocha (2016) considera o Sensoriamento Remoto e os dados gerados pelo SAVI uma ferramenta indispensável e de precisão. Ele também afirma a importância do estudo mais detalhado quanto ao processo fotossintético de vegetação de Caatinga, ou seja, de regiões semiáridas. Esta análise baseou-se em dois períodos: seco (2000 a 2016) e úmido (1984, 1990, 2010), podendo ser visualizados nas Figuras 37 e 38.

Figura 37- Índice de vegetação ajustado ao solo dos anos 2000 e 2016 (período seco), Juazeirinho, Paraíba.



Fonte: SPRING 5.7.2, INPE, 2018.

Para o período seco, correspondente aos anos de 2000 (Figura 37A) e 2016 (Figura 37B), os valores do SAVI (condição  $L=0,5$ ) foram mais significativos e responderam realmente bem quanto à discriminação da cobertura vegetal. Os intervalos do SAVI dos anos 2000, destacando a cobertura vegetal rala (0,140 – 0,210), trouxeram resposta de uma vegetação mais rasteira, arbustiva, esparsa e seca, sem muita umidade, indicando um provável estresse hídrico, predominando mais na parte central e norte do município de Juazeirinho, correspondendo bem com a época não chuvosa desse período.

Os valores da cobertura vegetal densa, do ano 2000, trouxeram intervalos entre (0,210 – 0,592), caracterizando uma área onde a vegetação arbórea sofre com a ação do homem e a retirada da mesma. Em outra parte do município, pequenas faixas de mata ciliares acompanham os cursos dos rios e riachos do município não muito densas, fato que responde bem aos valores obtidos. Em 2016, o SAVI apresentou uma cobertura vegetal rala em intervalo de 0,020 – 0,317, apontando predominância mais forte em praticamente todo município de uma vegetação sob escassez hídrica, bem mais seca e esparsa devido, principalmente, a uma longa estiagem ocorrente nos anos anteriores. Isso mostra ligação de dependência das chuvas para que haja recuperação da biomassa nativa. Diante desse fato, fica evidente o aumento de solo exposto, comprometimento na qualidade física e maior escoamento de superfície, notando-se, portanto, que a perda da vegetação compromete a estrutura e os nutrientes do solo, aumentando sua

vulnerabilidade (Tabela 12 e Figura 36). Conforme Lamchin et al. (2017), na área estudada (Mongólia), o tamanho do grão do solo na camada superficial interferiu no crescimento da vegetação, provavelmente esse fato pode ser uma realidade também no Seridó paraibano.

Tabela 12 - Valores do SAVI representados pelos indicadores do período úmido e seco, com fator de ajuste,  $L=0,5$ .

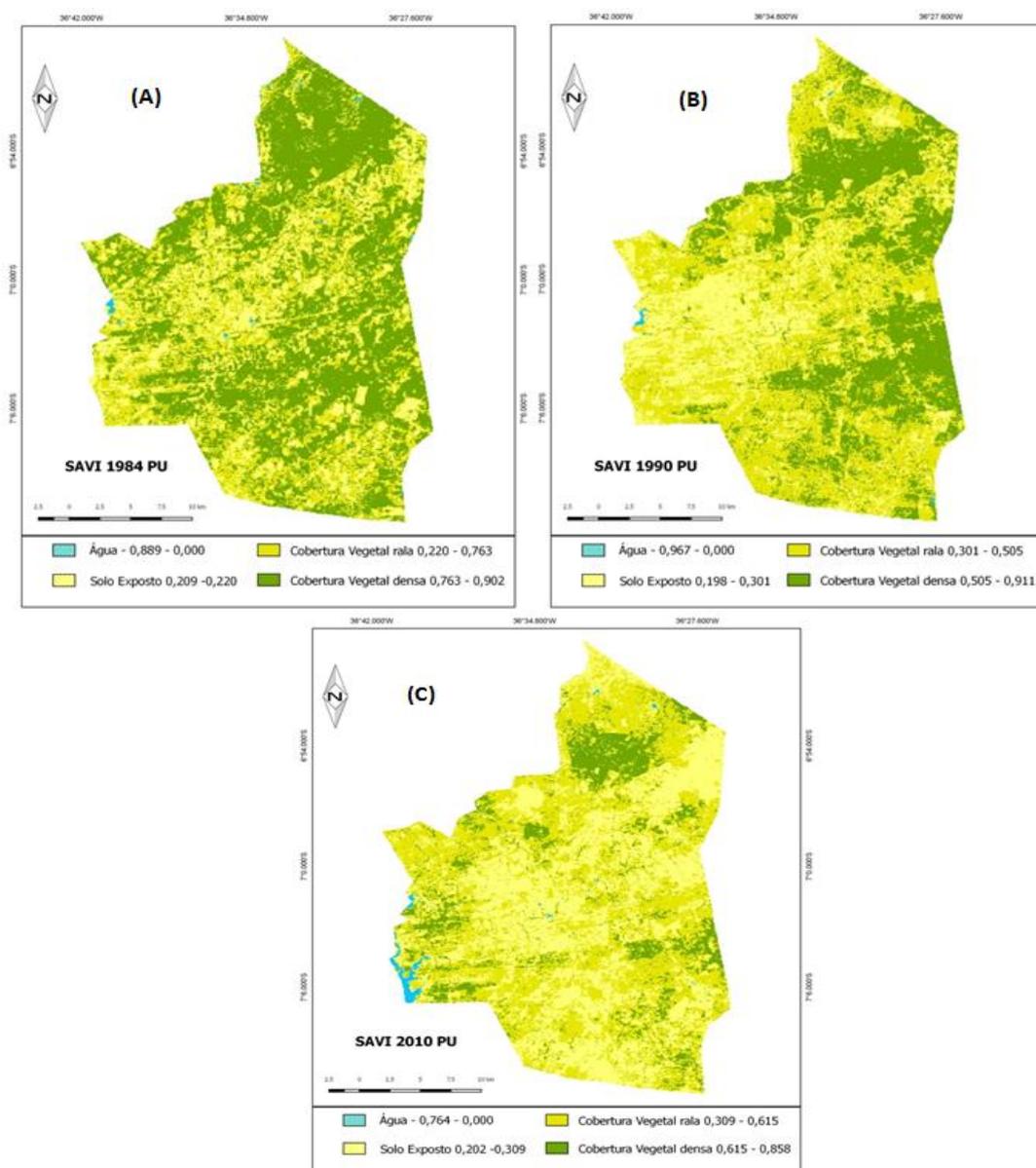
<b>Indicadores do SAVI</b>	<b>1984 SAVI (PU)</b>	<b>1990 SAVI (PU)</b>	<b>2000 SAVI (PS)</b>	<b>2010 SAVI (PU)</b>	<b>2016 SAVI (PS)</b>
<b>Água</b>	- 0,889 – 0,000	-0,967 – 0,000	0,000	-0,764 – 0,000	0,000
<b>Solo Exposto</b>	0,209 – 0,220	0,198 – 0,301	0,005 -0,140	0,202 – 0,309	0,004 – 0,020
<b>Cobertura vegetal rala</b>	0,220 – 0,763	0,301 – 0,505	0,140 – 0,210	0,309 – 0,615	0,020 – 0,317
<b>Cobertura vegetal densa</b>	0,763 – 0,902	0,505 – 0,901	0,210 – 0,592	0,615 – 0,858	0,317 – 0,601

Fonte: Dados da pesquisa (Autora).

A Figura 37 mostra temporalmente o comportamento da vegetação no município do período entre 2000-2016, sendo possível correlacionar com as Fotografias 7 e 8 registradas em 2018. Pode-se comprovar com precisão, através do processo de classificação por Sensoriamento Remoto da imagem CBERS4, a intensa perda da vegetação nativa próxima no complexo industrial do caulim (cor amarelo), no distrito da Barra e o seu entorno, mostrando, portanto, uma forte degradação, além da contaminação do solo e corpos d'água (açude da Barra) por rejeito do caulim.

Para o período úmido (1984, 1990 e 2010) os valores dos intervalos, como apresentam-se na Tabela 12, apontaram que houve influência das instabilidades pluviométricas (chuvas fracas e/ou intensas), mesmo com a diminuição da vegetação, (Figura 38 A, B, C), e mesmo as imagens sendo datadas nos meses de maio (1990, 2010) e junho (1984), meses próximos da faixa chuvosa, percebe-se através dos resultados das imagens uma certa dependência das chuvas para que a cobertura vegetal possa revigorar novamente. No entanto, fatores externos começam a interferir de maneira negativa na biomassa da Caatinga do município, ocasionado pelo processo de erosões e atividades antrópicas. Valores negativos apontaram alvos como a água.

Figura 38 - Índice de vegetação ajustado ao solo dos anos 1984, 1990 e 2010 (período úmido), Juazeirinho, Paraíba.



Fonte: SPRING 5.7.2, INPE, 2018.

Os intervalos da cobertura vegetal dos anos de 1984 e 1990 responderam bem quanto ao aspecto da vegetação (por serem de pequeno e médio porte) e por sofrerem aumentos periódicos de incidência solar e poucas umidades em certos períodos do ano, típico de uma região de semiárido. No entanto, a visibilidade de solo exposto, que atingiu mais a área central e leste do município em praticamente todas as imagens, traz a hipótese de um intenso avanço de exploração de terras (agricultura, retirada de árvores de pequeno e médio porte, mineração), sendo esses fatores mais evidentes a partir do ano de 2010 em diante e mesmo com o mês quando a temperatura foi mais baixa e a umidade mais elevada. Com boa precipitação no ano,

os valores dos intervalos (0,615 – 0,858), evidenciando uma cobertura vegetal densa, poderiam ser mais elevados justamente pelo fato da intensa exploração dos recursos naturais e a prática da mineração já interferirem e alterarem negativamente o desenvolvimento da vegetação e desestruturação do solo.

Correlacionando os dados de Uso do Solo ao Índice de Aridez e partindo dos períodos estudados (1963-2016) dos indicadores de situação com os de desertificação (Uso de Solo e SAVI – período seco e úmido), observa-se que a situação se agrava pelo fato dessa correlação demonstrar compatibilidade e proximidade com os valores obtidos em todas as classes estudadas, principalmente em relação aos períodos secos (2000 e 2016), mostrando que a cobertura vegetal já não consegue manter seu desenvolvimento natural, deixando o solo desnudo e carente de silte e argila, por causa dos constantes e fortes impactos das ações antrópicas. Nesse sentido, Lamchin et al. (2017), estudando a desertificação em Hognó Khaan (Mongólia), constatou que o crescimento da vegetação sofreu influência negativa, alterando o tamanho do grão de solo na camada superficial.

Toda essa resposta espectral, por Sensoriamento Remoto, aponta a incidência de mais áreas de pasto, pouquíssima vegetação, situação crítica para ocorrência de um processo de erosão, além de uma prolongada estiagem ocorrida no final de 2011 até início de 2017 (AESAs, 2018). Situação semelhante constatada por Silva (2014) que, ao estudar os indicadores biofísicos do município de São João do Cariri na Paraíba, observou através dos valores de SAVI que a vegetação rala variou entre 0,50 a 0,60, na porção norte da região estudada, evidenciando as áreas degradadas. Foi possível perceber essas respostas espectrais das imagens de satélite classificadas por meio de algoritmos dos programas de SIG e no campo, onde através das Fotografias 6 e 7, tem-se a vegetação nativa (em período considerado úmido) sendo destruída pelas lavras do caulim, resultando em extensas perdas a cada km<sup>2</sup> observado. Essa situação evidencia a luta de contrários protagonizada entre o natural e antrópico através da vegetação e das atividades de extração e beneficiamento do caulim.

Fotografia 6 - Imagem da vegetação de Caatinga em “seca verde” comprometida pelas lavras do caulim (representadas no círculo amarelo).



Fonte: Autora (visita *in loco*), 2018.

Fotografia 7 - Vegetação de Caatinga já fragmentada, evidenciando o solo arenoso coberto com rejeito de caulim.



Fonte: Autora (visita *in loco*), 2018.

Tomando como base as áreas em km<sup>2</sup> do Uso do Solo, considerando apenas o distrito da Barra, da classe de Mineração, valores de SAVI também foram calculados à parte (Tabela 13), e seguindo o cálculo de acordo com os valores das áreas encontradas (Apêndices B, C, D, E, F), apresentaram semelhanças com os valores dos intervalos de Solo Exposto do SAVI. No entanto, foram mais baixos, por justamente serem camadas de rejeitos (composição

mineralógica diferente), misturada com solo bastante arenoso e baixíssima vegetação presente, sendo mais evidente entre os intervalos do período seco (2000 e 2016). Os resultados dos intervalos mostraram que há uma possível desestruturação na composição mineral do solo arenoso de Juazeirinho, acarretando em perdas de silte e argila, que obtiveram valores bem baixos nos resultados de laboratório. Outro detalhe que influencia no recobrimento do solo exposto do distrito de Barra, pelo rejeito do caulim, é a erosão eólica que também predomina na região do Seridó. No entanto, ainda não é suficiente para um melhor diagnóstico de degradação do solo, por isso a escolha do TGSÍ para o estudo do mesmo.

Tabela 13 - Valores do SAVI para o alvo da classe de mineração pelos indicadores do período úmido e seco, com fator de ajuste,  $L=0,5$ .

<b>Indicador</b>	<b>1984</b> SAVI (PU)	<b>1990</b> SAVI (PU)	<b>2000</b> SAVI (PS)	<b>2010</b> SAVI (PU)	<b>2016</b> SAVI (PS)
<b>Mineração</b>	0,003 – 0,011	0,003 – 0,008	0,007 – 0,012	0,005 – 0,010	0,009 – 0,014

Fonte: Autora, 2018.

Quanto ao comportamento da vegetação no município no período entre 2000-2016, sendo possível correlacionar com a Fotografia 8, pode-se comprovar com precisão através do processo de classificação por Sensoriamento Remoto da imagem CBERS4 a intensa perda da vegetação nativa próxima ao complexo industrial do caulim, no distrito de Barra e o seu entorno, mostrando, portanto, uma forte degradação, além da contaminação do solo e corpos d'água (açude da Barra) por rejeito do caulim. As evidências do forte desgaste do solo, das perdas da vegetação nativa (Apêndice G1 e G2), extração das poucas árvores existentes para a queima, pequenos plantios de culturas como a Palma, milho e feijão, acúmulos de lixo em alguns pontos do distrito de Barra, tornaram-se mais intensos em 2018, quando *in loco*, no período seco, pode-se destacar, através das Fotografias 9, 10 e 11, as camadas depostas do caulim por erosão eólica e antrópica nesse ambiente.

A concepção dialética para a compreensão da forte relação homem x natureza existente na problemática da vegetação do município retrata que a natureza está sendo modificada ao interagir com as ações antrópicas, de maneira quali-quantitativa (redução na vegetação e favorecimento do processo de caulimização). Há uma lógica para essa relação, por isso a necessidade de aprofundar-se nas causas dos reais problemas locais.

Fotografia 8 - Grande montanha de rejeito do caulim próximo a PB-228/BR- 230 com solo desgastado, acúmulo de lixo e vegetação arbustiva fragmentada. (Período seco).



Fonte: Autora (visita *in loco*), 2018.

Fotografia 9 – Plantio de palma sobre solo coberto por rejeito do caulim, comprometendo solo e vegetação na paisagem da Caatinga em resiliência.



Fonte: Autora (visita *in loco*), 2018.

Fotografia 10 – Plantio de milho sob condições extremas de estresse hídrico em solo degradado



Fonte: Autora (visita *in loco*), 2018.

Fotografia 11 – Montanhas de rejeito de caulim espalhadas por erosão eólica e antrópica, próximas à residências e pequenos plantios, comprometendo a Caatinga (período seco).



Fonte: Autora (visita *in loco*), 2018.

### 4.2.3 Degradação do solo

A análise de degradação do solo considerou principalmente o uso e textura do solo.

#### 4.2.3.1 Uso do Solo

Através do programa SPRING-INPE, com a ferramenta do algoritmo de classificação supervisionada do tipo Maxver para obtenção das cinco classes definidas para o uso e ocupação de solo, ocorreu uma aceitação favorável com uma média de 98,90%, quanto aos anos estudados, na matriz gerada (Tabela 14) seguindo as características dos alvos. Houve um pequeno “aumento”, para o ano de 2016, na classe de água e Caatinga Arbórea Arbustiva Densa devido à presença das nuvens e sombras (Apêndice F). No entanto, os dados e os mapas gerados (Apêndice B, C, D, E, F) possibilitaram a compreensão da situação do uso e cobertura do solo, sendo determinado como aceitáveis os erros recorrentes. Em razão disso, foram feitas as correções e ajustes para se chegar à compreensão do comportamento dos alvos.

Tabela 14 - Matriz de erro gerada em (%) no processo de classificação das classes de uso do solo.

Classes	1984 (PU)	1990 (PU)	2000 (PS)	2010 (PU)	2016 (PS)
Água	0,01%	0,01%	0,02%	0,02%	4,30%
Solo	0,02	0,02	0,01	0,01	0,09
Exposto					
Caatinga	0,01	0,01	0,01	0,02	4,76
Arbórea					
Arbustiva					
densa					
Caatinga	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Arbórea					
Arbustiva					
Rala					
Mineração	0,02	0,05	0,05	0,08	0,08

Fonte: SPRING, 2018.

A classe de vegetação de Caatinga para os períodos secos está representada por uma cobertura nativa mais rasteira, de baixa produtividade, apresentando tons claros e escuros, onde pode-se identificar a presença de animais, práticas industriais e agrícolas. A dinâmica das classes de 1984 em relação aos outros anos estudados, 1990, 2000, 2010 e 2016, mostra que houve uma diminuição gradativa da cobertura vegetal nativa, com mais presença de pasto seco

e empobrecido, um grande aumento de solo exposto sendo este mais perceptível nos anos de 2010 e 2016, épocas de uma severa estiagem ocorrente nesse período, com 126.355,00Km<sup>2</sup> (2010) e 158.857,00 Km<sup>2</sup> (2016) de solo exposto (Tabela 15), o que aumenta a infertilidade levando à desertificação e, além disso, a mineração existente, o que se pode considerar uma intensa atividade antrópica, devido ao aumento da população, construções de estradas, de barragens, açudes, sendo esses observados entre os anos 1990-2000.

Ainda na Tabela 15 é possível observar o acelerado crescimento espaço-temporal da mineração em Juazeirinho, com ênfase no período 2000-2016. Outro fator predominante para as mudanças expressivas nessa análise temporal das classes geradas é a pluviometria dessa região semiárida, por apresentar chuvas irregulares nos períodos das precipitações, além de altos índices de evaporação. Abrindo uma discussão quanto aos métodos científicos das proposições supracitadas no trabalho, para a problemática do uso do solo, reflete a necessidade de se observar a lógica relação que existe entre as interações da natureza e a sociedade que a explora, e por ser complexo, o homem neste caso torna-se o “ponto chave” das transformações da vida e do espaço, fazendo sentido quando Marconi e Lakatos (2003, p.101-102) citam duas condições para este caso, em que tudo se relaciona e se transforma, considerando a sociedade, portanto, como a causa das mudanças.

Tabela 15 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo em (km<sup>2</sup>)

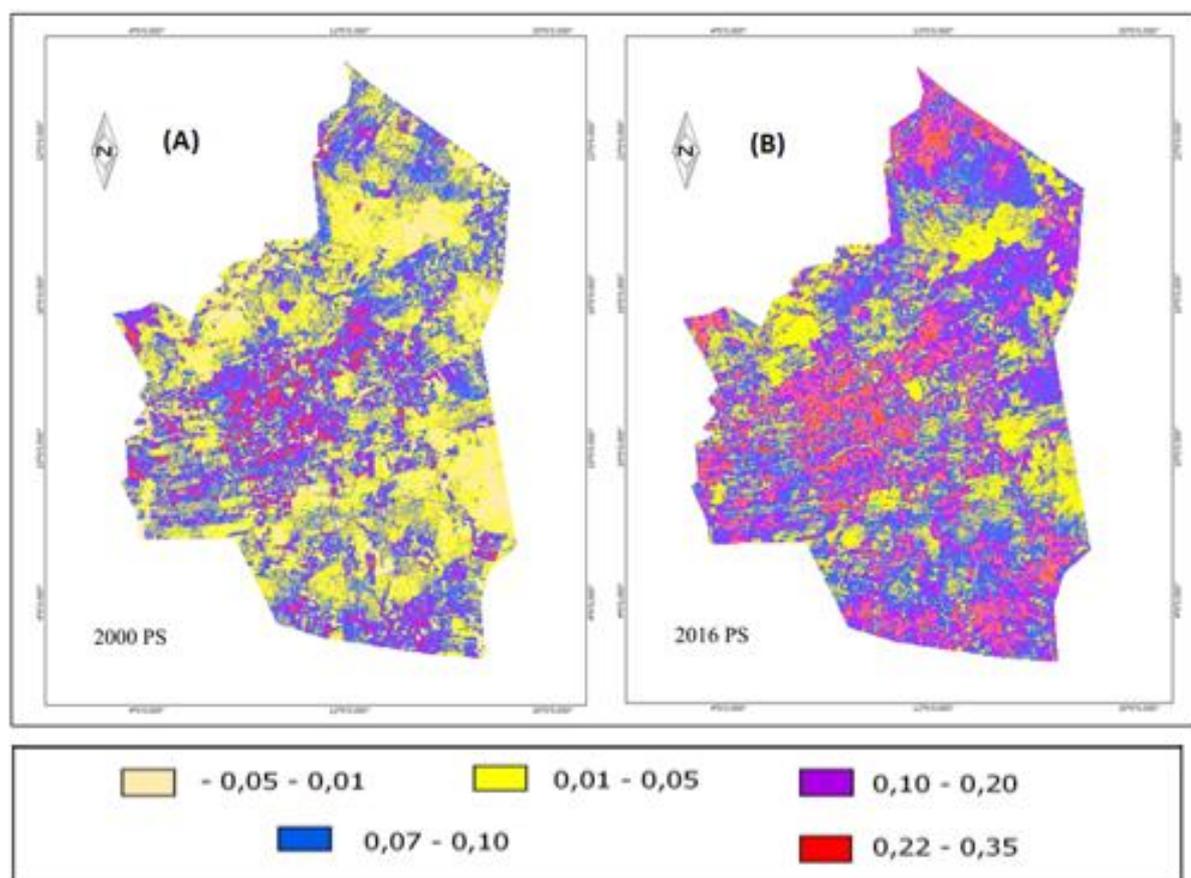
Classes	1984 (PU)	1990 (PU)	2000 (PS)	2010 (PU)	2016 (PS)
Água	0.186,95	0.333,00	0.410,07	1.691,20	2.505,10
Solo Exposto	32.649,56	46.717,00	88.125,00	126.355,00	158.857,00
Caatinga Arbórea Arbustiva Densa	14.757,12	154.437,00	115.286,00	108.956,00	101.361,00
Caatinga Arbórea Arbustiva Rala	401.978,54	266.699,00	223.899,00	215.521,00	205.892,00
Mineração	0.550,44	0.252,00	0.301,20	0.523,70	0.752,70

Fonte: SPRING 5.7.2, 2018.

#### 4.2.3.2 Índice de Textura do Solo (TGSI)

Os valores do TGSi, para o período seco (Figuras 39 A e B), apontam que consideravelmente ocorreu um aumento da camada grosseira do solo, mostrando nos resultados de sua reflectância o valor em areia fina, representados pelas tonalidades anil e vermelho, sendo mais evidente no ano de 2016 (variação mais evidente entre intervalos de 0,20 – 0,35, Figura 39 B), onde a área observada já apresenta erosões graves devido possivelmente à baixa conservação, o mau uso do solo, atividades da mineração, falta e variabilidade de chuvas e precário gerenciamento dos órgãos públicos (assistência técnica, gerenciamento e fiscalização). Valores negativos representaram a presença de água e baixa vegetação no solo em algumas áreas do município. Para XIAO et al. (2006), valores elevados de TGSi significam baixos níveis de silte e argila, fato que compromete a estrutura granulométrica elevando o risco de degradação.

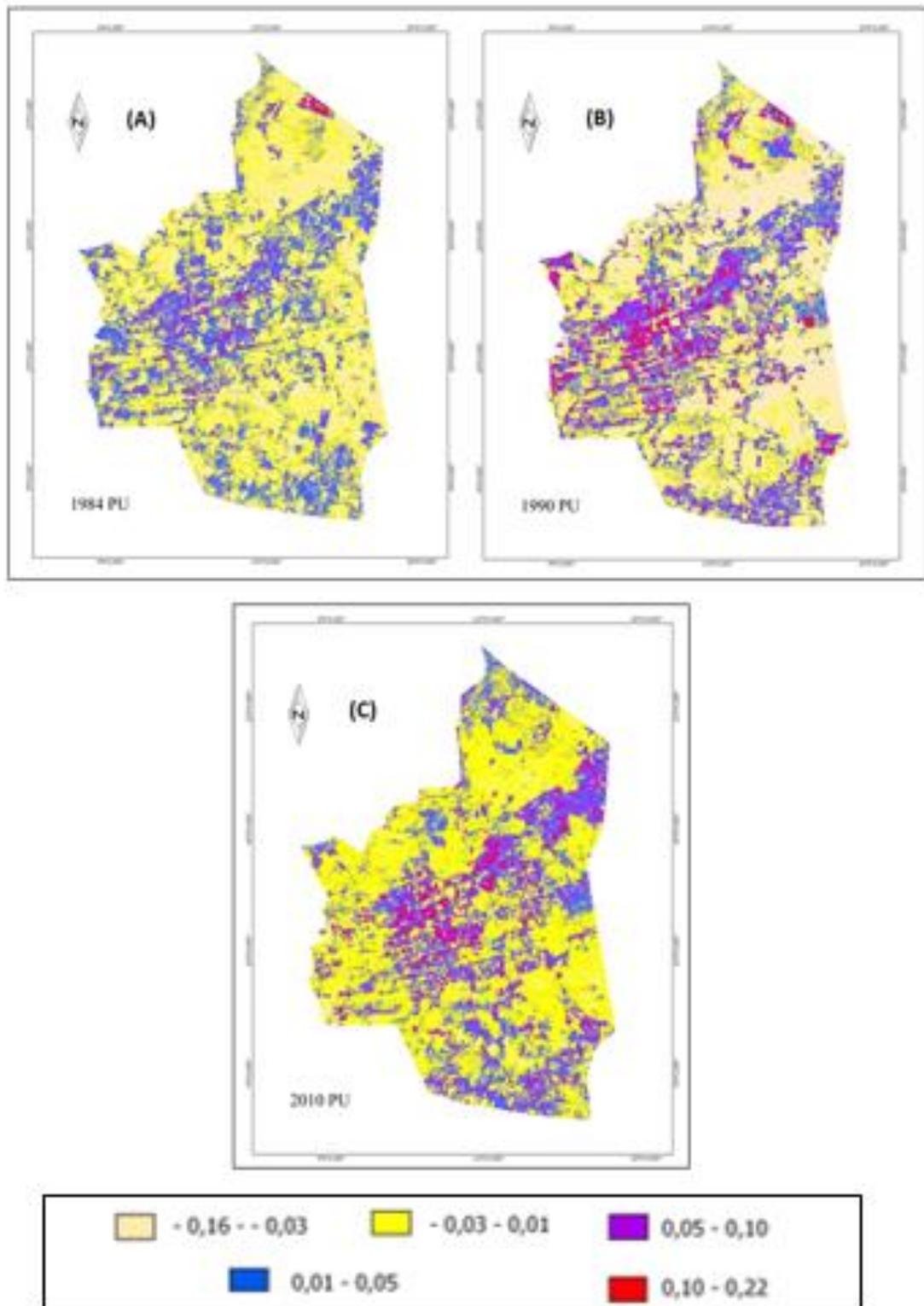
Figura 39 - Mapas de TGSi representando os anos de 2000 (A) e 2016 (B), (período seco), Juazeirinho, Paraíba.



Fonte: INPE (2018); Xiao et al. (2006) – Adaptação.

As imagens do período úmido (PU), Figura 40 (A, B, C) representam os anos (1948, 1990, 2010).

Figura 40 - Mapas de TGSi representando os anos de 1984 (A), 1990 (B) e 2010 (C), (período úmido), Juazeirinho, Paraíba.



Fonte: INPE (2018); Xiao et al. (2006) – Adaptação.

Estas imagens apresentaram respostas significativas na área de Caatinga quanto ao TGSÍ relacionado ao SAVI, seguindo a AD adaptada de Lamchin et al. (2016). Valores negativos e valores baixos (entre intervalos  $-0,16 - 0,10$ ) destacaram a presença de cobertura vegetal sobre o solo, devido ao mês em que a umidade foi mais acentuada. Esse fator contribuiu para preservar as camadas mais finas da areia do local estudado. Correlacionando com o período seco (2000, 2016), as médias do TGSÍ (0,1789 e 0,2886) apontam que, mesmo com as chuvas e/ou áreas úmidas, prevalece uma forte erosão sobre o solo devido às características morfológicas fluviais, assim como, a exploração antrópica, deixando disperso no solo, mudanças no tamanho granulométrico do mesmo.

Os resultados do período úmido mostram um possível equilíbrio e controle da erosividade incidente no solo, apesar da grande irregularidade do regime chuvoso dessa região e presença de algumas fontes hídricas encontradas nas imagens. Conseqüentemente, há maior evidência de areia em algumas áreas, apresentando faixas de valores negativos representadas pelas cores bege e amarelo, corroborando com Xiao et al. (2006), principalmente nas partes limitantes e central do município, com pouca cobertura vegetal densa, predominando, portanto, a cobertura vegetal mais arbustiva, rasteira, o que proporcionou em caráter temporal para os anos estudados a proteção da estrutura do solo, especialmente nas áreas que foram coletados e analisados em laboratório.

A intensidade da reflectância do solo mais percebida no período seco demonstra que o solo arenoso apresenta rejeitos do caulim, tornando-o limitado em nutrientes devido provavelmente à ausência da prática de conservação, tampouco políticas ambientais que sustentem a fragilidade da Caatinga. A variabilidade nos valores obtidos do SAVI e TGSÍ de todas as classes do período seco, destacando o ano de 2016, comprova a existência de uma erosão severa, atentando para uma desertificação, sendo este o ano mais representativo de acordo com a imagem dos pontos coletados (1, 3, 4, 5, 6, 8,17).

Os valores médios de TGSÍ acima do limite permitido (0,20- determinado nos estudos de Xiao et al.2006), como o caso do período seco (2000, 2016), caracterizam um aumento da perda de frações do solo, da matéria orgânica, argila, apontando que a área estudada, especialmente nos pontos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 18, 20), já sofre infertilidade, devido ao solo está muito descoberto, tornando-o gradativamente desértico. Os pontos 6 e 7 representam a localidade do distrito da Barra, onde existe ali o complexo industrial do caulim, responsável pela maioria dos impactos negativos no município (Figura 43 e Fotografias 12 A e B).

Fotografia 12 – Banqueta de extração do caulim (A) e rejeito do caulim jogado nas estradas (B).



Fonte: Autora (visita *in loco*), 2017.

As variações dos dados de SAVI relacionados ao TGSI nessa situação temporal, de ambos os períodos, representam uma relação com a instabilidade espacial do regime chuvoso dessa região semiárida, onde se pode claramente observar a baixa possibilidade de retenção hídrica do solo estudado, pois a má distribuição de chuvas, seca e mineração contribuem para o desajuste e modificação da estrutura morfológica do solo em questão.

Os dados apresentados na Tabela 16 agrupam valores mínimos, máximos, médias, desvios, padrão e coeficientes de variação na sequência temporal entre 1984, 1990, 2000, 2010 e 2016 do TGSI.

Tabela 16 - Médias do TGSI para a sequência temporal analisada em Juazeirinho, Paraíba.

ANO/PERÍODO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO	CV%
<b>1984 (PU)</b>	-0,380	0,44204	0,06204	0,08785067	1,416
<b>1990 (PU)</b>	-0,3508	0,49081	0,14001	0,06562553	4,687
<b>2000 (PS)</b>	-0,1695	0,3484	0,1789	0,07446128	4,162
<b>2010 (PU)</b>	-0,4601	0,69993	0,23983	0,05496221	22,917
<b>2016 (PS)</b>	-0,1255	0,4141	0,2886	0,04308402	14,928

Fonte: SPRING 5.7.2, 2018.

Os valores mais altos podem ser observados nos anos de 2010 e 2016, indicando aumento de areia fina e, conseqüentemente, elevando a camada grossa do solo e os níveis de desertificação. Esse resultado assemelha-se com a justificativa de Xiao et al. (2006) que mencionam o aumento da concentração da vegetação nativa para valores negativos e aumento de uma possível desertificação para valores positivos entre 0,20 a 0,40. Para Lamchin et al.

(2016), esse tipo de comportamento é mais evidente devido à baixa pluviosidade, ocorrendo, portanto, baixa infiltração no solo. Porém, quando ocorre uma precipitação anormal à época chuvosa, o material fino da camada superficial do solo é levado pelas águas deixando apenas o mais grosseiro.

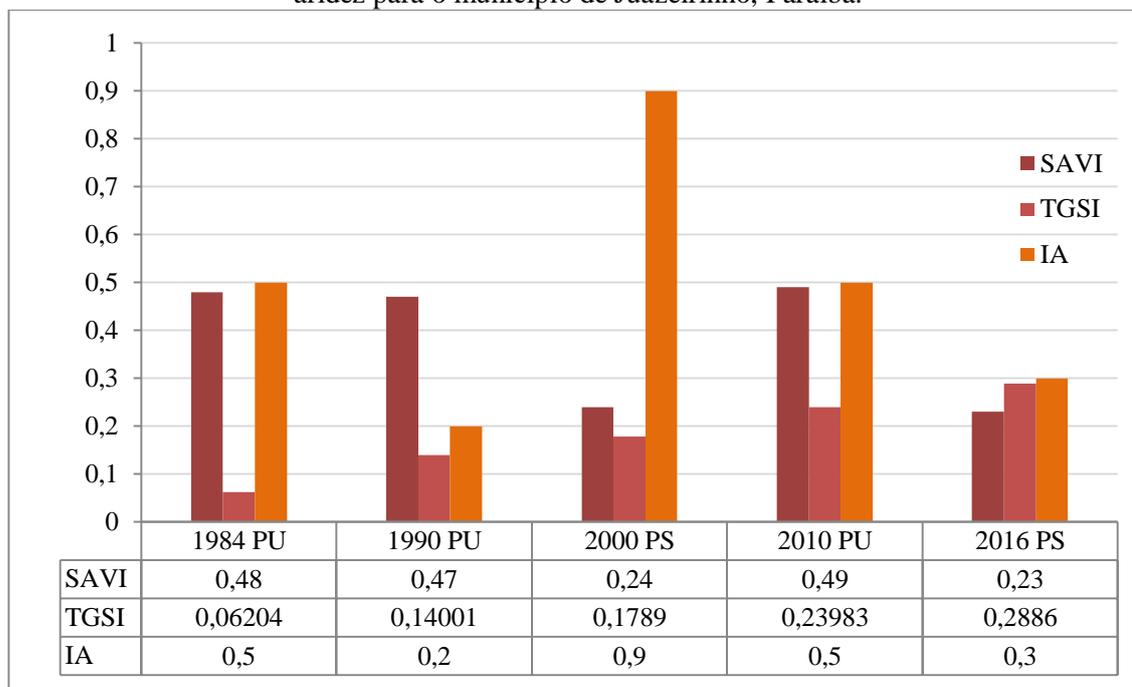
Correlacionando os períodos secos e úmidos principalmente dos anos, 2010 e 2016, as médias do TGSÍ aumentaram para mais de 0,25 (valor considerado alto e de severo risco), evidenciando relação direta com o valor do IA (pela AD) que apresentou variação pouco superior a 0,20. Essas variações são influenciadas pela vegetação, estiagem e solo pobre sem condições de reter água da chuva, impossibilitando a permanência da camada fina de areia e argila, notadamente visualizado nos valores das médias do SAVI 2010 (0,49) e do SAVI 2016 (0,23) demonstrando desta forma que há severo risco à desertificação.

Interpretando a AD, observa-se que, à medida que o SAVI apresentou nos indicadores de vegetação valores baixos e médios, foi possível observar para os períodos úmidos (1984, 1990, 2010) o baixo valor dos intervalos negativos do TGSÍ correspondente, apresentando em 1984 média negativa, mostrando que houve um considerado aumento da vegetação, como também influenciou no IA, com valor baixo a moderado, favorecendo a chegada de chuvas fora do período chuvoso, deixando um risco zero para desertificação. Nesse sentido, estudando a desertificação em Hognó Khaan, Mongólia, Lamchin et al. (2017) constataram que em áreas, onde o grau de desertificação era baixo, os valores de NDVI foram altos com baixos e moderados valores no TGSÍ e albedo, ocorrendo o inverso em áreas com alta desertificação.

A instabilidade pluviométrica seguida da seca, precisamente nos anos 1990 a 2000, interferiu nos valores das classificações do SAVI, apresentando uma média de 0,24 para o ano 2000 (período seco), que devido à grande variabilidade climática (chuva acima da média do mês), classificou como baixo o IA correspondente, mas como houve um discreto aumento do TGSÍ para quase 0,18 (devido à falta de umidade no solo e vegetação), considerou-se então como médio o risco à desertificação, seguindo a AD. Esta situação é semelhante nos estudos de Patrício (2017), que seguindo os critérios da AD, estudando a degradação no município de Cabaceiras, Paraíba, e os resultados das classes da cobertura vegetal (NDVI) para o período úmido, o TGSÍ apontou valores negativos, identificando a existência de áreas com vegetação, mas os valores positivos apresentaram solos descobertos entre os períodos de 1989 a 2010, situação que demonstra a complexidade ao estudar a Caatinga, explicou a autora.

A correlação entre o índice SAVI, TGSi e IA pode ser observado no gráfico da Figura 41, que explica e levanta a hipótese de que as áreas estudadas, considerando os anos de 1984 a 2016, podem sim já está sofrendo o processo da desertificação.

Figura 41 – Relação entre o índice de vegetação ajustada ao solo, índice de textura do solo e índice de aridez para o município de Juazeirinho, Paraíba.



Fonte: QGIS. Elaboração própria, 2018.

O SAVI do período seco (2000, 2016) trouxe como resposta uma redução na cobertura vegetal, observado nos baixos valores apresentados. O IA oscilou entre alto e baixo, explicando a razão do TGSi entrar na faixa de risco alto e severo (> ou igual a 0,25). Enquanto que no período úmido (1984, 1990, 2010) o SAVI apresentou aumento médio (0,50 – 0,90), com IA oscilando entre 0,2 e 0,5 nessa faixa de tempo, reduzindo as médias do TGSi. Contudo, vale considerar as influências negativas por parte das atividades exploratórias no solo. Portanto, independente do período (PS ou PU) os valores de TGSi foram crescentes. Em 1984 quando o SAVI apresentou valor alto (0,48) o TGSi foi baixo (0,06204) e o valor do IA alto (0,5), lembrando que quanto maior o valor do IA menor a semi-aridez. No entanto, em 2016 o valor de SAVI foi baixo (0,23), o TGSi aumentou (0,2886) e o IA (0,3), ou seja, maior semi-aridez.

No entanto, os resultados na Tabela 17 da análise química do solo (2018) apresentaram moderado nível de fertilidade (NPK) e pH variando entre ácido e alcalino, que possivelmente implicaram no crescimento da vegetação do período úmido e seco. Ndabula et al. (2018) consideraram em áreas pesquisadas na Nigéria que o engrossamento do solo reflete na

fertilidade e que o TGSÍ pode estar relacionado a outros parâmetros do solo, tais como densidade aparente, umidade e carbono orgânico. Nesse sentido, Souza (2008) encontrou resultados parecidos no solo do Cariri paraibano que o considerou de fertilidade elevada. Dessa forma, é possível inferir que a erosão/desertificação na área estudada é efeito de maior desgaste físico do solo, devido às ações antrópicas no uso inadequado, sobretudo, da mineração.

Tabela 17 - Resultado da análise da fertilidade do solo de Juazeirinho, considerando os valores de N, P, K e pH para os pontos observados.

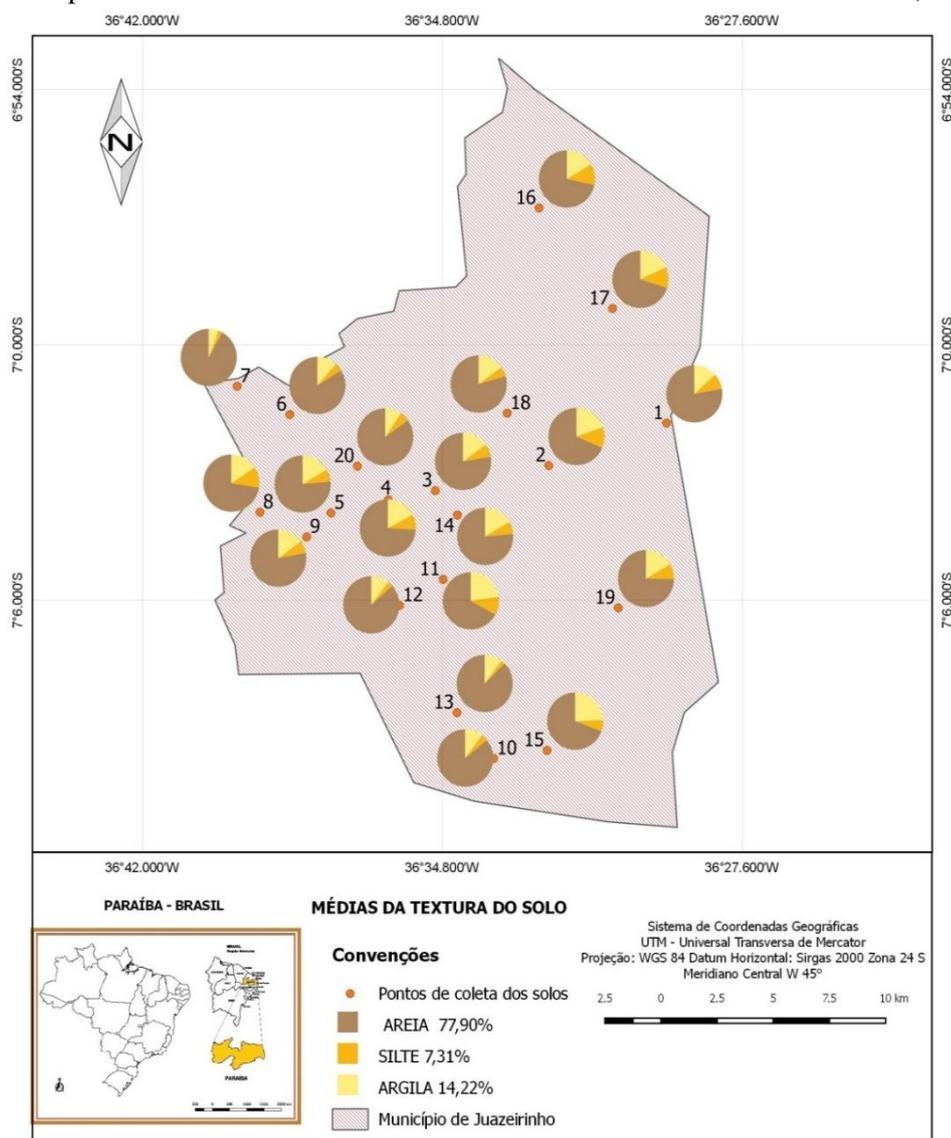
<b>Pontos coletados de solo</b>	<b>*Ph representativo</b>	<b>Nitrogênio (meq/100g)%</b>	<b>Fósforo (meq/100g)%</b>	<b>Potássio (meq/100g)%</b>	<b>Carbono (meq/100g)%</b>	<b>Matéria Orgânica (meq/100g)%</b>
P1	6,75	0,02	5,95	0,27	0,27	0,46
P3	4,69	0,03	0,14	0,29	0,37	0,64
P7	8,64	0,01	1,32	0,41	0,14	0,24
P9	6,87	0,04	1,09	0,42	0,44	0,76
P13	6,45	0,02	0,94	0,51	0,21	0,36
P16	6,63	0,06	0,39	0,39	0,67	1,15
P19	5,65	0,09	1,54	0,14	0,92	1,59

\*Considerando o pH: Valores <5 (elevada acidez); 7 (neutro); >7,9 (elevada alcalinidade).

Fonte: LIS-UFCEG, 2018.

Correlacionando os resultados da fertilidade do solo analisado em laboratório com as classes do índice SAVI, pode-se perceber, considerando os pontos (P1, P3, P7, P9, P13, P16, P19), menores valores nos nutrientes e baixos níveis de carbono e matéria orgânica (P1, P7, P13). O solo raso com deficiência de silte e argila não sustenta os nutrientes sendo no período chuvoso quando são carregados. O crescimento vegetativo da Caatinga do Seridó não apresenta respostas satisfatórias em razão da fragmentação da cobertura vegetal, do solo arenoso com pouca umidade e sob condições de alto grau de erosão. De acordo com o mapeamento temático feito para identificação da textura dos solos (Figura 42), através dos resultados obtidos pelo laboratório, foi possível perceber a coerência e precisão que o TGSÍ gerado nos anos escolhidos mostrou ao relacionar a condição granular do município.

Figura 42 - Mapa temático das médias da textura do solo extraídas dos valores da areia, silte e argila.



Fonte: LIS-UFCG, 2018.

Percebe-se um predomínio grande de areia em todos os pontos coletados (Tabela 18), com picos mais elevados nos pontos 6 (86,46% de areia), 7 (92,09% de areia), 12 (86,60% de areia) e 13 (87,39% de areia), com uma média de 77,90% para todos os pontos estudados em razão dos aspectos pedregosos para um solo franco e arenoso em todo município. Estes resultados corroboram com os altos valores de TGSI e menor cobertura vegetal dos pontos, revelando forte correlação entre estes indicadores. Ndabula et al. (2018), pesquisando o estado da desertificação na Nigéria através do TGSI, identificou tendência temporal de aumento na intensidade e quantidade de areia fina e do engrossamento do solo. Para esses autores, o engrossamento da camada superficial do solo é um dos sinais mais visíveis da desertificação. Neste sentido, Xiao et al. (2006) já afirmava que a textura do solo é um grande indicativo de

degradação local e que o engrossamento do solo ocorre quando as partículas mais finas do solo são removidas por erosão.

Tabela 18 - Resultados da análise de solo, considerando os teores em % de areia, silte e argila do município de Juazeirinho, Paraíba.

<b>PONTO DOS SOLOS</b>	<b>AREIA (%)</b>	<b>SILTE (%)</b>	<b>ARGILA (%)</b>
1	77,98	8,66	13,36
2	68,56	11,80	19,64
3	77,98	7,49	14,93
4	74,06	8,66	17,28
5	76,41	7,09	16,50
6	86,46	4,74	11,80
7	92,09	2,38	5,53
8	72,48	11,80	15,72
9	77,98	7,09	14,93
10	85,82	3,95	10,23
11	67,00	10,23	22,77
12	86,60	3,17	10,23
13	87,39	2,38	10,23
14	76,41	7,09	16,50
15	69,35	6,31	24,34
16	71,70	11,80	16,50
17	70,14	11,80	18,06
18	79,55	5,52	14,93
19	74,84	8,66	16,50
20	85,04	5,52	9,44
<b>Média</b>	<b>77,90%</b>	<b>7,31%</b>	<b>14,22%</b>

Fonte: LIS-UFCG, 2018 (Autora).

Em situação semelhante, comprova Patrício (2017), ao estudar os solos de Cabaceiras e São João do Cariri na Paraíba, que pelos resultados analisados em laboratório, das 40 amostras de solo observados, predominou a areia, em razão do mau uso e do escoamento superficial. No entanto, Pinho (2017) ao estudar, por meio do TGSI, o solo de Irauçuba, no Ceará, para o estudo da desertificação, identificou que a grande presença de areia grossa se deve à erosão hídrica, evidenciando ainda mais as áreas pedregosas.

Os resultados de argila (14,22%) e silte (7,31%), o que evidenciam uma alta degradação do solo de Juazeirinho, para todos os pontos observados, favoreceram a presença maior da areia. No entanto, a reflectância dos grãos gerada pelo TGSI (Figura 44) nos pontos da parte leste do município, onde se encontra localizado o complexo industrial do caulim (distrito de Barra), foi mais acentuada, fato que comprova a presença de deposições de rejeitos das atividades

mineradoras, sendo esses observados em pontos próximos (8, 9, 10, 11, 14), onde há ocorrência de areia de textura grossa com camadas de colorações branca e cinza, promovendo possivelmente um processo local de “caulimização”, ou seja, a sedimentação/fixação em maior escala de rejeitos do caulim sobre o solo (Fotografia 14 A, B). Situação análoga encontrada nos estudos de Liu e Huang (2018), em que ao analisar através do TGSI o MP (Planalto da Mongólia), observaram que de 2000 a 2015, dos 13 pontos de solos analisados, camadas de areia oriundas dos desertos de Khongoryn Els e BayanGobi depositaram-se sobre as areias finas do MP, ou seja, os solos do MP apresentaram camadas de areia de deserto sobre as camadas mais finas da área estudada, situação essa em que o TGSI identificou no local a desertificação.

Por outro lado, as intervenções meteorológicas, como as chuvas e erosão eólica, que causam a retirada e transporte de partículas mais finas do solo e de rejeitos da extração mineralógica local e de outros municípios vizinhos que rejeitam os materiais do caulim nas estradas (ações antrópicas) em áreas de ravina e voçorocas, aceleram o processo da desertificação devido às condições impostas pela população (retirada da vegetação para queima e produção de lenha, agricultura com mau uso do solo, circulação de gados). As condições antrópicas de agredir severamente esse ambiente sem ações de sustentabilidade preocupam muito e mais ainda quando se sabe que todo esse impacto é também influenciado pelas condições meteorológicas que atuam nessa região de semiárido. Por outro lado, há a falta de políticas de recuperação e preservação por parte do governo local. Essa realidade assemelha-se aos resultados observados por Lamchin et al. (2016), através dos quais o mesmo expõe a grande preocupação dos graves efeitos causados pela má gestão do solo, comprometendo a criação de gado (meio econômico de sobrevivência), o desenvolvimento da vegetação, ambos influenciados também pelas condições do clima da região na Mongólia.

Nota-se, portanto, que os pontos analisados em laboratório, e as classes do TGSI, percebidos nas Fotografias 9, 10, 11, 12 trouxeram como resposta uma textura semelhante à areia de praia, arenosa e grossa, vistos em grande parte do município de Juazeirinho, precisamente nas partes norte e leste, sendo mais observada nos anos de 2010 a 2016 comprovando tendência à desertificação. A Fotografia (13 A, B, C, D e E) mostra essa realidade e como os indícios de desertificação se revelam nessa área.

Fotografia 13 – Fotografias que registram os impactos no solo e vegetação causados pelo caulim. Solo esbranquiçado evidenciando a caulimização (A, B) – vegetação fragmentada coberta de rejeito do caulim (C) - Açude do distrito da Barra, contaminado pelos rejeitos da mineração (D - período considerado úmido) - Açude da Barra no período seco (E).



Fonte: Autora (visita *in loco*), 2018.

A reflectância (maior energia de pixels do solo) trouxe boa resposta aos mapeamentos quanto à pedologia (Planossolo Nártico Órtico e ao Neossolo Litólico). De acordo com a EMBRAPA (2007), solos com texturas variadas com essa classe pedológica impossibilitam a prática de uma agricultura eficiente, devido as poucas condições que o solo oferece para o plantio, em razão de ser pouco fértil, raso e pedregoso, por não dispor de silte e argila em grandes quantidades adequadas. Isso demonstra a baixa produção por parte dos agricultores caririzeiros quando plantam milho, feijão, tomate, batata, situação que compromete a renda

familiar, fazendo com que o pequeno produtor busque por outras atividades de maneira rápida sem medir as consequências socioambientais. É preciso aprofundar-se mais quanto aos estudos da desertificação. O semiárido nordestino apresenta um clima complexo que pode ou não interferir em diversos estudos. Além disso, é preciso ação eficaz e compromisso por parte das autoridades governamentais em criar políticas públicas que mitiguem os impactos e combatam a desertificação. Pontua-se nestas evidências pesquisadas uma dialética de resultados quantitativos, mas que os indicadores social, físico-biológico e geotécnico se interligam trazendo à tona uma grave resposta a esse ambiente marcado pela prática da mineração.

#### 4.2.3.3 Risco à Erosão

Quanto aos mapas de risco à erosão (Figuras 43 e 44), os mesmos foram obtidos em caráter espaço-temporal a fim de definir o índice de vulnerabilidade que se encontra o solo do município de Juazeirinho, dos anos de 1984, 1990, 2000 e 2016, os quais seguiram a seguinte sequência proposta por Crepani et al. (2001):

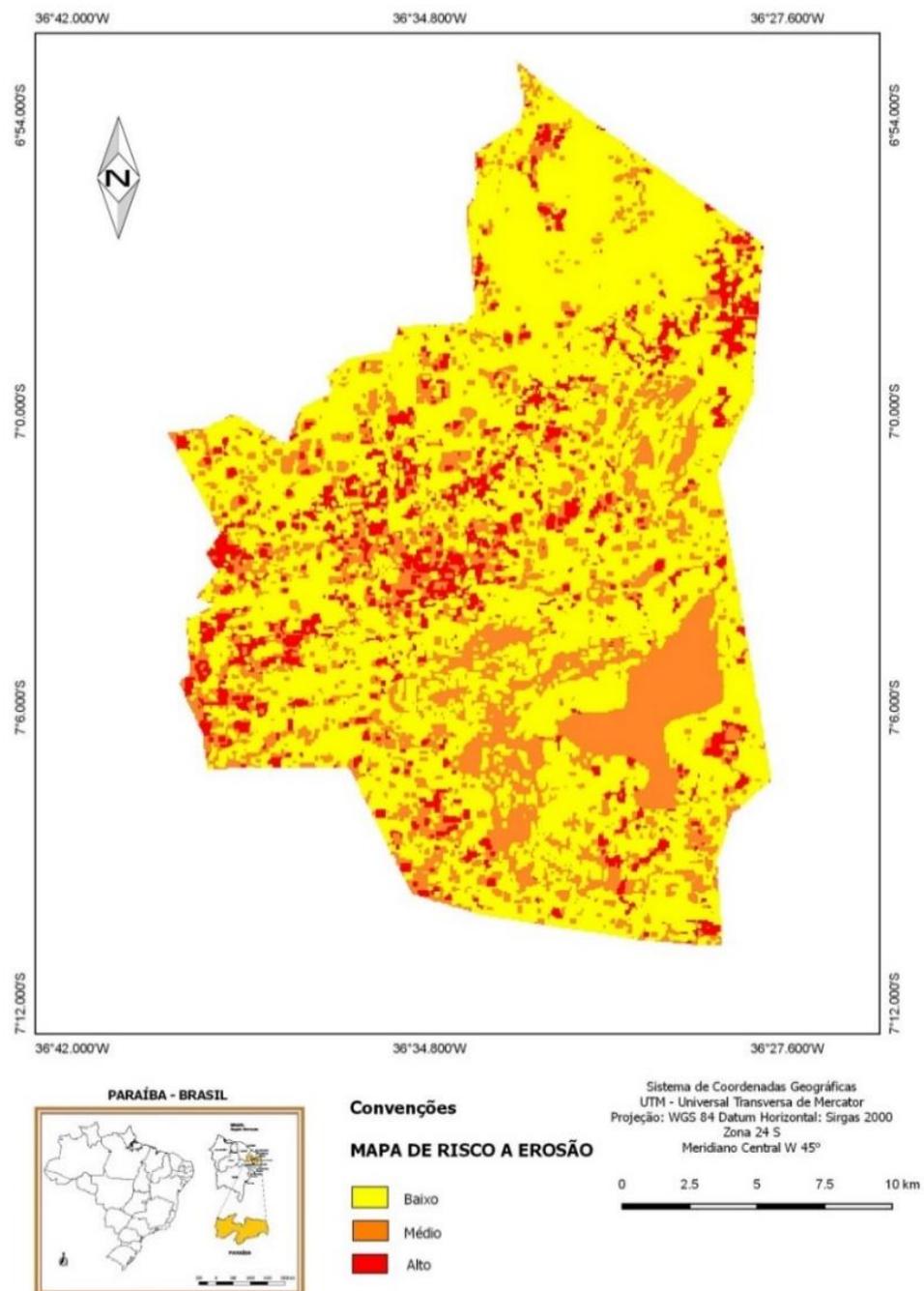
---

$$\text{Geologia+Pedologia+Climatologia+Declividade+Cobertura} \\ \text{Vegetal=Risco à Erosão}$$

---

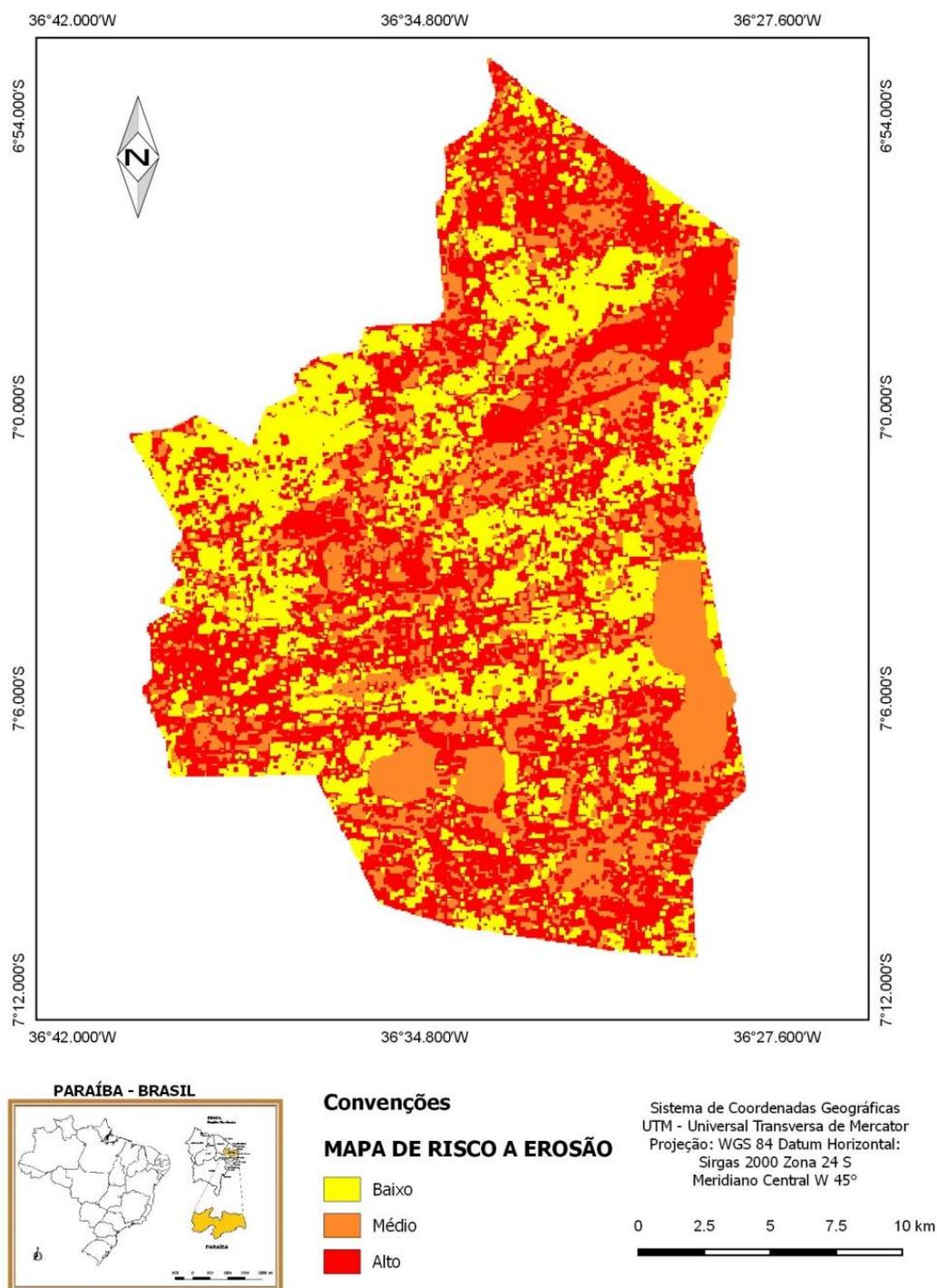
Ferreira et al. (2017), analisando a susceptibilidade à desertificação na bacia hidrográfica do rio Pontal, Pernambuco, utilizando o cruzamento de cartas dos atributos de uso e cobertura da terra, solos, declividade, potencial erosivo da chuva e índice de aridez, constataram que a retirada da cobertura vegetal é a principal causa das áreas de maior risco. Santos e Aquino (2017), avaliando o risco à desertificação nos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí através do Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC), encontraram aumento na classe moderadamente alta no NDVI (0,1% e 1,7 %) em 1985 e 2009 respectivamente. O risco à desertificação aumentou de 46.78 em 1985 para 46.86 em 2009. Os pesquisadores consideraram esses resultados moderados e inferiram esse fato a partir da redução da extração mineral, redução do rebanho de caprinos e de aumento de áreas com plantio de cajueiro no período estudado.

Figura 43 - Mapa de risco à erosão do município de Juazeirinho, Paraíba, ano 1984.



Fonte: Dados da autora, 2018.

Figura 44 - Mapa de Risco à erosão do município de Juazeirinho, Paraíba, ano 2016.



Fonte: Dados da autora, 2018.

Através dos procedimentos de SIG, observou-se uma correlação existente entre as variações dos índices risco à erosão com o SAVI apresentado, haja vista que através da supressão da vegetação acabou ocorrendo um efeito negativo para a ocorrência de maiores classes de nível médio e alto, apresentadas nas Figuras 43 e 44. Assim, a avaliação temporal já

mostra essa realidade, quando se observa uma gradativa perda de vegetação, o assoreamento das fontes hídricas e o aparecimento de mais solos descobertos, indicando a impossibilidade de áreas para a agricultura. No entanto, esses valores de áreas já vulneráveis à desertificação, como revela o ano de 2016 com 217.686,12 km<sup>2</sup> (Tabela 19), só não são maiores porque ocorreram interferências de chuvas que de maneira atípica aparecem na região do semiárido. A ferramenta do ArcMAP 10.2.1, *Spatial Analyst Tools (Reclassify e Math)* foi também utilizada para o cálculo final, através da qual foram obtidos os valores das áreas em km<sup>2</sup> como segue na Tabela 19.

Tabela 19 - Situação referente aos riscos à erosão observados nos anos de 1984 e 2016 do município de Juazeirinho, Paraíba.

Ano	Situação das Classes	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
1984	Alto	50.156,44	10,73
	Médio	125.564,29	26,86
	Baixo	300.151,81	64,20
2016	Alto	217.686,12	46,56
	Médio	153.649,61	32,86
	Baixo	96.987,96	20,74
	Município*	467.537,00	100

\*Município referente aos anos de 1984 e 2016.

Fonte: ArcMAP 10.2.1, 2018.

Pode-se observar um significativo aumento de áreas erodidas, mais precisamente no ano de 2016, abrangendo praticamente metade do município de Juazeirinho, de acordo com a distribuição das classes obtidas, levando em consideração também a soma dos atributos, onde cada um contribuiu para uma resposta negativa nessa região de Caatinga, devido às práticas inadequadas do mau uso do solo, da prática da mineração, pouco interesse de conservação e as práticas agropecuárias. Os resultados obtidos por área e porcentagem (Tabela 19) revelam tendência crescente nas classes “alto e médio” e diminuição na classe “baixo”, lamentavelmente comprometendo o desenvolvimento e sustentabilidade local. Para Ribeiro et al. (2009), as sucessivas ações antrópicas decorrentes de sua produção econômica e agrícola são a causa maior da degradação dos solos no semiárido nordestino.

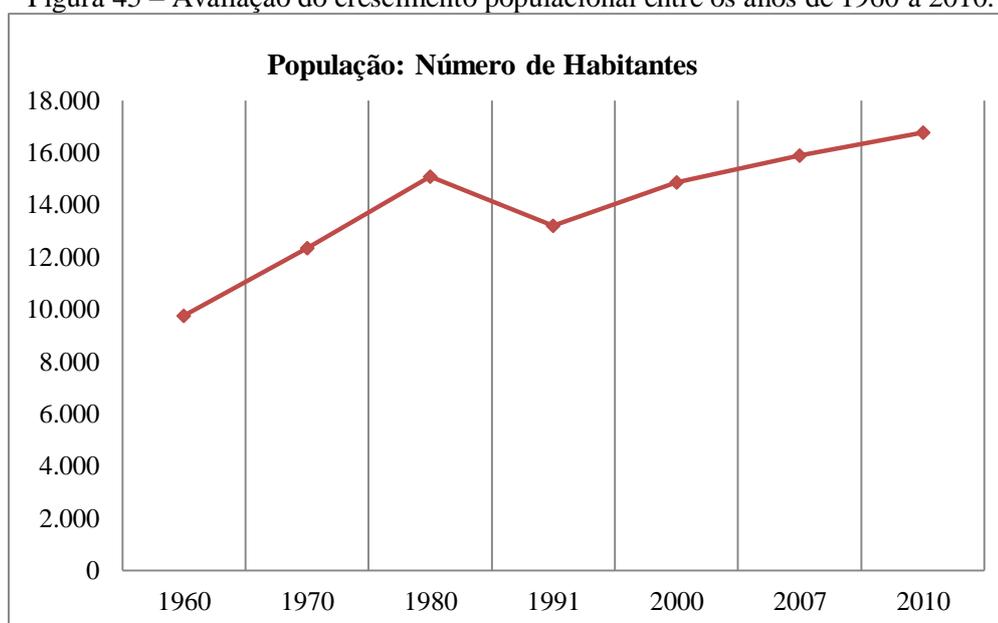
#### 4.2.4 Indicadores socioeconômicos

O levantamento e análise dos indicadores socioeconômicos tem como ponto de partida o crescimento populacional, seguido de outros indicadores que se relacionam entre si e são considerados fundamentais na compreensão do objeto de pesquisa.

#### 4.2.4.1 Evolução da População

A população do município de Juazeirinho passou por diferentes e relevantes fases demográficas ao longo das décadas de 1960 a 2010, conforme se apresenta no gráfico da Figura 45. Neste sentido, é possível observar que entre 1960 a 1980 esse crescimento foi ascendente com valores de 9.762, 12.338 e 15.083, respectivamente. No entanto, a partir desse período precisamente entre 1980-1991 ocorreu uma redução/estagnação significativa, quando reinicia outro ciclo de crescimento mais modesto. Esses resultados podem estar relacionados com vários fatores, dentre os quais pode-se destacar a taxa de nascimento, mortalidade, migrações e, por consequência, o Índice de Desenvolvimento Humano. Esses são indicadores que estão fortemente atrelados e de difícil dissociação por se retroalimentarem. Todos esses resultados podem estar vinculados direta ou indiretamente com o processo de desertificação que vem acometendo em todo Seridó paraibano. Ao longo dessa pesquisa, é possível no mínimo inferir tal fato.

Figura 45 – Avaliação do crescimento populacional entre os anos de 1960 a 2010.



Fonte: IBGE, 2010b.

De acordo com o IBGE (2010b), a distribuição populacional do município de Juazeirinho é melhor percebida na zona urbana, considerando a busca por melhores condições de vida e de trabalho, apresentando uma densidade demográfica de 35,69 habitantes. Dados mais recentes divulgados pelo PNUD/IPEA (2014) apresentam o município com 37,94 hab/Km<sup>2</sup> em 2014, mostrando a constante e acelerada concentração populacional, visto que em 1999 esse resultado era de 28,77 hab/Km<sup>2</sup>. Conforme Matallo Junior (2001), na semiaridez 20hab/km<sup>2</sup> já representa significativo potencial de pressão ambiental. Em 2013, o ADH (Atlas do Desenvolvimento Humano) do Brasil apresentou um pequeno crescimento populacional em Juazeirinho, nos anos 2000 até 2010, mostrando que foi acrescido 1,21% de acordo com a média total da população. Esse crescimento deve-se possivelmente ao “bum” econômico da mineração, que vem mudando a vida dos agricultores locais e demais trabalhadores. De acordo com a Lei Municipal n°334/2000 foi criado um distrito próximo ao centro da cidade, voltado para a indústria e comercialização do caulim. No entanto, sua extração e beneficiamento são mal administrados, o que leva a surgir para a população um grave impacto ambiental.

O distrito, chamado de Barra, faz parte dos pontos em que foram coletados os solos para avaliação físico-química do trabalho. Em contribuição ao processo que envolve o crescimento populacional, tanto no distrito da Barra como nos povoados vizinhos (EDB, 2018), destacou-se em recente pesquisa feita em 2016, que Juazeirinho possui oito empresas, sendo essas observadas na Tabela 20.

Tabela 20 – Empresas de minérios que atuam no município de Juazeirinho, Paraíba.

<b>Nome da empresa</b>	<b>Ano de Inauguração</b>
ALEXANDRE FERREIRA TAVARES – ME	2004
MP BENEFICIAMENTO E COMÉRCIO DE CAULIM LTDA - EPP	2004
BARRA MINERAÇÃO - EDSON MOTA - ME	2010
UBM MINÉRIOS - UILERMANDO BARBOSA DE LIMA - ME	2011
TH MINÉRIOS - TH MINÉRIOS COMÉRCIO LTDA - ME	2011
MMS MINERAÇÃO LTDA - MMS EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE MINÉRIOS LTDA - ME	2012
AR CERÂMICA - AR CERÂMICA LTDA - ME	2012
GSC-BENEFICIAMENTO DE SILICATOS E CARBONATOS LTDA	2013

Fonte: EDB, 2018.

Com relação ao serviço prestado por parte dos funcionários, Silva (2012), ao estudar as vulnerabilidades das condições de trabalho nas jazidas de caulim em Juazeirinho, observou em quatro indústrias, identificadas com 49 funcionários no total, a crescente oferta de trabalhos sem qualquer benefício de salubridade ao trabalhador.

#### 4.2.4.2 Desenvolvimento Humano

Ainda de acordo com o ADH do Brasil (2013), nos anos 1991 a 2010 (Tabela 21), os valores no IDHM do município mudaram de 0,282, em 1991, para 0,567, em 2010, enquanto que o IDHM da Unidade Federativa (UF) passou de 0,493 para 0,727, apresentando taxa de crescimento de 101,06% para o município e 47% para o estado da Paraíba, e em uma taxa de redução do desenvolvimento humano de 60,31% para o município e 53,85% para a Paraíba. No município, o índice que mais cresceu em termos absolutos foi o da Educação (com crescimento de 0,322). Esse valor é extremamente questionado quando analisado por especialistas da área, principalmente ao correlacioná-lo com a qualidade e transformações efetivas de comportamento socioambiental, seguida por Longevidade e por Renda. Em se tratando de Estado, a Paraíba seguiu essa mesma sequência lógica em dimensão e crescimento, apresentando crescimento em educação (0,358), seguida por Longevidade e por Renda.

Tabela 21 - Índice de Desenvolvimento Humano –IDHM do município de Juazeirinho, Paraíba.

<b>Ano</b>	<b>Educação</b>	<b>Longevidade</b>	<b>Renda</b>	<b>IDHM</b>
<b>1991</b>	0,113	0,500	0,395	0,282
<b>2000</b>	0,227	0,640	0,471	0,409
<b>2010</b>	0,435	0,753	0,557	0,567

Fonte: IBGE, 2010b.

Quanto à distribuição de renda do município, o ADH revela que a renda per capita média de Juazeirinho cresceu 173,02% nas últimas décadas, passando de R\$ 93,65, em 1991, para R\$ 150,21, em 2000, e para R\$ 255,68, em 2010. Demonstrando uma taxa média anual de crescimento nesse período de 5,43%. A taxa média anual de crescimento foi de 5,39%, entre 1991 e 2000, e 5,46%, entre 2000 e 2010.

Conforme o Atlas de desenvolvimento humano (ADH), a proporção de pessoas pobres com renda domiciliar per capita inferior a R\$ 140,00 (a preços de agosto de 2010), passou de

83,53%, em 1991, para 62,48% em 2000 e para 40,72%, em 2010. O quesito desigualdade de renda (Tabela 22), nestes períodos analisados, pode ser descrito através do Índice de Gini, que apresentou valores de 0,50 em 1991, 0,50 em 2000 e 0,51 em 2010, resultados validados e oficializados em 2013 pelo ADH, evidenciando uma verdadeira estagnação nesse quesito. Para Lima (2017), o analfabetismo contribui para o não exercício da cidadania e práticas inadequadas de produção. A pobreza apresenta alto potencial de força motriz da desertificação porque a falta de atendimentos básicos à sobrevivência conduz a população a explorar o meio ambiente de forma insustentável. Esse mesmo autor identificou no Seridó potiguar e paraibano que 40% da população rural está abaixo da linha da pobreza, inclusive o município de Juazeirinho-PB.

Tabela 22 - Renda, Pobreza e Desigualdade no município de Juazeirinho, Paraíba.

Indicador	Anos		
	1991	2000	2010
Renda (R\$)	93,65	150,21	255,68
População Econômica Ativa	5.129	5.253	7.950
Pobres (%)	83,53	62,48	40,72
Índice de Gini	0,50	0,50	0,51

Fonte: BRASIL, 2013.

#### 4.2.4.3 Extração Vegetal

O semiárido nordestino, em especial na Paraíba, tem como principal recurso natural o Bioma da Caatinga, recurso esse que é limitado e sensível devido ao clima típico da região. Sendo assim, o recurso florestal paraibano vem sofrendo ações extrativistas, onde pelo menos 16% dos 46% do Nordeste sofreu extração de árvores para confecção de lenhas sendo essa avaliação há 10 anos atrás, 2008, pelo BRASIL (2010).

No município de Juazeirinho, o produto extrativo para produção de lenha (Tabela 23) vem das espécies arbóreas nativas da Caatinga, o Angico (*Anadenanthera macrocarpa*), Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) e também a exótica Algaroba (*Prosopis julifloras*), muito presentes na região para serem destinadas às olarias e indústrias de mineração. De acordo com o IBGE (2010b) e pesquisas feitas em campo, pode-se observar através de uma análise temporal que houve uma considerada redução do Carvão vegetal, mais exatamente entre os anos de 2000-2008, com apenas 1-2 t de Carvão vegetal e lenha em 2006 e 2007 de 4.914 e 5.307. Os totais

encontrados somaram no município foram 527 para o Carvão Vegetal e de Lenha totalizou-se 360,429 (m<sup>2</sup>).

Tabela 23 - Situação temporal da extração vegetal do município de Juazeirinho, Paraíba.

<b>Tipo de Produto Extrativo</b>		
<b>Ano</b>	<b>Carvão vegetal (t)</b>	<b>Lenha (m<sup>2</sup>)</b>
1986	52	19.686
1987	42	17.717
1988	21	15.015
1989	20	18.000
1990	50	18.000
1991	49	18.500
1992	55	15.000
1993	55	15.000
1994	55	20.000
1995	47	17.000
1996	12	11.000
1997	7	13.000
1998	5	9.104
1999	4	6.828
2000	2	9.559
2001	2	11.470
2002	1	8.029
2003	2	6.825
2004	1	5.460
2005	1	5.460
2006	1	4.914
2007	1	5.307
2008	2	5.837
2009	5	10.816
2010	5	8.897
2011	5	9.786
2012	4	8.700
2013	4	9.570
2014	5	10.527
2015	6	12.106
2016	6	13.316
<b>Total</b>	<b>527</b>	<b>360.429</b>

Fonte: IBGE, 2010 e Dados obtidos em campo, 2017.

O maior consumidor de lenha na Paraíba é a indústria de tijolos e cerâmicas, valendo destacar os principais polos dessa indústria, sendo um em João Pessoa e outro em Santa Luzia, onde utilizam cerca de 900.000 st.ano-1 de lenha (CTGÁS, 2012). Ainda de acordo com o MMA, existem municípios que exploram a vegetação de grande porte clandestinamente ou sem licenciamento com base na Lei nº12.651/2012 do Código Florestal.

Com base nos resultados dessa pesquisa sobre as questões socioeconômicas e tecnológicas, é possível inferir sobre as condições ambientais da área pesquisada. No entanto, percebe-se que essas dimensões são insuficientes quando analisadas isoladamente para determinar o processo de desertificação. Para Matallo Junior (2001) não é possível pensar que a desertificação seja necessariamente causa de deserto econômico. Isso mostra a complexidade do fenômeno no tocante a causas, efeitos e mitigação. No entanto, é possível dizer que em regiões de extração e beneficiamento do mineral caulim é preciso maior compromisso e atenção (monitoramento) com as implicações da vulnerabilidade socioeconômica e com a redução dos impactos e recuperação das áreas degradadas por essa atividade.

De forma abrangente, esta pesquisa evidencia dialéticas (contradições, negações e luta de contrários) que ocorrem no ambiente analisado por meio de indicadores de **situações** e de **desertificação** que revelam no tempo e espaço a evolução do processo de desertificação. Isso implica em assegurar que os métodos utilizados (Indutivo e materialismo dialético) para apreensão da realidade foram satisfatórios. Logo, o processo de desertificação apresenta-se naturalmente material, subjetivo e multidisciplinar.

## 5 CONCLUSÕES

Em suma, o estudo da mineração do caulim no Seridó paraibano possibilitou o levantamento de um corpo de dados bastante significativo para a área de Desenvolvimento e Meio Ambiente, sobretudo, de desertificação:

- A extração e beneficiamento do mineral caulim no município de Juazeirinho vêm ao longo do tempo desencadeando alteração espacial, deixando o solo do Seridó paraibano marcado com grave erosão.
- Os resultados de erosão revelam tendência crescente com diminuição na classe de risco “baixo” e aumento nas classes “médio e alto”, sobretudo, no Distrito de Barra, comprometendo 46,56% da área total do município.
- O uso e ocupação do solo sem planejamento e gestão adequada dos recursos naturais, principalmente pela prática da mineração, contribui para evolução da vulnerabilidade local, refletida no teor da perda de areia fina e engrossamento da camada superficial do solo, acelerando o processo de desertificação.
- O SAVI do período seco (2000, 2016) trouxe resposta de uma redução na cobertura vegetal, enquanto que, no período úmido (1984, 1990, 2010), o SAVI teve aumento médio (0,50 – 0,90), com IA variando entre 0,2 e 0,5, reduzindo as médias do TGSI.
- O modelo de extração e beneficiamento do caulim no município de Juazeirinho, Paraíba tende a produzir um fenômeno próprio e localizado: caulimização do solo.
- As condições socioeconômicas da área estão indiretamente afetadas pelos indicadores naturais (climáticos, geomorfológico, pedológico) e diretamente pelas ações antrópicas.
- Os impactos negativos observados no solo, água e condições socioeconômicas do município evidenciam a evolução do processo de desertificação.
- A instabilidade pluviométrica interferiu nos valores de SAVI, IA e TGSI, revelando tendência de risco médio e severo à desertificação no município.
- Os resultados obtidos nesta pesquisa evidenciam que a gênese e crescimento do processo de desertificação no Seridó da Paraíba, particularmente no município de Juazeirinho, é produto de uma construção social, antrópica e histórica com o processo da mineração.

## REFERÊNCIAS

AB’SÁBER, A. N. Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical. **Caderno documental do Semiárido**, Editora: (USP), São Paulo, p. 1 – 20, 1977.

ABRAHAM, E. M.; MONTAÑA, E.; TORRES, L. Procedimiento y marco metodológico para la obtención de indicadores de desertificación en forma participativa. *In*: ABRAHAM, E. M.; BEEKMAN, G.B. (ed.). **Indicadores de la América del Sur**. Mendoza, Argentina: IICA-BID, 2006.

ACCIOLY, L. J.; PACHECO, A.; COSTA, T. C. C.; LOPES, O. F.; OLIVEIRA, M. A. J. Relações empíricas entre a estrutura da vegetação e dados do sensor TM/Landsat. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.492 - 498, 2002.ISSN 1807-1929.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (AESAs). **Concremat**, Governo do Estado da Paraíba, 2006. Disponível em: [http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/PE\\_09.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/PE_09.pdf). Acesso em: 08 ago. 2018.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (AESAs). **Volumes dos açudes**. Campina Grande, 2017. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 25 jun. 2017.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (AESAs). **Comitê de Bacias**. João Pessoa, 2018. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 12 out .2018.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (AESAs). **Meteorologia (previsão do tempo)**. Campina Grande, 2019. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 08 mai. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Sistema de Informações Hidrológicas**, 2019. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>. Acesso em: 10 mai. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM) -. **SIGmine**, 2018. Disponível em: <https://www.anm.gov.br/sigmine-kmz>. Acesso em: 10 set. 2018.

ALBUQUERQUE, P. E. P. Manejo de irrigação na cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo**. Sistema de Produção, v. 1. Versão Eletrônica - 6ª ed., 2010. ISSN 1679-012X.

ALMEIDA, H. A. **Climatologia aplicada a Geografia**. UEPB. Campina Grande, PB, Publicação Didática, 2008, 112p.

ALMEIDA, N. V.; CUNHA S.B; NASCIMENTO, F. R. A cobertura vegetal e sua importância na análise morfodinâmica da bacia hidrográfica do rio Taperoá – nordeste do Brasil/ Paraíba. **Revista Geonorte**. Edição Especial, v.3, n.4, p. 365-378, 2012.ISSN 2237-1419.

ALVES, J. J. A. **Biogeografia**. Ed. Fotograf., João Pessoa, 2008, 108p.

ALVES, J. J. A. Geocologia da Caatinga no Semiárido do Nordeste brasileiro. **Revista Climatologia e Estudos da Paisagem**. Rio Claro, UNESP, v. 2, n. 1, 2007. ISSN 1980-654X.

ALVES, J. J. A.; SOUZA, E. N.; NASCIMENTO, S. S. Núcleos de desertificação no estado da Paraíba. **Revista RAEGA**, editora UFPR, Curitiba-PR n. 17, p. 139-152, 2009. ISSN 2177-2738.

ALVES, T. L. B. **Avaliação do nível de degradação das terras (desertificação) no alto curso do rio Paraíba**. 151f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Universidade Federal de Campina Grande, 2016.

ANDRADE, M. V. **Análise da Sustentabilidade na mineração de caulim no município de Junco do Seridó-PB**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Universidade Federal de Campina Grande-PB: Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 176p, 2015.

ARAÚJO, L. E. **Climatologia e vulnerabilidade socioeconômica e ambiental da bacia hidrográfica do Rio Paraíba: estudo de caso do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão)**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Universidade Federal de Campina Grande, 121p, 2010.

ARAUJO, J. A.; SOUZA R. F. Abordagens sobre o processo de desertificação: uma revisão das evidências no Rio Grande do Norte. **Revista GeoSul**, Florianópolis. 32, 122-143, 2017.

AUBREVILLE, A. **Climats, forêts et desertification de l'Afrique tropicale**. Paris: Société des Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales, 1949.

BARBOSA, M. P.; PEREIRA, D. D; ARAUJO, A. **Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca** - Termo de Referência. Campina Grande-PB: UFPB, 2005.

BARROS, A. P; BARBOSA, M, P. Governança e sustentabilidade institucional das políticas de combate à desertificação no Brasil: uma análise comparativa com as instituições e processos globais da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCD). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.08, n.05 (2015), p.1470-01481. ISSN 1984-2295.

BENDER, S.; BELLO, E. **GIS applications for natural hazard management in Latin America and the Caribbean**. Washington D.C: Department of Regional Development, Organization of American States, 1993.21p.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, n. 13, p. 1-27, 1971.

BRASIL. Decreto Nº 97.632 – 10 de abril de 1989. Regulamentação do artigo 2, inciso VIII, da Lei n o 6.938 de 31 de agosto de 1981, e outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. 1989.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**. 3. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005a. Disponível em:

[http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr\\_desertif/\\_arquivos/unccd\\_portugues.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/unccd_portugues.pdf). Acesso em: 05 ago. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. Secretaria de Recursos Hídricos, 2005b, 230p.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semiárido Brasileiro**. Brasília, 32p. 2005c. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=152487&biblioteca=CPATSA&busca=autoria:%22BRASIL.%20Minist%C3%A9rio%20da%20Integra%C3%A7%C3%A3o%20Nacional.%22&qFacets=autoria:%22BRASIL.%20Minist%C3%A9rio%20da%20Integra%C3%A7%C3%A3o%20Nacional.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 03 out. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Atlas das áreas suscetíveis à desertificação do Brasil**. Brasília: MMA, 2007. 134p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Manejo dos Recursos Florestais da Caatinga**. 2010. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/files/2008/>. Acesso em: 12 mai. 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.651, 25 de maio de 2012**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 28 ago. 2018.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral** / Coordenadores Thiers Muniz Lima, Carlos Augusto Ramos Neves Brasília: DNPM. v.1, 136p, 2012. ISSN 0101 2053.

BRASIL. Atlas do Desenvolvimento Humano - ADH, 2013. **Educação**. 14p. Disponível em: <https://www.atlasbrasil.org.br/2013/>. Acesso em: 12 ago. 2017. ISSN 2177-5230.

CAETANO, F. A. O.; GONÇALVES, D.S.L.; TEIXEIRA, R.N.; LEMOS, J. Desertificação no Nordeste brasileiro: uma análise das vulnerabilidades socioeconômicas do município de Irauçuba-CE. **Revista Espacios**, v.38, n.39, p.14-26, 2017, ISSN: 0798-1015.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. 1999. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/livros.html>. Acesso em: 08 de agosto de 2018.

CANDIDO, H. G.; BARBOSA, M. P.; SILVA, M. J. Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó paraibano. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 6, n. 2, p. 368-371, 2002.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.140-147, 2006.ISSN 1807-1929.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Brasília, DF: 2016. 252p. ISBN 978-85-5569-112-6.

CENTRO DE TECNOLOGIA DO GÁS E ENERGIAS RENOVÁVEIS (CTGAS). Diagnóstico da indústria de cerâmica vermelha do estado do Rio Grande do Norte. **Relatório Final**. Natal: CTGAS-ER/MCT/SEBRAE-RN, 2012. 134 p.

CHAVES, I.B.; FRANCISCO, P.R.M.; LIMA, E. R.V.; CHAVES, L. H. G. Modelagem e mapeamento da degradação da caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.28, n.1, p183-195, 2015.ISSN 1983-2125.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Editora: Edgard Blücher- LTDA, 1999. 256p. ISBN: 9788521201-779.

CIRILO, J. A.; JAIME, J. S. P.; CABRAL, J. P. C.; FERREIRA, J. P. C. L.; OLIVEIRA, M. J.P.M.; LEITÃO, T. E.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; GÓES, V.C. **O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semiáridas**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2007. 507p.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Carta geológica folha SB.24-Z-D –III Boqueirão**. Escala 1:100.000. Org. Claudio Scheid e Cicero Alves Ferreira. Brasília, 1993, 164p.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). SANTOS, E. J; FERREIRA, C. A.; SILVA J. J. M. F. **Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba**. Org. Edilton José dos Santos, Recife: CPRM, 2002. 142 p. il. 2 mapas. Escala 1:500.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Subprograma Mapas Estaduais. Executado pela CPRM -Serviço Geológico do Brasil -Superintendência Regional do Recife-PE.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Juazeirinho, estado da Paraíba**. Org. João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife, 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resoluções do Conama: resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008 – 2. ed. / **Conselho Nacional do Meio Ambiente** – Brasília: Conama, 2008. 928p. Disponível em: [http://www.mp.ro.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=36ba5026-f7d8-4381-b984-3f6915382973&groupId=561198](http://www.mp.ro.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=36ba5026-f7d8-4381-b984-3f6915382973&groupId=561198). Acesso em: 08 ago. 2018.

CONTI, J. B. **Desertificação nos trópicos: Proposta de metodologia de estudo aplicada ao Nordeste Brasileiro**. Tese (Docência) - Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP. São Paulo, 1995. 265p.

CONTI, J. B. O conceito de desertificação. **Revista Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 3, n. 2, p. 39-52, Rio Claro, SP, 2008, ISSN 1980-654X.

CORDEIRO, A. M. N.; BASTOS, F.H.; MAIA, R.P. Caracterização geoambiental e compartimentação geomorfológica da Serra do Quincuncá e Entorno. Nordeste, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v.34, p.106-121, 2017.

COSTA, M. S.; LEVIT, V.; FEDOROVA, N. Padrões de Circulação Atmosférica no Nordeste Brasileiro dos Eventos de Vórtices Ciclônico de Altos Níveis com Correntes de Jato. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.6, n.4, p.794-804, 2013. ISSN 1984-2295.

COSTA, G.J.A.; VIEIRA, C.I.P. Geotecnologias para análise da vulnerabilidade ambiental do Núcleo de Desertificação do Piauí. **Cadernos Prudentino**, n.40, v. 2, p.59-76, jul/dez, 2018.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, G.T; BARBOSA, F.C.C.; DUARTE, V. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico – econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, p. 8454, 2001.

DANTAS, H. F. S. A.; SILVA, J. A. L; MEDEIROS, L. N. C. Análise da exploração minerária e seus impactos, visando a recuperação de áreas degradadas: estudo de caso no município de Pedra Lavrada-PB. **Geoambiente** on-line, UFG, Jataí-GO, n.25, 2015.

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE (DCA/UFCG). 2017. Disponível em: <http://www.dca.ufcg.edu.br/clima/chuvapb.htm>. Acesso em: 3 mar. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório de Atividades**, 2001. 41p. Disponível em: <https://www.anm.gov.br/dnpm/relatorios/...atividades/relatorio...atividades...2001/>. Acesso em: 03 out. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório de Atividades** (2014). Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/>. Acesso em 03 out. 2017.

DOURADO, C. S. **Áreas de risco de desertificação**: cenários atuais e futuros frente às mudanças climáticas.141f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas-SP, 2017.

DREGNE, H.E. Land degradation in drylands. **Arid Land Research and Management**, v.16, p.99-132, 2002.

DUARTE, R. Seca, pobreza e políticas públicas no nordeste do Brasil. In: Ziccardi, Alicia (Org.). **Pobreza, desigualdad social y ciudadanía: los límites de las políticas sociales en América Latina**. Buenos Aires: Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO), p. 425-440, 2001.

DUNCK, G. C. S. **Núcleos de desertificação no nordeste brasileiro**: causas e consequências. 119 f. Dissertação (Mestrado em Direito) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Relações Internacionais e Desenvolvimento, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Documentos, Rio de Janeiro, 2ed.,1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 2018. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/solos-do-brasil>. Acesso em: 18 set. 2019.

EMPRESAS DO BRASIL (EDB). **Lista de empresas de extração de Caulim e gesso em Juazeirinho – PB**. 2018. Disponível em: <https://empresasdobrasil.com/empresas/juazeirinho-pb/extracao-de-gesso-e-caulim>. Acesso em: 02 set. 2018.

FARIAS, A. A. **Caracterização e análise das secas na sub-bacia hidrográfica do Rio Taperoá e avaliação dos impactos e ações de convivência com a seca de 2012-2014 no município de Taperoá – PB**. 185p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2016.

FARIAS, C. E. G.; COELHO, J. M. **Relatório perspectivas do meio ambiente para o Brasil**. GEO-BRASIL, 2002. Brasília: CPRM, 2002. 31p.

FARIAS, C. C. R. **O mapa e a trama da apropriação do subsolo na porção paraibana da província pegmatito da Borborema**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) - Universidade Federal da Paraíba-UEPB, João Pessoa, p.101, 2015.

FEDERAÇÃO CATARINENSE DE MUNICÍPIOS (FECAM). **Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Municipal Sustentável – SIDMS: Metodologia das Variáveis do IDMS 2014**. Disponível em: [https://indicadores.fecam.org.br/uploads/385901\\_Metodologia\\_IDMS\\_2014.pdf](https://indicadores.fecam.org.br/uploads/385901_Metodologia_IDMS_2014.pdf). Acesso em: 30 nov. 2016.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DA PARAÍBA (FIEP). **Cadastro Industrial dos Municípios Paraibanos**, Campina Grande, 2010.

FERREIRA, F.F.; ALVES, J. M. B. Avaliação de mudanças climáticas no semiárido do Nordeste do Brasil. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.12, n.01, p.53-72, 2015.

FERREIRA, P. S.; SANTOS, A. M.; FERREIRA, J. M.S; FERREIRA, H. S.; GALVÍNCIO, J.D. Análise da Susceptibilidade à desertificação na bacia hidrográfica do rio Pontal-Pernambuco, Brasil. **Investigaciones Geográficas**, Chile, n.53, p.37-50, 2017.

FERREIRA, D. G.; MELO, H. P.; RODRIGUES NETO, F. R.; NASCIMENTO, P. J. S.; RODRIGUES, V. Avaliação do Quadro da Desertificação no Nordeste do Brasil: Diagnósticos e Perspectivas. *In*: Conferência Nacional da Desertificação, Fortaleza. **Anais[...]** Brasília, Fundação Grupo Esquel Brasil, 1994. p. 7-55.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Brasília - DF. 2005. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos\\_sm.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf). Acesso em: 30 de agosto de 2018.

FIGUEIREDO, V. S.; MONTEIRO, T. R. R.; FIGUEIREDO, I. D. Os conflitos socioambientais causados pela exploração de minérios no município de Juazeirinho-PB. *In*: XV INIC- Encontro Latino Americano de Iniciação Científica. **Anais[...]** Univap, São Paulo, 2011.

FORTE, J. F. **Cooperativas de Pequenos Mineradores: a Experiência nos Garimpos de Pegmatitos do Nordeste**. 162f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas: UNICAMP, 1994.

FUNDO INTERNACIONAL DE EMERGÊNCIA PARA A INFÂNCIA DAS NAÇÕES (UNICEF). **Situação mundial da infância: adolescência, uma fase de oportunidades**. Brasília, DF. 2011. Disponível em:

[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GSAeK\\_uLwb8J:www.andi.org.br/infancia-e-juventude/documento/situacao-mundial-da-infancia-2011-adolescencia-um-fase-de-oportunidad+&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GSAeK_uLwb8J:www.andi.org.br/infancia-e-juventude/documento/situacao-mundial-da-infancia-2011-adolescencia-um-fase-de-oportunidad+&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br). Acesso em: 12 mai. 2019.

GONÇALVES, E.P. **Conversas sobre a iniciação científica**. Campinas-SP. Editora Alínea, 5ª ed.p.67-70, 2011.

HENRIQUES, I.G.N.; SILVA, R.M; SILVA, L.P. **Análise espacial de processos hidrosedimentológicos na bacia do Rio Taperoá-PB**. In: XVII Simpósio Brasileiro de geografia física aplicada e I Congresso Nacional de geografia física na fronteira do conhecimento. UNICAMP-Campinas-SP, p.5158-5169, 2017. ISBN: 97885853693.

HUETE A. R, LIU H. Q, BATCHILY, K, LEEUWEN, W.V. **A Comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS**. Remote Sensing of Environment 1997; 59(3): 440-451. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00112-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00112-5). Acesso em: 30 de agosto de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Clima 2010a**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 08 ago. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010b**. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 26 ago. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Portal de mapas. **Mapa físico da Paraíba**. 2018. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa412>. Acesso em: 04 out. 2019.

INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DAS FLORESTAS (ICNF). **LUCINDA - Land Care in Desertification Affected Areas**. 2015. Disponível em: <http://www.icnf.pt/portal/natu-raclas/ei/unccd-PT/ond/lucinda/Lucinda>. Acesso em: 14 set. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Catálogo de Imagens**. 2018. Disponível em: <https://www.inpe.gov.br/catalogodeimagens/>. Acesso em: 10 set.2018.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Catálogo de Imagens LANDSAT e CBERS**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/>. Acesso em: 26 ago. 2018.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Working Group III Report**. 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg3.htm>> Acesso em: 24 out. 2018.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2014 Synthesis Report**. 2014. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_wcover.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf). Acesso em: 20 mai. 2019.

JATOBÁ, L. **Um pouco da história das condições climáticas do trópico semiárido brasileiro**. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/cadernosdehistoriaufpe/article/view/110042>. Acesso em: 05 de maio de 2019.

JATOBÁ, L. **O papel da estrutura geológica na definição do relevo terrestre**, 2006. Disponível em: <http://br.monografias.com/trabalhos2/geomorfologia/.shtml>. Acesso em: 09 de agosto de 2018.

JATOBÁ, L.; LINS, R. C. **Tópicos especiais de geografia física**. Recife: Ed. Universitária, 1996. 104 p.

JATOBÁ, L.; SILVA, A. F. **Estrutura e Dinâmica Atual de Paisagens**. Ananindeua: Itacaiúnas, Pará, p.107, 2017. ISBN: 978-85-9535-040-3.

JATOBÁ, L.; SILVA, A. F.; GALVÍNCIO, J.D. A dinâmica climática do semiárido em Petrolina-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.01, p.136-149, 2017.

KARNIELI, A, QIN Z. H.; W, B. Dinâmica espaço-temporal do uso da terra e cobertura da terra no Mu Us Sandy Land, China, usando a técnica de análise de vetores de mudança. **Deteção Remota**, v.6, p.9316-9339, 2014.

LACERDA, A. V. A semi-aridez e a gestão em bacias hidrográficas: Visões e trilhas de um divisor de ideias. **Editora Universitária**. UFPB, p. 66-70, 2003. ISSN: 9788523704179.

LAMCHIN, M.; LEE, Y.L.; LEE, W.K.; LEE, E.J.; KIM, M.; LIM, C.H.; CHOI, H, A.; KIM, S.R. Assessment of land cover change and desertification using remote sensing technology in a local region of Mongolia. **Advances in Space Research**, n. 57, p.64–77, 2016.

LAMCHIN, M.; LEE, W.K.; JEON, S.W.; LEE, J.Y.; SONG, C.; PIAO, D.; LIM, C.H.; KHAULENBEK, A.; NAVAANDORJ, I. Correlation between desertification and environmental variables using Remote sensing Techniques in Hogno Khaan, Mongolia. **Sustainability**, 17p. DOI: 10.3390, SU: 9040581. Abril de 2017.

LIMA, R. C. C. **Evaluating the process of desertification in semi-arid region of Paraíba using geotechnology**. 2010. 65 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2010.

LIMA, R. C. C. **Sistema de avaliação e comparação espacial do processo de desertificação no Seridó potiguar e paraibano, semiárido brasileiro**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande-PB, 2017. 150p.

LIMA, R. C. C.; CAVALCANTE, A. M. B; FIDELIS FILHO, J. Avaliação do processo de desertificação no semiárido paraibano utilizando geotecnologias. *In: XV SIMPÓSIO*

BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR). **Anais[...]**, Curitiba – PR, p.6874-6880, 2011.

LIRA, B. B.; RODRIGUES, G.; CAVALCANTE FILHO, L.L.; *et al.* **Estudo dos pegmatitos da província da Borborema – Paraíba:** minerais e minérios de interesse tecnológico. *Tecnol. Metal. Mater. Miner*, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 113-119, 2016.

LIU Q.; LIU G.; HUANG C. Monitoring desertification processes in Mongolian Plateau using MODIS tasseled cap transformation and TGSi time series. **Journal of arid land**. v. 10 n. 1, p. 121 -133, 2018.

LOPES, L.S. O.; SOARES, R.C. Susceptibilidade à desertificação das terras secas de Gilbués (Estado do Piauí) e Cabrobó (Estado de Pernambuco), Nordeste do Brasil. **Revista Geográfica da América Central**, n.56, p.307-323, jan-jun de 2016. ISSN: 1011-484X.

LOPES, J. R. F. **Variabilidade espaço-temporal da pluviometria no semiárido brasileiro e sua relação com a produtividade do milho**. 2016. 65 f. Tese (Mestrado em Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2016.

LOPES, I.; SANTOS, S. M.; LEAL, B.G.; MELO, J. M. M. Variação do índice de aridez e tendência climática à desertificação para a região do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.04, p.1014-1026, 2017.

LUCENA, M. S. Uso de um sistema básico de indicadores como ferramenta para identificação da desertificação no Seridó-RN. **Revista OKARA: Geografia em Debate**, v.10, n.3, p.477-501, 2016. ISSN: 1982-3878.

LUZ, A. B.; DAMASCENO, E. C. **Caulim: um mineral importante**. CETEM/CNPQ (Série Tecnologia Mineral), Rio de Janeiro, n. 65, 1993. 29p.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F.; PIQUET, B.; COSTA, M. J.; COELHO, J. M. **Pegmatitos do Nordeste: Diagnóstico sobre o Aproveitamento Racional e Integrado**. CETEM/MCT (Série Rochas e Minerais Industriais), Rio de Janeiro, n.9, 2003 p. 76-77.

MACIEL, J. S. **Potencial erosivo das chuvas na sub-bacia hidrográfica do Rio Taperoá-PB**. 2014. 52f. Tese (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

MACIEL, J. S; XAVIER, R.A. Spatial dynamics of rainfall erosivity in the Taperoá river basin, semiarid region of Paraíba. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v.6, n.4, 2016.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. **Revista Parcerias estratégicas**, n.27, p.149-176, Brasília, DF,2008.

MARIANO, I.P. **A construção da barragem Mucutú, no município de Juazeirinho –PB, como alternativa de convivência com a seca – uma análise ambiental**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia), Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Educação, 74p.2011.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5ª. ed. São Paulo: Atlas, 311p, 2003. ISBN: 85-224-3397-6.

MATALLO J. H. **Proposta de um Sistema Básico de Indicadores para Identificação e Monitoramento dos Processos de Desertificação na América Latina e Caribe**. In: SCHENKEL, C.; MATALLO, Desertificação, Unesco: Brasília, 1999.

MATALLO J. H. **A Desertificação no Mundo e no Brasil**. In: SCHENKEL, C. S. e MATALLO J. H. (Org). Desertificação. Brasília: UNESCO, 2003.

MATALLO J, H. **Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas** – Brasília: UNESCO, p.80, 2001. ISBN: 85-87853-27-9.

MATALLO J, H. **Glossário de Termos e Conceitos usados no Contexto da UNCCD**. Brasília: MMA. 2009.

MATLAB. **Mathworks**. 2018. Disponível em: <https://www.mathworks.com/>. Acesso em: 28 ago. 2018.

MEUNIER, I. **Vasconcellos Sobrinho e o amadurecimento da compreensão da desertificação no Brasil**. Recife: Artigos, UFRPE, 2008.

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 20. ed., 2002.

NASCIMENTO, F. R. **Degradação ambiental e desertificação no Nordeste brasileiro: o contexto da bacia do Rio Acaraú – Ceará**. 340f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, 2006.

NDABULA, C.; JIDAUNA, G.G.; OYATAYO, K.; LORKUA, S.A.; IGUISI, E.O. Spatio-temporal variations of top soil coarsening as a psedo-geomorphyic indicator of land degradation and desertification status in a part of semi-arid zone of Nigeria. **Science World Journal**, v.13, n.1, 2018. ISSN: 1597-6346.

NIMER, E. Climatologia da Região Nordeste do Brasil: Introdução à Climatologia Dinâmica. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, p40-50,1972.

NIMER, E. Subsídio ao Plano de Ação Mundial para Combater a Desertificação – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 612-637, 1980.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro. IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais 2ª ed.,1989. 422p.ISBN: 85-240.0282-4.

NÓBREGA, J. A. S. MENEZES, M. A. “É do Caulim para o roçado”: o trabalho agrícola e a extração mineral no Seridó paraibano. **Revista ABET**, v XI, n2, 2012.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 4ª. Ed. revista. São Paulo: Blucher, 388p, 2010, ISBN: 97885212054001.

OLIVEIRA Jr. J.B. **Desativação de empreendimentos mineiros: estratégias para diminuir o passivo ambiental**, 179p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2001.

OLIVEIRA, V.P.V. Indicadores Biofísicos de Desertificação, Cabo Verde/África. **Revista Mercator**, v.10, n.20, p.147-168, 2011.

OLIVEIRA, S.B.P. CARVALHO, M.S.B.S. SIFEDINE, A.; FERRAZ, B.; MARTINS, E.S.P.R. Uso do sensoriamento remoto para mapeamento de áreas susceptíveis à desertificação na região semiárida do Brasil. **CI & Trop. Recife**, v.41, n.2, p.67-96, 2017.

OLIVEIRA JUNIOR, I.; LOBÃO, J. S. B. **Política de Combate à de Desertificação no Contexto dos Estados Brasileiros**.VI Congreso Iberoamericano de Estudios Territoriales y Ambientales, São Paulo, p.3065-3068, 2014. ISBN: 978-85-7506-232-6.

PACHÊCO, A. P.; FREIRE, N. C. F. BORGES, U. N. **A transdisciplinaridade da desertificação**. Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina, Geografia v. 15, n. 1, 2006.

PARAÍBA. **Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca no estado da Paraíba**. IICA; SCIENTEC – João Pessoa: Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia. Superintendência de Administração do Meio Ambiente, p.144, 2011. ISBN: 978-85-7745-899-8.

PATRÍCIO, M. C. M. **O processo de desertificação nos municípios de Cabaceiras e Barra de São Miguel-PB: uma análise a partir dos índices biofísicos (NDVI, TGSI e albedo) e socioeconômicos no período de 1989 a 2010**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais. CTRN - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 2017.

PATRÍCIO, M. C. M. ARAÚJO, S. M. S. Social and Environmental Indicators in the Municipalities of Cabaceiras and Barra de São Miguel - PB - Brazil: Fragilities and Vulnerabilities to Drought and Desertification. **Revista Espacios**, v. 37, n. 24, 2016. ISSN: 07981015.

PEREIRA, I. J. J. F.; NASCIMENTO, F. R. Panorama da desertificação em Chicualacuala, Moçambique (África austral). **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 12, n. 29, p. 175-193, 2013. ISSN 1984-220.

PINHO, P. R. B. **Uso dos índices NDVI e TGSI para distinção de áreas desertificadas no Ceará / Paulo Rafael Benício Pinho**. 57 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia), Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2017.

PROCESSAMENTO DIGITAL (PD). **Apostila CBERS4**. 2016. Disponível em: [http://www.processamentodigital.com.br/wpcontent/uploads/2016/06/Imagens\\_CBERS4\\_aprenda\\_a\\_realizar\\_o\\_download\\_no\\_INPE.pdf](http://www.processamentodigital.com.br/wpcontent/uploads/2016/06/Imagens_CBERS4_aprenda_a_realizar_o_download_no_INPE.pdf). Acesso em: 28 ago. 2018.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD).

**Diagnóstico do setor florestal do Estado da Paraíba.** João Pessoa: PNUD/ FAO/ BRA. 87-007, 1994. 84p.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD).

**Desenvolvimento Humano e IDH,** 2014. Disponível em:

<http://www.pnud.org.br/IDH/DH.aspx>. Acesso: 12/10/2017.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD).

**Desenvolvimento Humano e IDH.** Disponível em: <https://www.pnud.org.br/IDH/DH.aspx>. Acesso em: 10 mai. 2019.

QIANG, G.; BIHONG, F.; PILONG, S.; THOMAS, C.; JING, Z.; HUAN, X. Satellite Monitoring the Spatial-Temporal Dynamics of Desertification in Response to Climate Change and Human Activities across the Ordos Plateau, China. **Remote Sensor**, n.525; p. 2-20, 2017.

RAMALHO, A. M.C.; SILVA, S.R.F. OLIVEIRA, Z.M. Política Nacional de Combate à Desertificação: diretrizes para a conservação socioambiental do bioma caatinga. *In*: PEREIRA, F.C; FURTADO, D. A; LIMA, A. K. V. O; SANTANA, M. F.S; PEREIRA, D. D; VERAS, R. P. (Org). **Recursos Naturais do Semiárido: Oportunidades Agroindustriais e Econômicas.** Campina Grande-PB, EDUFCG, 2013, p.287-303.

RÊGO, A. H. **Os sertões e os desertos: o combate à desertificação.** Brasília: FUNAG, 2012. 204p., ISBN: 978-85-7631-380-9/ CDU: 504.05.551.435.77.

RIBEIRO, E. P.; MOREIRA, E. B. M.; SOARES, D. B.; BILAR, A. B. C.; LIMA, M. S. Climate change and desertification in the semiarid region of northeastern Brazil. **Revista Geama**, v.5, n.1, 2016.

RIBEIRO, G.N.; FRANCISCO, P.R.M.; PORTO, H.C. ARAÚJO, J.S.O.; SALES, J.C.R.de. Geotecnologias para o mapeamento temático dos índices de aridez e classes de desertificação na microrregião de Umbuzeiro-PB. **Revista Técnico-científica do CREA-PR**, Edição Especial, p.1-15, agosto de 2016.

RIBEIRO, G. A.; SILVA, J. N. C.; SILVA, J. B. Índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI): estado da arte e suas potencialidades. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n.06, v.09, p.2054-2076, 2016. ISSN: 1984-2295.

ROCHA, D. F.; SOUZA, H.C. Importância do mapeamento geomorfológico como subsidio aos estudos sobre desertificação. **REGNE**, v.2 (Número Especial), p.201-211, 2016.ISSN 2447-3359.

ROCHA, N. M. **Avaliação dos índices NDVI e SAVI para Caatinga do Seridó Ocidental do Estado da Paraíba.** Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Geografia), Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2016.

RODRIGUES, V. Avaliação do quadro de desertificação no Nordeste do Brasil: diagnósticos e perspectivas, estudo especial. *In*: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE IMPACTOS DE VARIAÇÕES CLIMÁTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM REGIÕES SEMIÁRIDAS. **Anais[...]**. Brasília: FGEB, p. 263-305, 1992.

SÁ, I. B.; ANGELOTTI, F. **Degradação ambiental e desertificação no Semiárido Brasileiro**. In: FRANCISLENE, A.; SÁ, I.B.; MENEZES, E. A.; PELLEGRINO, G.Q. (Org). Mudanças climáticas e desertificação no Semiárido Brasileiro. 1ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, v1, p.53-76, 2009.

SÁ, I. I. S.; GALVÍNIO, J. D.; MOURA, M. S. B.; SÁ, I.B. **Índice de vegetação da diferença normalizada x análise de componentes principais para detecção de áreas em processo de desertificação**. 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/51606/1/Magna5.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2019.

SÁ, I. B; CUNHA, T. F.; TAURA, T. A.; DRUMOND, M. A. **Mapeamento da desertificação do semiárido paraibano com base na sua cobertura vegetal e classes de solos**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, Brasil, INPE, p. 3112-3118, 2013.

SALES, M. C. L. Evolução dos estudos de desertificação no Nordeste Brasileiro. **GEOUSP – Espaço e Tempo**. São Paulo, n. 11, p. 115-126. 2002.ISSN 2179-0892.

SAMPAIO E. V. B.; SAMPAIO, Y.; VITAL, T.; ARAÚJO, S. B.; SAMPAIO, G. R. **Desertificação no Brasil: Conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência**. Recife, Ed. Universitária da UFPE, 2003, 202 p.

SANTOS, F.A. Uso de índice espectral para monitoramento da cobertura vegetal no município de Juazeiro do Piauí. **REGNE**, v.4, (Numero Especial), p.113-125, 2018.

SANTOS, F. A.; AQUINO, C.M.S. Diagnóstico físico conservacionista aplicado ao estudo da desertificação nos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, Nordeste, Brasil. **Revista de Geografia** (Recife), 34, 145-162, 2017.

SANTOS, J. O. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 75-90, 2015. ISSN 1984-2201.

SANTOS, E. A.; LIMA, S. M. S. Impacto ambiental causado pela extração de caulim no distrito Barra de Juazeirinho (PB). **Revista Sceire**. v.1, n.1, p.1-9, 2012.

SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M.; SRINIVASAN, V. S. Análise das perdas de água e solo em diferentes coberturas superficiais no semiárido da Paraíba. **OKARA: Geografia em debate**, v.1, n.1, p. 16-32, 2007.

SANTOS, I. M. **Perdas de solo e água em diferentes tipos de cultivo no município de Juazeirinho-PB**. 31p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, 2017.

SILVA, L. C.M.; VIDAL, S. R. O.; BATISTA, C. T. Caracterização da mineração e do potencial mineral de oxido de ferro e argila do município de Caicó-RN a partir de técnicas de sensoriamento remoto. **REGNE**, v.3, n.2, p. 43-54, 2017.

SILVA, P. R. V.; BELO, F. A. F.; SILVA, B.B; CAMPOS, J. H. B. Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, DEAg/UFCG - <http://www.agriambi.com.br>. v.9, n.4, p.547-553, 2005.

SILVA, V. C. L.; SILVA, R. M. Análise da cobertura vegetal em Lucena entre 1970/2005 usando ecologia da paisagem, SIG e Sensoriamento Remoto. **Caminhos de Geografia**, p8-20, 2011. ISSN: 1678 - 6343.

SILVA, A. D. **Assoreamento no rio Taperoá, em um trecho à montante da cidade de Cabaceiras – PB**. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Educação, 2012.

SILVA, B.I. C. **O beneficiamento do caulim no Distrito Barra de Juazeirinho-PB: análise de uma atividade econômica com reflexos ambientais**.345f. Trabalho de conclusão de Curso (Geografia) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Educação, 2013.

SILVA, G. J. F. **Estimativa de indicadores biofísicos para avaliação do processo de desertificação no município de São Joao do Cariri-PB**. 126p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba- UFPB/CCEN, João Pessoa, 2014.

SILVA, T. G.B.; OLIVEIRA, V.P.V.de. Identificação das áreas susceptíveis à desertificação no estado do Ceará: antecedentes cartográficos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.04, p.1269-1280, 2017.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DA MINERAÇÃO (SIGMINE). **Base de dados DNPM**. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/ao-minerador/sigmine>. Acesso em: 30 de agosto de 2018.

SOARES, D. B.; MOTA FILHO, F. O. M.; NÓBREGA, R. S. Sobre o Processo de Desertificação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife –PE, n1, p. 174 -188, 2011.

SOUSA, J. Y. B; VELOSO, A.L.S.; PEREIRA, J. R.; ARAÚJO, S. R. D; RAMOS, R.L.; BARRETO, H. T. S. **Análise espaço-temporal do comportamento volumétrico do açude Sumé-PB, utilizando sensores orbitais**. In: Francisco *et al.* (Org). Geotecnologias aplicada à estudos ambientais. 1 ed. Epgraf, Campina Grande –PB, 2018.

SOUSA, V. R; FERREIRA, K.V.O; OLIVEIRA, M, A, B; SILVA, C.M. M. C; SOUZA, A.A. O uso do geoprocessamento para análise comparativa no estado da Paraíba da área susceptível a desertificação com a área de atuação do Programa Nacional Pro-água. **REBEMAS** (Patos - PB, Brasil), v. 1, n. 3, p. 52-57, out. dez. 2016.

SOUZA, B. I. **Cariri Paraibano: Do silêncio do lugar à desertificação**. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS/PPGEO, Porto Alegre, 128p, 2008.

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C.; *et al.* **Balço de energia e controle biofísico da evapotranspiração na Caatinga em condições de seca intensa**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 50, n. 8, p. 627-636, 2015.

SUASSUNA, J. **Semiárido**: proposta de convivência com a seca. Fundação Joaquim Nabuco, Recife, 2002. Disponível em: [http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com\\_content&id=659&Itemid=376](http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&id=659&Itemid=376). Acesso em: 08 de junho de 2018.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (SUDENE). **Semiárido brasileiro, 2017**. Disponível em: <http://sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 12 jun. 2019.

TABARI, H.; MAROFI, S.; AEINI, A.; TALAEI, P. H.; MOHAMMADI, K. Trend analysis of reference evapotranspiration in the western half of Iran. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.151, p.128-136, 2011.

THEVET, A. **As singularidades da França Antártica**. Belo Horizonte: Itatiaia e São Paulo: Edusp, 1978. 271 p. (coleção Reconquista do Brasil, v. 45). Publicado originalmente em 1558.

THORNTHWAITE, C.; MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in Climatology, New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v.38, n.1, p.58-90, 1948.

TINOCO, L. B. M; SOUZA, E. Ocupação de APPs urbanas no núcleo de desertificação do Seridó-RN/PB. In: Política ambiental e política urbana e APPs nas cidades brasileiras. **Anais[...]**. Seminário Nacional sobre Áreas de Preservação Permanente em meio Urbano. Natal, p.1-17, 2012.

TOMASONI, M. A. **Análise das transformações socioambientais com base em indicadores para recursos hídricos no Cerrado baiano**: O caso da Bacia hidrográfica do Rio de Ondas/BA. 295f. Il. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Sergipe, Núcleo de pós-graduação em geografia, 2008.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: Secretaria de Planejamento da Presidência da República – SUPREM/ IBGE, p.97, 1977.

UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION (UNCCD). **Negotiating Committee in countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa**. Document - Resolution 47/188, 1992.

UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION (UNCCD). **Negotiating Committee in countries experiencing serious drought and/or desertification, United States**. Geneve Executive Center – C.P.76-1219, 1994.

UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION (UNCCD). **World Day to Combat Desertification and Drought**. In Bonn, Germany, Document - ICCD-COP10-29, 2004.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Use world soils**, 2012. Disponível em: <https://www.soil.usda.gov/useworldsoils/mapindex/desert.html>. Acesso em: 10 mai. 2019.

VIEIRA R. M. S. P.; TOMASSELA, J.; ALVALÁ, R.C.S.; SESTINI, M.F.; AFONSO, A.G.; RODRIGUEZ, D.A.; BARBOSA. A.A.; CUNHA, A.P.M.A.; VALLES, G.F.; CREPANI, E. OLIVEIRA, S.B.P.; SOUZA, M.S.B.; CALIL, P.M.; CARVALHO, M.A.; VALERIANO, D.M.; CAMPELO, F.C.B.; SANTANA, M.O. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. **Solid Earth**, 6, p.347–360, 2015. ISSN: 2451-912X.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. V. **Processo de desertificação ocorrente no Nordeste do Brasil: sua gênese e sua contenção**. Recife: SEMA/SUDENE, 1982.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. V. **Processos de desertificação no Nordeste do Brasil: sua gênese e sua contenção**. 98p. Recife: Sudene, 1983.

VASCONCELOS S. A. **O uso do território do município de Pedra Lavrada PB pela mineração: elementos de inserção do lugar do fazer no contexto atual da globalização**. 216p. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife PE, 2006.

WANDERLEY, H. S. SEDIYAMA, G. C.; JUSTINO, F. B.; ALENCAR, L. P.; DELGADO, R. C. Variabilidade da precipitação no Sertão do São Francisco, estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.17, n.7, p.790-795, jul. 2013.

XAVIER, R. A.; SANTOS, I. M; DAMASCENO, J.; DORNELLAS, P. C.; NETO, I. O. B. Processos erosivos superficiais no município de Juazeirinho, Região semiárida da Paraíba. **Revista REGNE**. Vol. 2, nº Especial, 2016. ISSN: 2447-3359.

XAVIER, R.A.; MACIEL, J.S.; SILVA, V. M. A. Vulnerabilidade geológico - geomorfológica da folha Boqueirão, Paraíba. **REGNE**, v.2 (Número Especial), p.294-303, 2016. ISSN: 2447-3359.

XIAO, J.; SHEN, Y.; TATEISHI, R.; BAYAER, W. Development of topsoil grain size index for monitoring desertification in arid land using remote sensing. **International Journal of Remote Sensing**. v.27, Issue 12. p. 2411-2422, 2006.

XU, D. K.; XIANGWU, Q.; DONGSHENG. Quantitative assessment of desertification using landsat data on a regional scale – a case study in the Ordos plateau China. **Sensors**, n.9, p .1738–1753, 2009.

ZUCCA, C.; PERUTA, R. D.; SALVIA, R.; SOMMER, S.; CHERLET, M. TOWARDS, A. Relating and selecting indicators and data sets to represent complex issues. World Desertification Atlas. **Ecological Indicators**, v. 15, n. 1, p.157–170, 2012.

## APÊNDICE A – CHECKLIST

MINERAÇÃO COMO VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E TENDÊNCIAS À DESERTIFICAÇÃO: Uma análise espaço-temporal dos aspectos ecossistêmicos e econômicos no Seridó paraibano.

**Doutoranda:** Edinete Maria de Oliveira

E-mail: edineteoliver@yahoo.com.br

### Levantamento da Área de Estudo

**Localidade:** ----- **Ponto:** -----

**Fonte:** PESQUISA DE CAMPO, PREFEITURA, SUDEMA, CPRM, DNPM, IBGE.

#### FATOR: SOLO

COR	TEXTURA	PROFUNDIDADE	DEG/EROSÃO	CONTAMINAÇÃO SOLO
Cinza <input type="checkbox"/>	Fina <input type="checkbox"/>	Raso <input type="checkbox"/>	Sulco <input type="checkbox"/>	Rejeito mineração <input type="checkbox"/>
Preto <input type="checkbox"/>	Grossa <input type="checkbox"/>	Médio <input type="checkbox"/>	Ravina <input type="checkbox"/>	Lixo/esgoto doméstico <input type="checkbox"/>
Vermelho <input type="checkbox"/>	Pedregosa <input type="checkbox"/>	Profundo <input type="checkbox"/>	Voçoroca <input type="checkbox"/>	Agrotóxico <input type="checkbox"/>
Mesclado <input type="checkbox"/>	Outra <input type="checkbox"/>	Outra <input type="checkbox"/>	Outra <input type="checkbox"/>	Outro <input type="checkbox"/>

#### FATOR: USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

VEGETAÇÃO	MINERAÇÃO	AGROPECUÁRIA	INSTALAÇÕES
<b>PORTE:</b>	Extração <input type="checkbox"/>	Feijão <input type="checkbox"/>	Residência <input type="checkbox"/>
Arvore <input type="checkbox"/>	Beneficiamento <input type="checkbox"/>	Milho <input type="checkbox"/>	Escola <input type="checkbox"/>
Arbusto <input type="checkbox"/>	<b>TIPO:</b>	Palma <input type="checkbox"/>	Comércio <input type="checkbox"/>
Subarbusto <input type="checkbox"/>	Caulim <input type="checkbox"/>	Outros <input type="checkbox"/>	Posto Saúde <input type="checkbox"/>
Rasteira <input type="checkbox"/>	Berilo <input type="checkbox"/>	<b>PECUÁRIA:</b>	Igreja <input type="checkbox"/>
	Outro <input type="checkbox"/>	Bovino <input type="checkbox"/>	Outros <input type="checkbox"/>
<b>DENSIDADE:</b>	<b>DESCARTE REJEITO:</b>		
Rala <input type="checkbox"/>	Exposto Céu aberto <input type="checkbox"/>	Caprino <input type="checkbox"/>	
Densa <input type="checkbox"/>	Reutilizado <input type="checkbox"/>	Ovino <input type="checkbox"/>	
<u>Semidensa</u> <input type="checkbox"/>	Enterrado <input type="checkbox"/>	Suíno <input type="checkbox"/>	
	Transportado <input type="checkbox"/>	Outro <input type="checkbox"/>	
	Outro <input type="checkbox"/>		

## FATOR: RECURSOS HÍDRICOS

RESERVATORIO/USO	TRATAMENTO	ABASTECIMENTO	CONTAMINAÇÃO ÁGUA
Poço: D <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/>	Cloro <input type="checkbox"/>	Rede <u>Cagepa</u> <input type="checkbox"/>	Rejeito mineração <input type="checkbox"/>
Açude: D <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/>	Dessalinização <input type="checkbox"/>	Carro Pipa <input type="checkbox"/>	Lixo/esgoto doméstico <input type="checkbox"/>
Cisterna: D <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/>	<u>Não Trata</u> <input type="checkbox"/>	Animal <input type="checkbox"/>	Agrotóxico <input type="checkbox"/>
Outro <input type="checkbox"/>	Outro <input type="checkbox"/>	Outro <input type="checkbox"/>	Outro <input type="checkbox"/>

D-I-A (Doméstico, Agropecuária, Indústria)

## FATOR: SOCIAL -TECNOLÓGICO

MAQUINÁRIO	EPI	ESTRUT. FUNDIÁRIA (HÁ)	QUALIFICAÇÃO ASSIST.TÉCNICA
Trator <input type="checkbox"/>	Roupas Adequada <input type="checkbox"/>	1 – 20 <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>
Escavadeira <input type="checkbox"/>	Capacete <input type="checkbox"/>	20 – 50 <input type="checkbox"/>	Ocasional <input type="checkbox"/>
Triturador <input type="checkbox"/>	Botas/luvas <input type="checkbox"/>	50 – 100 <input type="checkbox"/>	Nunca <input type="checkbox"/>
Outro <input type="checkbox"/>	Outro <input type="checkbox"/>	100 – 200 <input type="checkbox"/> 200 – 500 <input type="checkbox"/>	Outro <input type="checkbox"/>

Elaboração da autora (2018)

OBS:

---

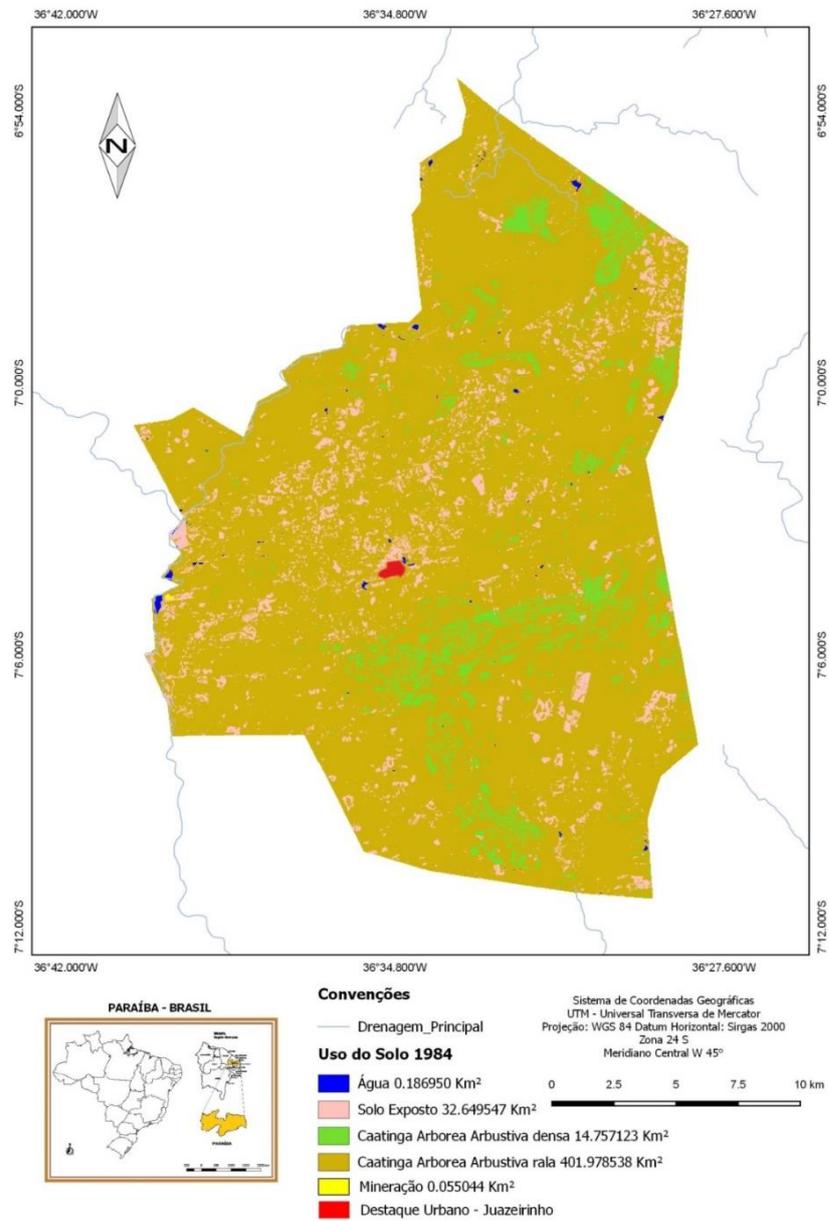


---



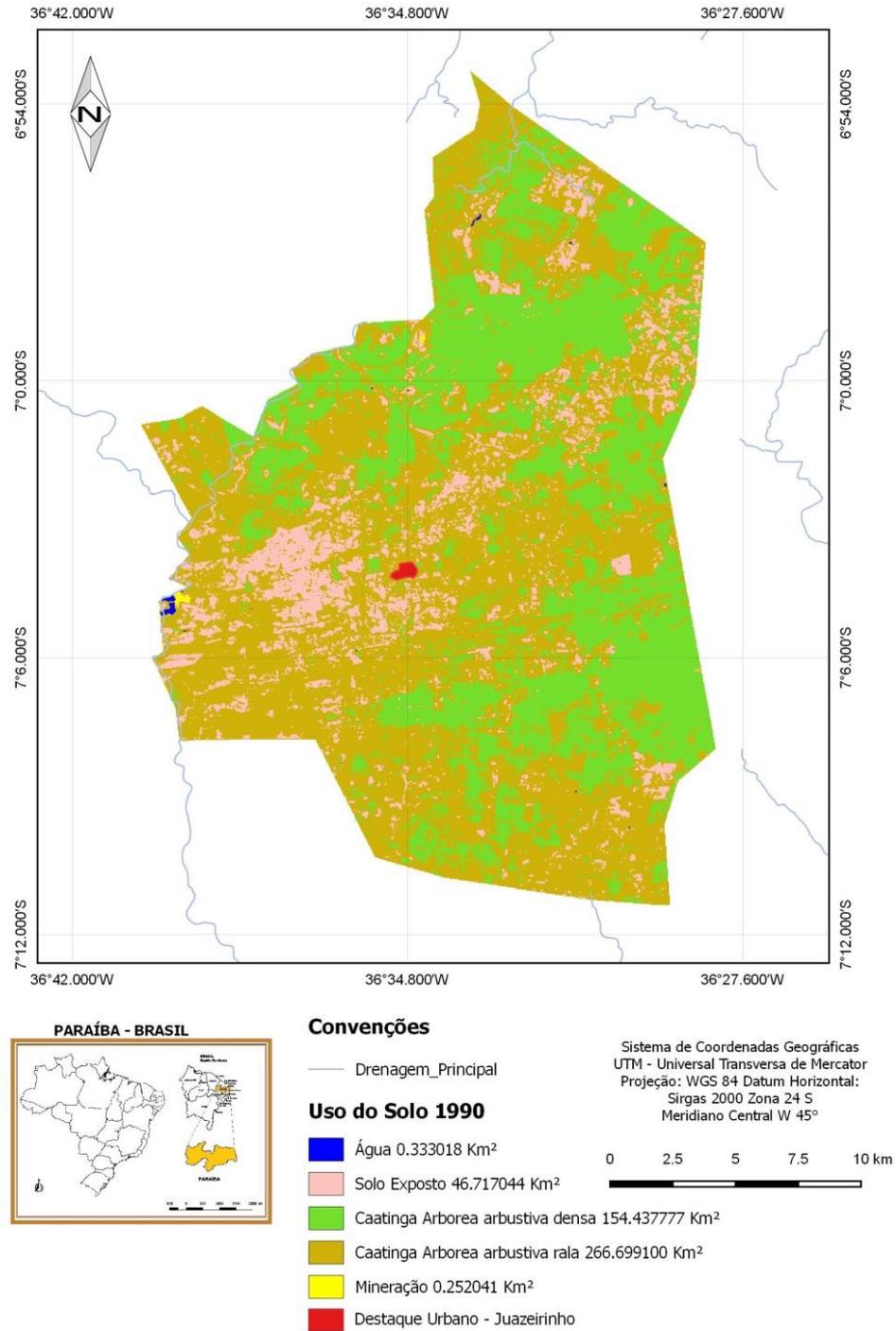
---

## APÊNDICE B – MAPA TEMÁTICO DE USO DO SOLO DE 1984, JUAZEIRINHO, PARAÍBA.



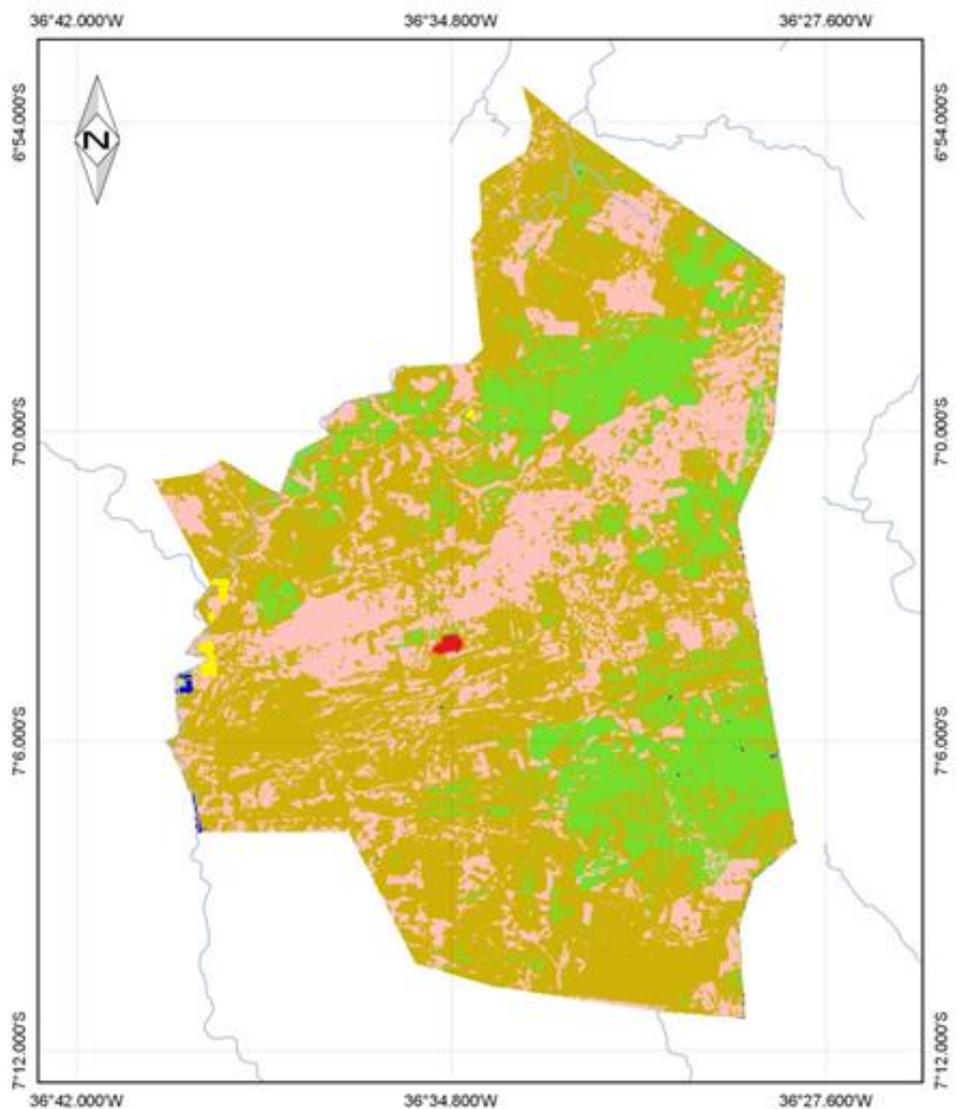
Fonte: A autora, 2018.

## APÊNDICE C – MAPA TEMÁTICO DE USO DO SOLO DE 1990, JUAZEIRINHO, PARAÍBA.



Fonte: A Autora, 2018.

## APÊNDICE D – MAPA TEMÁTICO DE USO DO SOLO DE 2000, JUAZEIRINHO, PARAÍBA.



### Convenções

— Drenagem\_Principal

### Uso do Solo 2000

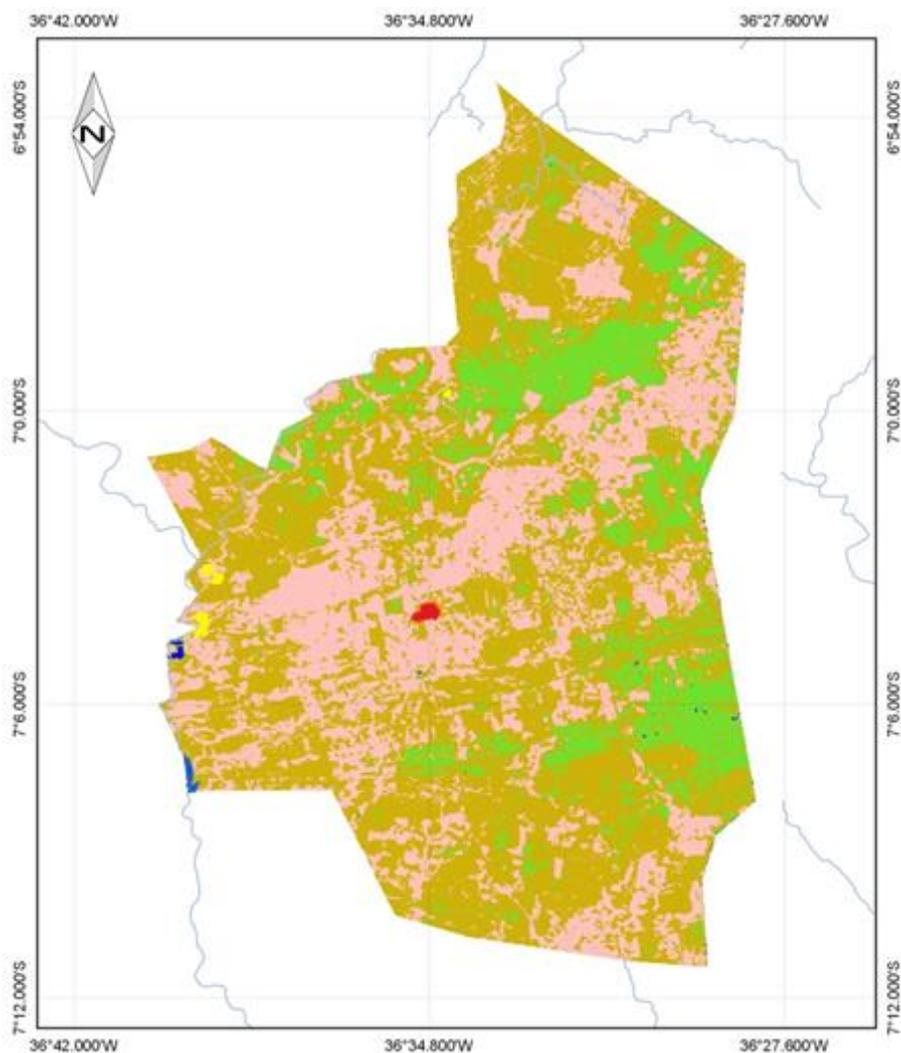
- Água 0.410078 Km<sup>2</sup>
- Solo Exposto 88.125124 Km<sup>2</sup>
- Caatinga Arborea arbustiva densa 115.286733 Km<sup>2</sup>
- Caatinga Arborea arbustiva rala 223.899156 Km<sup>2</sup>
- Mineração 0.301296 Km<sup>2</sup>
- Destaque Urbano - Juazeirinho

Sistema de Coordenadas Geográficas  
UTM - Universal Transversa de Mercator  
Projeção: WGS 84 Datum Horizontal:  
Sirgas 2000 Zona 24 S  
Meridiano Central W 45°

0 2.5 5 7.5 10 km

Fonte: A Autora, 2018.

## APÊNDICE E – MAPA TEMÁTICO DE USO DO SOLO DE 2010, JUAZEIRINHO, PARAÍBA.



### Convenções

— Drenagem\_Principal

### Uso do Solo 2010

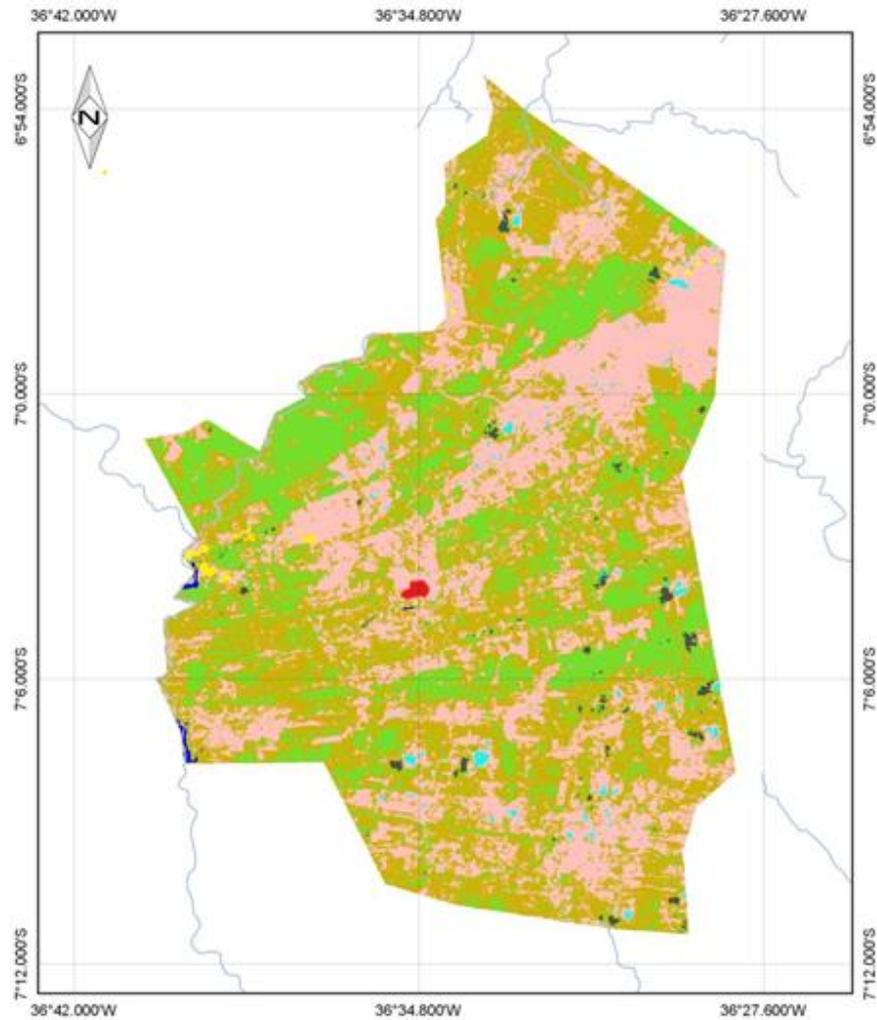
- Água 1.69125 Km<sup>2</sup>
- Solo Exposto 126.355201 Km<sup>2</sup>
- Caatinga Arborea arbustiva densa 108.956352 Km<sup>2</sup>
- Caatinga Arborea arbustiva rala 215.521626 Km<sup>2</sup>
- Mineração 0.523711 Km<sup>2</sup>
- Destaque Urbano - Juazeirinho

Sistema de Coordenadas Geográficas  
UTM - Universal Transversa de Mercator  
Projeção: WGS 84 Datum Horizontal:  
Sirgas 2000 Zona 24 S  
Meridiano Central W 45°

0 2.5 5 7.5 10 km

Fonte: A Autora, 2018.

## APÊNDICE F – MAPA TEMÁTICO DE USO DO SOLO DE 2016, JUAZEIRINHO, PARAÍBA.



### Convenções

— Drenagem\_Principal

### Uso do Solo 2016

- Água 2.505150 Km<sup>2</sup>
- Solo Exposto 158.857213 Km<sup>2</sup>
- Caatinga Arborea arburtiva densa 101.361824 Km<sup>2</sup>
- Caatinga Arborea arbustiva rala 205.892581 Km<sup>2</sup>
- Mineração 0.752710 Km<sup>2</sup>
- Nuvens ■ Sombras
- Destaque Urbano - Juazeirinho

Sistema de Coordenadas Geográficas  
UTM - Universal Transversa de Mercator  
Projeção: WGS 84 Datum Horizontal:  
Sirgas 2000 Zona 24 S  
Meridiano Central W 45°

0 2.5 5 7.5 10 km

Fonte: A Autora, 2018.

**APÊNDICE GA- REGISTRO DA VEGETAÇÃO DE CAATINGA DO DISTRITO DE BARRA COBERTO PELO REJEITO DO CAULIM.**



Fonte: Autora (visita *in loco*), 2018.

**APÊNDICE GB – REGISTRO DO DISTRITO DE BARRA APRESENTANDO A CAATINGA ARBUSTIVA-ARBÓREA EM MEIO ÀS MONTANHAS DE REJEITO DO CAULIM.**



Fonte: Autora (visita *in loco*), 2018.