



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG

VIRNA VIEIRA FRANCO

**DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO ALTO CURSO DO RIO PIANCÓ,
ESTADO DA PARAÍBA**

João Pessoa-PB

2023

VIRNA VIEIRA FRANCO

**DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO ALTO CURSO DO RIO PIANCÓ,
ESTADO DA PARAÍBA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba como requisito para a obtenção do título de Mestra em Gestão do Território e Análise Geoambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Dirce Maria Antunes Suertegaray
Coorientador: Prof. Dr. Rafael Albuquerque Xavier

João Pessoa-PB

2023



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Geografia

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DA ALUNA VIRNA VIEIRA FRANCO, CANDIDATA AO TÍTULO DE MESTRE EM GEOGRAFIA, NA ÁREA DE TERRITÓRIO, TRABALHO E AMBIENTE.

Aos 24 (vinte e quatro) dias do mês de abril de 2023 (dois mil e vinte e três), às 9h. (nove) horas, na plataforma Google Meet, reuniram-se, em caráter de solenidade pública, os membros da comissão designada para avaliar **Virna Vieira Franco**, candidata ao grau de mestre em Geografia, na área de **Território, Trabalho e Ambiente**. Foram componentes da banca examinadora os professores **Dirce Maria Antunes Suertegaray** (orientadora) – Doutora em Geografia; **Bartolomeu Israel de Souza** (Examinador Interno) – Doutor em Geografia; **Rafael Albuquerque Xavier** (coorientador) – Doutor em Geografia; e **Vinicius da Silva Seabra** (examinador externo) – Doutor em Geografia; sendo o primeiro e o segundo integrantes do corpo docente da UFPB e o terceiro da UEPB, e o quarto, da UERJ. Dando início aos trabalhos, a Presidente da banca, Profa. Dirce Maria Antunes Suertegaray, após declarar os objetivos da reunião, apresentou a candidata Virna Vieira Franco, a quem concedeu a palavra para que defendesse, oral e sucintamente, sobre o tema apresentado, intitulado: **"DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO ALTO CURSO DO RIO PIANCÓ, ESTADO DA PARAÍBA"**. Após discorrer sobre o referido tema, a candidata foi arguida pelos examinadores, na forma regimental. Ato contínuo, passou a comissão em caráter secreto, a proceder à avaliação e julgamento do trabalho, concluindo por atribuir-lhe o conceito **Aprovada**. Face à aprovação, declarou a Presidente achar-se a avaliada legalmente habilitada a receber o Grau de mestre em Geografia, cabendo à Universidade Federal da Paraíba, providências, como de direito, à expedição do Diploma a que ela fez jus. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a Ata, que segue assinada e aprovada pela Comissão Examinadora.

João Pessoa, 24 de abril de 2023.

Prof.ª. Dr.ª. Dirce Maria Antunes Suertegaray

Orientadora



RAFAEL ALBUQUERQUE XAVIER
Data: 25/04/2023 15:59:51-0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Prof. Dr. Rafael Albuquerque Xavier

Coorientador



BARTOLOMEU ISRAEL DE SOUZA
Data: 25/04/2023 14:54:33-0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza

Examinador interno

Prof. Dr. Vinicius da Silva Seabra

Examinador externo

FICHA CATALOGRÁFICA

F825d Franco, Virna Vieira.

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO ALTO CURSO DO RIO PIANCÓ,
ESTADO DA PARAÍBA / Virna Vieira Franco. - João Pessoa,
2023.

153 f.

Orientação: Profª Drª Dirce Maria Antunes
Suertegaray.

Coorientação: Prof Dr Rafael Albuquerque Xavier.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/Geociências.

1. Processos erosivos;Degradação ambiental;Rio
Piancó. I. Suertegaray, Profª Drª Dirce Maria Antunes.
II. Xavier, Prof Dr Rafael Albuquerque. III. Título.

UFPB/BC

DEDICATÓRIA

Dedico ao povo do sertão que tanto me ensinou sobre
o amor pela terra.

AGRADECIMENTOS

Sou especialmente grata à minha família que sempre incentivou e investiu como pode para que eu tivesse acesso à Educação de qualidade. Vocês são tudo pra mim!

Sou grata às oportunidades que recebi na vida, sobretudo, ao acesso à Educação com Bolsa de Estudos, a qual foi determinante para a continuação da minha jornada acadêmica na capital paraibana. Agradeço ao Governo Lula pelo recente reajuste nas bolsas de pesquisa, o que garante, portanto, a melhoria na qualidade de vida de estudantes que precisam viver longe de casa. O investimento na Ciência e Educação é uma etapa vital para a atenuação das desigualdades sociais e promoção da justiça social.

Sou grata aos professores do Curso de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPB por todas as aulas que me estimularam, no processo de formação enquanto professora/pesquisadora, a ser competente, rigorosa, flexível e humana.

Agradeço a Marisa do JMT-UFPB pelo cuidado com a sala dos estudantes da Pós-Graduação. Seu zelo frequente com a limpeza e organização da sala foram imprescindíveis para a realização da escrita deste trabalho.

Sou grata a Francisco Vilar pela parceria na confecção dos mapas e pelos diálogos geográficos que tivemos. Você é um geógrafo incrível.

Agradeço ao GEAFS (Grupo de Estudos em Ambientes Fluviais Semiáridos) pela parceria na concessão dos instrumentos utilizados em pesquisa de campo.

Sou imensamente grata a Dirce Suertegaray e Rafael Xavier. A orientação conjunta desta dupla potente me despertou os olhos, o mundo, a maturidade acadêmica e pessoal. A experiência de ser orientada por vocês estará marcada em mim por toda a vida.

Agradeço a todos os amigos e amigas, em especial a Tata, Mariá, Inaê, Tairine, Paulo Kuhlmann, Janine e Jeovanes, que acompanharam de perto as minhas angústias e alegrias no mestrado acadêmico. O acolhimento de vocês é algo indescritível. Agradeço em particular a Gabriel, meu parceiro de pesquisa, por me auxiliar no trabalho de campo, no dia a dia com a escrita, nas caronas para a Universidade, e pelas longas conversas geográficas que tivemos durante o mestrado. Também agradeço a Daniel Silveira por todo o suporte com as caronas à UFPB, as horas e horas de conversas crítico-filosóficas, e por sempre me encorajar a superar desafios com generosidade e perspicácia. Graças a vocês o processo foi mais leve e fascinante.

Finalmente, sou profundamente grata às pessoas do sertão que, em meio à ignorância do preconceito e à negligência política, me ensinaram a ser forte, resiliente, dedicada, esperançosa e verdadeira.

A tudo e todas(os) que proporcionaram a realização desta pesquisa, muita muita gratidão!

EPÍGRAFE

“Apaga-te.
O rio não está diante de ti
Como imaginas.
Há apenas o fosso
E a mesa inundada de papéis:
Conjeturas lassas
Sobre a aspereza das palavras.
O rio não está diante de ti.
Está além.
Viaja.”

(Hilda Hilst)

RESUMO

As interações sociedade-natureza e seu desenvolvimento ao longo do tempo histórico transformam os caminhos teórico-conceituais e metodológicos da Ciência. Atualmente, é vital para a sociedade propor diagnósticos ambientais que consideram a integralidade do ambiente. Nesse contexto, esta investigação objetiva avaliar o processo histórico de desmatamento e suas consequências ambientais no alto curso do Rio Piancó. A partir da correlação entre o histórico do uso e ocupação das terras e a aplicação de Índice de Vegetação SAVI na compreensão do processo de supressão da vegetação na área de estudo, foi constatada a ocorrência de desmatamento, sobretudo, para fins de agricultura e pecuária, produção de carvão e lenha, abertura de estradas e extração de areia. Essas práticas sociais ocasionaram transformações na paisagem que indicam, portanto, alterações das dinâmicas naturais. Desta maneira, com base na seleção de 9 trechos representativos na bacia do Alto Piancó, foi identificada a ocorrência de processos erosivos, decorrentes do desmatamento, enquanto indicadores da degradação ambiental, tais como: erosão linear superficial acelerada com formação de sulcos e ravinas, erosão laminar, e erosão linear subsuperficial por voçorocamento com formação de túneis erosivos.

Palavras-chave: processos erosivos; degradação ambiental; Rio Piancó.

ABSTRACT

Society-nature interactions and their development over historical time transform the theoretical-conceptual and methodological paths of Science. Currently, it is vital for society to propose environmental diagnoses that consider the environment as a whole. In this context, this investigation aims to evaluate the historical process of deforestation and its environmental consequences in the upper reaches of the Piancó River. From the correlation between the history of land use and occupation and the application of the SAVI Vegetation Index in understanding the vegetation suppression process in the study area, it was verified the occurrence of deforestation, above all, for agriculture and livestock purposes, production of charcoal and firewood, opening of roads and extraction of sand. These social practices caused transformations in the landscape that, therefore, indicate changes in natural dynamics. Thus, based on the selection of 9 representative stretches in the Alto Piancó basin, the occurrence of erosion processes resulting from deforestation was identified as indicators of environmental degradation, such as: accelerated superficial linear erosion with the formation of furrows and ravines, erosion laminar, and subsurface linear erosion by gully rocking with formation of erosive tunnels.

Keywords: erosion processes; ambiental degradation; Piancó River.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Áreas susceptíveis à desertificação do Brasil	14
Figura 2 - (a) Feedback negativo em um sistema talude-corrente do lado do vale. (b) Feedback positivo em um sistema de encostas erodidas.	21
Figura 3 - Os indicadores ambientais enquanto proposta de avaliação para a prevenção da degradação das terras e de impactos ambientais.	37
Figura 4 - Bacias Hidrográficas do Estado da Paraíba. Obs.: A sudoeste, a área que apresenta delimitação de número 2, inserida na bacia hidrográfica do Piranhas, refere-se à sub-bacia hidrográfica do Piancó.....	39
Figura 5 - Localização do alto curso do rio Piancó.....	40
Figura 6 - Estrada Crato-Piancó, denominada também de “as estradas das boiadas”.....	42
Figura 7 - Representação cartográfica do século XVIII. Em destaque a definição das terras além do litoral, os sertões: Tapuyes.....	45
Figura 8 - Procedimentos metodológicos e técnicos para a execução da pesquisa.....	59
Figura 9 - (A) Caatinga densa; e (B) Caatinga aberta. É possível notar, mesmo com o registro fotográfico sendo de período seco, que a vegetação da caatinga densa (A) apresenta maior recorrência de espécies arbóreas e densidade vegetal que a caatinga aberta (B) onde predominam características de vegetação arbustiva.....	66
Figura 10 - Unidades Taxonômicas baseadas em ROSS (1992).....	68
Figura 11 - Relação entre os parâmetros utilizados para a classificação geomorfológica.	69
Figura 12 - Localização dos trechos representativos para a avaliação da degradação das terras.....	70
Figura 13 - Compartimentação megageomorfológica do Planalto da Borborema.....	75
Figura 14 - Mapas geológico e pedológico da bacia do alto curso do Rio Piancó-PB.	78
Figura 15 - Fotografias representativas da litologia do Alto Piancó. Legenda: A) litologia na fronteira do Complexo Piancó com a Suíte Intrusiva Itaporanga; B) litologia proveniente das Litofácies Serra do Olho D’água considerada uma unidade contemporânea da Formação Santana dos Garrotes; C) litologia da Suíte Intrusiva Conceição a norte da bacia do Alto Piancó; D) litologia da Suíte Intrusiva Conceição a sul da bacia do Alto Piancó.	79
Figura 16 - A) Neossolo lítico situado ao norte-nordeste na Suíte Intrusiva Conceição, OBS.: solo remexido; B) Argissolo vermelho situado na Suíte Intrusiva Conceição da porção sul da bacia do Alto Piancó.....	81
Figura 17 - Topografia e declividade da bacia do alto curso do Rio Piancó.....	82
Figura 18 - Fotografia da paisagem no trecho sul-sudeste do alto curso do rio Piancó.....	84

Figura 19 - (A) Vegetação da porção sudoeste, referente às serras de topo plano, no Alto Piancó em período seco. (B) Vegetação da porção oeste da bacia em período seco.	85
Figura 20 - Formas do relevo no alto curso do Rio Piancó.	88
Figura 21 - Drenagem encaixada nas serras de topos convexos do Alto Piancó.	91
Figura 22 - Ocupação e uso das terras no alto curso do Rio Piancó em período seco para os anos: 1999, 2008 e 2015.....	94
Figura 23 - Paisagem da porção norte no alto curso do Rio Piancó.....	99
Figura 24 - Paisagem da porção sul, referente ao setor de morros convexos, no alto curso do Rio Piancó.	101
Figura 25 - Ocupação e uso das terras no alto curso do Rio Piancó em período chuvoso para os anos: 1995, 2009, 2020.	103
Figura 26 - Reservatório Serra Vermelha I, no município de Conceição-PB.	107
Figura 27 - Uso das terras na porção oeste do alto curso do Rio Piancó.	109
Figura 28 - Uso das terras na porção sudoeste, referente às serras de topo plano, no alto curso do Rio Piancó.	110
Figura 29 - Aplicação do índice de vegetação SAVI no alto curso do Rio Piancó em período de estiagem nos anos: 1999, 2008 e 2015.	112
Figura 30 - Desmatamento na porção central na bacia do alto curso do Rio Piancó.	116
Figura 31 – Áreas desmatadas sobre o compartimento de colinas entre as porções leste e sudeste no alto curso da bacia do Rio Piancó.	118
Figura 32 - Aplicação do índice de vegetação SAVI no alto curso do Rio Piancó para o período chuvoso, referente aos anos: 1995, 2009 e 2020.....	119
Figura 33 - Divisão da área de influência da construção da Rodovia PB-400 em: Área Diretamente Afetada (ADA); Área de Influência Direta (AID); Área de Influência Indireta (AII).....	123
Figura 34 - Alteração da paisagem de 2011 para 2018, em trecho da porção sul da bacia no alto curso do Rio Piancó. Ponto referente ao trecho de análise P6.	125
Figura 35 - Trechos selecionados para a análise proposta pelo presente estudo.....	128
Figura 36 - Paisagem do trecho de análise P1. A) trecho P1 no período seco com a presença de vegetação; B) trecho P1 no período chuvoso com ausência de vegetação; C) atuação da erosão laminar e presença de ravinamento.	130
Figura 37 - Trecho de análise P2.....	131
Figura 38 - Trecho de análise P2. A) Exploração da madeira; B) descarte de lixo.	132

Figura 39 - Trecho de análise P3. A) Imagem de satélite do P3 em período seco; B) Imagem de satélite do P3 em período chuvoso; C) Erosão linear; D) Erosão laminar em vertente de barreiro e assoreamento do mesmo.....	133
Figura 40 - Trecho de análise P5.....	134
Figura 41 - Trecho de análise P6.....	135
Figura 42 - Trecho de análise P4, com ocorrência de erosão linear superficial e subsuperficial, em caráter de sulcos e voçorocamento.....	137
Figura 43 - Visualização dos processos erosivos atuantes no P4.....	138
Figura 44 - Disposição dos trechos de análise P7 e P8, bem como visualização do desenvolvimento dos processos erosivos na área.	139
Figura 45 - Processos erosivos no trecho de análise P7. A) presença de erosão linear superficial; B) erosão linear em subsuperfície com incidência de solapamento do solo; C) processo de desertificação ocasionados por erosão linear superficial e subsuperficial.	140
Figura 46 - Trecho de análise P8.....	141
Figura 47 - Imagens de satélite do trecho P9.	142
Figura 48 - Processos erosivos no trecho de análise P9.....	143

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fatores que impulsionaram a ocupação do sertão paraibano entre os séculos XVI e XVIII.	44
Quadro 2 - Emancipação dos municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Piancó.	48
Quadro 3 - Censo agropecuário do município de Santa Inês-PB.	51
Quadro 4 - Censo agropecuário de Conceição-PB.	54
Quadro 5 - Principais bibliografias sobre o histórico da ocupação do sertão paraibano.....	61
Quadro 6 - Base de informações cartográficas para os cenários estabelecidos para análise....	64
Quadro 7 - Panorama da degradação ambiental no alto curso da bacia do Rio Piancó.	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais produções em lavouras permanentes e temporárias em Santa Inês-PB.	52
Tabela 2 - Dados da pecuária no município de Santa Inês-PB.	53
Tabela 3 - Principais produções nas lavouras permanente e temporária em Conceição-PB....	55
Tabela 4 - Pecuária no município de Conceição-PB.	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
AP	Alto Piancó
BDIA	Banco de Informações Ambientais
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MDE	Modelo Digital de Elevação
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
OLI	Operational Land Imager
PIB	Produto Interno Bruto
SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TM	Thematic Mapper
USGS	U.S. Geological Survey
PISF	Projeto de Integração do Rio São Francisco
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1.	OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS.....	17
1.1.1	Objetivo Geral	17
1.1.2	Objetivos específicos	17
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	OS SISTEMAS E O AMBIENTE	18
2.2	O SEMIÁRIDO: A PAISAGEM E A DEGRADAÇÃO DAS TERRAS	28
3.	LOCALIZAÇÃO E PROCESSO HISTÓRICO SOCIO-ECONÔMICO DA ÁREA DE ESTUDO.....	39
3.1	LOCALIZAÇÃO DO ALTO PIANCÓ.....	39
3.2	BREVE HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO DO VALE DO PIANCÓ.....	43
3.3	ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS.....	50
4.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS.....	58
4.1	PESQUISA DOCUMENTAL E BIBLIOGRÁFICA	59
4.2	MAPEAMENTO.....	62
4.2.1	Mapeamento temático.....	62
4.2.2	Mapeamento: uso das terras, índice de vegetação e geomorfologia	63
4.3	PESQUISA DE CAMPO	69
4.4	ANÁLISE SOBRE AS ÁREAS DEGRADADAS NO ALTO PIANCÓ	72
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
5.1	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-NATURAL DO ALTO CURSO DO RIO PIANCÓ	73
5.2	O PADRÃO DAS FORMAS DO RELEVO NO ALTO CURSO DO RIO PIANCÓ	86
5.3	O DESMATAMENTO NO ALTO CURSO DO RIO PIANCÓ	92
5.3.1	Contextualização sobre a ocupação e uso das terras no alto curso do Rio Piancó...	93
5.3.2	Avaliação espacial da vegetação na bacia do alto curso do Rio Piancó a partir da aplicação de índice de vegetação	111
5.4	PANORAMA DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO ALTO CURSO DO RIO PIANCÓ	126

5.4.1	Desmatamento para a agricultura e pecuária	129
5.4.2	Desmatamento para a produção de carvão e lenha	136
5.4.3	Desmatamento decorrente da abertura de estradas	139
5.4.4	Desmatamento para a extração de areia	142
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	145

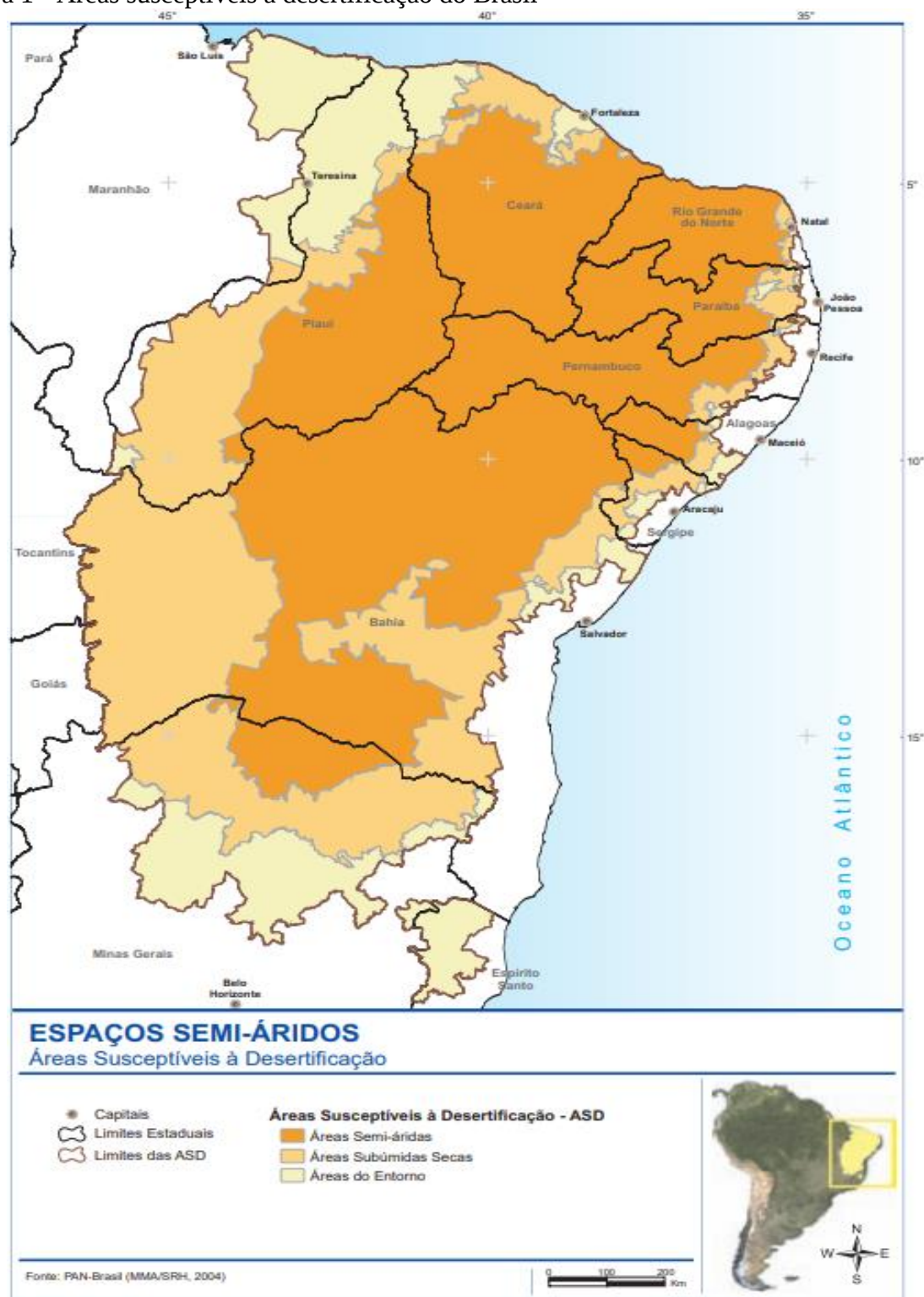
1. INTRODUÇÃO

Segundo a Convenção das Nações Unidas para o Combate à Seca (UNCCD), a condição de vivência da população que convive com as terras secas está cada vez mais afetada negativamente pelas mudanças climáticas. Um reflexo dessa realidade é que atualmente cerca de 500 milhões de pessoas no mundo vivem em áreas que sofrem processos de desertificação desde a década de 1980. O processo de desertificação advém da degradação do ambiente, de modo que acomete as terras secas e agrava, por exemplo, os problemas econômicos, sociais e ambientais existentes, como: pobreza, problemas de saúde, falta de segurança alimentar, perda da diversidade da fauna e da flora, escassez de água, migração forçada e redução da resiliência ambiental relacionadas às mudanças climáticas e/ou desastres naturais.

No contexto continental, a área florestal da América do Sul continua a diminuir, cuja principal causa é o desmatamento na conversão das áreas florestais para a agricultura e urbanização, de modo que houve uma redução de mais de meio milhão de hectares por ano entre 1990 e 2010 (FAO, 2011). Nesse sentido, no caso do Brasil, o Nordeste, que contém uma extensa região de clima semiárido e floresta de caatinga, também se tornou alvo de pesquisas científicas, especialmente relacionadas às políticas contra a seca, bem como ao aumento da degradação das terras e dos processos de desertificação (Figura 1).

Dessa maneira, as problemáticas ambientais no semiárido nordestino apresentam, sobretudo, uma expressiva dimensão social, uma vez que afeta negativamente os fatores socioeconômicos da seca, especialmente sobre os contingentes populacionais vulneráveis economicamente, residentes no campo ou nas cidades. Além disso, de acordo com o Atlas das Áreas Susceptíveis à Desertificação no Brasil (Figura 1), os impactos gerados pela seca no semiárido contribuem para ampliar as áreas em processo de degradação ambiental, determinantes para a ocorrência de desertificação nestas áreas (BRASIL, 2007). Por isso, avaliar a degradação das terras em regiões semiáridas é um avanço importante para a construção de projetos de manejo ambiental, a fim de mitigar a degradação ambiental como um todo, impedir o desenvolvimento dos processos de desertificação, e proporcionar uma convivência mais harmônica na interação entre a sociedade e a natureza.

Figura 1 - Áreas susceptíveis à desertificação do Brasil



Fonte: BRASIL 2007, p.19.

A área delimitada para análise da presente pesquisa encontra-se no alto curso do Rio Piancó, inserida no interior do Estado da Paraíba, e compõe, portanto, as áreas semiáridas suscetíveis à ocorrência de degradação ambiental e, consequentemente, à desertificação

(Figura 5). Na história da ocupação do semiárido paraibano, os vestígios documentais do século XVIII demonstraram a presença indígena e a existência de grupos sociais que desempenhavam atividades profissionais relacionadas à agricultura, comércio, e outros ofícios manuais (ferreiro, pedreiro, carpinteiro, alfaiate, sapateiros, entre outros). Em suma, foi constatado no histórico da ocupação do Alto Piancó, que as conexões entre as populações do Litoral e do Sertão se valiam do comércio de algodão, de gado, de culturas alimentares e de utensílios, ferramentas, fazendas secas, água de cheiro, entre outros (MAIA *et al.*, 2020). Dessa maneira, Maia *et al.* (2020), retrata, portanto, que esse comércio itinerante e florescente foi um dos elementos propulsores do povoamento do Nordeste Semiárido. Logo, o fator de localização geográfica acarreta para o Alto Piancó um trecho estratégico à criação de urbes fixas e para o fluxo de pessoas e de mercadorias.

Verifica-se, a partir desta breve contextualização, que os processos sociais históricos modificam a paisagem do espaço geográfico ao longo tempo, bem como a dinâmica dos fenômenos naturais. Nesse contexto, foram encontrados trabalhos sobre o alto curso da bacia do Rio Piancó que buscam investigar os aspectos socioeconômicos e ambientais da área. Pesquisas relacionadas à implementação e distribuição de Tecnologias Sociais Hídricas (cisternas, barragem, poços, etc), e o extrativismo vegetal atrelado às práticas históricas de agropecuária (LIMA *et al.*, 2016; TRAVASSOS *et al.*, 2008), indicam que as ações humanas transformaram e transformam a paisagem do Alto Piancó.

Travassos *et al.* (2008) também discute questões no âmbito das problemáticas socioeconômicas e ambientais sobre o alto curso do Rio Piancó, e coloca que:

A economia de Conceição, seguindo uma regra para quase todo o semi-árido nordestino, está fundamentada secularmente numa agropecuária com baixo nível de rendimento, sendo comum, nos períodos de secas mais prolongadas, parte da população recorrer ainda mais intensamente à retirada da madeira para a fabricação de carvão e lenha como estratégia de sobrevivência, o que já vem implicando na rarefação ou mesmo extinção de algumas espécies da caatinga antes bastante comuns nesta região. (TRAVASSOS *et al.*, 2008, p. 5).

Dessa forma, a reconstrução histórica das transformações na paisagem, ocasionadas pelas práticas sociais e pela dinâmica da natureza, configura-se um debate de suma importância para os trabalhos que visam compreender o desenvolvimento da degradação das terras no semiárido paraibano. Por isso, a presente pesquisa investiga a degradação ambiental no alto curso da bacia do Rio Piancó e, para tanto, propõe-se o levantamento histórico do uso

e ocupação das terras associado às modificações na cobertura vegetal para os cenários estabelecidos na pesquisa entre 1990 e 2020. Vale salientar que as alterações na paisagem, percebidas a partir dos fenômenos (processos e formas) geomorfológicos, representam indicadores da degradação ambiental.

Em síntese, são analisados os contextos históricos do uso e ocupação das terras e da cobertura vegetal para os cenários estabelecidos na pesquisa, com o intuito de avaliar a supressão da vegetação em detrimento da ocupação das terras no Alto Piancó. Estes dados, por sua vez, são associados à geomorfologia da área, a fim de compreender a relação entre a ocorrência da degradação dos solos e os compartimentos e dinâmicas do relevo da área. Finalmente, a partir da execução de pesquisas de campo, foram selecionados 9 trechos representativos, distribuídos em toda a bacia, para a caracterização dos processos erosivos que constituem os processos de degradação ambiental no Alto Piancó.

Com base nesta proposta de análise, enfatiza-se a construção de projetos de planejamento e manejo ambiental que supram as necessidades postas em realidade, especialmente para as dinâmicas ambientais do semiárido paraibano. Além disso, quando se reflete os fenômenos geomorfológicos como um coeficiente fundamental na construção de diagnósticos ambientais, Ross (2010) coloca que diversos fatores interferem na gênese e na dinâmica do relevo, visto que é no relevo que as forças de interação se manifestam. Sendo assim, torna-se vital partir da postura de que é preciso prevenir muito mais do que corrigir as problemáticas ambientais (ROSS, 2010).

1.1. OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o processo histórico de desmatamento e suas consequências ambientais no alto curso do Rio Piancó.

1.1.2 Objetivos específicos

- Contextualizar a ocupação e uso das terras, bem como a dinâmica espacial da vegetação, no alto curso do Rio Piancó;
- Descrever os aspectos físicos da área: a geomorfologia, geologia, os solos, a declividade, altitude e a vegetação;
- Caracterizar os processos erosivos indicadores da degradação ambiental.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 OS SISTEMAS E O AMBIENTE

Na história da Ciência, as formas de investigação e análise dos fenômenos naturais são modificadas em detrimento de contextos histórico-sociais, atrelados também às transformações técnicas que advêm do desenvolvimento da sociedade como um todo. As diversidades de perspectivas analíticas contribuem entre si para a construção contínua da Ciência, visto que a pluralidade desses alicerces teórico-conceituais permite a produção do conhecimento em sua complementaridade, perpassando, por exemplo, a concretude de fenômenos naturais, bem como as relações diretas e intersubjetivas existentes na interação sociedade-natureza.

A Ciência Geográfica conduz o debate sobre a compreensão das conexões e encadeamentos na interação entre ser humano e meio. Segundo Suertegaray (2014), a Geografia, que se tornou autônoma por volta de 1870, tinha enquanto concepção de meio o entorno natural, cujo significado é proveniente da Física e, posteriormente, da Biologia. Contudo, na frequente reformulação e construção das análises científicas, o entendimento de ambiente adquire novas conotações que “evocam a relação do ser individual ou coletivo com seu entorno, hoje totalmente artificializado” (SUERTEGARAY, 2014, p. 3).

Além da Geografia, outras áreas do conhecimento como a Geomorfologia, também têm direcionado seus estudos às perspectivas ambientais vigentes. Guerra e Marçal (2006) em livro intitulado Geomorfologia Ambiental, expressam a preocupação por parte da comunidade científica, e de órgãos governamentais e não governamentais, com a evolução da ocupação dos espaços pela sociedade. Colocam, pois, que há uma acentuação desmedida desta ocupação, que incorpora às indagações científicas problemas multifacetados.

No entanto, referindo-se à contribuição das ciências naturais, a geomorfologia, em suas diversas vertentes, é protagonista nos estudos sobre a gênese, os processos e as formas que compõem o relevo e que são responsáveis pela modelagem da superfície da Terra.

Enquanto que à Geografia, convém analisar particularidades da sociedade e da natureza, além do que resulta a produção do espaço pela interação entre o meio social e o meio natural. Assim, “a articulação entre os conhecimentos científicos está relacionada à superação da fragmentação da Ciência, sem, necessariamente, haver perda da identidade teórica-metodológica destas” (ROSSATO; SUERTEGARAY, 2014, p.59).

Os estudos físicos da natureza são vitais para a compreensão da história e dinâmica do relevo terrestre. O advento das técnicas de modelagem e mapeamento detalhado, por exemplo, são práticas que permitem uma avaliação pormenorizada das características naturais. Souza e Furrier (2019) realizam um trabalho em que são utilizadas técnicas de mapeamento geomorfológico aplicadas em escala de detalhe na microrregião do Litoral Norte Paraibano. Os autores consideram que as produções cartográficas e a análise detalhada do relevo permitem que os processos antrópicos e naturais possam ser conhecidos e planejados visando ao uso eficaz do terreno. Além desses autores, Girão e Corrêa (2004) também discutem sobre as novas possibilidades analíticas da natureza:

Para a Geografia Física, o surgimento da Geografia Crítica levou os pesquisadores a despertarem para novas reflexões, reverem o conteúdo de suas produções e alertarem para a necessidade de trabalhos aplicados ao contexto sócio-econômico-ambiental. [...] O crescente adensamento populacional derivado da concentração em cidades, reflete-se na expansão e intensificação ocupacional das zonas periféricas, a mecanização da agricultura em sistema de monocultura, a generalizada implantação de pastagens e a intensa exploração de recursos naturais. Estas transformações têm alterado, de modo irreversível, em determinados casos, os espaços ocupados pela humanidade, levando, com frequência, a processos degenerativos profundos da natureza. (GIRÃO; CORRÊA, 2004, p. 39 e 54)

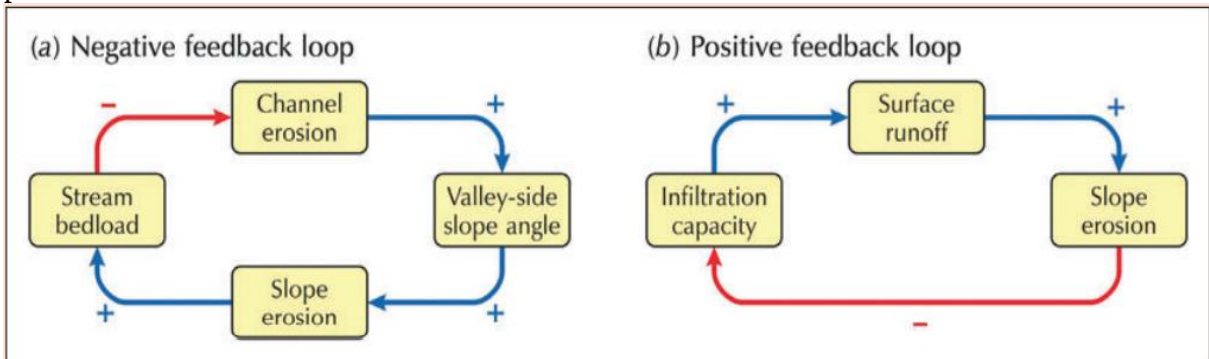
Nota-se a incorporação de variáveis que, em uma visão naturalista, eram observadas de maneira dicotômica. Portanto, este movimento paradigmático remodela as bases analíticas da Ciência e propõe a ‘re-união’ da ciência natural à ciência social, e vice-versa. Com essas colocações, também é preciso ressaltar que este novo cenário produtivo da Ciência não ocorre em detrimento da extinção de trabalhos puramente físicos e/ou puramente sociais, mas ao contrário, amplia as possibilidades de construção do pensamento científico.

Pensando a epistemologia dos sistemas naturais, a discussão foi impulsionada principalmente pelos pressupostos de Bertalanffy (1975) com a Teoria Geral dos Sistemas, que define o sistema como um complexo de elementos em interação, o que significa que os elementos estão em conexão, de modo que o comportamento de um elemento é diferente do seu comportamento em outra relação. Ou seja, a partir deste panorama surgem às análises da natureza novas possibilidades de correlação entre os elementos constituintes da superfície terrestre.

Neste contexto, avivam-se as indagações aos estudos da natureza e da relação sociedade-natureza: levando em conta a diferenciação da dinâmica das áreas, o que é um ambiente em equilíbrio? Afinal, o equilíbrio existe de fato? Qual a concepção de equilíbrio? O equilíbrio parte de óticas naturais e/ou sociais? As ações e práticas humanas se tornaram, de fato, um elemento de agência sobre os processos naturais? Entre outros inúmeros questionamentos. A natureza, cuja história é muito maior que a história da espécie humana, têm seus próprios mecanismos para lidar com as complexidades que a sociedade incorpora a esta relação.

Como exemplo, os sistemas geomórficos (palco de atividades humanas) apresentam sistemas de forma e processo, também denominados sistemas de resposta de processo. Compreendem, portanto, um “sistema de fluxo de energia ligado a um sistema de forma, de modo que os processos do sistema podem alterar a forma do sistema e, por sua vez, a forma alterada do sistema altera os processos do sistema” (HUGGETT, 2017, p.33). Para tanto, o sistema responde a partir de *feedbacks* negativos ou positivos (Figura 2).

Figura 2 - (a) Feedback negativo em um sistema talude-corrente do lado do vale. (b) Feedback positivo em um sistema de encostas erodidas.



Fonte: HUGGETT, 2017, p. 34.

O *feedback* negativo ocorre quando uma mudança no sistema movimenta uma sequência de mudanças que eventualmente neutralizam os efeitos da mudança original, estabilizando o sistema. Um exemplo ocorre em um sistema de bacia de drenagem, ver Figura 2a, onde o aumento da erosão do canal leva a uma inclinação das encostas do vale, o que acelera a erosão do talude e aumenta a carga de leito, reduzindo a erosão do canal. A erosão reduzida estimula uma sequência de eventos que estabiliza o sistema e neutraliza os efeitos da mudança original (Figura 2a) (HUGGETT, 2017).

O *feedback* positivo é caracterizado por uma mudança original que é ampliada e provoca a instabilidade do sistema. Por exemplo, uma encosta erodida onde uma tempestade aumenta o escoamento superficial, aumenta a erosão da encosta, que por sua vez causa redução na capacidade de infiltração da água, que então aumenta a quantidade de escoamento superficial, promovendo ainda mais a erosão da encosta (Figura 2b) (HUGGETT, 2017).

Os *feedbacks* positivo e negativo são uma compreensão conceitual que auxilia o entendimento da concepção de equilíbrio. Segundo Huggett (2017), John T. Hack (1960) desenvolveu as ideias de Grove Karl Gilbert (1877) que discutia a representação do equilíbrio dinâmico como um estado de equilíbrio em uma situação de mudança. De acordo com Phillips (1992), o conceito geomórfico mais fundamental de equilíbrio é o de Hack (1960), que afirmava que a paisagem está sempre em um estado de equilíbrio dinâmico, cujas formas se ajustam aos processos dominantes e aos controles ambientais. No equilíbrio

instável, a resposta do sistema a uma perturbação não será retornar o sistema inteiramente para seu estado de pré-perturbação. Em vez disso, o sistema permanecerá em desequilíbrio ou mudará para um novo estado de equilíbrio dinâmico diferente (BRACKEN; WAINWRIGHT, 2008).

Contudo, Huggett (2017) coloca que atualmente o equilíbrio dinâmico na geografia física é sinônimo de um “estado estacionário” ou de um estado enganoso, onde o sistema parece estar em equilíbrio, mas na realidade está mudando de modo extremo lentamente. A partir destas colocações, o autor sugere que “talvez seja melhor para os geógrafos físicos abandonar a noção de equilíbrio dinâmico e, de fato, alguns dos outros tipos de equilíbrio, e adotar a terminologia de dinâmica não linear” (HUGGETT, 2017, p. 40). Esta perspectiva se coaduna, por exemplo, ao comportamento de ambientes semiáridos, cuja intermitência e não linearidade dos fenômenos fazem parte da dinâmica da natureza destas áreas.

Essas novas óticas sobre a própria concepção de equilíbrio, perpassa questões sócio-histórico paradigmáticas, na tentativa de acompanhar as transformações da sociedade e concomitantemente da natureza. Um reflexo disto são os debates a respeito da epistemologia do entendimento de sistemas, que nas últimas décadas, vêm incorporando discussões mais analíticas a respeito da interação e do comportamento dos elementos que o constituem. A nível de elucidação, Areco (1989) desenvolve argumentações sobre dois diferentes métodos de análise: o sistemismo e a dialética.

O sistemismo se reporta à natureza. É essa quem vai dar-lhe a chave da interpretação do mundo. É a partir dos organismos vivos que se tem a compreensão dos fenômenos todos. Na dialética a interpretação do mundo, inclusive da própria natureza, é dada a partir da sociedade, [...] como é o caso das relações do homem no trabalho. (ARECO, 1989, p. 201)

Verifica-se então que há uma questão paradigmática em discurso, que envolve noções fundamentais sobre a relação sociedade-natureza para a construção de pesquisas científicas no mundo atual. Milton Santos (2006) declara a necessidade de um enfoque mais abrangente sobre o entendimento de sistemas:

Nossa proposta atual de definição da geografia considera que a essa disciplina cabe estudar o conjunto indissociável de sistemas de objetos e sistemas de ação que formam o espaço. [...] O espaço é hoje um sistema de objetos cada vez mais artificiais, povoado por sistemas de ações igualmente imbuídos de artificialidade, e cada vez mais tendentes a fins estranhos ao lugar e a seus habitantes (SANTOS, 2006, p. 39)

A partir das colocações de Areco (1989) e Santos (2006), estão postas duas tendências: o método sistêmico observa o homem mais como ser biológico que social; e, o método dialético, com uma visão crítica e ao mesmo tempo ambiental, considera a lógica da organização espacial desigual (NUNES *et al.*, 2006). Não obstante, Morin (2005) coloca em pauta a discussão de princípios elementares para a análise científica da realidade nos tempos atuais:

Precisamos de um método que respeite o caráter multidimensional da realidade antropossocial, isto é, que não escamoteie nem sua dimensão biológica, nem a dimensão do social, nem a do individual, isto é, que possa enfrentar as questões do sujeito e da autonomia (MORIN, 2005, p. 279).

As formulações de Morin (2005) compatibilizam-se às proposições de Santos (2006), de modo que a Ciência serve ao ser humano e é produzida pelo mesmo, logo, está sujeita a modelos e sistemas organizacionais advindos da sociedade. Para melhor elucidar este debate, quando se leva em conta aspectos relativos ao território, por exemplo, pensando uma escala continental de América Latina, Suertegaray (2015) discute a história ambiental-política sob a lógica da colonialidade, refletindo acerca do processo de exploração de recursos naturais, extermínios de população e degradação da natureza nos países latino americanos.

Em suma, o resultado deste processo exploratório, ainda em continuidade, ocupa um lugar de exploração dos recursos naturais, não num contexto de não-colonização, mas sim de colonialidade; pois atualmente, manifesta-se diante de um pensamento hegemônico capitalista de acumulação, que parte das elites dominantes e é introduzido em outros espaços provocando a degradação da natureza e afetando as diversas esferas do viver (SUERTEGARAY, 2015).

Para Areco (1989), os modelos organizacionais das sociedades capitalistas introduzidos também à Ciência, funcionam de modo a esconder as próprias deformações destas sociedades, visto que em lugar de o ser humano reconhecer-se em suas criações, este se sente ameaçado por elas. A autora ainda reflete que, para o método sistêmico, as relações sociais não são vistas a partir do próprio ser humano, mas sim enquanto fator antrópico que constitui a natureza. Por outro lado, Morin (2005) alicerça a necessidade de fundar a nossa sabedoria, uma vez que a procura dessa sabedoria é a procura da superação da cisão que se operou no Ocidente entre o universo da meditação e o da prática social.

Por isso, a análise a partir da natureza também é uma criação humana que advém da construção social, e determina parâmetros e valores cujo objetivo máximo é entender o comportamento da dinâmica natural. A natureza, interpretada pela sociedade, visto a evolução da espécie humana e do conhecimento científico, só foi possível pelo viés social na relação sujeito-coletivo. Além disso, a construção metodológica da Ciência, bem como suas ações perante o mundo, não deve ser estática e única, mas sim apresentar-se em contínua transformação.

Em síntese, a discussão dos métodos centrada no debate sobre sistemas, depende sobretudo das problemáticas e dos questionamentos científicos que se pretende investigar. Com as modificações na sociedade, e consequentemente na natureza, ao longo do tempo histórico, algumas indagações mostram que não é possível dissociar a natureza da sociedade: as práticas humanas na terra causam degradação à natureza? As populações que ocupam vertentes intensificam a erosão? Para onde realocar a população que ocupa vertentes erosivas? O assoreamento dos rios é causado sobretudo pelo desmatamento? Por que ocorre o desmatamento em determinadas áreas? Quais sujeitos sociais desmatam, e por quê? Como criar um plano de manejo da terra, a fim de amenizar a degradação da natureza, corroborando para uma dinâmica harmônica na utilização das terras pela sociedade? E assim por diante.

Inúmeras pesquisas quantitativas geram dados sobre a natureza que são imprescindíveis à análise científica. Porém, na construção de projetos ambientais para a

resolução das problemáticas atuais, orienta-se considerar também os agentes da produção do espaço geográfico. Afinal de contas, é para estes sujeitos sociais que vivem no espaço geográfico, que os projetos de planejamento e manejo ambiental devem ser desenvolvidos. Por isso, quando se pensa o ambiente sob uma abordagem que reflete a relação entre o equilíbrio e o impacto gerado, uma análise sistêmica apresenta-se mais adequada. No entanto, quando se reflete temáticas ambientais, os conceitos de paisagem e ambiente enquanto categorias com aspectos de integralidade, por exemplo, tornam a análise dialética mais pertinente nestes casos.

Nesse ínterim, uma categoria vital para as análises da relação natureza-sociedade, é a de ambiente, que, assim como os sistemas, também sofreu alterações ao longo do tempo histórico. É preciso, antes, colocar algumas breves reflexões acerca de qual perspectiva de natureza segue a discussão. Suertegaray (2015) apresenta algumas interpretações: para Karl Marx a natureza que vemos hoje já não é mais a primeira natureza, caracterizada enquanto segunda natureza; Milton Santos a concebe enquanto uma “natureza artificializada”, a qual Suertegaray renomeia de “natureza transfigurada”. Vitte (2007), seguindo as explanações de Suertegaray (2015), retrata a natureza como “desnaturalizada”. Todas essas expressões buscam discutir um ponto em comum, que é a transformação da natureza causada pelas ações da humanidade. Não obstante, Suertegaray (2015) afirma que apesar da transfiguração da natureza, claro que a dimensão da “natureza natural” ainda está presente. Em continuidade na discussão, Suertegaray (2014) ainda comenta:

O conceito de natureza, por exemplo, na sociedade ocidental, da qual fazemos parte, é entendido como externo ao homem. Paradoxalmente, fazemos parte dessa natureza, que é concebida como constituída do mundo abiótico e biótico, por vezes excluindo o homem, por vezes incluindo-o como ser biológico. Neste contexto sociocultural, evidencia-se uma valorização da natureza (SUERTEGARAY, 2014, p.4)

Logo, este breve debate a respeito da ontologia da natureza é valioso para o entendimento de ambiente, pois a inserção da sociedade sob as óticas de natureza discutidas

nas colocações de Suertegaray (2014) competem à Geografia novos desafios para a atualidade, no que diz respeito à realização de análises que busquem compreender esta dinâmica complexa, e não dicotômica, entre natureza e sociedade. Para esta complexidade, Vitte (2007, p.77) coloca que esta interação deixa de ser um princípio de diferenciação das ações naturais e humanas, para tornarem-se entidades abstratas, “sujeitas às ações estratégicas de controle e planejamento que viabilizariam a intervenção tecnológica”.

Em vista disso, a partir do conteúdo discutido pela Lei da Política Nacional de Meio Ambiente, em suma, a categoria ambiente relaciona-se a tudo aquilo que nos circunda. Para tanto, foi classificado em: Meio Ambiente Natural; Meio Ambiente Artificial; Meio Ambiente Cultural; e, Meio Ambiente do Trabalho (FIORILLO, 2013).

Respectivamente, Meio Ambiente Natural ou físico é constituído pela atmosfera, elementos da biosfera, pelas águas, solo e subsolo, pela fauna e flora. O Meio Ambiente Artificial constitui o espaço urbano construído pelos equipamentos públicos. O Meio Ambiente Cultural apresenta o patrimônio cultural brasileiro, bem como bens de natureza material e imaterial que possuem sentido de valor especial, além de conter o Meio Ambiente Digital que diz respeito a uma nova cultura que passa por diversos veículos reveladores de novos processos civilizatórios adaptados necessariamente à sociedade da informação. E finalmente, o Meio Ambiente do Trabalho que se refere à salubridade do local onde as pessoas desempenham suas atividades laborais relacionadas à sua saúde e integridade física (FIORILLO, 2013).

Apesar de todas estas classificações que pormenorizam os diversos âmbitos de Meio Ambiente, considerados pela Constituição Brasileira, nota-se que uma definição não se opõe à outra. Nesta perspectiva, quando se pensa em Meio Ambiente Natural, por exemplo, este interage e é modificado pelo Meio Ambiente Artificial que conversa com o Meio Ambiente do Trabalho e vinculam-se ao Meio Ambiente Cultural, não necessariamente nesta ordem.

Nos textos clássicos da Geografia, quanto ao elo sociedade-natureza, o ambiente investigado nesta relação era considerado como entorno natural. Para Suertegaray (2015), o ambiente deve abranger as duas dimensões precursoras da Geografia: natureza-sociedade e o

resultado dessa produção conjunta. Agrupando as perspectivas da Constituição do Direito Ambiental Brasileiro às de Suertegaray (2015, p.131), a autora posiciona-se então que ocorre uma “articulação fundante entre sociedade, cultura e natureza em todas as nossas dimensões do viver”. Dessa maneira, é necessário que nos tempos atuais a Geografia, levando em conta seu fenômeno de análise, situe a dimensão ambiental de maneira diferenciada em relação à Ecologia.

Sobre esta questão, Vitte (2007, p.77) aponta que “cada sociedade, por meio de suas regras culturais, imprime uma determinada plasticidade à natureza e aos seus processos”. Esta interação pode ser visualizada, por exemplo, através da paisagem que funciona como uma impressão dos elementos que constituem o espaço geográfico. Portanto, partindo dessa perspectiva, a paisagem retrata não apenas os elementos naturais, mas também as dinâmicas sociais atuantes que, conseqüentemente, constroem uma dimensão complexa e ambiental do espaço geográfico.

Para complementar a discussão acerca da dimensão ambiental às análises de cunho Geográfico, Girão e Corrêa (2004) exemplificam:

Ao desestabilizar o sutil equilíbrio das áreas de encostas, por exemplo, através da ocupação desordenada e sem o devido conhecimento dos processos morfodinâmicos desses compartimentos, têm-se variadas conseqüências, desde o desencadeamento de processos erosivos, com a formação de feições erosivas lineares (ravinas ou mesmo voçorocas), até movimentos de massa de alta magnitude e poder de destruição. (GIRÃO; CORREA, 2004, p. 55)

Assim, ressalta-se que para a construção de análises que consideram a atuação das práticas sociais sob a superfície terrestre relacionada à dinâmica dos fenômenos naturais, é imprescindível avaliar, a partir da integralidade, os elementos que constituem o ambiente. Para este debate Morin (2005, p. 291) afirma que “a complexidade começa logo que há sistema, isto é, inter-relações de elementos diversos numa unidade que se torna complexa (una e múltipla)”. Nesse sentido, quanto à Geografia, que constituiu um objeto de análise de interface entre as ciências naturais e as ciências sociais, o dever de elaborar os instrumentos

operacionais de análise a fim de permitir a visualização de diferentes enfoques e a construção de um contexto relacional entre os elementos que compõem o espaço geográfico, contém e está contido na discussão ambiental (SUERTEGARAY, 2001).

Desse modo, a discussão ambiental sob uma perspectiva integrada promove o debate acerca da reestruturação dos modos de pensar e agir a partir da descolonização de pensamentos dominantes, de forma que sejam reavaliados os meios de utilização dos recursos naturais baseados no extrativismo nocivo e que acarreta a devastação da natureza. Para tanto, de modo geral, torna-se substancial o desenvolvimento da justiça e da união social a fim de uma luta comum: a preservação do habitat do ser humano e a viabilização do bem viver.

2.2 O SEMIÁRIDO: A PAISAGEM E A DEGRADAÇÃO DAS TERRAS

O “boom” demográfico iniciado na década de 50 do século XX acarretou para os sistemas de produção uma maior demanda dos recursos da natureza, o que corroborou para a intensificação dos processos de exploração do meio natural, de modo que atendesse, além das necessidades de abastecimento da população, a acumulação de lucros. Essas transformações na sociedade e, conseqüentemente na natureza, evidenciaram a necessidade de análises que considerassem a totalidade do meio físico e as inter-relações entre os componentes do mesmo (GIRÃO; CORRÊA, 2004). Por isso, neste cenário, as discussões acerca da degradação ambiental passaram a se constituir em torno da aproximação dos estudos físicos da natureza com as ciências sociais.

A revolução técnico-científico-informacional transformou os modos de uso das terras, especialmente sobre a incorporação de novas complexidades incorporadas às dinâmicas entre a sociedade e o comportamento da natureza. A pesquisa de Daniel *et al.* (2021) corrobora a discussão pois investiga a influência da ação antrópica na gênese e distribuição das feições erosivas da bacia do córrego espriado em São Pedro-SP, a partir de

cenários determinados pelos pesquisadores. Foram produzidos mapas que oportunizaram correlacionar os dados de uso e ocupação de solos e a gênese e distribuição das feições erosivas. De modo geral, sobre os resultados, foi apresentado que as classes de solo exposto e pastagens são as mais suscetíveis em todos os cenários. Além desta, há outras pesquisas no Brasil que também visam compreender a relação entre o uso dos solos e a ocorrência de feições erosivas (SILVA, 2007; SILVA, 2021).

No entanto, quando se reflete sobre o ambiente semiárido ou de terras secas, as características naturais da dinâmica ambiental dessas áreas denotam a ocorrência de processos erosivos enquanto fatores naturais associados a pluviosidade, litologia, solos, morfologia das encostas, entre outros. Seguindo este raciocínio, Mohseni e Hosseinzadeh (2021) supõem que a interação entre os processos de erosão do solo e as características do relevo sejam os principais fatores que contribuem para o surgimento da heterogeneidade espacial nos mecanismos biofísicos e bioquímicos que controlam a ligação entre a pedosfera e a atmosfera. Além disso, as autoras não descartam que os distúrbios antropogênicos-geomórficos, associados aos processos acelerados de erosão do solo, também provocam a ativação de mecanismos de *feedback* positivo, os quais amplificam pequenos desvios e estimulam dinâmicas de grande escala ao nível da paisagem.

Nesse sentido, para a avaliação de degradação das terras no semiárido, a compreensão do comportamento do fluxo terrestre sob diferentes condições de paisagem da vegetação, permite entender melhor os mecanismos hidrodinâmicos dos processos de erosão do solo. A pesquisa de SUN *et al.* (2019) realiza experimentos de chuva simulada em campo, conduzidas por uma série de escoamento superficial e taxas de transporte de sedimentos em parcelas experimentais, com cobertura vegetal de 0%, 20%, 40%, 60% e 90%, em situações uniformemente distribuídas e caminhos de fluxo compostos de diferentes manchas (caminho horizontal, caminho vertical, manchas aleatórias e caminho em forma de S). De modo geral, as taxas de escoamento e as concentrações de sedimentos para pastagens com cobertura diminuíram em comparação com a terra nua. Além disso, os caminhos mal conectados (horizontais e aleatórios) exibiram maior resistência ao fluxo e menor capacidade de

transporte de sedimentos do que os caminhos bem conectados (verticais e em forma de S).

Em vista dessas demonstrações, os experimentos em campo, realizados por SUN *et al.* (2019), confirmaram que o aumento da cobertura vegetal e a combinação de manchas na paisagem podem reduzir significativamente as taxas de escoamento, produção de sedimentos e velocidades de fluxo, aumentar a rugosidade da superfície, promover resistência ao fluxo e diminuir o estresse de cisalhamento hidráulico e a potência do fluxo. Dessa maneira, a utilização das terras secas de maneira indiscriminada, sem simular ou considerar os elementos que perpassam o comportamento da erosão dos solos, pode gerar distúrbios com caráter de *feedback* positivo que corroboram para a degradação ambiental dessas áreas.

A heterogeneidade da paisagem demonstra-se, portanto, como um componente importante para os ecossistemas, além de desempenhar um papel significativo no alívio das inundações, na preservação do solo e perdas de água. Desse modo, nas paisagens semiáridas, as manchas de vegetação servem como obstruções que podem retardar o escoamento superficial, aumentar a infiltração e o aprisionamento de sedimentos (SUN *et al.*, 2019). Por outro lado, a heterogeneidade espacial da paisagem ocasiona a fragmentação dos componentes bióticos e abióticos enquanto fator negativo, além de gerar a emergência simultânea, em escala local, de mosaicos degradados e manchas propensas à degradação com diferentes graus de resiliência em razão da interação entre os diferentes mecanismos de funcionamento do ambiente. Portanto, pensar a criação de manchas heterogêneas na paisagem, é considerar os mecanismos biofísicos e bioquímicos que controlam os níveis de resiliência dos estados frente às agressões ambientais (MOHSENIA; HOSSEINZADEHA, 2021).

No Nordeste brasileiro, há regiões semiáridas em que a ocorrência do uso das terras de maneira indevida é discutida em pesquisas desde o século XX. No alto curso do rio Piancó, situado no Estado da Paraíba e área de estudo da presente pesquisa, Almeida (1980), no livro intitulado “A Paraíba e seus problemas”, retrata:

Afigura-se-me que nunca houve florestas nessa região. A flora era, de certo, mais opulenta, como indicam alguns resquícios; mas, os primeiros campos foram preparados por meio de queimadas que, como se sabe, inutilizam os efeitos compensadores da irradiação noturna, em detrimento da regularidade climática. A mata, por si só, não poderia contrabater o fenômeno da seca, senão suavizar o seu rigor. Porque o desnudamento não é a causa da seca: contribui, apenas, para a sua gravidade. A vegetação é, inquestionavelmente, uma fonte de umidade e modifica as condições atmosféricas. (ALMEIDA, 1980, p. 153 e 154)

Nos escritos de Almeida (1980) também já se debatia a aptidão do sertão paraibano para as práticas da cultura do algodão e criação de gado, que se constituíam “elementos dos mais valiosos da fortuna particular e fontes principais da receita pública” (ALMEIDA, 1980, p. 225). Nesse contexto, os diversos componentes do ambiente operam diferenças climáticas e idiossincrasias ambientais locais, de modo que as superfícies líquidas, a natureza do solo, a ausência ou presença de vegetação, a topografia, a natureza geológica, o afastamento da costa, a posição relativamente aos ventos reinantes, as queimadas, as práticas agropecuárias, entre outras particularidades, contribuem para variações nas características ambientais da paisagem no semiárido (ALMEIDA, 1980).

Dessa forma, um parâmetro relevante às análises ambientais pela conjunção entre a geografia e a geomorfologia, que diz respeito ao histórico e representação dos fenômenos naturais e sociais, ocorre, principalmente, por intermédio da paisagem. Nesse sentido, revisitar o passado, analisar o presente e a possibilidade de simular situações futuras, potencializou os estudos ambientais e a incorporação das novas complexidades inseridas ao meio ambiente atual.

Dentro desta discussão, é pensando na paisagem como um todo que calha à Geografia refletir sobre as diferentes interações entre os elementos que coexistem no espaço geográfico e compõem a paisagem. No panorama denotado pela diversidade de ambientes naturais, o ser humano, enquanto ser social, “interfere criando novas situações ao construir e reordenar os espaços físicos com a implantação de cidades, estradas, atividades agrícolas, instalações de barragens, retificação de canais fluviais, entre inúmeras outras” (ROSS, 2010, p. 12).

Por isso, nas dinâmicas superficiais do meio natural, mesmo as que demandam

longa temporalidade para a ocorrência de modificações aparentes, o comportamento da natureza não é estático e isolado. Diante disso, Jurandyr Ross (2010) em seus escritos sobre “Geomorfologia: ambiente e planejamento”, considera, enquanto objetivo máximo do diagnóstico ambiental, conhecer os mecanismos de funcionamento dos mais diversos ambientes que compõem o estrato geográfico.

No caso das produções científicas referentes às paisagens brasileiras, para Vitte (2007), a maior contribuição aos estudos sobre paisagens naturais foi de Aziz Ab’Saber. Partindo de uma renovação metodológica nas pesquisas geomorfológicas desenvolvidas em todo o território nacional, Ab’Saber apreendeu a paisagem como resultado de uma relação entre processos passados e atuais. Os processos passados seriam os responsáveis pela compartimentação regional da superfície, e os processos atuais respondem pela dinâmica atual das paisagens.

As formas representadas na paisagem ressaltam, portanto, os processos que ocorreram no passado e que ocorrem no presente. Estes processos, por sua vez, apresentam-se em conexão, expressas por um conjunto de feições visíveis na paisagem. Nesse cenário da dimensão geomorfológica para análise da paisagem, Suertegaray (2019) retrata, de maneira mais detalhada, a proposta metodológica de Ab’Saber:

Iniciamos, exemplificando estudo da paisagem, a partir da Geomorfologia e de sua proposta analítica, conforme Ab’Saber (1969). Seus estudos geomorfológicos o levam a propor uma metodologia de análise, a partir do conceito de paisagem. Esta está ancorada em três conceitos: a compartimentação, a estrutura superficial e a fisiologia da paisagem. A Compartimentação se define pela identificação de unidades, através da diferenciação geométrica das formas de relevo. A Estrutura implica compreender a gênese/formação da paisagem, através do resgate de indicadores históricos. Em geomorfologia, os estudos da estrutura tratam de resgatar as evidências de formas ou de depósitos correlatos aos ambientes do passado. A Fisiologia implica compreender a funcionalidade, a ação dos processos modeladores das formas, sobretudo, no presente. Interessa o estudo da dinâmica, da funcionalidade da paisagem, sua dinamicidade atual, incluindo a ação antropogênica. (SUERTEGARAY, 2019, p. 165)

A partir das colocações de Suertegaray (2019), a incorporação do enfoque humano é ressaltada enquanto elemento significativo para a modelagem do relevo à sugestão de análise

da paisagem pela Geomorfologia. Nesse contexto, a Geografia incorpora a esta concepção, uma dimensão de conexão entre os diferentes elementos que integram o ambiente. Para tanto, a análise da paisagem natural perpassa a ação humana, que, a partir de suas interferências no meio (com o desenvolvimento agrícola, a exploração mineral, utilização dos recursos hídricos, criação de animais, entre outros), acarretam novas dinâmicas ao comportamento da natureza. Esta nova complexidade incorporada às pesquisas atuais, pode ser percebida através da reconstrução histórica da paisagem dos fenômenos ambientais.

Levando em conta a história das paisagens, Santos (2006) a define como “o conjunto de formas que, num dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza” (SANTOS, 2006, p. 66). Para o autor, a paisagem é transtemporal, onde, através de suas formas, criadas em momentos históricos diferentes, coexistem no momento atual. No entanto, a paisagem pelo autor supracitado, abarca o significado de funcionamento da paisagem, de maneira que a sociedade é quem anima as formas espaciais, atribuindo-lhes um conteúdo. Nesta perspectiva, concebe-se, portanto, o movimento contraditório, dialético, cujas rugosidades da paisagem (ao que fica do passado como forma) trazem os restos de divisões do trabalho já passadas, os restos dos tipos de capital utilizados e suas combinações técnicas e sociais com o trabalho.

Percebe-se que a paisagem, apta para abarcar diversas conceituações e perspectivas, expressa, antes de tudo, os elementos e formas que se apresentam no espaço geográfico. A concepção de Ab'Saber é percebida a partir dos processos geomorfológicos expressos na paisagem, enquanto que a perspectiva de Santos (2006) é entendida pelo movimento da sociedade. No entanto, em ambas compreensões o ser humano está presente enquanto um agente transformador e modelador da paisagem. A respeito desta questão, Filho e Quaresma (2011) colocam:

O sistema antrópico, por meio do uso e ocupação das terras, ao acelerar processos geomorfológicos, permite a ocorrência rápida de fenômenos que se manifestariam em longo período de tempo, caso fossem resultantes exclusivamente de processos naturais. Assim, processos e formas que se manifestariam na escala do tempo da natureza, passam a ocorrer nas escalas do tempo histórico e presente. [...] A

reconstituição de paisagens desérticas sem necessidades de alterações climáticas, mas derivada dos *inputs* do sistema antrópico sobre os geossistemas (desertificação antrópica), comprova que o sistema antrópico se constitui em um subsistema importante à criação e ao entendimento de processos e formas geomorfológicas. (FILHO; QUARESMA, 2011, p. 89, 90)

Percebe-se, portanto, que o tratamento da paisagem como realidade integrada e dinâmica vêm a acentuar a unidade da geografia e diluir as fronteiras entre o social e o natural. Além disso, robustece a singularidade de uma ciência que associa de forma inteligente fatos heterogêneos e diacrônicos, uma vez que são esses contrastes que não viabilizam a confusão de uma com a outra na análise dos elementos da paisagem (CONTI, 2014).

Não obstante, Suertegaray (2019) discute que a análise da paisagem implica compreender a forma em sua transformação (na sua dimensão histórica). Isto quer dizer que, mesmo a impressão atual da paisagem, é carregada de elementos passados que denotam vestígios de fenômenos e processos que ocorreram preteritamente. Para a autora, sob perspectiva de análise geomorfológica, a paisagem é concebida como um “conjunto homogêneo de formas, definidas através de métricas que, combinadas, formam redes ou mosaicos, podendo ser, ainda, compreendida, como conjunto de formas, produto de uma funcionalidade (dinâmica) temporal-espacial” (SUERTEGARAY, 2019, p. 193).

Seguindo este contexto, a dinâmica de ambientes semiáridos apresenta, em seu funcionamento, suscetibilidade a problemáticas relacionadas à desertificação e elevadas taxas de erosão de solos (BRASIL, 2007). Isto reforça a necessidade em avaliar processos de degradação dos solos do Nordeste brasileiro como um todo, além da consequente perda da capacidade produtiva destas áreas e a viabilização de propostas para a reabilitação e recuperação das áreas em processo de degradação ambiental (SOARES, 2012).

Sendo assim, a degradação das terras é resultado das interações negativas entre o solo e a vegetação, de modo que a erosão provocada principalmente pelos escoamentos superficial e subsuperficial nas encostas, apresenta-se em maior expansão territorial no Brasil e no mundo. Torna-se evidente, portanto, projetos que visem o reestabelecimento da

vegetação e as consequentes interações biológicas a fim de fomentar a resiliência dos ecossistemas (LIMA, 2018). Todavia, vale salientar, que a erosão dos solos pode ser intensificada a partir de atividade humanas, que excedem, em muitos casos, as forças da Natureza, ao influenciarem o sistema terrestre (GUERRA; JORGE 2021).

Verifica-se então que a “importância do solo como um corpo natural deriva em grande parte do seu papel de interface entre as rochas (litosfera), o ar (atmosfera), a água (hidrosfera) e os seres vivos (biosfera)” (BRADY; WEIL, 2013, p. 10), de modo que, estes fatores, abarcam um campo de interação ambiental para o funcionamento dos solos. No caso do semiárido, um fator relevante para as taxas de erosão dos solos, diz respeito ao comportamento da infiltração. Nesse sentido, sobre a relação entre o escoamento e as taxas de infiltração, Guerra *et al.* (2010) discute:

O escoamento superficial é tanto mais intenso quanto menor for a taxa de infiltração das águas pluviais do terreno. Por sua vez, a infiltração relaciona-se diretamente à permeabilidade do terreno, variando tanto pelo efeito da compactação promovida pela ocupação do solo, quanto pela intensidade e frequência das chuvas, natureza e organização do solo, e inclinação, geometria e comprimento das vertentes. [...] A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão. Entre os principais efeitos da cobertura vegetal, Bertoni e Lombardi Neto (1985) destacam os seguintes: a) proteção contra o impacto direto das gotas das chuvas; b) dispersão e quebra de energia das águas de escoamento superficial; c) aumento da infiltração pela produção de poros no solo por ação de raízes; d) aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica. (GUERRA *et al.*, 2010, p. 232)

Isto significa que a presença da cobertura vegetal é determinante para o funcionamento harmonioso dos solos na dinâmica de infiltração e da manutenção da vida no ambiente das terras secas. Além disso, a vegetação, em sua dinâmica saudável, ameniza a ação do efeito *splash* enquanto o estágio mais inicial do processo erosivo por ruptura dos materiais agregados do solo, do escoamento em lençol (*sheetflow*), do desenvolvimento de fluxo linear (*flowline*), do surgimento de microrravinas (*micro-rills*), entre outros tipos de erosão (GUERRA *et al.*, 2010).

Portanto, a remoção da vegetação, especialmente em detrimento da ocupação das

terras, provoca a erosão dos solos, o que pode gerar uma degradação em cadeia que termina por atingir negativamente todos os elementos que constituem o ambiente. Além disso, essa dimensão ambiental da erosão dos solos pode ser investigada a partir da aplicação de diversas metodologias através da obtenção de imagens de satélite, sensoriamento remoto, a partir de pesquisas de campo para monitoramento, da simulação de experimentos em campo e em laboratório, entre outros meios.

Além da utilização de metodologias aplicadas para a avaliação da degradação ambiental, o fator tempo é imprescindível para o entendimento da gênese, modificações e dinâmica dos fenômenos que atuam no ambiente degradado. Conhecer a história do comportamento dos processos erosivos, através da paisagem, permite a compreensão do funcionamento da erosão, o que garante a proposição de planos eficazes à reabilitação e recuperação desses ambientes.

Nesse ínterim, a erosão por voçorocas, escoamento em lençol, formação de ravinas, entre outros processos erosivos, tem sido reconhecida como uma das principais formas de degradação que, em muitos casos, estão relacionadas ao uso inapropriado dos solos. Além disso, as práticas humanas são, geralmente, um dos principais agentes que promove a aceleração de erosões lineares, e tem atuado de diferentes formas no tempo e nos resultados de pesquisas entre países no mundo, dependendo da história do uso da terra e das práticas de gestão (CASTILHO; GÓMEZ, 2016).

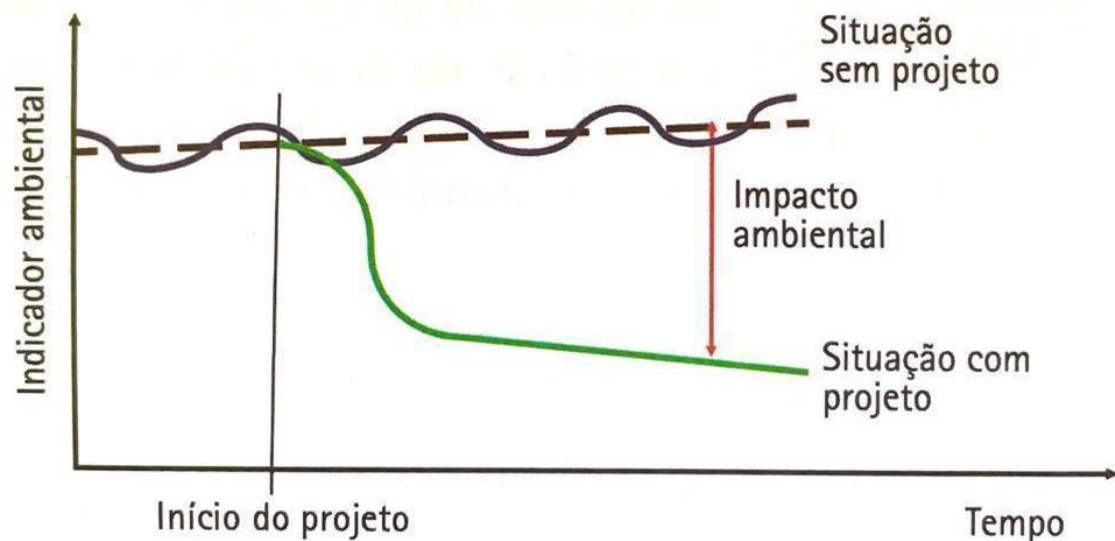
De modo geral, segundo a Política Nacional do Meio Ambiente, a degradação da qualidade ambiental diz respeito à alteração adversa das características do meio ambiente. De modo que alterações na dinâmica harmoniosa dos recursos ambientais entre a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora, implicam a degradação ambiental das terras.

Assim sendo, torna-se vital aos projetos de planejamento e gestão ambiental, levar em conta, de forma aprofundada, todos os elementos constituintes do ambiente e que influenciam a sua dinâmica de maneira harmoniosa. Pois, um ambiente incapaz de fornecer

nutrientes necessários para sustentar o crescimento saudável da vegetação natural ou de culturas agrícolas, estimula massivamente a erosão que, conseqüentemente, polui rios e provoca o assoreamento destes, além de tornar a população, principalmente as que dependem da terra para sobreviver, mais empobrecidas e expostas aos riscos resultantes da degradação ambiental (BRADY; WEIL, 2013).

Diante destas colocações, a avaliação da degradação das terras pela análise dos indicadores ambientais, ou seja, os processos que revelam o encadeamento degenerativo da natureza, permitem uma caracterização ambiental do território e sugere uma avaliação integrada dos elementos presentes no espaço. Assim, os indicadores ajudam a medir a degradação ambiental, e fornecem, portanto, dados e informações quantitativos e qualitativos, que visam precaver a ocorrência de processos degradacionais e de impactos ambientais. Para elucidar melhor a discussão, observa-se o gráfico da Figura 3:

Figura 3 - Os indicadores ambientais enquanto proposta de avaliação para a prevenção da degradação das terras e de impactos ambientais.



Fonte: SÁNCHEZ 2013, p. 29, Fig. 1.6.

No gráfico (Figura 3), observa-se uma determinada condição ambiental em dois cenários: situação sem projeto ambiental e situação com projeto ambiental. Vê-se que a execução eficaz de projetos de plano e gestão ambientais reduzem significativamente a degradação e a ocorrência de impactos negativos no ambiente, sobretudo, a longo prazo.

Dessa maneira, um caminho para a avaliação ambiental é a análise a partir dos indicadores ambientais (lado esquerdo do gráfico, Figura 3), pois são eles que descrevem quantitativamente e/ou qualitativamente a situação ambiental de determinada área, e possibilitam a utilização das terras sem intensificar os processos degradacionais.

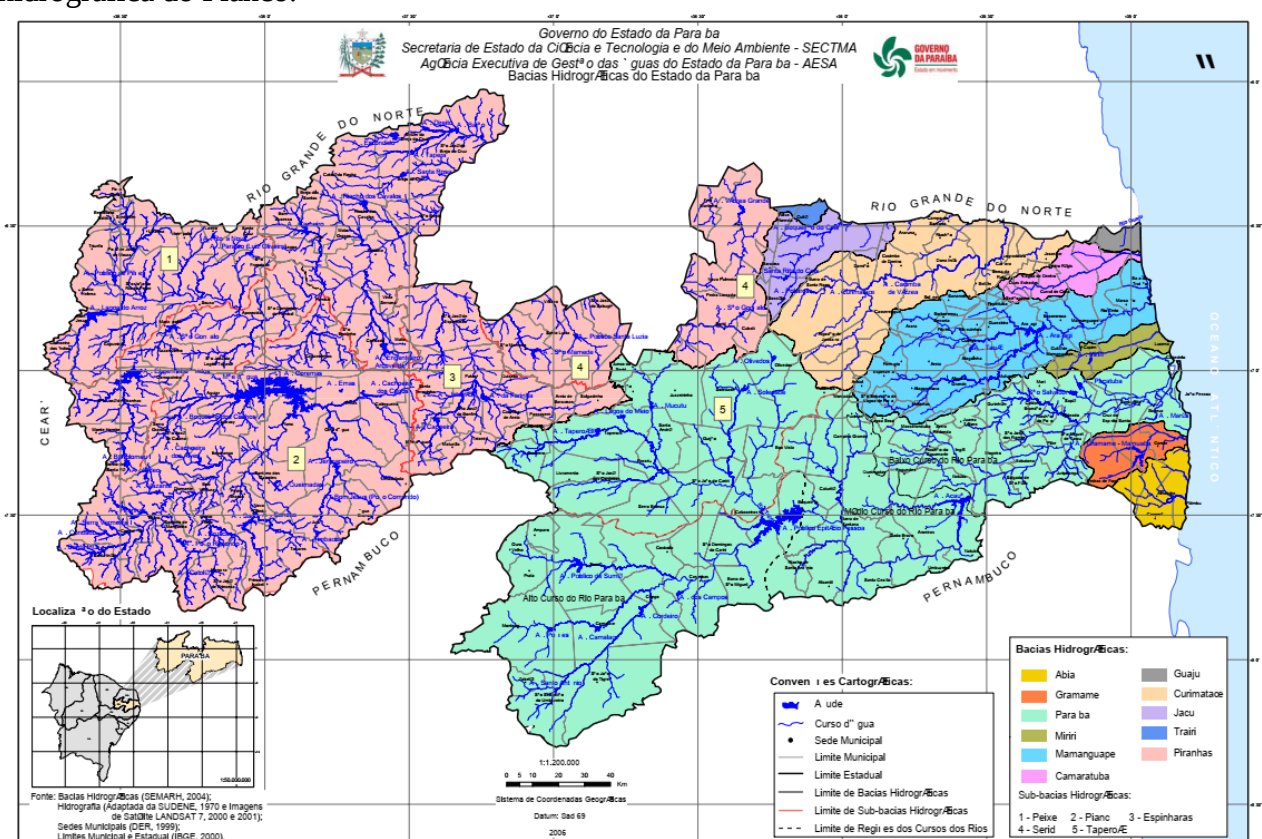
Portanto, os indicadores ambientais, apresentados pela análise da paisagem, podem funcionar como um elo entre as áreas do conhecimento, visto que sua mensuração e debate, oportunizam avaliar o ambiente de maneira integrada, com a disposição de dados e diagnósticos quantitativos e análises qualitativas a respeito dos processos atuantes na degradação das terras. Além disso, os princípios discutidos neste arcabouço teórico, harmonizam-se às possibilidades de interpretação na Geografia sobre questões ambientais tratadas em Suertegaray (2015, p.143), e que envolvem o “político, o econômico, o cultural e a natureza, pois sem os quais não se compreende a totalidade”.

3. LOCALIZAÇÃO E PROCESSO HISTÓRICO SOCIO-ECONÔMICO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO DO ALTO PIANCÓ

A AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba) divide o Estado da Paraíba em onze Bacias Hidrográficas, como pode ser verificado na Figura 4. A Bacia Hidrográfica do Piancó é considerada uma sub-bacia inserida na Bacia do Rio Piranhas (Figura 4, sub-bacia hidrográfica 2).

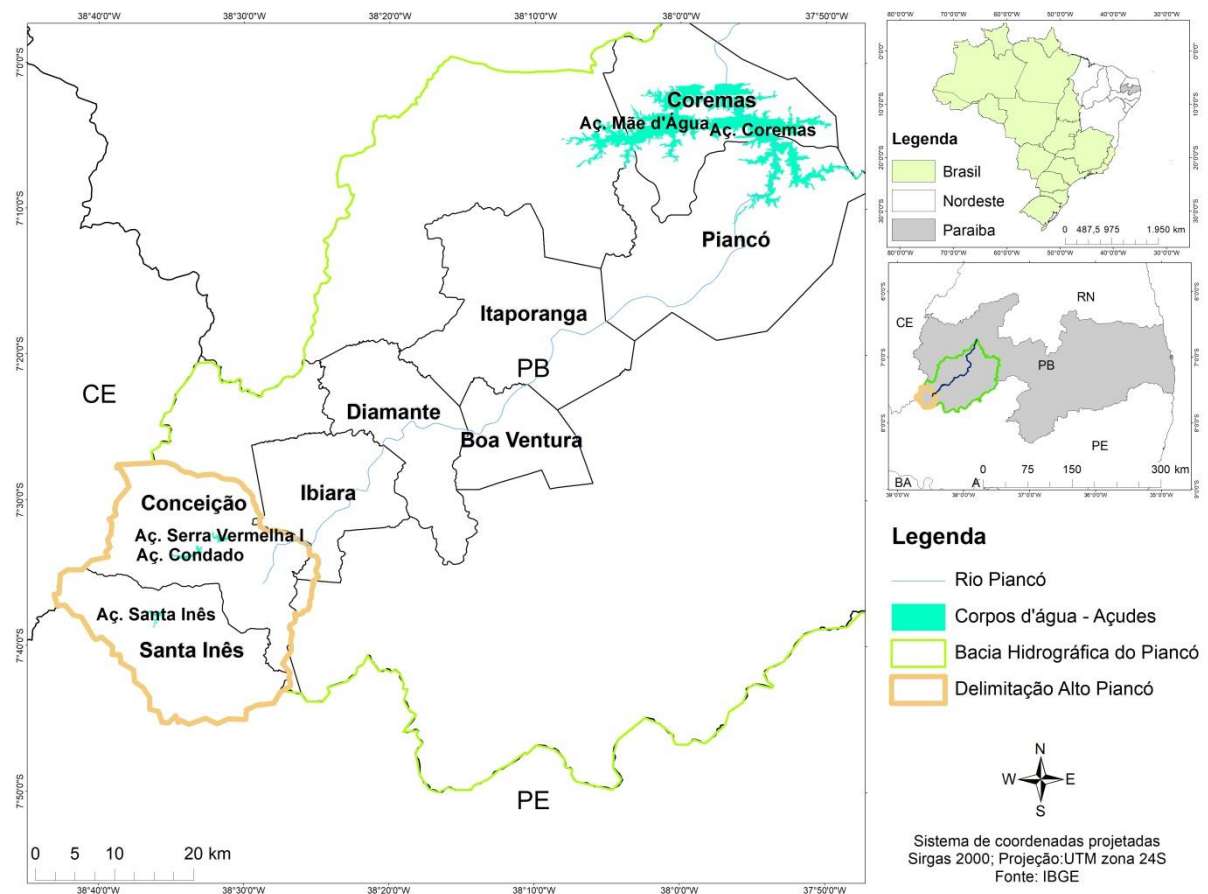
Figura 4 - Bacias Hidrográficas do Estado da Paraíba. Obs.: A sudoeste, a área que apresenta delimitação de número 2, inserida na bacia hidrográfica do Piranhas, refere-se à sub-bacia hidrográfica do Piancó.



O alto curso do rio Piancó está localizado à sudoeste do Estado da Paraíba, abarca os municípios de Santa Inês-PB e Conceição-PB, e está inserido na mesorregião do Sertão Paraibano e microrregião imediata de Itaporanga (IBGE, 2017a) (Figura 5). Com relação aos

aspectos geométricos, o alto Piancó compreende um perímetro de 120km e área de 703,5km². No âmbito das demarcações fronteiriças relativas à localização do AP (Alto Piancó), limita-se: à Oeste (W) e Noroeste (NW) com o Estado do Ceará; à Leste (E) e Nordeste (NE) com os municípios paraibanos Bonito de Santa Fé e Ibiara; à Sudoeste (SW) com o Estado de Pernambuco; e, à Sudeste (SE) com Pernambuco e o município paraibano Santana de Mangueira.

Figura 5 - Localização do alto curso do rio Piancó.



Fonte: IBGE. Filho (2019, p.88) apresenta as coordenadas geográficas do trecho que denomina o Rio Piancó no município de Conceição-PB: 7°33'59,9''S e 38°28'2,63''W.

O Vale do Piancó, como é conhecido popularmente o alto e médio cursos da Bacia Hidrográfica do Piancó, engloba a extensão do Rio Piancó que tem sua nascente mais distante à montante noroeste do açude Santa Inês, no município de mesmo nome (Figura 5). Com relação ao caminho que as águas que o rio Piancó percorrem, Filho (2019) coloca:

O rio Piancó nasce na Serra do Umbuzeiro, na divisa com Pernambuco e Paraíba, na cabeceira do riacho Santa Inês, localizado no município paraibano de mesmo nome. Depois de percorrer aproximadamente 28,52 Km, o riacho Santa Inês, já no município de Conceição/PB, ao se encontrar com o riacho Condado, passa a receber a denominação de rio Piancó. Após percorrer 208 Km, medido desde a sua nascente, o rio Piancó encontra com o rio Piranhas no município de Pombal, nas proximidades da ponte da BR-230 sobre o citado rio. A partir dessa confluência, passa a seguir com a denominação de rio Piranhas (ANA 2016 *apud* FILHO 2019, p. 29).

Nesse sentido, como é possível observar na Figura 5 e de acordo com as colocações de Filho (2019), o trecho de confluência da drenagem advinda do riacho Santa Inês (noroeste da bacia) com as drenagens provenientes dos açudes do Condado e da Serra Vermelha I (norte da bacia), formam o Rio Piancó. As barragens Coremas-Mãe d'Água no município de Coremas (a nordeste da Figura 5), represam as águas do rio Piancó e controlam a drenagem para o baixo curso, até o encontro com o Rio Piranhas (Figura 4,2).

O Complexo Coremas-Mãe d'Água, a partir de monitoramento via sensoriamento remoto, apresentou redução das águas represadas de 2008 para 2015. Constatou-se que no ano de 2015 o sistema já se encontrava com uma contenção em metros cúbicos inferior a 50% do seu armazenamento. Estes dados refletem não só as possíveis mudanças climáticas entre os períodos chuvosos (2008) e secos (2015), mas também as dinâmicas de uso e manejo do solo que alteram o comportamento do rio à montante das barragens (PEREIRA *et al.*, 2020).

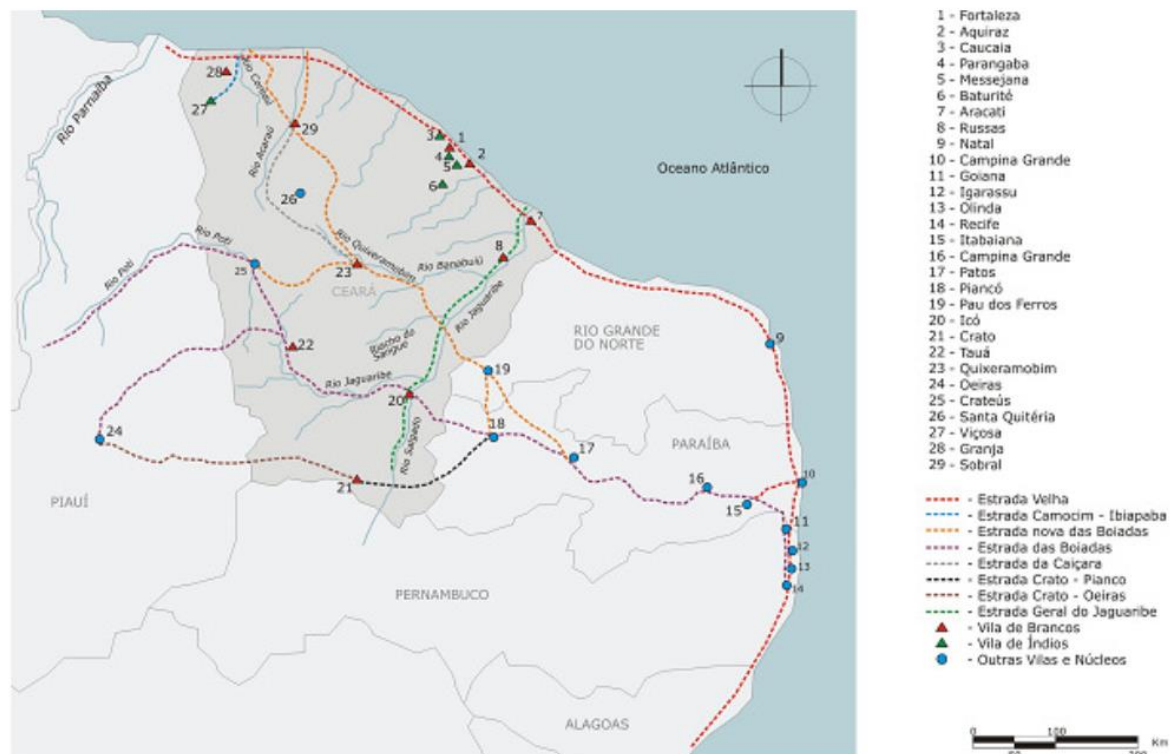
Os aspectos hidrogeomorfológicos do alto curso do rio Piancó configuram-se em um conjunto de drenagens de nascentes e riachos que garantem a entrada de água e materiais ao canal principal do Rio Piancó (Figura 5), fator que garante o funcionamento e a preservação da dinâmica natural e saudável do rio em toda a jusante. No entanto, visto que o processo de formação de uma drenagem se dá com a dissecação do relevo, outros fatores como o uso das terras, podem desequilibrar o comportamento natural da dinâmica ambiental dessas áreas de nascentes, e ocasionar o aparecimento e/ou intensificação de processos erosivos que podem provocar o assoreamento de trechos importantes do Rio Piancó.

Além disso, a condição de localização geográfica em que se insere o Alto Piancó, reforça a discussão sobre a área estar situada em um trecho estratégico para o fluxo de

produtos com outros sertões nordestinos. A posição geográfica da área favorece a ocorrência de algumas práticas sociais: o crescimento urbano, a especulação imobiliária, o desmatamento, a abertura de estradas e passagens para conexão com outros Estados, o uso das terras de várzeas para agricultura, a criação de animais em área de encostas, a retirada da madeira para fins domésticos e de comércio, a extração de areia para construção civil, entre outros (MORAES, 2013).

O projeto de ocupação do alto Piancó ocorre desde o século XVIII com a “Estrada Crato-Piancó” (Figura 6), que tem como função conectar o litoral com os sertões mais distantes do Norte. A estrada impulsionou, por exemplo, a difusão do domínio português sobre o território brasileiro e o fomento ao fluxo de mercadorias entre os Estados (MORAES, 2013). Vale salientar que na atualidade os municípios de Conceição e Santa Inês ainda funcionam como área de influência na atração de visitantes e transeuntes para logística de transporte de mercadorias.

Figura 6 - Estrada Crato-Piancó, denominada também de “as estradas das boiadas”.



Fonte: JUCÁ 2007 *apud* MORAES 2013, p. 5.

Existem, portanto, diversos aspectos a serem revisitados na conscientização sobre a importância da localização geográfica do Alto Piancó para o Estado da Paraíba e de outros Estados nordestinos. Além disso, é notável a importância da região para fins político-

econômicos, de modo que o PISF (Projeto de Integração do Rio São Francisco), apresenta, ainda em fase de projeto, a entrada pelo eixo norte das águas do São Francisco para o açude do Condado, em Conceição-PB. O objetivo central da obra é possibilitar a perenização do rio desde sua montante até a foz no açude de Coremas (FILHO, 2019). Não obstante, o alto e médio cursos do Rio Piancó apresentam regime fluvial intermitente, enquanto que no baixo curso, em razão da influência da barragem de Coremas, o rio passa a adquirir regime perene.

3.2 BREVE HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO DO VALE DO PIANCÓ

A chegada dos Portugueses para iniciar a colonização de exploração, por volta dos séculos XV e XVI, configurou um marco que trouxe às terras brasileiras o início de novos processos sociais que, em sua construção histórica, evidenciam diversas complexidades que dizem respeito plenamente ao desenvolvimento da relação entre a sociedade e a utilização dos recursos naturais. Nesta conjuntura, foi estabelecida a constituição das capitanias hereditárias que funcionava com a divisão de sesmarias (lote de terras distribuídas a beneficiários). Ou seja, o cerne da apropriação inicial do território brasileiro pelos princípios colonizadores, cuja terra era considerada devoluta pelos Portugueses, é de que as áreas deveriam ser repartidas em latifúndios com a finalidade de exploração dos recursos da natureza (MORAIS, 2016).

Em vista disso, sob a circunstância de crescimento da exploração das terras que o território brasileiro vivenciava entre os séculos XVI e XVIII, é relevante contextualizar os acontecimentos históricos que se relacionam ao processo de ocupação do sertão paraibano (Quadro 1), de modo que ocorrem a partir: a) da expulsão dos Holandeses em 1645 e conflitos no sertão; b) a posse do sertão pela família Oliveira Ledo no século XVII (inicia um processo de intercâmbio intra-territorial); c) a transição das criações de gado do litoral para o interior do estado; e, d) a criação da vila Nossa Senhora do Bom Sucesso, em 1739, que constitui atualmente o município de Piancó (MOREIRA *et al.*, 2003; FORMIGA, 2012).

Quadro 1 - Fatores que impulsionaram a ocupação do sertão paraibano entre os séculos XVI e XVIII.

Fatores que impulsionaram a ocupação do sertão paraibano século XVI – século XVIII	
Expulsão dos Holandeses em 1645 e conflitos no sertão	- Com o movimento de Restauração (século XVII) Portugal decide expandir o comércio e intensificar a exploração na colônia brasileira. - A expulsão dos Holandeses em 1645 marca também o início de conflitos com indígenas do sertão (Guerra dos Bárbaros). - O projeto de concessão de sesmarias fomenta a invasão das terras no sertão paraibano.
Posse do sertão pela família Oliveira Ledo no século XVII	- Com a vitória sobre os conflitos contra os povos indígenas do sertão, a família Oliveira Ledo garantiu a posse do território. - Este fator histórico é um marco para as análises sobre a transformação da paisagem, especialmente com a abertura de estradas e a criação de vilas.
Transição de criações de gado do litoral para o interior do estado da Paraíba	- A dominação do sertão estava atrelada ao projeto de transição das criações de gado do litoral paraibano para o interior do Estado e de outros Estados nordestinos. - Em vista do projeto de exploração da colônia brasileira, o objetivo foi de adentrar, fixar e estabelecer a hegemonia portuguesa em todo o território.
Criação da vila que constituiria o município de Piancó	- A criação das vilas tinha a finalidade de servir como pontos fixos para dar suporte à execução do projeto de hegemonia portuguesa no território brasileiro. - Um marco desse processo no Vale do Piancó, é a criação da vila Nossa Senhora do Bom Sucesso, em 1739, que consiste atualmente no município de Piancó-PB. - A partir deste momento, a próxima etapa no projeto de hegemonia portuguesa, foi adentrar as brenhas e serras nos confins do sertão da Paraíba. É nesta área onde está localizado o alto curso do Rio Piancó (Fig. 4)

Naquele cenário, os sertões e seus habitantes eram considerados “regiões “sem lei”, já que eram habitados pelos índios Tapuias brabos, julgados pelos colonizadores como “incivilizados”” (MORAIS, 2016, p. 25). A designação dada ao povo indígena da região de “Tapuias brabos” demonstra dois fatores: primeiro que eram considerados selvagens, e

segundo, que apresentavam resistência significativa contra o processo de exploração portuguesa. Os conflitos resultaram na posse do sertão pelos Portugueses, cujo território, legitimado pelos próprios invasores em sua cartografia do período (Figura 7), era pertencente aos Tapuias. Um traço retratado como incivilidade dos Tapuias, por exemplo, é a “ausência de agricultura” (GUEDES, 2006).

Figura 7 - Representação cartográfica do século XVIII. Em destaque a definição das terras além do litoral, os sertões: Tapuyes.



Fonte: Disponível em <<http://purl.pt/103/1/catalogo-digital/registro/177/177.html>>

O estilo de vida dos indígenas da região, relatado em Guedes (2006), apresentava a seguinte dinâmica:

Levam uma vida inteiramente bestial e descuidosa. Não semeiam, não plantam nem se esforçam por fazer alguma provisão de viveres.” (HERCKMANS 1982, *apud* GUEDES 2006, p. 78). “Não tem lugares certos ou aldeias onde morem; vagueiam, ora demorando-se em um sítio, ora em outro. Na estação do caju, que é em novembro, dezembro e janeiro, descem às praias porquanto pouco ou nenhum caju se encontra muito para o interior. Assim, regulam-se pelas estações do ano para procurarem o seu alimento (HERCKMANS, 1982, p. 39 *apud* GUEDES, 2006, p. 77).

Percebe-se que o povo indígena do sertão, diante da citação de Guedes (2006), apresentava práticas de vivência sobretudo através da coleta de frutas e alimentos da terra, cuja permanência no território dependia da disponibilidade de água e alimento. Por isso, uma vez que os frutos são colhidos, mas as árvores seguem em sua dinâmica natural de desenvolvimento – além de manter a cobertura vegetal, promover a proteção do solo e a conservação de ecossistemas –, as práticas nômades dos Tapuias se apresentaram adequadas à dinâmica intermitente do semiárido de tal forma que não estabelece o acometimento de impactos significativos para o aparecimento e intensificação das áreas degradadas.

Contudo, com o genocídio do povo indígena e a dominação do sertão foi possível realizar a instalação de urbes fixas, como a criação da vila Nossa Senhora do Bom Sucesso, correspondente à cidade de Piancó-PB. Essas circunstâncias estão atreladas ao projeto de ocupação e exploração do sertão por parte da Coroa Portuguesa, que se constituiu inicialmente com a construção de estradas para a transição de animais e mercadorias.

Este cenário é melhor elucidado na pesquisa de Morais e Lacerda (2020), que busca compreender através do percurso de vida de um personagem, os diversos aspectos do viver na vila de Nossa Senhora do Bom Sucesso (referente ao município de Piancó) no século XVIII. O gado representou uma das maiores porcentagens (36,81%) de patrimônio acumulado, contabilizando 1.052 animais no total, pertencentes apenas a um sujeito. Como bem estruturou os autores, a partir do entendimento do espaço social do indivíduo pode-se compreender estruturas sociais complexas, inclusive sobre a incorporação de práticas socioeconômicas na região.

Visto que a construção histórica do sertão paraibano entre os séculos XVI e XVIII concerne à formação de infraestrutura para viabilizar suporte e fomentar progressivamente a ocupação e uso das terras na região, admite-se que, conforme expressa Morais (2016, p. 17), “os sertões foram, sobretudo, lugares de interesses”. Todavia, é relevante mencionar que, nos primeiros séculos, a ocupação do sertão não ocorreu de forma acentuada, pois episódios de seca e surtos de varíola, febre amarela e cólera, por exemplo, de acordo com Moreira e Targino (1996) também constituem fatores que interferiram na posse do sertão.

Seguindo este contexto histórico, o episódio que reforçou, e tornou-se um marco, para o processo de ocupação do alto sertão paraibano no século XIX, foi a criação da Lei de Terras de 1850, cuja consequência desta determinação transformou institucionalmente a configuração da propriedade privada. Ou seja, o regime de sesmarias foi abolido, e a compra passaria a ser a única forma de acesso à terra. Nesse sentido, a comercialização da terra ratificou a continuidade da formação de latifúndios (agora em forma de “direitos”), bem como a consequente implantação do regime de monocultura, e o incentivo para o surgimento de novos municípios (MORAIS, 2010).

A implantação da Lei de Terras de 1850 fomentou o investimento para a expansão da urbanização no alto sertão, de forma que, principalmente na segunda metade do século XIX, surgiram municípios importantes para os projetos político-econômicos do Estado paraibano: Itaporanga em 1863 desmembrada do município de Piancó (1739); e Conceição em 1881 desmembrada do município de Itaporanga (Quadro 2).

Concomitante às mudanças estabelecidas pela Lei de Terras de 1850, o sertão paraibano passava por transformações no ciclo econômico, atribuídas ao desenvolvimento da cultura de algodão, cuja titularidade, designada por Moreira (1990), é de “o sertão pecuarista cotonicultor”. Todavia, apesar destas características econômicas, a autora ressalta que com a retomada da atividade agrícola estadual (para o Litoral, Brejo e Agreste) o sertão, até então, servia principalmente como zona de passagem para transporte de cargas e recebimento de produtos (alimentos e aguardente, por exemplo) que vinham do Litoral e do Brejo para outros sertões nordestinos.

Quadro 2 - Emancipação dos municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Piancó.

Emancipação dos municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Piancó	
Municípios	Data
Boa Ventura	07/12/1961
Conceição	10/05/1964
Coremas	04/01/1954
Diamante	17/01/1962
Ibiara	24/04/1959
Itaporanga	11/12/1863
Piancó	11/12/1831
Pombal	22/07/1766
Santa Inês	05/05/1994

Fonte: Assembleia Legislativa da Paraíba. Disponível em: <<http://www.al.pb.leg.br/espaco-do-cidadao/emancipacao-dos-municipios>> Acesso em: 2021. Adaptado.

Ainda com relação à expansão populacional no sertão da Paraíba, de acordo com o Quadro 2, é possível constatar que os municípios mais antigos (como Piancó e Pombal) estão localizados no baixo curso do Rio Piancó e foram emancipados ainda no século XVIII e início do século XIX. Os que se tornaram independentes contemporaneamente, na segunda metade do século XX, estão postos no alto curso do rio Piancó, como Ibiara em 1959, Conceição em 1964 e Santa Inês em 1994. No caso de Conceição, apesar de sua emancipação ocorrer no ano de 1964, a pesquisa de Emília Moreira *et al.* (2003) coloca que sua criação foi em 1881, fator que retrata a ocupação do Alto Piancó desde o século XIX.

Nesse ínterim, é no século XX que acontece a mais forte reestruturação na rede municipal da Paraíba, principalmente entre os anos de 1950 e 1970. Isto é, em menos de vinte anos o número de municípios mais do que quadruplicou, passando de 41 para 171. Segundo Moreira *et al.* (2003), os novos municípios estavam assim distribuídos: 55 no Sertão, 39 na mesorregião do Agreste, 16 na mesorregião da Mata Paraibana e 20 na mesorregião da Borborema. Os autores afirmam ainda que essa divisão pode ter sido excessiva, de modo que, segundo o censo de 1970, 56 municípios tinham população inferior a 6 mil habitantes.

Emília Moreira *et al.* (2003) discute ainda uma nova reestruturação municipal em

meados do século XX:

Até 1994, não houve alteração na divisão político-administrativa da Paraíba. Porém, entre 1994 e 1996, foram criados 52 novos municípios a partir do desmembramento de 42 municípios pré-existent, assim distribuídos: 8 no Litoral, 12 no Agreste-Brejo, 18 no Sertão e 14 na Borborema. Com a criação desses novos municípios tem-se uma nova redefinição da configuração do território municipal paraibano que passou a ser composto de 223 municípios distribuídos nos espaços meso e microrregionais. Se a fragmentação anterior pareceu excessiva, a deste período pode ser considerada abusiva. Nenhum fato parece justificá-la, a não ser interesses político-partidários bem localizados. [...] A maioria das lideranças políticas estaduais (seja no âmbito do Estado seja no âmbito dos municípios) estava fortemente articulada com a aristocracia rural (MOREIRA *et al*, 2003, p. 91).

Tendo em vista as modificações territoriais que ocorriam no sertão em meados do século XX, reflete-se, sumariamente, sobre a influência dos interesses político-partidários, advindos de uma aristocracia rural, sob a expansão do povoamento do território que, por conseguinte, também manipula as dinâmicas de uso das terras. A agência desses fatores sócio-históricos, por sua vez, interagem com a paisagem, transformando-a e alterando, portanto, o resultado das formas e processos que a constituem.

Em consequência dessa distribuição territorial no Alto Piancó, a pesquisa de Macedo (2014) discute sobre como a agricultura, seguida do comércio e pecuária, enquanto principais atividades econômicas na região do município de Conceição-PB, geram impactos no Rio Piancó:

Com as construções das habitações perto do curso do rio Piancó, vem alterando o equilíbrio natural do seu percurso e a partir do desmatamento da vegetação ciliar, o rio começa a ser assoreado e rebaixado com o acúmulo de sedimentos que são transportados pela precipitação e pelo vento causando seu rebaixamento. [...] A falta de tratamento das redes de esgoto causam um grande impacto ao rio Piancó a partir do despejo dos esgotos domésticos sem apresentar algum tipo de tratamento correto e, com isso, suas águas vão sendo poluídas por elementos químicos que estão presentes nos produtos de limpeza e agrotóxicos que causam a perda da qualidade física, química e biológica do rio Piancó, além de tornar-se um grave problema ambiental (MACEDO, 2014, p. 42 e 43).

Nesse sentido, segundo a pesquisa de Macedo (2014), o simples fato da ocupação

humana se fixar nas adjacências dos cursos fluviais já apresenta impactos negativos para a dinâmica natural e saudável do comportamento das drenagens. No caso deste estudo, o impacto discutido refere-se principalmente à qualidade da água e às condições a que os ambientes fluviais são submetidos com o despejo indiscriminado de esgotos domésticos e agrotóxicos.

Desse modo, nota-se que no processo de ocupação das terras do Alto Piancó estão envolvidos diversos aspectos da discussão ambiental que perpassa parâmetros territoriais, sociais, econômicos, culturais, políticos, físicos, entre outros. Por isso, para a identificação e compreensão da ocorrência dos processos degenerativos da natureza na área investigada, é preciso levar em conta as dinâmicas de interação entre as práticas históricas do uso das terras pela sociedade, as condições físicas e dinâmica da natureza no Alto Piancó, e as respostas/consequências desta produção conjunta no ambiente em questão.

3.3 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Para a compreensão do cenário socioeconômico do Alto Piancó, foi utilizada a base de dados do Censo Agropecuário realizado em 2017 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Com base nesse banco de informações a respeito da utilização das terras, é possível constatar: a área que abrange os estabelecimentos agropecuários, bem como a quantidade de estabelecimentos; a situação das plantações, em hectares; quantidade e tipos de criação de animais; contexto de lavouras fixas e temporárias; entre outros. Além disso, também foram consultados dados referentes ao PIB (Produto Interno Bruto) per capita de Santa Inês-PB e Conceição-PB, e informações relativas a projetos do território e ambiente.

Portanto, no município de Santa Inês-PB, inserido no extremo oeste da Paraíba, segundo o IBGE (2017) as áreas que apresentam matas naturais ou destinadas à preservação equivalem a 14.211 hectares, de um total de 20.284 hectares da área dos estabelecimentos agropecuários. Neste cenário, as áreas plantadas representam 6.073 hectares que se

distribuem entre pastagens, lavouras e pecuária. O número total de estabelecimentos agropecuários é de 403, cuja maioria, 351 estabelecimentos, utilizam as terras para lavouras temporárias, considerando a dinâmica climática intermitente do semiárido (Quadro 3).

Quadro 3 - Censo agropecuário do município de Santa Inês-PB.

CENSO AGROPECUÁRIO DE SANTA INÊS-PB	
Categoria	Dado agropecuário
Área dos estabelecimentos agropecuários	20.284 hectares
Nº de estabelecimentos agropecuários	403 estabelecimentos
Área de matas ou florestas naturais	11.764 hectares
Áreas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	2.447 hectares
Pastagens plantadas em boas condições	3.070 hectares
Pastagens plantadas em más condições	422 hectares
Nº de estabelecimentos com lavouras temporárias	351 estabelecimentos
Número de estabelecimentos com lavouras permanentes	25 estabelecimentos

Fonte: Censo Agropecuário, 2017.

Com relação aos usos agrícolas no município de Santa Inês-PB, a Tabela 1 apresenta as plantações com maior produção como a cana-de-açúcar, o grão de milho, o milho forrageiro, o tomate rasteiro, o jerimum e a banana. Os tipos de lavouras mais bem distribuídas na produção entre estabelecimentos são o jerimum, o feijão e o grão de milho, cujas plantações estão mais relacionadas à subsistência familiar. O grão de milho, por exemplo, é uma iguaria culturalmente produzida para a colheita dos meses de maio e junho quando ocorrem os eventos das tradicionais festas juninas no sertão.

Outros tipos plantações, especialmente das lavouras temporárias, apresentam grande concentração de produção em poucos estabelecimentos, como o caso da cana-de-açúcar com 196 toneladas produzidas em 8 estabelecimentos; o milho forrageiro com 180 toneladas produzidas em 6 estabelecimentos; e, a produção de 489 toneladas de tomate rasteiro por apenas 7 estabelecimentos agropecuários. Nota-se, portanto, uma elevada concentração da produção nos tipos de lavouras destinados à indústria como o caso do tomate rasteiro, e à comercialização como a produção do milho forrageiro, cuja destinação é de ração para alimentação animal.

Tabela 1 - Principais produções em lavouras permanentes e temporárias em Santa Inês-PB.

PRINCIPAIS PRODUÇÕES NAS LAVOURAS PERMANENTE E TEMPORÁRIA NO MUNICÍPIO DE SANTA INÊS-PB		
Categoria	Produção (t)	Nº de estabelecimentos
<i>Produção na lavoura permanente</i>		
Banana	46 toneladas	4
<i>Produção na lavoura temporária</i>		
Jerimum	48 t	124
Algodão herbáceo	2 t	3
Cana-de-açúcar	196 t	8
Fava	4 t	25
Feijão fradinho	43 t	231
Grão de milho	247 t	298
Milho forrageiro	180 t	6
Tomate rasteiro	489 t	7

Fonte: Censo Agropecuário, 2017.

As informações sobre a atividade da pecuária em Santa Inês-PB, retratadas na Tabela 2, apresentam dados mais bem distribuídos entre a criação de animais e a quantidade de estabelecimentos agropecuários. Por exemplo, de um total de 403 estabelecimentos em todo o município, 269 estabelecimentos realizam a criação de 3.959 bovinos, 146 estabelecimentos a criação de 2.284 caprinos, e 122 municípios a criação de 2.325 ovinos. Além disso, boa parte da criação bovina também é direcionada à subsistência familiar tanto para a produção de carne quanto de leite. No caso da produção leiteira, de acordo com o IBGE (2017), 204 estabelecimentos produziram um total de 704 mil litros de leite no ano de 2017.

Tabela 2 - Dados da pecuária no município de Santa Inês-PB.

PECUÁRIA NO MUNICÍPIO DE SANTA INÊS-PB		
Categoria	Quantidade (cabeças)	Nº de estabelecimentos
Asininos	189	153
Bovinos	3.959	269
Caprinos	2.284	146
Equinos	181	83
Galináceos	9.000	347
Ovino	2.325	122
Suínos	728	206

Fonte: Censo Agropecuário, 2017.

Portanto, em aspectos mais gerais sobre os municípios que abrangem o Alto Piancó, Santa Inês apresenta uma população total de 3.539 habitantes (IBGE, 2010) e o PIB per capita de R\$ 8.701,93 (IBGE, 2019). A área territorial equivalente ao município de Santa Inês é de 327,635 km², atualizada pelo IBGE em 2021. Quanto ao município de Conceição-PB, a população total é de 18.363 habitantes (IBGE, 2010), o PIB per capita é de R\$ 9.503,62 (IBGE, 2019), e a área territorial de 580,650km² (IBGE, 2021). Verifica-se que, apesar dos números de habitantes, de estabelecimentos agropecuários e da área territorial do município de Santa Inês se apresentarem menores em relação ao município de Conceição, o PIB per capita de Santa Inês mostra-se significativo quando comparado ao município de Conceição-PB, com o qual faz fronteira.

Com o foco em compreender o perfil econômico de Conceição-PB, ainda segundo o Censo Agropecuário realizado pelo IBGE em 2017, o município em questão detém um total de 1.565 estabelecimentos agropecuários que ocupam uma área de 36.873 hectares de terra. Um total de 23.347 hectares destes estabelecimentos agropecuários são destinados às áreas naturais ou para a preservação e reservas legais. Contudo, no âmbito da degradação ambiental, como se pode observar no Quadro 4, 1.338 hectares das áreas agrícolas apresentam pastagens plantadas em más condições. Portanto, quando se compara os dados agropecuários do município de Santa Inês-PB com os de Conceição-PB, as áreas que contém

más condições de plantio triplicam de um para o outro, respectivamente.

Quadro 4 - Censo agropecuário de Conceição-PB.

CENSO AGROPECUÁRIO DE CONCEIÇÃO-PB	
Categoria	Dado agropecuário
Área dos estabelecimentos agropecuários	36.873 hectares
Nº de estabelecimentos agropecuários	1.565 estabelecimentos
Área de matas ou florestas naturais	19.311 hectares
Áreas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	4.036 hectares
Pastagens plantadas em boas condições	4.349 hectares
Pastagens plantadas em más condições	1.338 hectares
Nº de estabelecimentos com lavouras temporárias	1.466 estabelecimentos
Número de estabelecimentos com lavouras permanentes	259 estabelecimentos

Fonte: Censo Agropecuário, 2017.

A fim de traçar um perfil com as principais produções agrícolas do município de Conceição-PB, a quantidade de lavouras temporárias com 1.466 estabelecimentos superou as lavouras permanentes, que apresentam um total de 259 estabelecimentos (Quadro 4). Portanto, a Tabela 3 mostra que as lavouras permanentes apresentam produção majoritariamente frutífera, enquanto que as lavouras temporárias produzem alimentos para a subsistência familiar e comércio. Os produtos alimentícios mais comuns para a comercialização seguem sendo a cana-de-açúcar, o milho e o tomate.

Tabela 3 - Principais produções nas lavouras permanente e temporária em Conceição-PB.

PRINCIPAIS PRODUÇÕES NAS LAVOURAS PERMANENTE E TEMPORÁRIA NO MUNICÍPIO DE CONCEIÇÃO-PB		
Categoria	Produção (toneladas)	Nº de estabelecimentos
<i>Produção na lavoura permanente</i>		
Banana	40 t	9
Goiaba	7 t	3
Maracujá	6 t	3
<i>Produção na lavoura temporária</i>		
Jerimum	15 t	24
Arroz	1 t	3
Cana-de-açúcar	71 t	13
Cana-de-açúcar forrageira	90 t	10
Cebola	10 t	3
Fava	19 t	132
Feijão fradinho	316 t	1.314
Mandioca	4 t	5
Milho	100.1 t	1.333
Milho forrageiro	82 t	16
Tomate rasteiro	370 t	7
Palma forrageira	403 t	27

Fonte: Censo Agropecuário, 2017.

Além disso, a Pesquisa Agrícola realizada pelo IBGE em 2021 incorporou, ao banco de dados agropecuários de ambos os municípios do Alto Piancó, a batata doce em lavouras temporárias. Com o aumento das chuvas no sertão paraibano entre os anos de 2020 e 2021, Santa Inês produziu um total de 50 toneladas de batata doce, enquanto que Conceição tem uma produção de 2.200 toneladas; destacando o município, de acordo com jornais locais, no *ranking* nacional na produção de batata doce. Outra informação pertinente é a produção de milho ainda em Conceição-PB, que ocupa um total de 900 hectares de terra (IBGE, 2021). Portanto, verifica-se, especialmente no município de Conceição-PB, que há um estímulo à produção de monocultura, bem como auxílio da prefeitura local no corte da terra para os produtores, na abertura de cacimbas, na perfuração de poços, entre outros (CONCEIÇÃO-PB ONLINE, 2021).

Sobre a pecuária de Conceição-PB, ainda segundo a Pesquisa Agropecuária (IBGE, 2021), a aquicultura com uma produção de 2.900kg, e a produção de mel de abelha com 1.452kg, são produtos que também foram introduzidos ao banco de dados do município, sinalizando uma recente ampliação nas categorias da produção agropecuária. Contudo, vê-se na Tabela 4, que a criação bovina, de caprinos e galináceas são as que apresentaram valores mais elevados. Em relação à criação bovina, a produção leiteira do município foi de 2.496 litros de leite no ano de 2021, cuja destinação é para subsistência familiar e comércio local.

Tabela 4 - Pecuária no município de Conceição-PB.

PECUÁRIA NO MUNICÍPIO DE CONCEIÇÃO-PB		
Categoria	Quantidade (cabeças)	Nº de estabelecimentos
Asininos	452	374
Bovinos	11.665	911
Caprinos	4.989	312
Equinos	435	226
Galináceos	35.000	1.331
Ovino	3.993	286
Suínos	2.294	676

Fonte: Censo Agropecuário, 2017.

Outro dado relevante, especialmente para avaliação da degradação ambiental, é o de extração vegetal. Em Santa Inês foi extraída 1 tonelada de madeira destinada à produção de carvão vegetal e 4.269m³ destinados à produção de lenha. Em Conceição a extração vegetal destinada à produção de carvão vegetal foi de 5 toneladas, e para a produção de lenha 14.420m³ de madeira. Dessa maneira, os dados da extração vegetal, inseridos recentemente na Pesquisa de Extração Vegetal e Silvicultura (IBGE, 2021), denunciam que a retirada da vegetação ocorre frequentemente para diversos fins, seja uso doméstico, produção de carvão, produção de lenha e cercas, entre outros.

Há uma quantidade significativa de população rural em ambos municípios, pois segundo o Censo (IBGE, 2010): Santa Inês-PB apresenta população urbana de 40,41% e população rural de 59,59%; enquanto que Conceição-PB apresenta população urbana de 62,27% e a população rural 37,73%. A distribuição geográfica da população também está

associada aos indicadores de ocupação das terras, pois um reflexo disso é a demanda, por parte da população rural, aos serviços de transporte público para locomoção de estudantes, a fim de frequentarem as escolas na cidade. Isto acarreta, por exemplo, a construção e, consequente, manutenção de estradas rurais por toda a região do Alto Piancó.

A partir da distribuição populacional e da análise dos dados socioeconômicos, verifica-se que as terras da bacia do Alto Piancó são de extrema importância às populações locais para o uso das terras nos mais diversos quesitos: agricultura, pecuária, moradia, logística e locomoção, entre outros. Além da importância social, a região apresenta um conjunto de drenagens e riachos de 1ª, 2ª e 3ª ordem que abastecem, e são vitais, para a manutenção de um dos principais rios do Estado da Paraíba: o Rio Piancó.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS

Para compreender a ocorrência de degradação das terras no alto curso do Rio Piancó, é preciso apresentar os procedimentos operacionais que tornaram possível a realização desta pesquisa. Para tanto, as análises partem, sobretudo, de abordagens qualitativas que visam avaliar as transformações na paisagem das áreas degradadas do Alto Piancó em uma escala temporal de 30 anos: de 1990 a 2020.

A abordagem qualitativa é adequada em pesquisas ambientais pois leva em conta elementos que constituem verdadeiros indicadores de funcionamento da realidade social em seu sentido mais amplo nesse processo (LOURENÇO, 2017). Além disso, ela vem a complementar análises de cunho quantitativo, potencializando, de maneira mais fidedigna, a interpretação dos fenômenos investigados. Dessa forma, existem critérios que devem ser empregados para a produção do conhecimento científico:

O conhecimento científico não se poderia isolar de suas condições de elaboração, mas também não poderia ser a elas reduzido. A ciência não poderia ser considerada pura e simples "ideologia" social, porque estabelece incessante diálogo no campo da verificação empírica com o mundo dos fenômenos (MORIN, 2005, p. 25).

Morin (2005) coloca que apesar da exigência de critérios nas análises quantitativas e qualitativas para a elaboração do conhecimento científico, este não pode acontecer em detrimento do incessante diálogo com a verificação empírica dos fenômenos. Em diagnósticos ambientais isto quer dizer, por exemplo, que os aspectos sociais interferem nos processos de gestão ambiental a tal ponto que se torna inconsistente excluir o elemento social de tais análises (LOURENÇO, 2017). Todavia, este fator, não exclui, obviamente, a relevância de pesquisas de cunho físico sobre a interpretação da natureza para a construção de projetos na gestão ambiental.

Portanto, os procedimentos metodológicos e técnicos aplicados para realização deste trabalho consistem na demonstração da Figura 8, cujas etapas estão fragmentadas de

maneira cronológica da esquerda para a direita, a fim de apresentar os caminhos percorridos na execução deste estudo.

Figura 8 - Procedimentos metodológicos e técnicos para a execução da pesquisa.



4.1 PESQUISA DOCUMENTAL E BIBLIOGRÁFICA

A primeira etapa consiste em construir um banco de dados que se relacione à localização geográfica e objetivos da pesquisa, a fim de obter informações que auxiliem a análise dos elementos que abrangem o fenômeno em estudo. Por isso, esta etapa operacional vai além da organização e descrição dos materiais encontrados. Dessa maneira, as pesquisas bibliográficas abarcam: livros com conteúdos teórico e prático sobre o tema, teses de doutorado, dissertações de mestrado, trabalhos de conclusão de curso, artigos, plataformas de órgãos oficiais do Estado, mapas, entre outros. É importante ressaltar que a utilização de trabalhos acadêmicos, especialmente na esfera da pós-graduação, contribui para uma maior

profundidade nas discussões sobre a problemática *in loco*.

Não obstante, na caracterização da área é levantado um histórico da ocupação das terras no Alto Piancó desde o período colonial até o início do século XXI. Esta discussão, mesmo que de forma breve, é relevante para a pesquisa documental a fim de elucidar o histórico da ocupação das terras e a transformações socioespaciais que ocorreram na paisagem da região. Um reflexo deste processo, por exemplo, é a fixação das populações sertanejas no Alto Piancó após os anos de 1970, mesmo em períodos mais longos de estiagem. Além disso, nota-se que boa parte dos trabalhos averiguados são provenientes de instituições situadas no sertão paraibano, porém a quantidade de pesquisas sobre a área, ainda é deficiente. Por isso, acentua-se a necessidade de investimentos em uma rede de projetos, sob óticas de várias áreas do conhecimento, que pertençam às instituições científicas e à população que reside na região.

Dessa maneira, o Quadro 5 apresenta as principais bibliografias relacionadas aos processos históricos que envolvem a ocupação do Alto Piancó. A pesquisa referente aos aspectos socioeconômicos foi fornecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, que viabiliza dados dos mais diversos parâmetros sociais e ambientais.

Desse modo, o estímulo em pesquisar os processos históricos da ocupação e uso dos solos, amplia a dimensão, pelo trabalho da interdisciplinaridade, do entendimento das problemáticas ambientais que ocorrem no Alto Piancó. Os estudos que têm sua construção teórica nas vertentes da História se tornam vitais para a construção de pesquisas em outras áreas de conhecimento, como as Geográficas, que, apesar de diferentes objetivos, a contextualização histórica passa a servir como fontes de dados, além de permitir correlações mais integradas às análises científicas realizadas pela Geografia.

Quadro 5 - Principais bibliografias sobre o histórico da ocupação do sertão paraibano.

Principais bibliografias: histórico de uso e ocupação de terras no sertão paraibano	
Fonte	Categoria
ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DA PARAÍBA	Plataforma online: http://www.al.pb.leg.br/espaco-do-cidadao/emancipacao-dos-municipios
FORMIGA, 2012	Artigo científico
GUEDES, 2006	Dissertação – Mestrado em Geografia
MORAES, 2013	Artigo científico
MORAIS L., 2010	Dissertação – Mestrado em Desenvolvimento Sustentável
MORAIS, 2016	Monografia – Graduação em História
MORAIS; LACERDA, 2020	Artigo científico
MOREIRA, 1990	Textos UFPB/NDIHR N° 24 – Disponível em: http://www.ndihr.ufpb.br/programa/processo_de_ocupacao.html
MOREIRA; <i>et al.</i> , 2003	Artigo científico
MOREIRA; TARGINO, 1996	Livro - Editora Universitária, João Pessoa-PB
BIBLIOTECA NACIONAL, LISBOA-PORTUGAL	Plataforma online: http://purl.pt/103/1/catalogo-digital/registo/177/177.html

Para enriquecer a discussão sobre os elementos físicos da natureza, o acervo de diagnósticos ambientais, realizados por instituições governamentais que priorizam os estudos naturais, foi de suma importância a fim de compreender as discussões que envolvem as questões ambientais da área. Seguem alguns documentos analisados: Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu (ANA, 2016); Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Jaguaribe SE folha SB-24Z (CPRM, 2000); Geologia e Recursos Minerais da Folha Fronteiras SB.24-Y-C-III (CPRM, 2017). Além destes, pesquisas acadêmicas, principalmente de cunho quantitativo, também foram consultadas: Filho (2019); Pereira *et al.* (2020); Lopes (1994); Lima *et al.* (2016); Travassos *et al.* (2008); Macedo (2014); Arruda (2017); Correia (2014); Vidalett (2018); e, Travassos e Souza (2011).

Nesse íterim, para a realização desta pesquisa foram examinados, portanto, trabalhos de cunho histórico, social, econômico, físico e, conseqüentemente político, visto as discussões em torno da condição de vivência e usos da terra das populações relacionadas

com a interação, e respostas, do comportamento da natureza local. Verifica-se então que a pesquisa documental e bibliográfica coloca-se enquanto etapa substancial para a percepção, a partir de diferentes áreas do conhecimento e abordagens de pesquisas, da situação ambiental do Alto Piancó.

4.2 MAPEAMENTO

A confecção dos mapas foi realizada via processamento digital de imagens no ambiente dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) pelo *software* ArcGis versão 10.8. Desse modo, o mapeamento da área consiste em dois momentos de apresentação: 1) a produção de mapas temáticos com localização, topografia, declividade, geologia, pedologia, e suas respectivas discussões na seção de caracterização da área; e 2) com os mapas de uso das terras, da cobertura vegetal e o geomorfológico, retratados na seção de discussão dos resultados.

4.2.1 Mapeamento temático

Para o mapeamento geológico foi utilizada a base cartográfica de 1:500.000 da plataforma do Serviço Geológico do Brasil, resultando em 6 classes litológicas para o Alto Piancó. No caso do mapa pedológico a base cartográfica de 1:250.000 foi fornecida pelo Banco de Dados e Informações Ambientais disponível no sítio eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, resultando em apenas 3 classes de solos em toda a bacia.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) para a confecção do mapa topográfico e de declividade foram coletados no portal da USGS (U.S. Geological Survey), cujo banco de dados é disponibilizado em SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução do

pixel de 30 metros. A data de publicação do MDE SRTM ocorreu em 23/09/2014. Nota-se, a partir da explanação do banco de dados para o mapeamento temático, que há uma deficiência na disponibilidade da escala cartográfica de detalhe, o que afeta, portanto, a visualização de áreas degradadas que necessitam de uma escala cartográfica de maior proximidade com a realidade local do Alto Piancó.

Para a delimitação da bacia, os principais critérios utilizados foram os divisores de águas e os Modelos Digitais de Elevação, culminando do trecho mais elevado ao trecho mais baixo do Alto Curso, que ocorre após a confluência de dois riachos advindos de um conjunto de nascentes. A região do Alto Curso configura-se principalmente enquanto área de produção de material a ser transportado para a jusante do rio, de modo que mudanças longitudinais na forma dos canais geralmente ocorrem com mudanças na litologia e nas características do vale (SUTFIN *et al.*, 2014), podendo intensificar o processo de produção de matéria. Não obstante, a terminologia de ‘bacia’ é utilizada apenas para delimitar a escala espacial da área.

4.2.2 Mapeamento: uso das terras, índice de vegetação e geomorfologia

Para a realização dos mapeamentos de cobertura vegetal e uso e ocupação da terra, foram inicialmente determinados os anos secos e chuvosos com base nas informações de pluviosidade média mensal entre o período de 1990 a 2020. Em seguida foram escolhidos os anos de 1999, 2008 e 2015 como os anos de período seco severo, e os anos de 1995, 2009 e 2020 como os anos chuvosos. A escolha dos cenários entre o seco e o chuvoso tem como objetivo observar a dinâmica da vegetação em ambos os contextos, além de avaliar a supressão da vegetação em decorrência do aumento do uso das terras no Alto Piancó.

Portanto, quanto à obtenção das imagens de satélite utilizadas para os mapeamentos, foram selecionados os anos de 1995, 1999, 2008 e 2009, na utilização das imagens do sensor TM (Thematic Mapper) do satélite Landsat 5, com resolução espacial de 30 metros. Para os

anos de 2015 e 2020 foram utilizadas as imagens do sensor OLI (Operational Land Imager) do satélite Landsat 8, também com resolução espacial de 30 metros. O Quadro 6 apresenta um panorama de informações básicas sobre as imagens de satélite utilizadas neste trabalho.

Quadro 6 - Base de informações cartográficas para os cenários estabelecidos para análise.

Condições	Anos	Sensor/Satélite	Bandas	Data
Chuvoso	1995	TM/Landsat 5	2 (G), 3 (R), 4 (NIR), 7 (SWIR)	25/07/1995
	2009	TM/Landsat 5	2 (G), 3 (R), 4 (NIR), 7 (SWIR)	29/06/2009
	2020	OLI/Landsat 8	3 (G), 4 (R), 5 (NIR), 7 (SWIR)	27/06/2020
Seco	1999	TM/Landsat 5	2 (G), 3 (R), 4 (NIR), 7 (SWIR)	30/09/1999
	2008	TM/Landsat 5	2 (G), 3 (R), 4 (NIR), 7 (SWIR)	01/11/2008
	2015	OLI/Landsat 8	3 (G), 4 (R), 5 (NIR), 7 (SWIR)	21/11/2015

As bandas 2, 3, 4 e 7 do sensor TM/Landsat 5 correspondem ao espectro do verde (G), vermelho (R), infravermelho próximo (NIR) e infravermelho médio (SWIR) respectivamente. Por outro lado, as bandas 3, 4, 5 e 7 do sensor OLI/Landsat 8 correspondem ao espectro do verde (G), vermelho (R), infravermelho próximo (NIR) e infravermelho médio (SWIR). Além disso, para a confecção dos mapas foi utilizado o sistema de coordenadas projetadas (planas) com *datum* horizontal SIRGAS 2000, fuso 24 Sul, e escala de 1:125.000.

De maneira pormenorizada, para o mapeamento do uso das terras, as datas não foram padronizadas devido à ocorrência de nuvens e ausência ou erros nas imagens. No entanto, foram utilizadas imagens de diferentes anos com datas (dias e meses) próximos e que apresentassem pouca ou nenhuma presença de nuvens. Logo, para iniciar o mapeamento foi realizada a composição das bandas demonstradas no Quadro 6, gerando uma imagem composta de falsa cor, utilizada para a análise da vegetação.

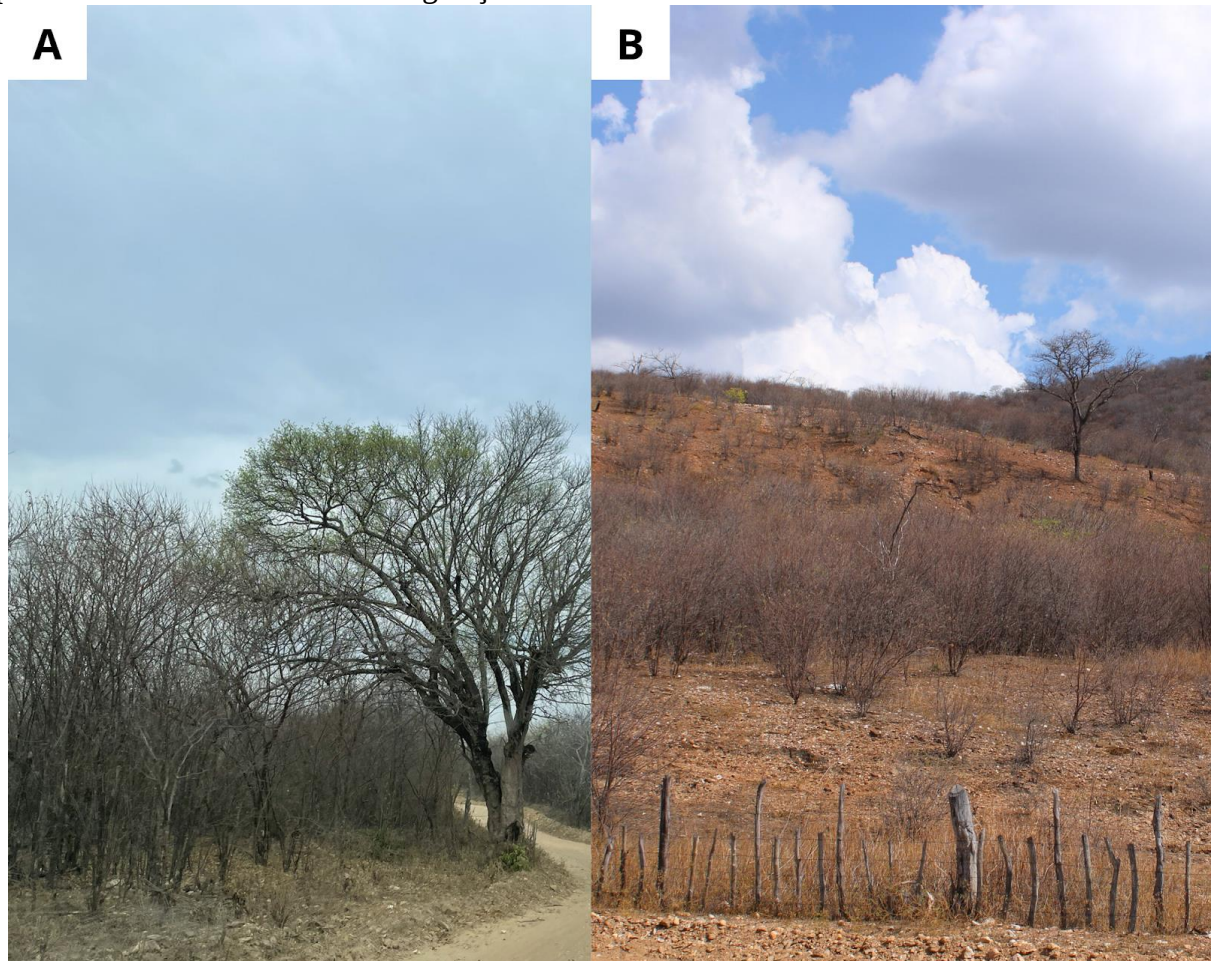
Com a imagem composta, foi executado o procedimento de corte (*clip raster*) da

imagem com base na forma do polígono da área de estudo. Em seguida foram determinadas amostras com base na identificação de elementos geográficos que compõem a imagem (caatinga densa, caatinga aberta, pastagem/agricultura, solo exposto, corpos d'água e áreas urbanas), representados através dos pixels, para posteriormente ser feita a classificação da imagem, a partir do método de classificação supervisionada.

Foi obtida, portanto, uma imagem da área de estudo classificada através do reconhecimento dos pixels, representando os elementos geográficos do espaço estudado. Vale ressaltar que devido ao tamanho da área de estudo e a resolução espacial da imagem, elementos do espaço com dimensões perceptíveis a escalas cartográficas maiores que a dos pixels da imagem foram generalizadas, sendo representadas por elementos predominantes na área.

Finalmente, é importante colocar que nos mapas de uso e ocupação da terra, a caatinga aberta apresenta diferentes cores, sendo verde claro nos anos chuvosos e um verde amarelado nos anos secos. Essa distinção se deu pelo fato de que no período seco, essa vegetação perde suas folhas, apresentando um aspecto de vegetação seca e ou morta, correspondendo a uma vegetação seca. Por outro lado, nos períodos chuvosos ela apresenta folhagem, mudando totalmente seu aspecto, correspondendo a uma vegetação verde, porém diferente da caatinga densa (Figura 9).

Figura 9 - (A) Caatinga densa; e (B) Caatinga aberta. É possível notar, mesmo com o registro fotográfico sendo de período seco, que a vegetação da caatinga densa (A) apresenta maior recorrência de espécies arbóreas e densidade vegetal que a caatinga aberta (B) onde predominam características de vegetação arbustiva.



Fonte: Autora, outubro de 2022.

O mapeamento acerca do índice de vegetação corresponde aos tipos ou formas de vegetação de origem natural ou plantada que recobrem uma determinada área do espaço geográfico, de forma que considera a densidade da vegetação verde (PEREIRA *et al.*, 2020). Ou seja, quando a vegetação apresenta estágio de desenvolvimento saudável, é obtida maior reflectância da cobertura vegetal, o que indica qualidade na atividade fotossintética. Por outro lado, quando a vegetação manifesta estados de morte ou seca e stress, a reflectância é reduzida, indicando que há algum tipo de deficiência na vegetação, como perturbações na atividade fotossintética e alterações anormais no processo de crescimento.

Desse modo, a partir do sensoriamento remoto, foi aplicado o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) para avaliação da cobertura e das condições de desenvolvimento da vegetação da superfície. Vale comentar que o SAVI é um índice que pondera os efeitos do

solo exposto em imagens de sensores remotos, para ajuste do NDVI quando não há ocorrência completa de cobertura da superfície pela vegetação (PEREIRA *et al.*, 2020).

A aplicação do SAVI leva em consideração as bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (R) de imagens de satélite. Em ambiente SIG, foi utilizada a calculadora raster (*Map Algebra*) por meio da seguinte equação:

$$(\text{Float}(\text{"NIR"} - \text{"R"}) / \text{Float}(\text{"NIR"} + \text{"R"} + \text{L})) * \text{Float}(1.5)$$

Onde:

L = Fator de ajuste. No caso do semiárido foi adotado o valor de 0.5

Os resultados da aplicação do SAVI variam de -1 para 1, onde quanto mais próximo de -1 há menos ou nenhum tipo de vegetação e quanto mais próximo de 1 mais vegetada é a área. A classificação dos alvos no espaço, a partir da aplicação do SAVI, foi determinada da seguinte forma:

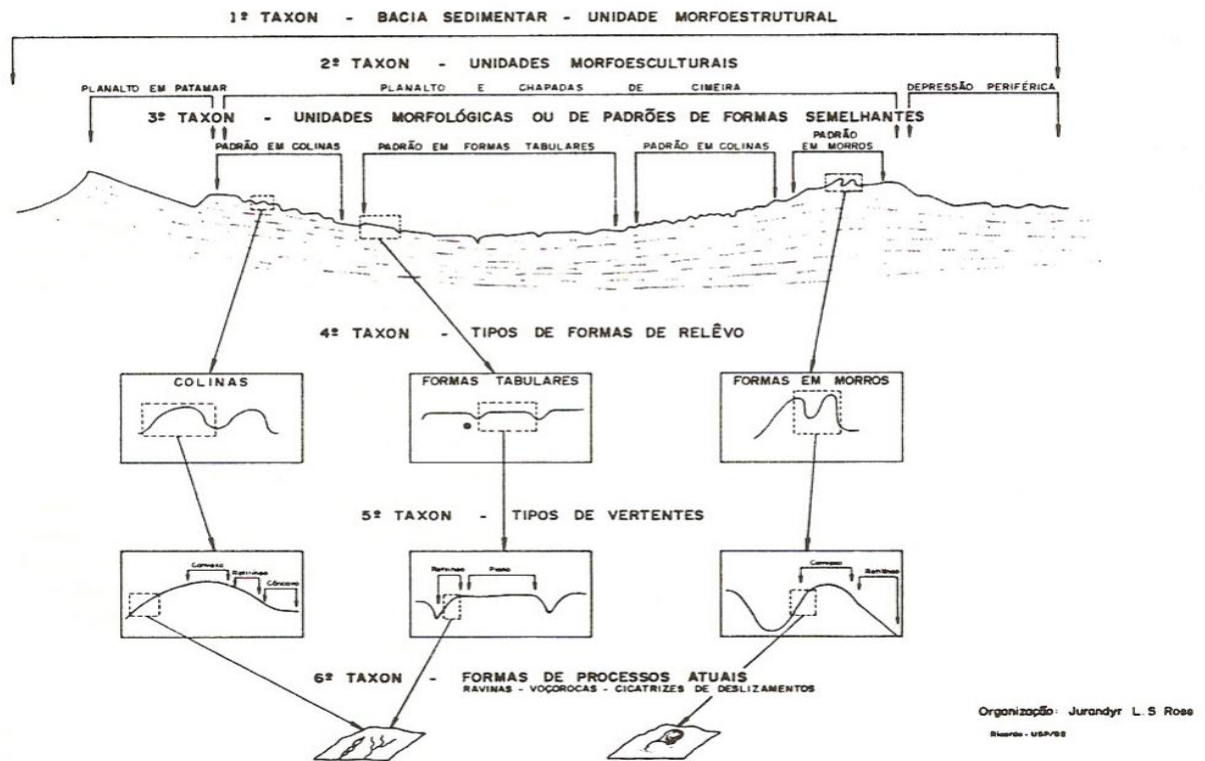
- -1 a 0 = Alvos não vegetados.
- Entre 0 e 0,3 = Vegetação com algum tipo de deficiência.
- Maior que 0,3 e menor que 0,6 = Vegetação moderadamente sadia.
- Maior que 0,6 = Vegetação muito sadia.

A partir do processamento das imagens pela aplicação do SAVI, foram gerados os mapas de uso e ocupação das terras e da cobertura vegetal no alto curso do rio Piancó para os cenários chuvosos e secos definidos na presente pesquisa.

Finalmente, para a confecção do mapa geomorfológico foram correlacionadas informações de declividade, altimetria, geologia e disposição das formas da superfície terrestre discutidas em Valeriano (2008), pela verificação do MDE SRTM com resolução espacial de 30 metros. Para a classificação da compartimentação geomorfológica, foram identificadas as unidades taxonômicas, cujas concepções são desenvolvidas por Ross (1992) (Figura 10), a fim de compreender o padrão das formas semelhantes presente no Alto Piancó. Na definição das terminologias foi utilizado o Manual Técnico de Geomorfologia disponibilizado pelo IBGE (2009). É importante colocar que, em decorrência do

detalhamento da escala cartográfica disponível atualmente, o 3º Táxon referente às unidades morfológicas ou de padrões de formas semelhantes, foi o que apresentou maiores possibilidades de visualização nas imagens de satélite.

Figura 10 - Unidades Taxonômicas baseadas em ROSS (1992).



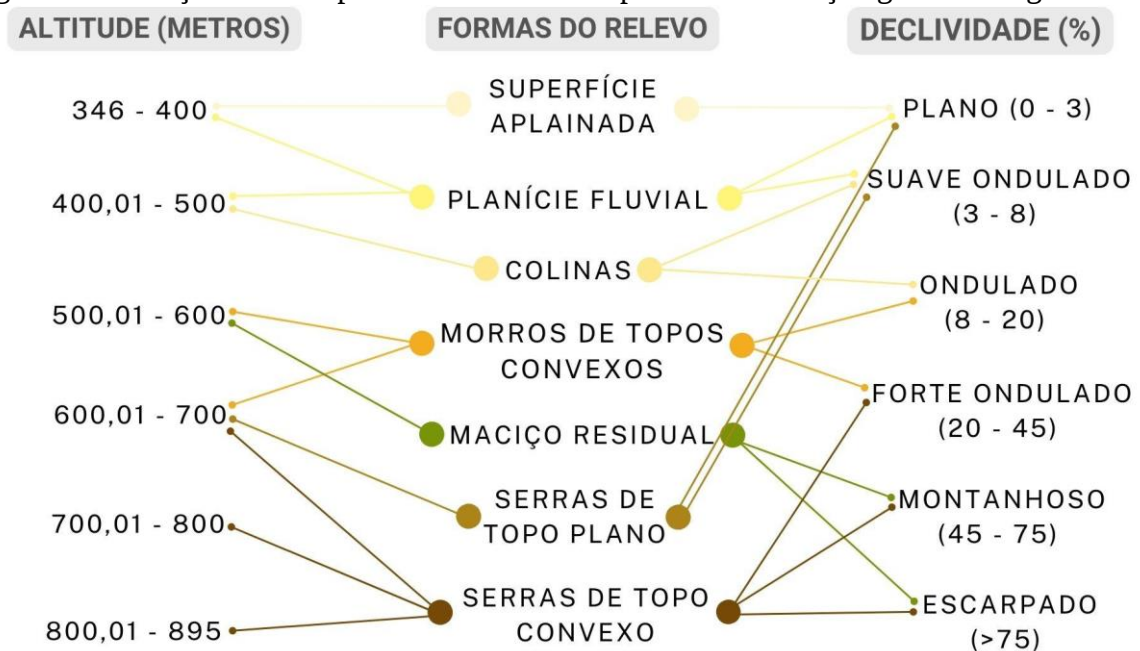
Fonte: ROSS, 1992, p.22.

De acordo com Ross (1992), as forças geradoras das formas do relevo advêm de diversos fatores que envolvem a atuação de agentes endógenos e exógenos. As forças endógenas se referem ao processo ativo emanado pela dinâmica da crosta terrestre que se processa através da resistência ao desgaste que a litologia oferece à ação dos processos exógenos. Os agentes exógenos ocorrem em ação constante e diferencial, tanto no espaço quanto no tempo, comandada pelas características climáticas que se associam aos processos de erosão e transporte da base rochosa que, em consequência, esculpe as formas do relevo.

Dessa maneira, o padrão das formas semelhantes do relevo são conjuntos de formas menores do relevo que apresentam distinções entre si em função da rugosidade topográfica ou índice de dissecação do relevo, de modo que os processos morfoclimáticos atuais passam a ser mais facilmente notados sendo retratados pelo formato dos topos, vertentes e vales de cada padrão existente. Nesse sentido, uma vez que a ação erosiva é uma dinâmica orgânica presente na natureza, o autor aponta que a ação humana têm alterado esta dinâmica natural, tornando-a cada vez mais recorrente, de maneira acelerada e desordenada (ROSS, 1992).

Portanto, coadunando a proposta de Ross (1992) com as nomenclaturas utilizadas pelo Manual Técnico de Geomorfologia (2009), baseadas na relação de declividade, altimetria e formas do relevo discutidas em Valeriano (2008), o alto curso do rio Piancó apresenta os seguintes compartimentos geomorfológicos: maciço residual, planície fluvial, superfície aplainada, morros de topos convexos, serras de topo convexo, serras de topo plano, e colinas (Figura 11). Dessa maneira, a análise das transformações na paisagem sob o ponto de vista geomorfológico, é relevante para a avaliação das áreas degradadas, pois permite compreender os mecanismos envolvidos nos processos de erosão das terras no alto curso do rio Piancó.

Figura 11 - Relação entre os parâmetros utilizados para a classificação geomorfológica.



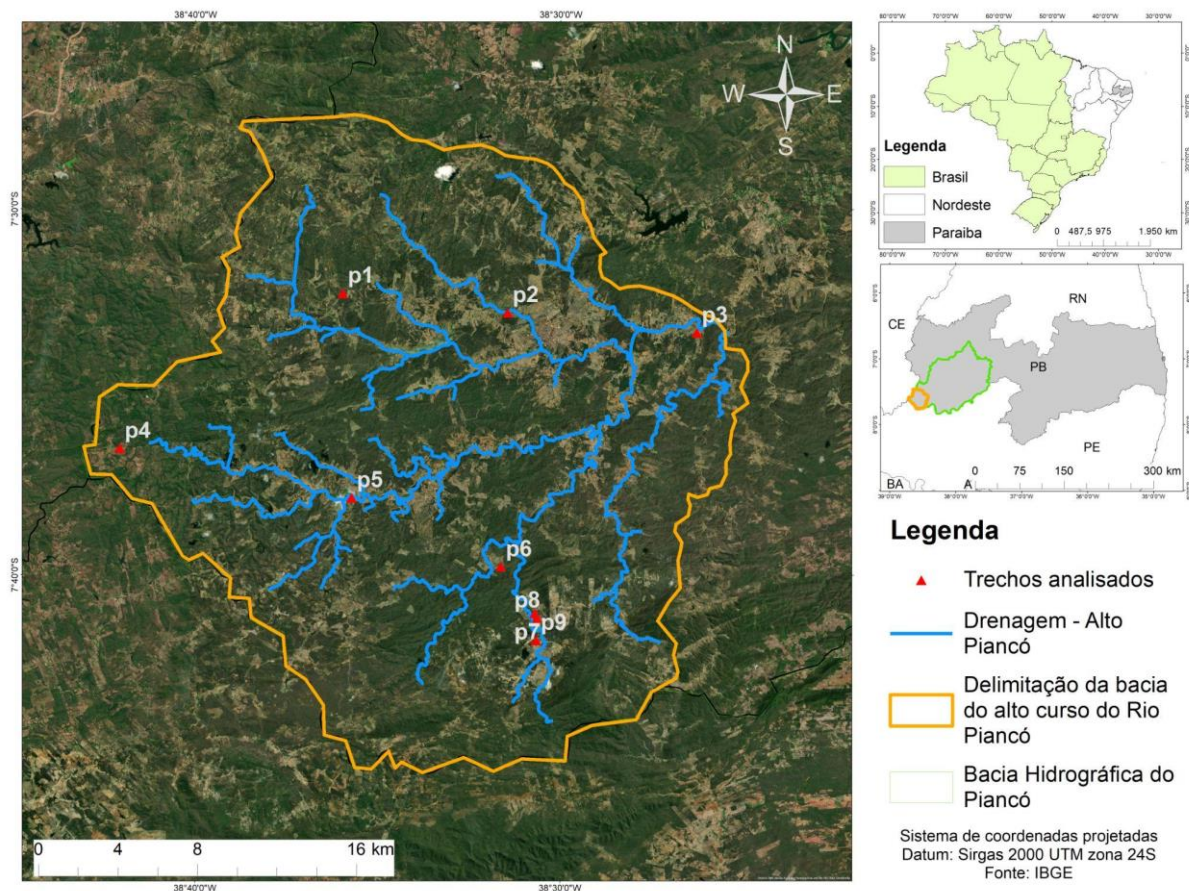
Fonte: IBGE (2009); ROSS (1992); VALERIANO (2008).

4.3 PESQUISA DE CAMPO

Foram realizadas duas Pesquisas de Campo entre as datas: 22/10/2021 e 24/10/2021; e, 08/10/2022 e 10/10/2022. Os campos tiveram como principais objetivos: realizar o reconhecimento da área em trechos que apresentassem indicadores de degradação, coletar dos pontos de análise pelo instrumento GPS (Global Positioning System), produzir

registros fotográficos da paisagem atual das áreas, e executar entrevistas conversacionais com a população local (MURPHY, 1999 *apud* SIMÕES; SAPETA, 2018). No total foram visitados 17 trechos distribuídos em toda a bacia, os quais, dentre estes, 9 foram selecionados para a avaliação da degradação ambiental no Alto Piancó, como pode ser visualizado na Figura 12.

Figura 12 - Localização dos trechos representativos para a avaliação da degradação das terras.



É importante destacar que, durante as investigações em campo, buscou-se visitar trechos que apresentassem litologias e características ambientais diversificadas. Entretanto, em função do acesso aos pontos estabelecidos, boa parte encontra-se próximo às drenagens presentes na área, o que indica que a ocupação das terras ocorre principalmente nas adjacências dos cursos d'água. Outro fator relevante, que apenas a pesquisa de campo proporciona, é a visualização da alteração da paisagem em determinados trechos, entre outubro de 2021 e outubro de 2022, resultante das formas de uso da terra. Além disso, é vital comentar que outubro é um mês de estiagem para o semiárido paraibano, por isso, é de sua

natureza que a vegetação perca as folhas no período seco que, em contrapartida, auxilia a visualização da ocorrência de processos e formas erosivas na área.

Dessa maneira, além das observações em campo, da realização dos registros fotográficos e coleta das coordenadas de localização dos trechos analisados, as entrevistas conversacionais com a população local foram de suma importância para a obtenção de informações sobre a relação de convivência com o ambiente nas áreas analisadas. Neste quesito, Simões e Sapeta (2018, p.44) acrescentam que a entrevista conversacional é “eficaz para obter a perspectiva dos participantes acerca da realidade em estudo, contribuindo para atenuar enviesamentos próprios da observação”. Dessa maneira, as questões dialogadas com a população são referentes principalmente: a relevância econômica dos municípios de Santa Inês e Conceição, bem como a situação das produções agropecuárias; ao contexto histórico das práticas agropecuárias na região, especialmente nas zonas rurais; a origem, intensificação e relação da degradação das terras com a convivência da população; e as práticas de atenuação da degradação das terras já empregadas pelos moradores(as) locais.

Portanto, na busca em compreender os elementos que atuam sobre a paisagem do Alto Piancó, a entrevista conversacional serve como complementaridade às análises realizadas pelo mapeamento da área, de modo que as informações fornecidas pelos moradores e moradoras locais adquirem ao estudo maior confiabilidade no resultado, uma vez que os dados devem apresentar-se compatíveis. No caso do presente estudo, o mapeamento e as informações coletadas são também validados pelas entrevistas realizadas com os habitantes.

É importante salientar que as práticas culturais de uso da terra estão enraizadas em ações humanas que apresentam um histórico de ocupação e de fixação das pessoas no Alto Piancó. Isto quer dizer que, independentemente da construção dos diagnósticos ambientais, este está embasado em aspectos sociais que perpassam, antes de tudo, questões culturais e comportamentais ligadas a ele. Portanto, a gestão ambiental depende de vários elementos, mas a viabilização deles não depende apenas de instrumentação técnica, uma vez que a prática da gestão ambiental depende das pessoas (atores sociais) envolvidas (LOURENÇO,

2017). Apesar disso, para o presente estudo, embora os fatores sociais sejam também investigados, o foco central da análise é compreender as modificações da paisagem nas áreas degradadas, entre 1990 e 2022, no alto curso do rio Piancó.

4.4 ANÁLISE SOBRE AS ÁREAS DEGRADADAS NO ALTO PIANCÓ

Para analisar a ocorrência da degradação ambiental no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Piancó, elaborou-se, portanto: 1) a caracterização físico-natural e do padrão das formas semelhantes do relevo no Alto Piancó; 2) a contextualização da ocupação e uso das terras entre as décadas de 1990 e 2020; 3) a avaliação espacial da vegetação por meio da aplicação do índice de vegetação SAVI, nas respectivas temporalidades estabelecidas no item 2; e, 4) a caracterização dos processos erosivos, em trechos representativos selecionados pela presente pesquisa, enquanto indicadores do processo de degradação ambiental.

A caracterização sobre o padrão de formas semelhantes do relevo viabiliza o entendimento acerca dos mecanismos que envolvem a atuação dos processos e formas na modelagem do terreno no alto curso da bacia do Rio Piancó. Nesta perspectiva, são identificadas unidades morfológicas diferenciadas entre si, que retratam um determinado aspecto fisionômico e apresentam dimensões de áreas menores, idades mais recentes e processos erosivos que favorecem a dissecação do relevo (ROSS, 1992). Dessa maneira, o emprego desta proposta de análise geomorfológica no alto curso do Rio Piancó é fundamental para compreender a natureza da modelagem do terreno, bem como relacioná-la aos fatores de ocupação e uso das terras com a disposição da vegetação na bacia.

Portanto, a investigação a respeito do histórico da ocupação e uso das terras, concomitante à análise espacial da vegetação na bacia pela aplicação de índice de vegetação SAVI, a partir da seleção de cenários no período chuvoso e no período seco entre as décadas de 1990 e 2020, permite verificar a evolução da paisagem na relação entre a supressão da vegetação e o uso dos solos em ambos os contextos investigados. Em vista disso, foram selecionados trechos representativos, distribuídos na bacia, para discutir a degradação ambiental a partir dos processos e formas erosivos, atuantes na área, considerados indicadores dos processos degenerativos do meio ambiente.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-NATURAL DO ALTO CURSO DO RIO PIANCÓ

As estações climáticas do semiárido brasileiro são definidas entre a chuvosa e a seca, cujas características dessa natureza semiárida advêm de fatores que perpassam desde o comportamento do clima global às condições geológicas regionais. A posição longitudinal a que esta região está submetida evidencia altas taxas de insolação e temperatura devido à incidência da radiação solar durante o ano todo, de modo que, conseqüentemente, a área manifesta elevadas taxas de evapotranspiração. Dessa maneira, em decorrência da posição geográfica, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) configura-se um mecanismo fundamental para a produção das chuvas que atuam na região semiárida entre fevereiro e maio, atingindo os estados do MA, PI, CE, RN, PB, PE e extremo norte da BA (ZANELLA, 2014).

Neste setor está presente um cinturão de baixa pressão atmosférica que faz com que o ar suba para altitudes atmosféricamente mais elevadas. O comportamento da variação sazonal a partir da distribuição da pressão atmosférica global controla a circulação dos ventos, de modo que as baixas equatoriais se movem para o norte em julho, seguindo a migração sazonal dos raios do Sol, e as altas subtropicais do Hemisfério Sul se voltam para o Equador a partir de seus locais de janeiro (verão). Esses ventos que sopram para o Equador, advindos do Hemisfério Sul, são chamados de Alísios de Sudeste (PETERSON *et al.*, 2014).

Além disso, quando o fenômeno El Niño acontece com a fase positiva do dipolo do Atlântico, que é desfavorável à ocorrência de chuvas, a região é acometida por anos considerados secos ou muito secos. Segundo Zanella (2014), tais fenômenos repercutem em sérios problemas associados às chuvas. Nos anos com pluviometria baixa são registradas repercussões socioeconômicas sérias, e em anos muito chuvosos são observadas inundações que causam prejuízos, sobretudo, nas áreas urbanas.

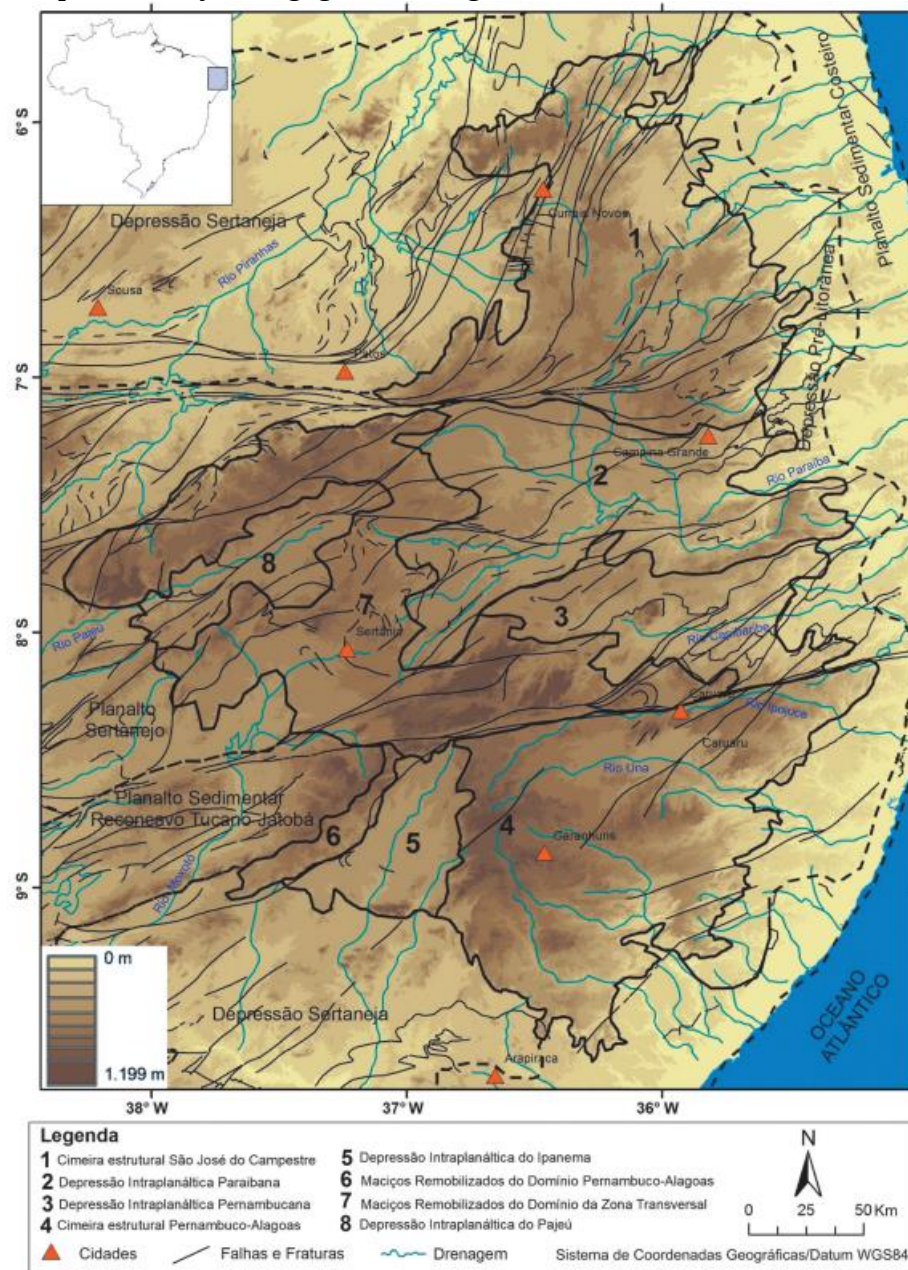
Dessa maneira, quando a ZCIT desloca-se para o Hemisfério Sul entre os meses de

janeiro, fevereiro, março e abril, as chuvas ocorrem no sertão paraibano. Quando o movimento de deslocamento da ZCIT é para o Hemisfério Norte, que acontece no mês de junho e julho, ameniza-se a temperatura e a pluviosidade (FILHO, 2019). As temperaturas mais elevadas ocorrem nos meses mais secos, em geral entre os meses de Outubro a Janeiro. Apesar do regime pluviométrico do sertão paraibano proceder principalmente pela dinâmica da ZCIT, o Planalto da Borborema, embora exerça impedimento no deslocamento das massas advindas do Litoral para o interior do Estado, não retêm as chuvas completamente e estas apresentam influência considerável na pluviosidade do sertão paraibano.

Com relação às características locais do relevo, a Figura 13 apresenta uma compartimentação megageomorfológica do Planalto da Borborema, realizada por Corrêa *et al.* (2010), que permite a visualização da influência topográfica local sobre as condições ambientais do semiárido. Nesse sentido, de acordo com os autores, o domínio da Zona Transversal representa uma área morfológicamente afetada por arqueamentos que atuaram no Planalto da Borborema, situada numa faixa E-W entre os Estados de Pernambuco e Paraíba, de modo que atinge principalmente a porção sul da bacia do alto curso do Rio Piancó.

Dessa maneira, na Figura 13 se observa que, a oeste do Planalto da Borborema, está situada a chamada Depressão Sertaneja (CORRÊA *et al.*, 2010), onde está inserido o sertão paraibano, o qual abrange o alto curso do Rio Piancó.

Figura 13 - Compartimentação megageomorfológica do Planalto da Borborema.



Fonte: CORRÊA *et al.*, 2010.

De acordo com Carvalho (1982), apesar da retomada da erosão fluvial do Quaternário ocorrer de maneira pouco vigorosa no semiárido, esta afirma que a feição morfológica apresentada atualmente pela superfície sertaneja é resultante de re-aplainações e remodelações areolares da superfície formada anteriormente. Assim, o nível da superfície pré-cretácea foi ultrapassado pelos efeitos da pediplanação moderna, de modo que essas superfícies embutidas, de idade recente, culminaram em novas fases de pedimentação (CARVALHO, 1982). Para corroborar com o debate, em tempo mais recente Corrêa *et al.*

(2010) discute sobre o relevo da porção ocidental das encostas do Planalto da Borborema, e coloca que se trata de uma área intensamente dissecada com recorrência de formas aguçadas e convexas, cujas encostas apresentam um traçado irregular e tortuoso nos limites com as depressões sertanejas, associado aos processos de pedimentação, que teriam contribuído para a expansão das depressões ao longo o Cenozóico.

O semiárido paraibano é formado predominantemente por rochas cristalinas que não se constituem em um bom aquífero, cujo manto de decomposição da rocha é pouco espesso e as características do material atribuem baixa porosidade dificultando a penetração e acúmulo de água subterrânea. No entanto, a presença de falhas e fraturas neste tipo de rocha permite o armazenamento de água (ZANELLA, 2014). Com relação à resposta fluviométrica, os escoamentos são marcados por picos elevados e rápidos, ocorrendo durante ou imediatamente após os eventos de chuva. Após o período chuvoso, as vazões cessam completamente, o que caracteriza os regimes fluviais em intermitentes e efêmeros (LOPES, 1994).

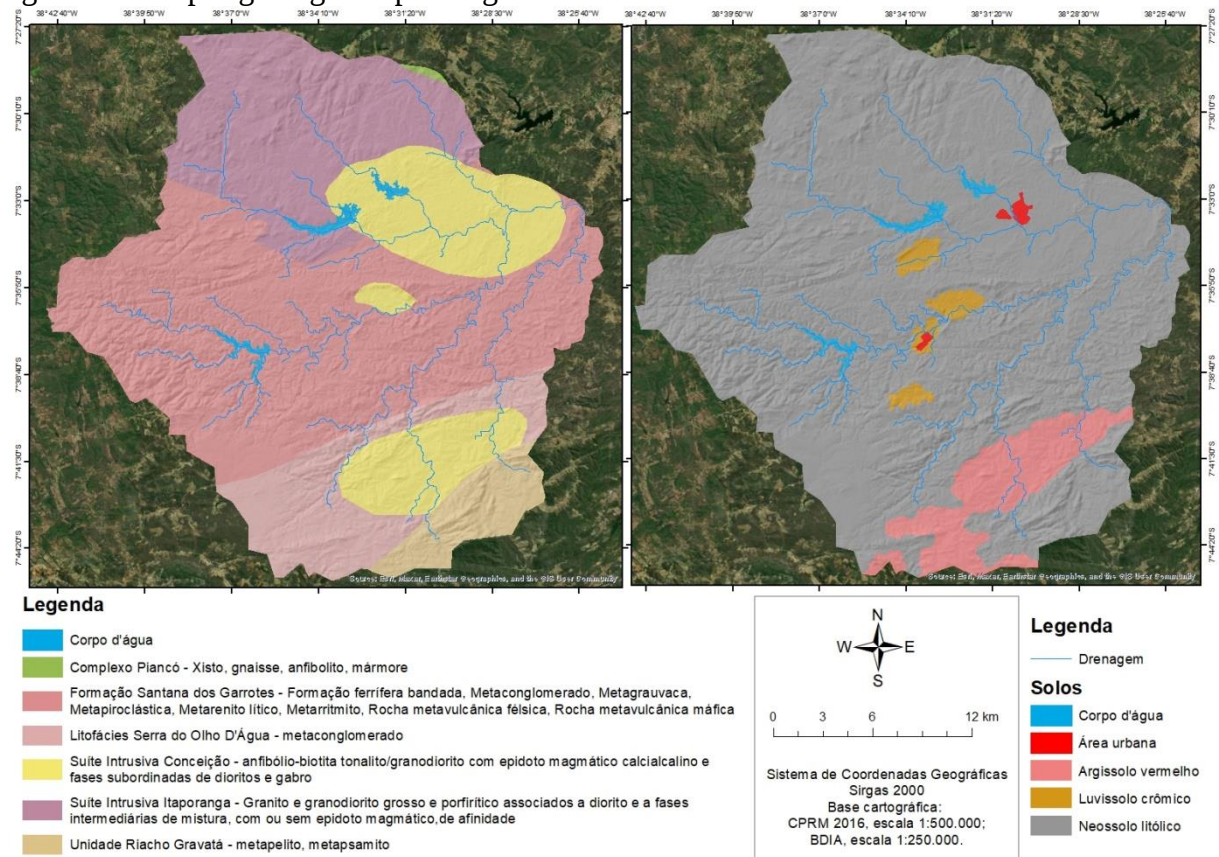
Segundo a ANA (2016), foram identificados 3 açudes no alto curso, de um total de 107 açudes para toda a bacia do Piancó. Em Santa Inês, cujo açude detém o mesmo nome do município, a capacidade máxima é de 26,1 hm³; em Conceição o açude do Condado apresenta capacidade máxima de 35,0 hm³ e o açude Serra Vermelha I de 11,8 hm³. A pluviosidade do Alto Piancó, fornecida pela Estação Pluviométrica de Conceição-PB (atualmente desativada), apresenta precipitação média anual de 872,1 mm, com desvio padrão de 432,1 mm. Além disso, os dados de demanda hídrica para abastecimento humano total (com inclusão do consumo urbano e rural) para Santa Inês apresentam retirada de 5,56 l/s e consumo de 1,79 l/s; e a demanda hídrica para Conceição apresenta retirada de 36,70 l/s e consumo de 9,73 l/s.

Levando em conta a disponibilidade hídrica e a demanda de abastecimento humano, pode-se inferir que em anos de estiagem, quando as chuvas não apresentam competência no reabastecimento dos corpos d'água para o consumo humano adequado, podem ser decretadas situações emergenciais, bem como a realização de ações que visem amenizar o stress hídrico,

tais como: distribuição de caminhões pipas, projetos de Tecnologias Sociais Hídricas, construção de açudes, reaproveitamento das águas servidas e o transporte de água a longas distâncias a partir de adutoras e canais (destaca-se a transposição do Rio São Francisco) (LIMA *et al.*, 2016; ZANELLA, 2014). Considerando as peculiaridades climáticas, fluviais e hidrológicas do Alto Piancó, a água representa um bem vital para permanência das populações na região, de modo que o uso é direcionado principalmente para subsistência e para as práticas agropecuárias nos municípios de Santa Inês e Conceição.

De modo geral o sertão paraibano se constitui em uma área rebaixada com relevo plano e semi-colinoso que ainda sofre processos ativos de desnudação com remanejamento de detritos realizado pelas drenagens efêmeras e intermitentes. Na área se destacam também os relevos residuais, chamados de inselbergues, cujas cristas estão separadas das terras baixas por vertentes íngremes e por nítida ruptura de declive. Em suma, geologicamente, a Figura 14 mostra que o Alto Piancó é formado predominantemente do embasamento cristalino composto principalmente por rochas magmáticas e metamórficas representadas pelos gnaisses, migmatitos, xistos, filitos e granitos (CARVALHO, 1982).

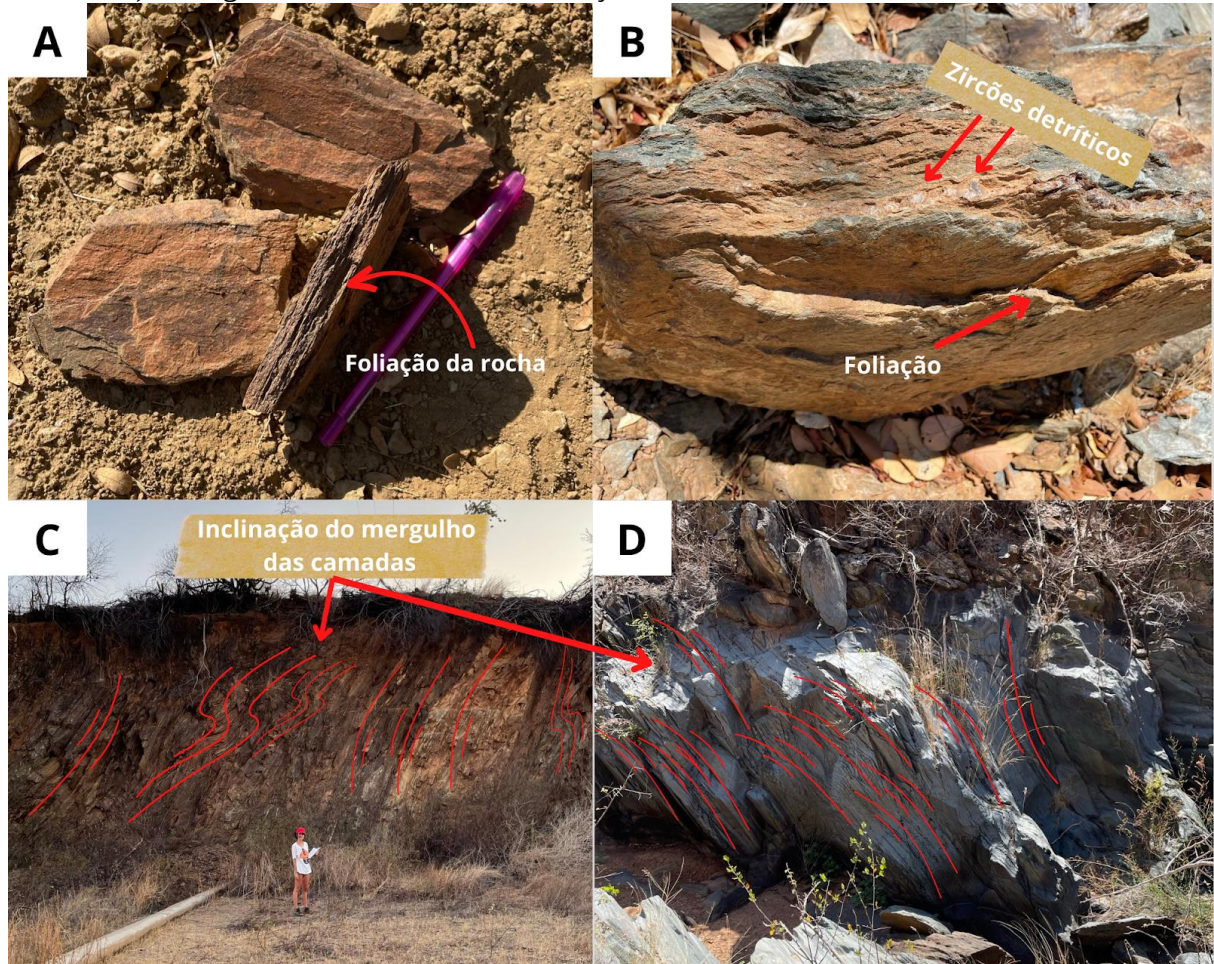
Figura 14 - Mapas geológico e pedológico da bacia do alto curso do Rio Piancó-PB.



Fonte: CPRM, BDIA. Elaborado pela autora.

A fim de aprofundar a discussão da geologia e pedologia no Alto Piancó, em função da escala de detalhe dos dados disponíveis, observa-se na Figura 14 que a área apresenta 6 classes de litologia que se diferenciam entre si, enquanto que os solos apresentam 3 classes. O Complexo Piancó no extremo norte-nordeste da bacia apresenta-se em menor porção de terras, cuja geologia direciona-se para a Bacia do Rio do Peixe no sentido do município de São José de Piranhas-PB, de modo que a litologia evidencia elevado grau de metamorfismo com a presença de rochas foliadas como o xisto (Figura 15,A), e não foliadas como o Mármore (CPRM, 2000).

Figura 15 - Fotografias representativas da litologia do Alto Piancó. Legenda: A) litologia na fronteira do Complexo Piancó com a Suíte Intrusiva Itaporanga; B) litologia proveniente das Litofácies Serra do Olho D'água considerada uma unidade contemporânea da Formação Santana dos Garrotes; C) litologia da Suíte Intrusiva Conceição a norte da bacia do Alto Piancó; D) litologia da Suíte Intrusiva Conceição a sul da bacia do Alto Piancó.



Fonte: Autora, outubro de 2022.

Ainda ao norte da bacia, a Suíte Intrusiva Itaporanga engloba granito e granodiorito grosso associados à dioritos que apresenta, por sua vez, características pedológicas de neossolo litólico eutrófico de textura média com pedregosidade intermediária. A Formação Santana dos Garrotes de idade proterozóica neoproterozóica criogeniano localizada na porção central da bacia é constituída, predominantemente, por metarritmitos pelíticos e psamíticos, com metagrauvacas e/ou metarenitos líticos, metassedimentos químicos ferríferos, metaconglomerados intraformacionais, metavulcânicas básicas a ácidas e metapiroclásticas (Figura 14) (CPRM, 2000). Nesta formação, além da presença do neossolo litólico predominante na bacia como um todo, também há a ocorrência, em razão da influência das drenagens, do luvisolo crômico cuja profundidade do horizonte B textural

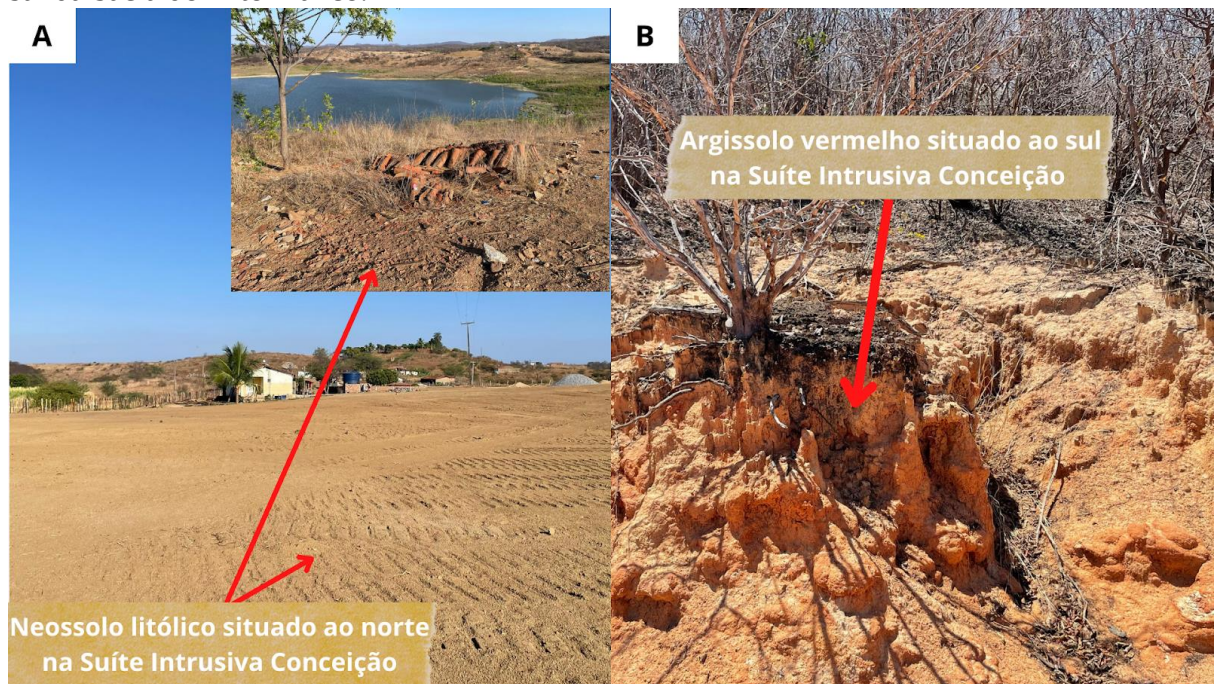
apresenta-se mais extensa e com elevada atividade e saturação de base, principalmente nos primeiros 100cm do horizonte B (EMBRAPA, 2018).

As Litofácies da Serra do Olho D'Água ao sul da bacia na Figura 14 é considerada como uma unidade contemporânea da Formação Santana dos Garrotes, provinda de um depósito orogênico neoproterozóico, relacionado à fase colisional tardia brasileira, levando em conta a presença de seixos quartzitos e de rochas metavulcânicas, atribuídas à Formação Santana dos Garrotes. Acredita-se que os seixos representam fragmentos do Complexo Riacho Gravatá, cuja geocronologia registra a presença de zircões detríticos do grupo com idade em torno de 640Ma (Figura 15,B). A unidade do Riacho Gravatá no extremo sul-sudeste da bacia é constituída por metapelitos, metarritmitos psamíticos, metapelitos carbonáticos, metavulcânicas básico-intermediárias e metatufos, cuja idade está em torno de $1.070\pm 30\text{Ma}$, o que representa a idade da sedimentação e do vulcanismo (CPRM, 2000).

A Suíte Intrusiva Conceição, presente em algumas porções distribuídas entre o norte, centro e sul da bacia do Alto Piancó é constituída por granito de coloração cinza, de textura fina a média, com clots e enclaves máficos ricos em anfibólio, com biotita quartzo diorito, hornblenda e epidoto magmáticos, em número e dimensões bastante variáveis (CPRM, 2017). Além disso, quanto às características do material litológico, é possível notar na Figura 15-C,D atitudes de foliação com mergulho indicado, demonstrado pela inclinação das rochas. Entretanto, as respostas pedológicas na litologia da Suíte Intrusiva Conceição apresentam-se de maneira diferenciada em suas áreas de ocorrência (Figura 14).

A partir da associação entre a distribuição dos solos da Suíte Intrusiva Conceição no Alto Piancó (Figura 14 e Figura 15C,D) relacionada à topografia e declividade na Figura 17, nota-se que esta litologia se encontra em zonas menos declivosas do relevo, porém em altitudes divergentes. Ao norte, há a presença do neossolo litólico (Figura 16A) em altitudes de 346 a 500 metros, inseridas em trechos mais a jusante dos riachos que formam o Rio Piancó, e expressam declividade de suave a suave ondulada.

Figura 16 - A) Neossolo litólico situado ao norte-nordeste na Suíte Intrusiva Conceição, OBS.: solo remexido; B) Argissolo vermelho situado na Suíte Intrusiva Conceição da porção sul da bacia do Alto Piancó.

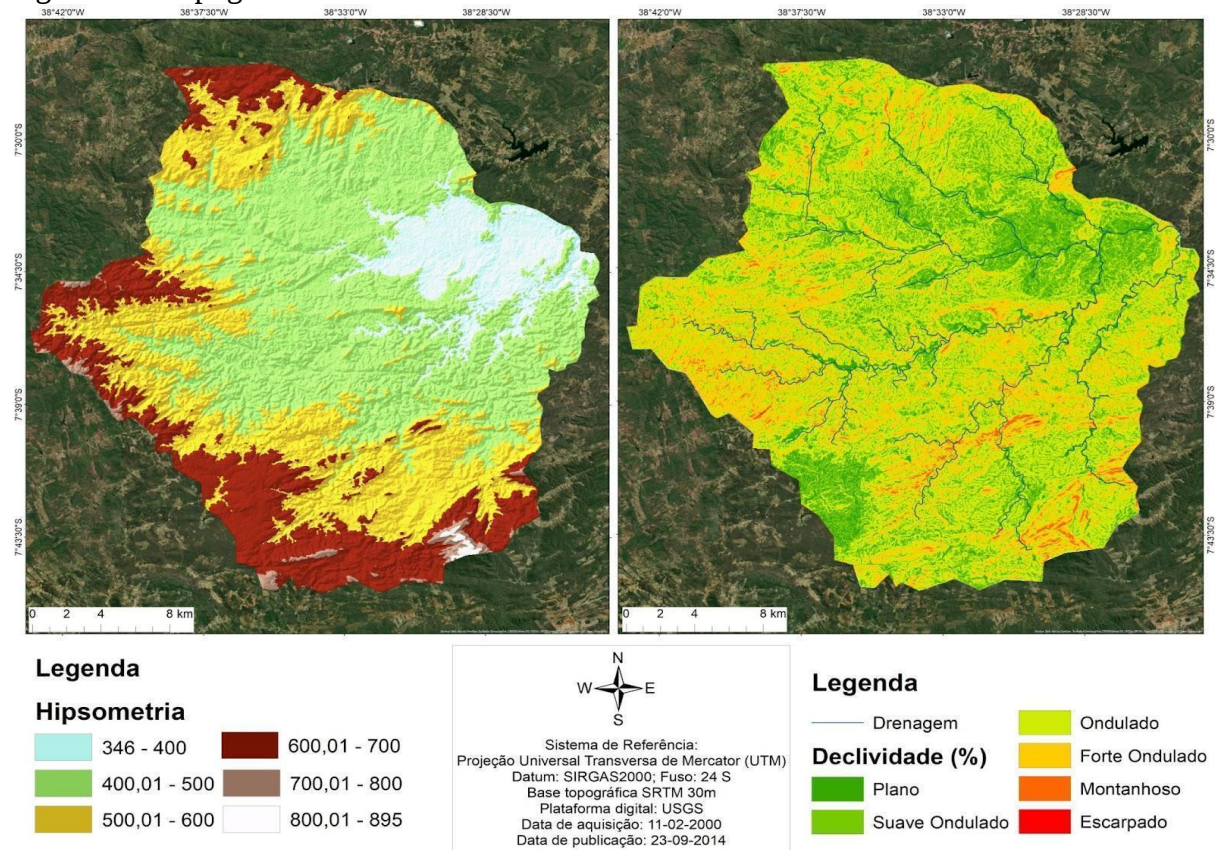


Fonte: Autora, outubro de 2022.

Ainda ao norte da bacia na Suíte Intrusiva Conceição, os solos apresentam pedregosidade intermediária e é mais utilizado pela população para a criação extensiva. Contudo, nas adjacências dos corpos d'água e riachos, a retirada da vegetação ocorre também para fins de agricultura e criação de loteamentos para projetos de expansão urbana (Figura 16A). É relevante colocar que essas práticas, especialmente nas proximidades dos cursos d'água e de corpos hídricos, tendem a intensificar a atuação do escoamento superficial com a chegada do período chuvoso.

Na porção sul, ainda acerca da Suíte Intrusiva Conceição, a declividade se apresenta entre plana, suave ondulada, e ondulada; no entanto, está inserida em uma área de compartimento com altitudes mais elevadas que variam entre 500 e 700 metros (Figura 14 e Figura 17). Esta região é influenciada pelo domínio da Zona Transversal, situada numa faixa aproximadamente E-W entre os estados de Pernambuco e Paraíba, que corresponde a uma área morfológicamente mais afetada pelos arqueamentos que atuaram sobre o Planalto da Borborema (CORRÊA *et al.*, 2010). A resposta na paisagem destes movimentos geológico-geomorfológicos pode ser visualizada na Figura 15D.

Figura 17 - Topografia e declividade da bacia do alto curso do Rio Piancó.



Fonte: USGS, 2014.

De acordo com Corrêa *et al.* (2010) essas serras encontram-se alinhadas em zonas de cisalhamentos sinistrais que atuaram como falhas de transferência do Lineamento Pernambuco-Paraíba. Portanto, a porção sul da bacia do Alto Piancó pode imprimir modificações no quadro climático regional ou local, assumindo feições de encostas barlavento com características de subunidade, consequentes de chuvas orográficas, dentro do quadro geral do setor semiárido (CARVALHO, 1982). Carvalho (1982) discute a geomorfologia paraibana em cenários semelhantes:

Essa feição sub-úmida é realçada nas encostas barlavento, com modificações nítidas na vegetação, na temperatura, nos solos e nos processos atuantes. A presença de solos mais profundos do tipo Podzólico vermelho-amarelo nas encostas, sugere condições mais favoráveis aos processos pedogenéticos. Explorando-os, surgem as Matas Serranas, uma vegetação subcaducifolia com fáceis mais úmidas nos setores de umidade mais elevada, bem contrastante com a Caatinga arbustiva ou herbácea das áreas áridas e semiáridas vizinhas (CARVALHO, 1982, p. 51).

Observa-se na Figura 14 que o trecho sul da Suíte Intrusiva Conceição, apresenta pedologia do tipo argissolo vermelho, o que demonstra maior desenvolvimento das camadas dos horizontes pedológicos (Figura 16B). Além do grau de intemperização da rocha demonstrado pela profundidade do solo na Figura 16B, outro fator a ser observado é a exposição das raízes da vegetação decorrentes de processos erosivos nos solos. Essas erosões, principalmente do tipo ravinamento, são ativadas em maior recorrência nesta região, sobretudo, pela prática do desmatamento para a viabilização do uso das terras. Com relação à identificação do argissolo vermelho neste setor, Ab'Sáber (1974) coloca que os solos vermelhos dos sertões sinalizam remanescentes da superfície sertaneja velha e discute:

Acreditamos que, em certo momento do Pleistoceno Superior, existiu nas áreas de ocorrências de tais tipos de solos, paisagens e ecologias subúmidas, responsáveis pela fertilização. Manchas de matas secas, caatingas arbóreas densas, ou até mesmo florestas tropicais, podem ter ocorrido em tais áreas, antes da ampliação ou generalização das condições semi-áridas no domínio morfoclimático das caatingas (AB'SÁBER, 1974, p. 21).

Levando em conta a dinâmica de ocorrência dos solos discutida por Ab'Saber (1974), para a Suíte Intrusiva Conceição da porção sul, além das circunstâncias de exposição à semiaridez do clima em vigor, a Figura 18 apresenta um registro do período seco em 2022 da paisagem neste setor. É possível perceber que a paisagem imprime o resultado da ação do desmatamento generalizado na região no processo de uso das terras, provocado pela ocorrência de queimadas, retirada das espécies vegetais nos trechos em que o solo se apresenta exposto, e pela presença de vegetação pioneira. Tendo em vista esses fatores, atualmente o sudeste do Alto Piancó evidencia um dos trechos com maior recorrência de processos erosivos e incidência da degradação ambiental.

Os setores com vegetação mais conservada são os que apresentam maiores dificuldades de acesso, geralmente com declividades montanhosas e escarpadas, correspondente às zonas de divisores de águas (relevo em forma de cristas ao fundo na Figura 18).

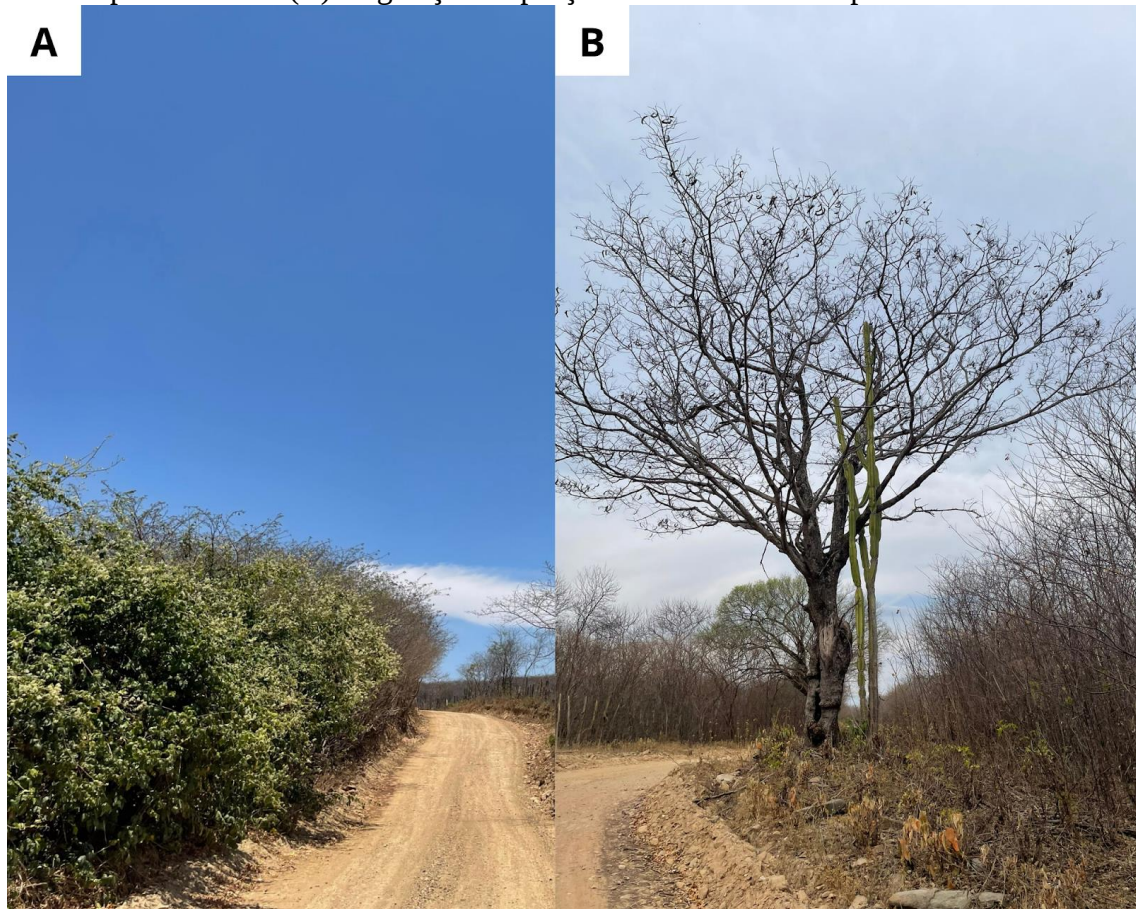
Figura 18 - Fotografia da paisagem no trecho sul-sudeste do alto curso do rio Piancó.



Fonte: Autora, outubro de 2022.

Por outro lado, a porção sudoeste da bacia apresenta características topográficas e de declividade semelhantes a da Suíte Intrusiva Conceição. Porém, a litologia deste trecho compreende a Formação Santana dos Garrotes e a Litofácies Serra do Olho D'água (Figura 14 e Figura 17). Apesar do sudoeste da bacia apresentar neossolo litólico com característica arenosa, o uso das terras nesta face ocorre de maneira mais amena e a cobertura vegetal se expressa de forma mais densa e com maior presença de umidade, como pode ser verificado na Figura 19A.

Figura 19 - (A) Vegetação da porção sudoeste, referente às serras de topo plano, no Alto Piancó em período seco. (B) Vegetação da porção oeste da bacia em período seco.



Fonte: Autora, outubro 2022.

De modo geral, a vegetação caatinga apresenta caráter xerófilo, demonstrando-se adaptada ao clima semiárido na região do Alto Piancó (AB'SABER, 1974). No caso dos trechos sudoeste (Figura 19A) e oeste (Figura 19B), predominam maiores extensões de caatinga densa com presença das espécies arbóreas, de comportamento caducifólio no período de estiagem. Observa-se, sobretudo a sudoeste cujo relevo é plano, maior presença da umidade em função da resposta da folhagem da cobertura vegetal nos meses mais secos (Figura 19A). Carvalho (1982) aponta que o cenário da vegetação nessas áreas serve como indícios de uma antiga vegetação representativa de uma fase mais úmida ou menos seca que a atual. Contudo, tais vestígios têm se tornado mais raros por conta das modificações acentuadas que o ser humano imprimiu à cobertura vegetal.

As direções leste, nordeste e sudeste da bacia apresentam maior interferência das atividades humanas, seja para as práticas agropecuárias, seja para a expansão da malha

urbana, criação de vilas, criação de estradas rurais e/ou impermeabilização do solo na construção de vias a fim de melhorar a logística de transporte nas fronteiras entre os Estados Nordestinos. Neste setor a vegetação se apresenta mais espaçada, com pouca ou nenhuma espécie de caatinga arbórea suprimidas pelo desmatamento, cujas espécies que mais aparecem são a Macambira (*Bromelia laciniosa*), Caroá (*Neoglaziovia variegata* Mz), Xique-Xique (*Pilosocereus gounellei* Weber), e Facheiro (*Pilosocereus piauiensis*) (LUETZELBURG, 1922).

Por fim, o processo de ocupação e uso das terras no Alto Piancó, apesar de ocorrer de maneira difundida, apresenta-se acentuado em algumas zonas da bacia, nem sempre respeitando as condicionantes morfológicas, botânicas e pedológicas das áreas. Esta interação acarreta uma sucessão de problemáticas naturais que se transformam, consequentemente, em questões ambientais. Investigar as problemáticas que perpassam o histórico da interação da sociedade com a natureza na área permite, não só o conhecimento da dinâmica física local, mas também a possibilidade de adequação das posturas humanas quanto às manifestações de suas práticas sobre o uso dos recursos da natureza.

5.2 O PADRÃO DAS FORMAS DO RELEVO NO ALTO CURSO DO RIO PIANCÓ

A análise a partir das unidades morfológicas semelhantes do relevo no Alto Piancó proporcionou a identificação dos seguintes padrões: planície fluvial, superfície aplainada, maciço residual, colinas, morros de topos convexos, serras de topo convexo, e serras de topo plano (Figura 20). Desse modo, a Figura 20 apresenta as formas do relevo no Alto Piancó a fim auxiliar a compreensão dos aspectos fisionômicos que influenciam os processos erosivos mais recentes para cada setor da bacia.

A ocupação das terras no Alto Piancó ocorreu, principalmente, nas zonas mais baixas do relevo (Figura 20), situadas em altitudes que variam entre 346 e 400 metros. Neste compartimento topográfico, há maiormente a ocorrência da superfície aplainada, associada à presença da planície fluvial, de modo que é possível notar a confluência das drenagens advindas de nascentes que estão distribuídas em todas as direções da bacia, e que produzem matéria e energia para a jusante do Rio Piancó. A litologia é da Suíte Intrusiva Conceição com

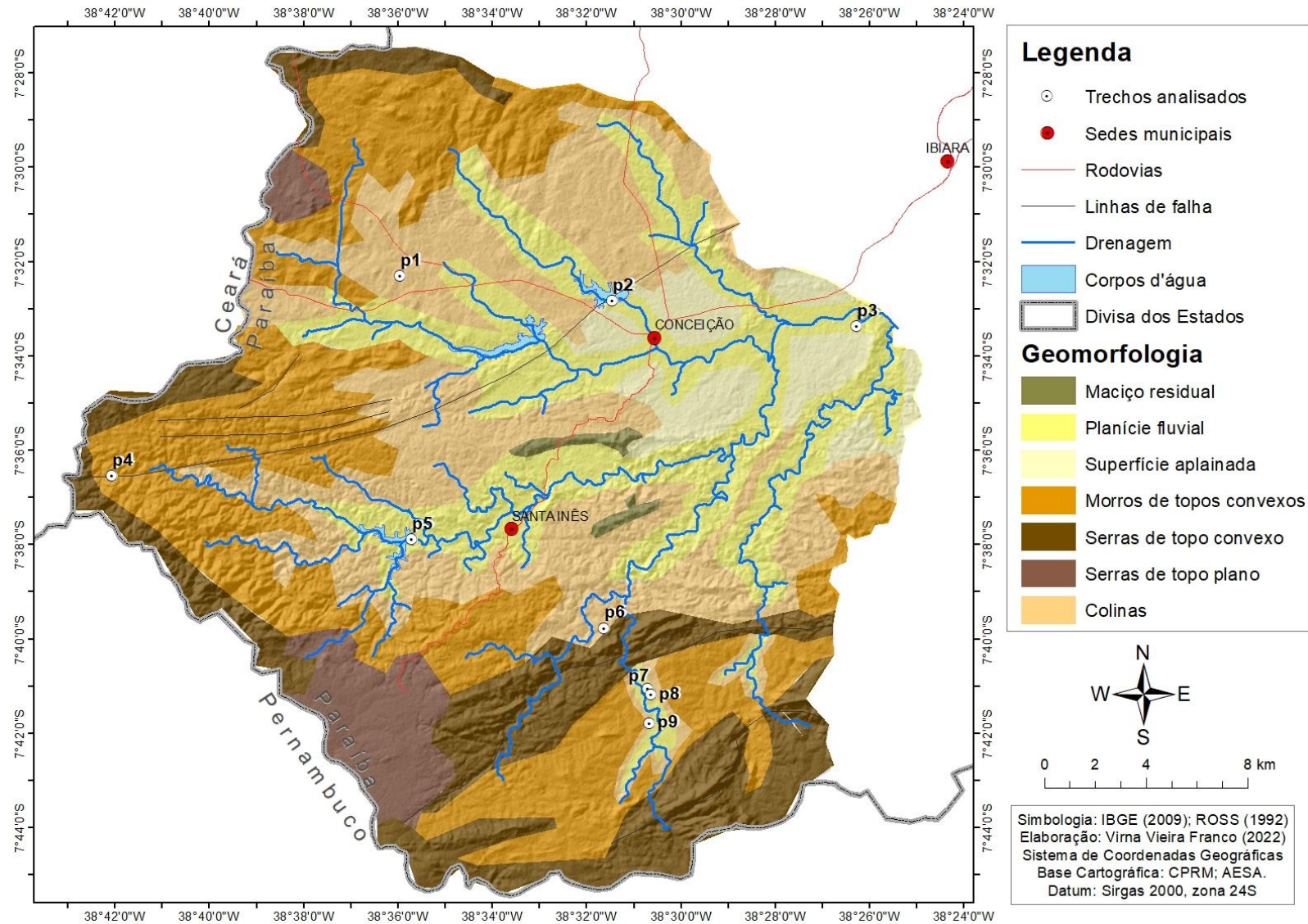
a Formação Santana dos Garrotes, cuja declividade, que varia de plana a ondulada, denota a ação de processos deposicionais estacionando parte dos solos do tipo neossolo litólico, de modo que a ação fluvial exerce a função de retrabalhar este material advindo das zonas mais elevadas.

Desta forma, devido a baixa declividade corroborar para a formação de horizontes pedológicos, os solos da área relativa à superfície aplainada, de caráter pouco coeso, são massivamente utilizados para práticas de agricultura, cujas águas do Rio Piancó são manuseadas de forma a assegurar a atividade humana. Para a compreensão dos limites entre a atuação das forças exógenas sob o material advindo das zonas elevadas, bem como o retrabalho do material pela ação fluvial, é preciso fomentar pesquisas em escalas de maior detalhe, além de considerar o grau de alteração que uso das terras atribui para o comportamento da natureza na área. Vale salientar que as planícies fluviais, que abrangem as drenagens do Alto Piancó estão dispostas nos mais diversos compartimentos da bacia, recortando os morros e serras de altitudes elevadas e declives acentuados até as superfícies aplainadas de baixa altitude e de declividade pouco expressiva no terreno.

Nos setores de topografia entre 400 e 500 metros, com declives que variam de ondulados a fortes ondulados, encontra-se predominantemente a forma de colinas, com a presença de maciços residuais (Figura 20). Os maciços residuais sobressaem na paisagem colinosa, cuja altitude se expressa entre 500 e 600 metros e a declividade se apresenta montanhosa e escarpada. A presença dos maciços residuais ocorre no intervalo entre rios, de modo que evidencia resquícios, a partir da resistência ao desgaste da erosão, da cadeia dos morros de topos convexos, o que demonstra que houve rebaixamento do relevo neste setor configurando diferenciações no padrão das formas do terreno.

A forma de colinas abrange quase totalmente a Formação Santana dos Garrotes e uma porção da Suíte Intrusiva Itaporanga, de modo que a litologia exerce influência na morfologia do modelado que expressa-se predominantemente convexo. O P6, localizado na transição das serras de topo convexo para as colinas, apresenta características de sopé de vertentes, de modo que a Figura 41A evidencia deposição do material detrítico advindo das áreas serranas, cuja capacidade de transporte das colinas não apresenta competência suficiente para deslocar o material para outras regiões da bacia.

Figura 20 - Formas do relevo no alto curso do Rio Piancó.



Os morros de topos convexos apresentam topografia entre 500 e 600 metros, e declividade varia de trechos com inclinação de suave ondulado a ondulado como o caso da porção sudeste, a segmentos que apresentam inclinação de forte ondulada a montanhosa como as direções norte e oeste (Figura 20). A discrepância da declividade entre os compartimentos da bacia se deve pela influência da litologia, de maneira que no sudeste se manifesta a Suíte Intrusiva Conceição, enquanto uma área que se diferencia do entorno por mostrar-se aplainada e apresentar a formação dos solos do tipo Argissolo Vermelho, o que retrata maior atuação das forças do intemperismo e, por conseguinte, dos processos erosivos. Estes fatores estão relacionados à atuação do domínio da Zona Transversal associada aos processos ativos de pedimentação do relevo, de modo que expressam influência considerável sobre a declividade local da Suíte Intrusiva Conceição na porção sul.

Os morros convexos a oeste e norte da bacia, apresentam litologias, respectivamente, da Formação Santana dos Garrotes e Suíte Intrusiva Itaporanga com a ocorrência de neossolos litólicos, cuja ação dos agentes exógenos sob o material destas rochas, diseca o relevo de modo a formar declives mais expressivos quando comparado ao relevo de colinas. As áreas dos morros de topos convexos, em decorrência da dinâmica natural advinda dos modelados de dissecação, são atingidas de maneira mais intensa pela ação das águas superficiais, impulsionadas pelos regimes pluviais da área, de modo que a precipitação ocorre de modo concentrado predominantemente no período chuvoso. Além disso, estas áreas são fundamentais para a produção de energia e matéria a serem elaboradas pela atuação dos sistemas fluviais.

É importante frisar que a pedologia predominante na área é do tipo neossolo litólico, que estão associados comumente a relevo movimentado que geralmente apresenta pedregosidade e tem como características gerais pouca profundidade nos horizontes, pequena capacidade de armazenamento de água e alta suscetibilidade à erosão (EMBRAPA, 2018). Em suma, diante das propriedades do neossolo litólico, principalmente pela friabilidade do material, este tipo de solo colabora com a ação do escoamento concentrado que, associado às condições do relevo, pode provocar o surgimento de sulcos, ravinas e voçorocas.

Quanto às unidades do relevo relacionadas aos patamares topográficos mais elevados, foram identificados dois padrões: as serras de topo plano e as serras de topo convexo. As serras de topo plano, sobretudo na porção sudoeste, encontram-se numa área de transição de litologias, de modo que a Litofácies Serra do Olho D'Água é considerada uma unidade contemporânea à Formação Santana dos Garrotes. No entanto, há a presença de seixos quartzitos que representam fragmentos do Complexo Riacho Gravatá, cuja idade está em torno de 1.070 ± 30 Ma,

representando a idade da sedimentação e do vulcanismo (CPRM, 2000). Estes fatores, denotados principalmente pela ocorrência de ciclos erosivos antigos na nesta porção, corroboram para o desenvolvimento de superfícies de aplainamento, ocasionando formas de relevo diferenciadas nas áreas serranas do Alto Piancó.

Esta dinâmica geológica-geomorfológica pode estar associada à presença de uma zona topográfica de rugosidade diferenciada na porção sul da bacia, como o caso dos morros convexos situados sob a litologia da Suíte Intrusiva Conceição. Na Figura 20, é possível perceber que os morros de topos convexos ao sul apresentam uma porção mais rebaixada, cujo entorno evidencia relevos serranos de topos convexos e de topo plano. Além disso, apresentam solos do tipo argissolo vermelho, o que configura intensa atividade dos processos de intemperismo, sobretudo, o físico e o químico. As características pedológicas apresentam baixa permeabilidade vertical, de modo que a acumulação de argila favorece o escoamento lateral e a atividade erosiva (PEREIRA *et al.*, 2019). Em razão desses fatores, a retirada da vegetação e a remobilização dos solos, por exemplo, podem desencadear o aparecimento de processos erosivos superficiais e subsuperficiais de maneira desordenada e acelerada, de forma a corroborar para a ocorrência de processos generativos da natureza.

Dessa maneira, as serras de topo plano encontram-se em altitudes que variam de 600 a 700 metros, cujos declives manifestam-se sobretudo de plano a suave ondulado. As serras de topos convexos apresentam topografia de 600 a 895 metros e a inclinação do relevo expressa-se montanhosa e em grande parte escarpada. Ambas estão nos compartimentos topográficos mais elevados, que geralmente estão associadas às áreas de interflúvio e em que a geologia tem forte controle estrutural sobre a forma do relevo (Figura 20).

As serras de topo plano evidenciam solos do tipo neossolo litólico, de modo que, apesar de apresentarem textura predominantemente arenosa, o que configura baixa retenção de umidade, as características do relevo de morfologia plana, favorecem a permanência da umidade na área por mais tempo. Além disso, neste setor o uso das terras ocorre de maneira pouco acentuada em relação a bacia como um todo, cuja vegetação se manifesta densa corroborando, consequentemente, para a conservação da umidade no período seco. Em caso de desmatamento intensivo na área, este tipo de solo, associado às características do relevo, podem promover a lixiviação do solo, bem como o ressecamento deste, e a atuação dos processos erosivos, sobretudo, de caráter laminar.

Com relação às serras de topo convexo, estas são afetadas pelos arqueamentos que atuaram sobre o Planalto da Borborema de forma que são controladas pelo domínio da Zona

Transversal do lineamento Pernambuco-Paraíba (CORRÊA *et al.*, 2010). Nestas áreas, os topos das serras apresentam modelados em forma de picos e cristas aguçadas caracterizadas em patamares elevados de dissecação. Também foi possível identificar a influência do controle estrutural sobre a drenagem, a qual está adaptada às falhas, de forma que estão dispostas em vales encaixados (Figura 21).

Figura 21 - Drenagem encaixada nas serras de topos convexos do Alto Piancó.



Fonte: Autora, outubro 2022.

A Figura 21 mostra a dissecação fluvial em vale confinado, entalhada por evidente controle estrutural nas serras de topo convexo da porção centro-sul da bacia. O ajuste da drenagem promove a erosão diferenciada, cujo fluxo da água entalha a rocha e constrói uma passagem estreita causada pelo aprofundamento do talwegue, gerando uma feição no canal similar a dos rios em garganta. Também é possível observar a foliação da rocha causada por abrasão através do fluxo hídrico carregado de sedimentos, cujo atrito entre os sedimentos e a rocha, provoca polimento e o consequente arredondamento da superfície do material.

Diante da distribuição do padrão das formas do relevo no Alto Piancó, e por estar inserida em uma região montante de rio, é importante colocar que os morros e serras, de maiores altitudes e declives mais acentuados, atuam no intento de produzir energia e matéria a serem deslocadas à jusante e aos setores topográficos mais baixos. Desta forma, enfatiza-se que para a manutenção da qualidade ambiental dos rios semiáridos, é relevante integrar os diversos fatores que interagem com o comportamento da dinâmica fluvial, bem como: o relevo e as formas, a presença de controle estrutural, tipos de rocha e de solo, cobertura vegetal, uso do solo, entre outros. Nesse contexto, a preservação da relação harmônica entre os sistemas ambientais é vital para atenuar o escoamento total desordenado e construir uma gestão ambiental de maneira que promova a recuperação de áreas degradadas e a preservação dos ecossistemas.

Levando em conta que a fragilidade dos ambientes naturais face às intervenções humanas, de acordo com Ross (1992), é maior ou menor em função das características genéticas, as etapas metodológicas executadas na pesquisa constataram que as áreas com maior ocorrência de processos erosivos, evidenciam parâmetros de declividade ondulada, forte ondulada e montanhosa, associado, sobretudo, às práticas de desmatamento. Assim, a retirada da vegetação e a remobilização dos solos, em conjunto às características pedológicas e do relevo, propiciaram a ação do escoamento linear superficial e subsuperficial principalmente nas áreas de colinas e morros de topos convexos.

Não obstante, para os trechos de menor declividade, como a superfície aplainada e as planícies fluviais, também foram encontrados processos erosivos superficiais, principalmente os de comportamento laminar, visto que a condição do relevo dificulta a formação de feições lineares, mas favorece o uso das terras que, conseqüentemente, imprime na paisagem maior ocorrência de desmatamento para estes setores.

5.3 O DESMATAMENTO NO ALTO CURSO DO RIO PIANCÓ

A fim de compreender o desenvolvimento dos processos degradacionais do meio ambiente, foi traçada a contextualização acerca da ocupação e uso das terras no Alto Piancó, bem como a análise espacial da vegetação a partir da aplicação do índice de vegetação SAVI, entre 1990 e 2020. O intuito é avaliar a relação entre as práticas de usos da terra e a supressão da

vegetação nos períodos seco e chuvoso, sobretudo pela ação do desmatamento, no alto curso da bacia do Rio Piancó.

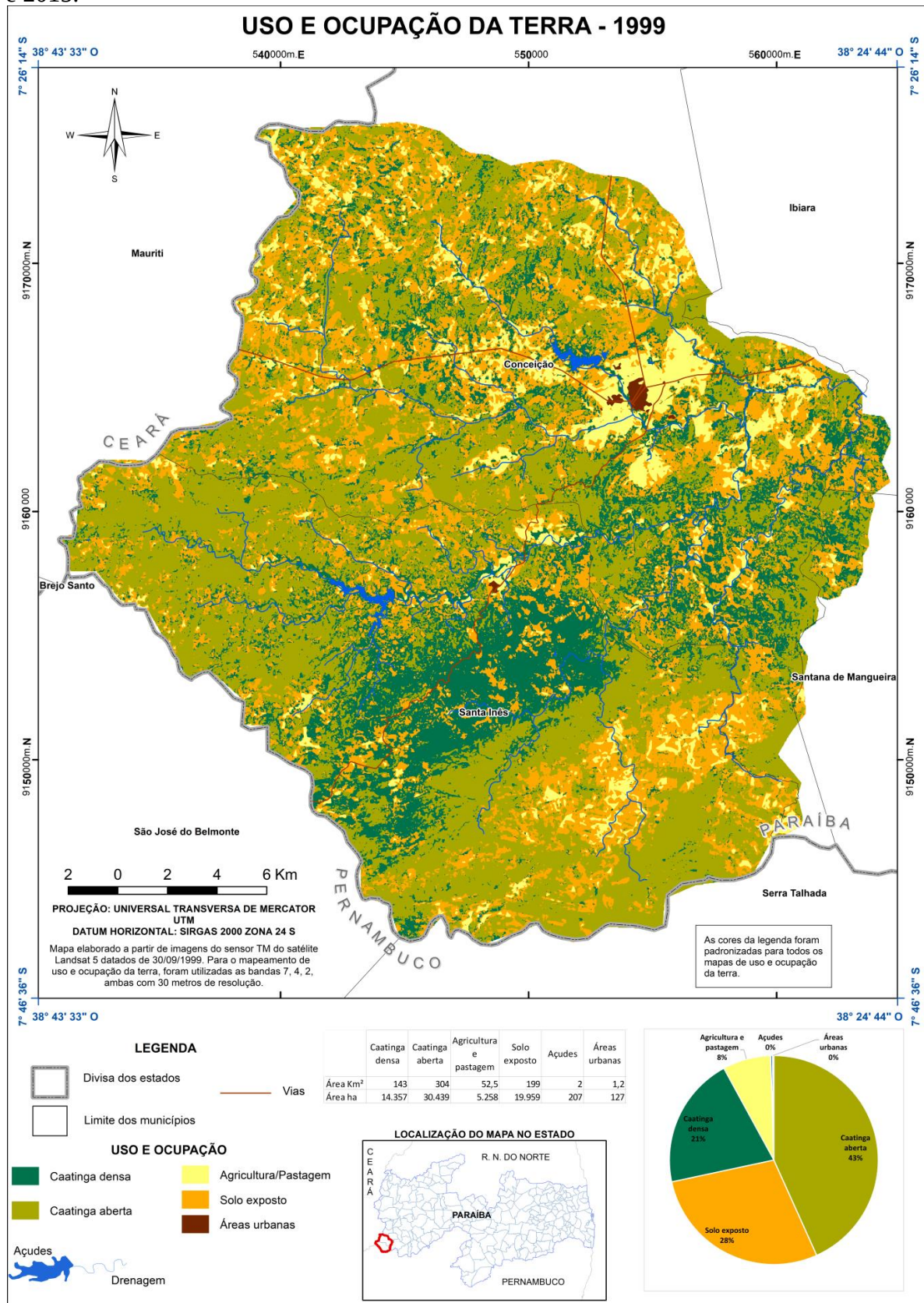
5.3.1 Contextualização sobre a ocupação e uso das terras no alto curso do Rio Piancó

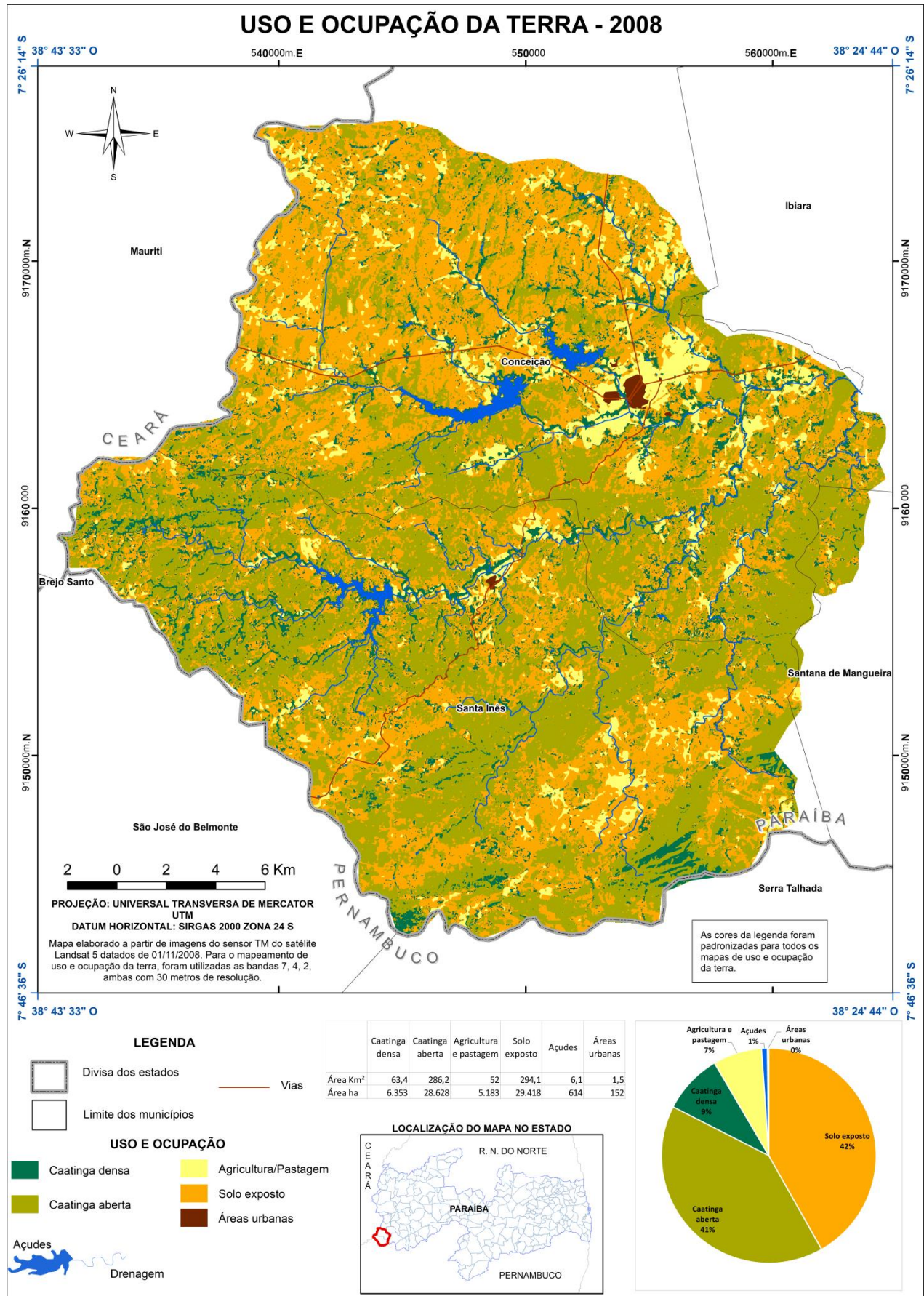
O debate acerca do breve histórico da ocupação das terras no Alto Piancó, associado aos aspectos da localização geográfica, constataram que a região apresenta projetos, desde o século XVIII, especialmente no que diz respeito à abertura de estradas e caminhos, a fim de proporcionar a conexão e comercialização de produtos entre os Estados Nordesteiros. Este processo de abertura de caminhos no interior do Estado da Paraíba fomentou a ocupação das terras no Alto Piancó, cuja apropriação do território se manifestou de maneira acentuada no final do século XX e início do século XXI, com a expansão da urbanização a partir da institucionalização dos municípios da área e a incorporação de políticas públicas de acesso à água e convivência com a seca no semiárido paraibano (MORAES, 2013; LIMA *et al.*, 2016).

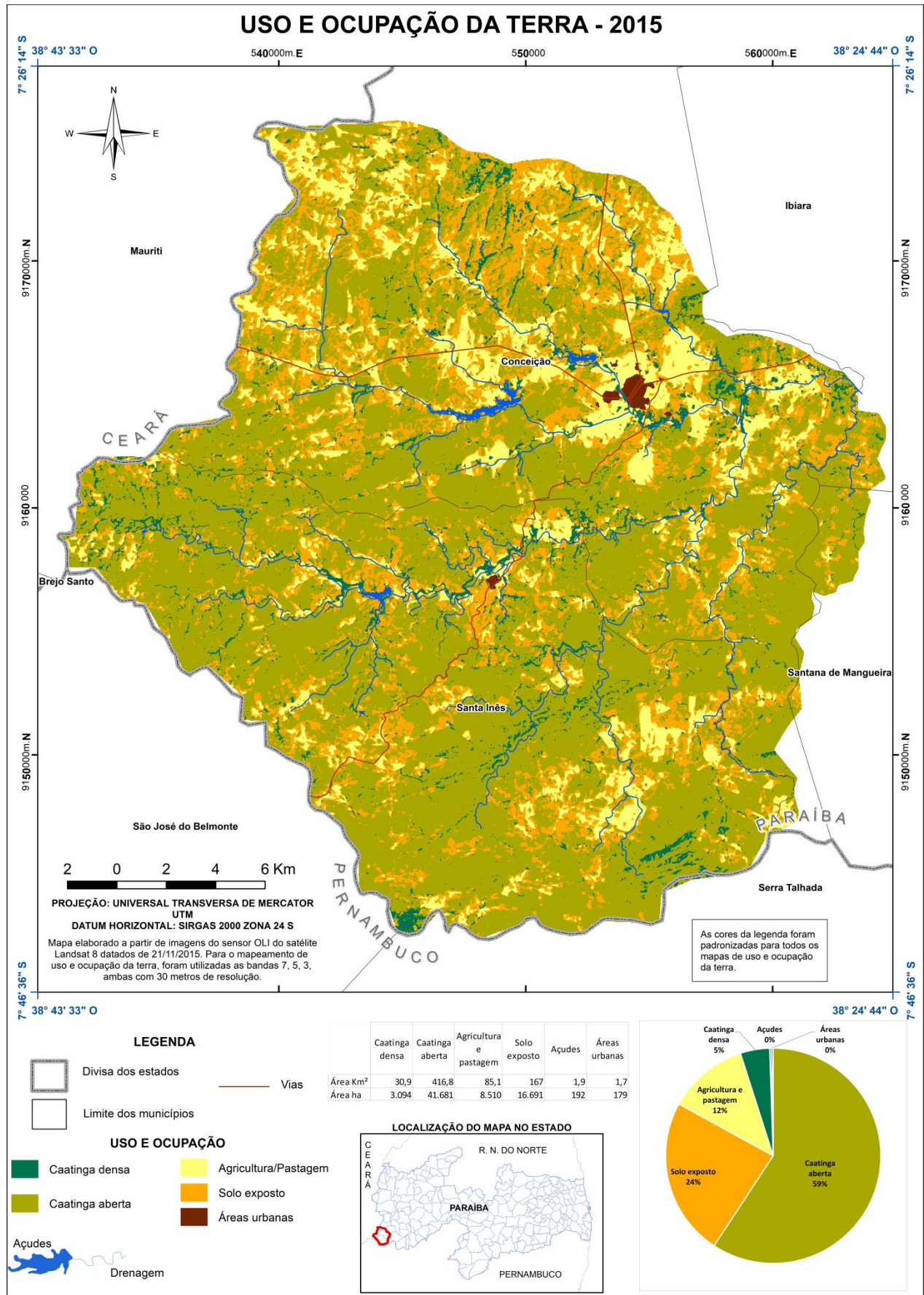
Nesse cenário, a Figura 22 apresenta a paisagem do uso e da ocupação das terras no Alto Piancó em período seco, para os anos de 1999, 2008 e 2015. Em 1999, a bacia apresenta a vegetação densa predominantemente na porção sudoeste da bacia, cuja recorrência do aparecimento deste extrato vegetal não acontece com evidência em cenários posteriores. A coleta das imagens de satélite para este ano advém do mês de setembro, visto que, no planejamento da produção agrícola, esta é a fase de descanso da terra, cuja preparação do terreno para o plantio ocorre por volta dos meses de outubro, novembro e dezembro, os quais antecedem a chegada das chuvas no sertão paraibano.

Também é possível identificar a presença da caatinga densa em pequenas manchas nas proximidades dos cursos fluviais a oeste; e à norte, geralmente, mais distantes dos cursos fluviais. Nas adjacências dos cursos d'água ao norte são encontradas, sobretudo, as categorias de solo exposto e agricultura e pastagem. Ao sul da bacia não há ocorrência expressiva de vegetação densa, em contrapartida, há forte presença da agricultura e pastagem, solo exposto e caatinga aberta.

Figura 22 - Ocupação e uso das terras no alto curso do Rio Piancó em período seco para os anos: 1999, 2008 e 2015.







Ainda para o período seco de 1999 no trecho centro-sudoeste, onde há presença concentrada da caatinga densa, verifica-se que esta está disposta nos compartimentos das serras de topo plano, morros de topos convexos e colinas. No compartimento de relevo mais elevado, referente às serras de topo plano, a declividade se mostra amena, variando entre plana e suave ondulada. Nos setores de morros convexos e colinas, embora em menor altitude quando comparada às áreas de serras, os declives se apresentam moderados, dispondo-se entre suave ondulado, ondulado e forte ondulado. Dessa forma, considerando as características do relevo, associadas à baixa incidência da urbanização e da atuação das práticas agrícolas, observa-se que este trecho apresentava maior permanência da umidade no período de estiagem e, conseqüentemente, competência na proteção contra os agentes que promovem processos degradacionais dos solos.

Com o crescimento da urbanização e a expansão das zonas rurais no início do século XXI, a Figura 22 mostra que no período seco de 2008 ocorreu ampliação das áreas de solo exposto em detrimento da supressão da caatinga densa e caatinga aberta na bacia como um todo. Tomando-se como exemplo o trecho centro-sudoeste, além do crescimento das áreas do solo exposto, identifica-se um aumento das manchas de agricultura e pastagem, bem como a presença da caatinga aberta. Neste trecho, a caatinga densa sobressai somente no topo das serras convexas, principalmente nas zonas de falhas e fraturas, provenientes do lineamento Pernambuco-Paraíba.

Em 2008, na porção norte a cor laranja, que representa a categoria de solo exposto, ocupa quase totalmente este setor da bacia, bem como as áreas de morros convexos localizadas ao sul (Figura 22). Considerando que a coleta da imagem para o período seco em 2008 foi realizada no mês de novembro, ou seja, na fase de preparação do solo para o plantio, é possível visualizar as áreas de atuação humana ligada ao desmatamento para as práticas de uso da terra. Além disso, nos períodos de estiagem, em decorrência dos efeitos da seca sobre as atividades socioeconômicas, a população recorre em demasia à retirada da madeira como forma de sobrevivência e fonte de renda para diversos fins (TRAVASSOS *et al.*, 2008).

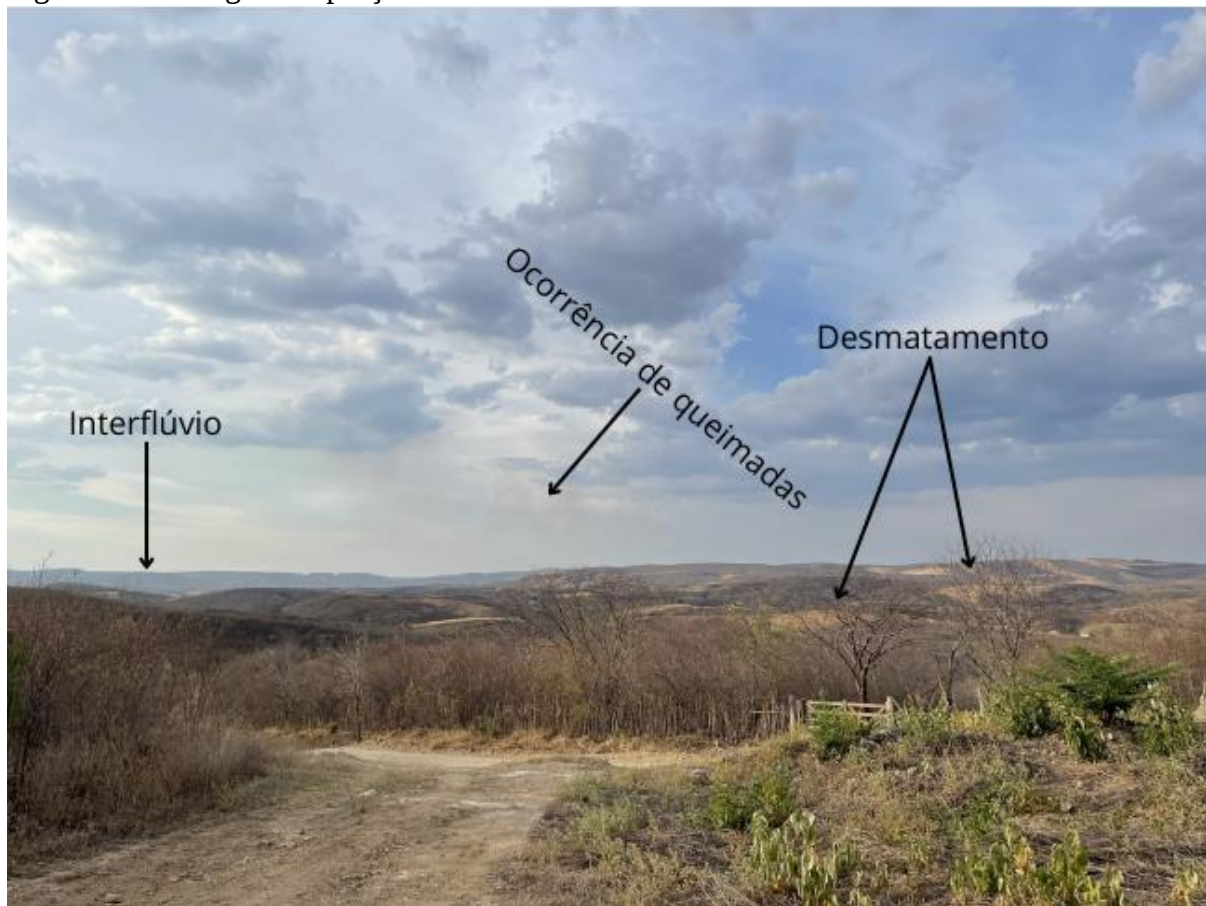
Em suma, conforme o panorama geral da bacia para o período seco em 2008, foi verificado acréscimo, sobretudo, das áreas de solo exposto, que ocupava 28% da área da bacia em 1999 e passou a abranger 42% da área em 2008. Estes fatores estão relacionados à diminuição da vegetação densa, cujo histórico de recobrimento da caatinga densa na bacia para o período de estiagem representa: 21% da área em 1999; 9% da área em 2008; e, 5% da área em 2015 (Figura 22).

Com relação ao período seco de 2015, observa-se que parte das áreas de solo exposto, apresentadas no cenário de 2008, foram convertidas em vegetação aberta e agricultura e pastagem (Figura 22). Quando se analisa a ocupação destas categorias na área, têm-se a seguinte distribuição de um ano para o outro: o solo exposto passou a ocupar de 42% da área da bacia em 2008 para 24% em 2015; a caatinga aberta ocupava 41% da área da bacia em 2008 e passou a abranger 59% da área em 2015; e, a agricultura e pastagem abarcava 7% da área da bacia em 2008 e passou a englobar 12% da área em 2015. Além disso, a vegetação densa para ambos os cenários (2008 e 2015) é evidenciada apenas em relevos de compartimentos mais elevados e em áreas de declive montanhoso e escarpado, cujos fatores dificultam a ocupação humana e o uso dos solos.

Nesse sentido, percebe-se um crescimento e dispersão das práticas de usos da terra no alto curso do Rio Piancó, bem como a visualização, sobretudo em anos mais recentes, dos processos naturais de recuperação das áreas desmatadas, visto a presença de espécies pioneiras nos trechos referentes à caatinga aberta. Este tipo de vegetação evidencia um papel fundamental na recuperação de áreas degradadas, pois são as primeiras espécies a se desenvolverem de forma a preparar o ambiente para o desenvolvimento de espécies secundárias, assegurando, portanto, o desenvolvimento do ecossistema (MEDEIROS, 2019).

De modo geral, os trechos em que há a incidência da ocupação humana e usos da terra estão associados à ocorrência de solo exposto, principalmente, para os setores norte e sul da bacia. Sobre esta questão, um fator relevante a ser mencionado é a construção do açude do Condado em 2000, no município de Conceição, cujo objetivo, além do abastecimento humano, é o de servir como suporte para a expansão das zonas urbanas e rurais, bem como das práticas agropecuárias nos municípios inseridos no Alto Piancó (ANA, 2017). Em síntese, a partir da visualização da Figura 22, verifica-se que a redução do solo exposto ocorreu, sobretudo, em detrimento da ampliação sobre a concentração da agropecuária nestes trechos. Considerando esse contexto, a Figura 23 apresenta a paisagem da porção norte da bacia do alto curso do Rio Piancó.

Figura 23 - Paisagem da porção norte no alto curso do Rio Piancó.



Fonte: Autora, outubro de 2022.

Com base na exposição da Figura 23, relacionando-a às discussões acerca dos aspectos naturais da bacia, o trecho norte sofre influência das litologias do Complexo Piancó, da Suíte Intrusiva Itaporanga e da Suíte Intrusiva Conceição, o que evidencia para o material geológico desta área, elevado grau de metamorfismo das rochas que apresentam, por exemplo, características de foliação. Estes atributos auxiliam o processo de intemperização das rochas e formação dos solos, fator que propicia o uso das terras para a plantação agrícola e, consequentemente, a ocupação destas áreas na expansão da urbanização e das áreas rurais. A classificação dos solos para a porção norte, na escala cartográfica disponível atualmente, é de neossolos litólicos, cujas principais características baseiam-se em solos pouco evoluídos e com horizonte B pouco definido. Todavia, como pode ser verificado na Figura 22 sobre os contextos de ocupação e uso das terras no período seco, as características naturais do trecho norte do Alto Piancó não apresentam obstáculos para a intensificação do uso das terras.

Uma vez que a retirada da vegetação torna-se mais acentuada no período seco, funcionando como alternativa às práticas socioeconômicas e à sobrevivência dos habitantes, isto

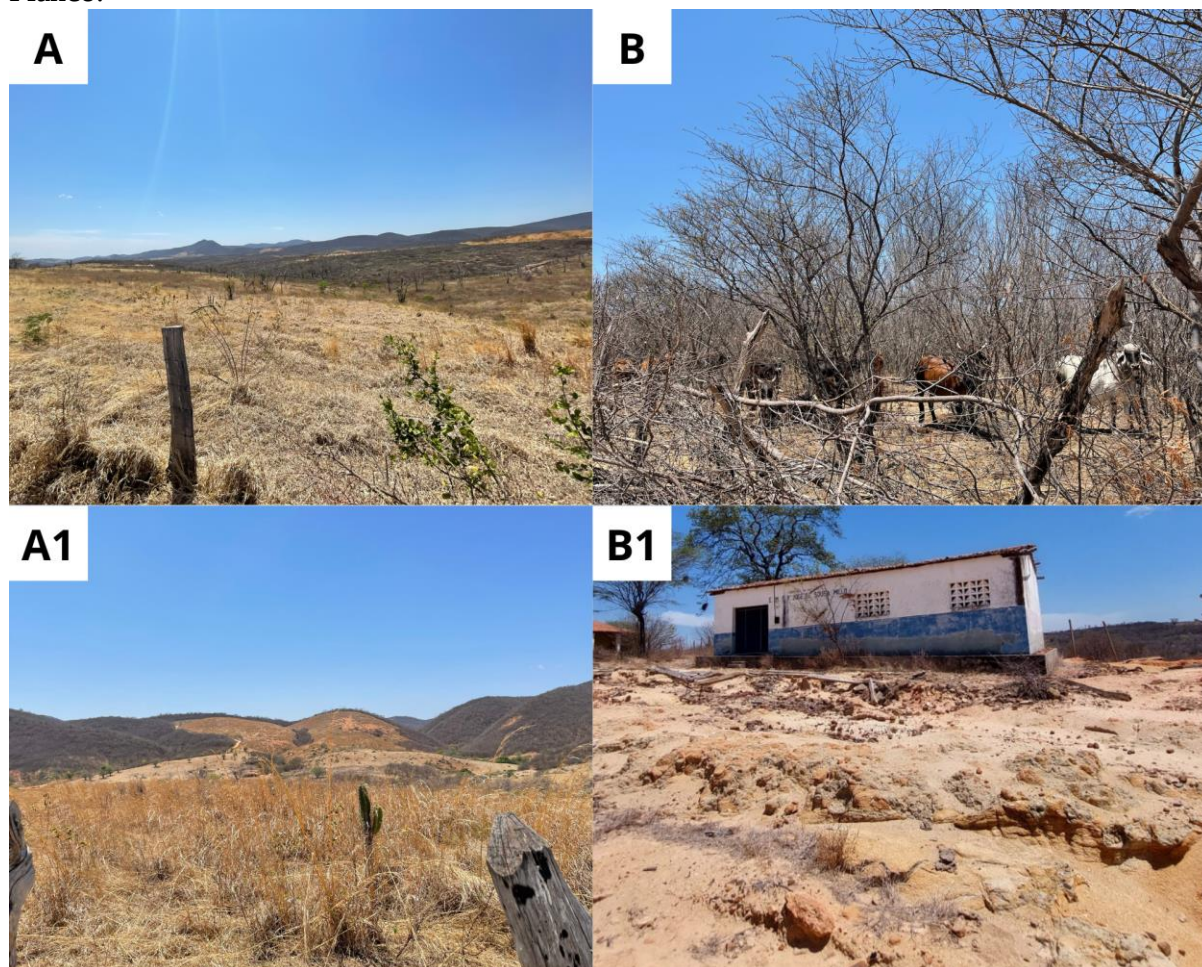
reflete não só as manobras praticadas pela população para a convivência com a seca, mas, acima de tudo, a carência, principalmente nas comunidades mais vulneráveis, de suporte para a realização de estratégias mais sustentáveis sobre o consumo dos recursos naturais no Alto Piancó.

Com relação à paisagem da porção sul, referente ao setor de morros convexos, foi constatado que as práticas de desmatamento para o uso das terras ocorrem desde o cenário mais antigo, na temporalidade de análise do presente estudo (ver Figura 22 e Figura 25). Este trecho perpassa litologias entre a Unidade Riacho Gravatá, as Litofácies Serra do Olho D'água e a Suíte Intrusiva Conceição, cuja última também está presente na porção norte da bacia. O trecho que abrange a Suíte Intrusiva Conceição, demarcada enquanto a área que expressa uso das terras de forma mais intensa, expressa solos do tipo Argissolo Vermelho, que tem como característica diferencial um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B (EMBRAPA, 2018). Dessa maneira, em virtude de os solos neste setor se apresentarem mais evoluídos, o uso das terras é favorecido, o que ratifica a recorrência das atividades humanas na região desde o cenário mais antigo.

Quanto à paisagem da porção sul, de modo geral a Figura 24A evidencia que as porções de terras que apresentam declividades moderadas, sofrem interferência das atividades humanas na região, especialmente no setor relativo aos morros de topos convexos, cujos declives expressam-se em ondulados e forte ondulados. Em contrapartida, as áreas de inclinações mais acentuadas e compartimentos mais elevados, como as serras de topos convexos ao fundo da Figura 24A, funcionam como divisores de águas e mantêm a vegetação protegida das ações do desmatamento.

A fim de apresentar esta área em maior detalhe, a partir das pesquisas de campo e do diálogo com agricultores locais, foi possível constatar que, atualmente, alguns trechos da porção sul da bacia funcionam como área rural destinada predominantemente para o uso das terras na agricultura/pastagem e criação de animais (Figura 24,A1 e B).

Figura 24 - Paisagem da porção sul, referente ao setor de morros convexos, no alto curso do Rio Piancó.



Fonte: Autora, outubro de 2022.

Em suma, foi identificada a presença de processos erosivos lineares e laminares, com pouca ou nenhuma vegetação, além de vestígios do abandono das terras em alguns trechos da área, que pode ser revelada pela situação de casas e escolas desabitadas apresentadas na Figura 24B1.

Portanto, levando em conta a ampliação das práticas socioeconômicas nos municípios de Santa Inês e Conceição, relacionadas, sobretudo, com o desmatamento nos meses secos antecedentes do período chuvoso, constata-se que houve um aumento significativo da ocupação das terras para o uso das atividades agropecuárias. Além disso, observa-se um decréscimo desmedido da vegetação densa de 1990 para os dias atuais, cujas áreas de ocorrência desta categoria encontram-se refugiadas nas zonas de relevo com declives acentuados e de difícil acesso.

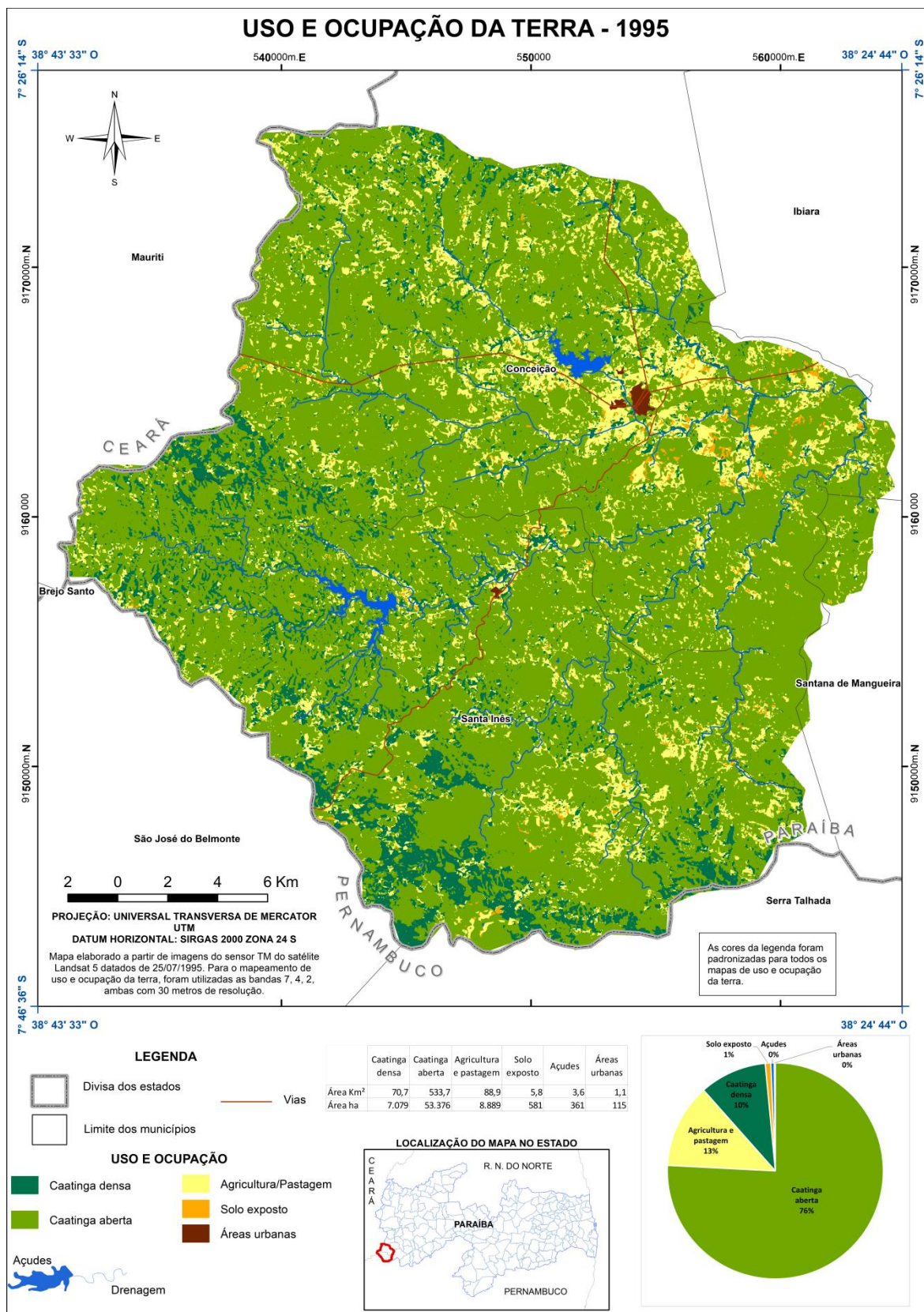
Diante da dinâmica de intermitência do semiárido, também foi avaliado o comportamento da ocupação e uso das terras do Alto Piancó no período chuvoso, de modo que

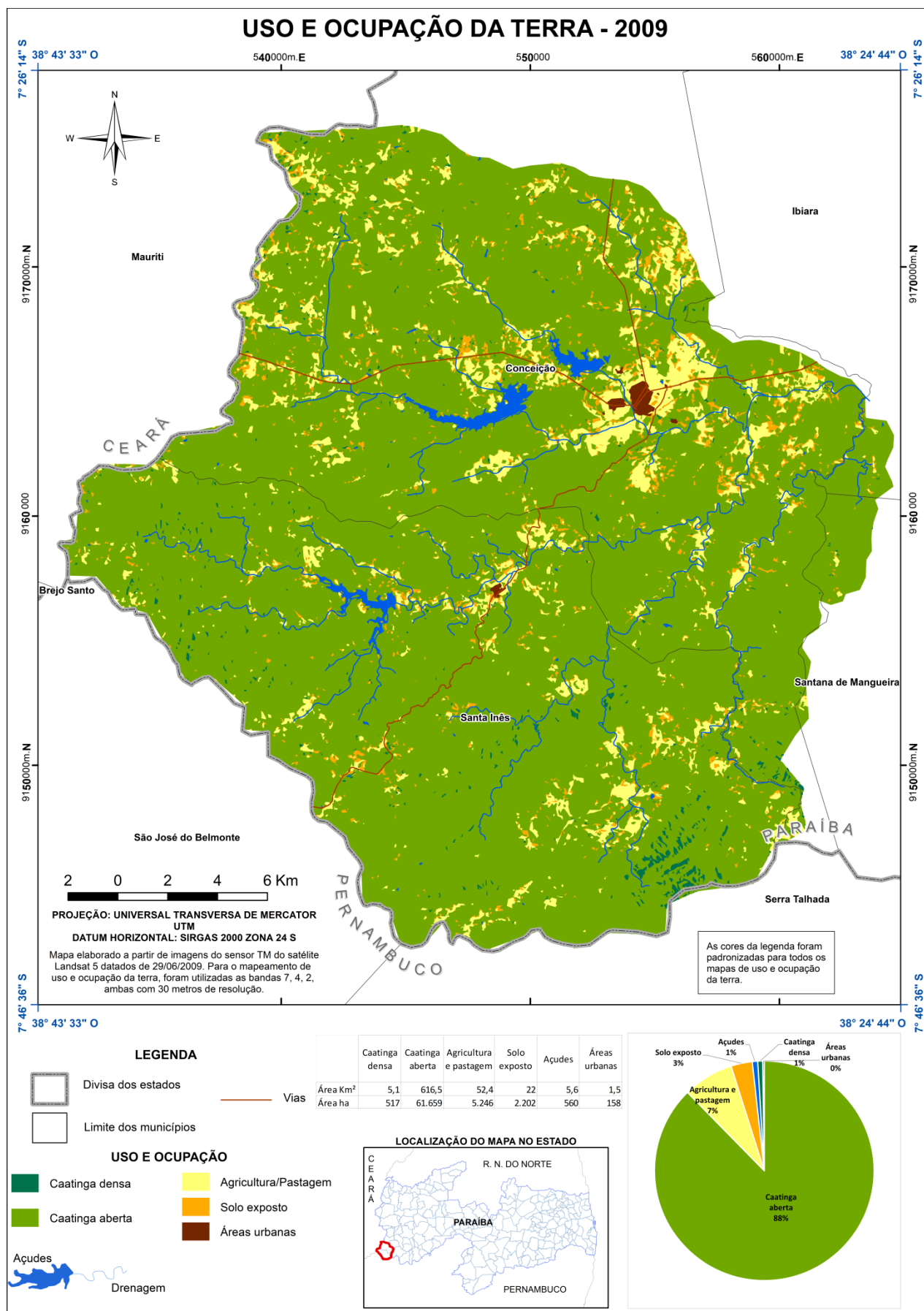
foram estabelecidos três cenários referentes aos anos: 1995, 2009 e 2020 (Figura 25). De maneira geral, em 1995 se observa a predominância da vegetação aberta, a qual ocupa 76% da área bacia, seguida da agricultura e pastagem abarcando 13% da área, e, finalmente, a ocorrência de caatinga densa abrangendo 10% da área total da bacia. Percebe-se que a categoria de caatinga densa se manifesta, predominantemente, nas zonas mais distantes dos núcleos urbanos e em patamares topográficos mais elevados.

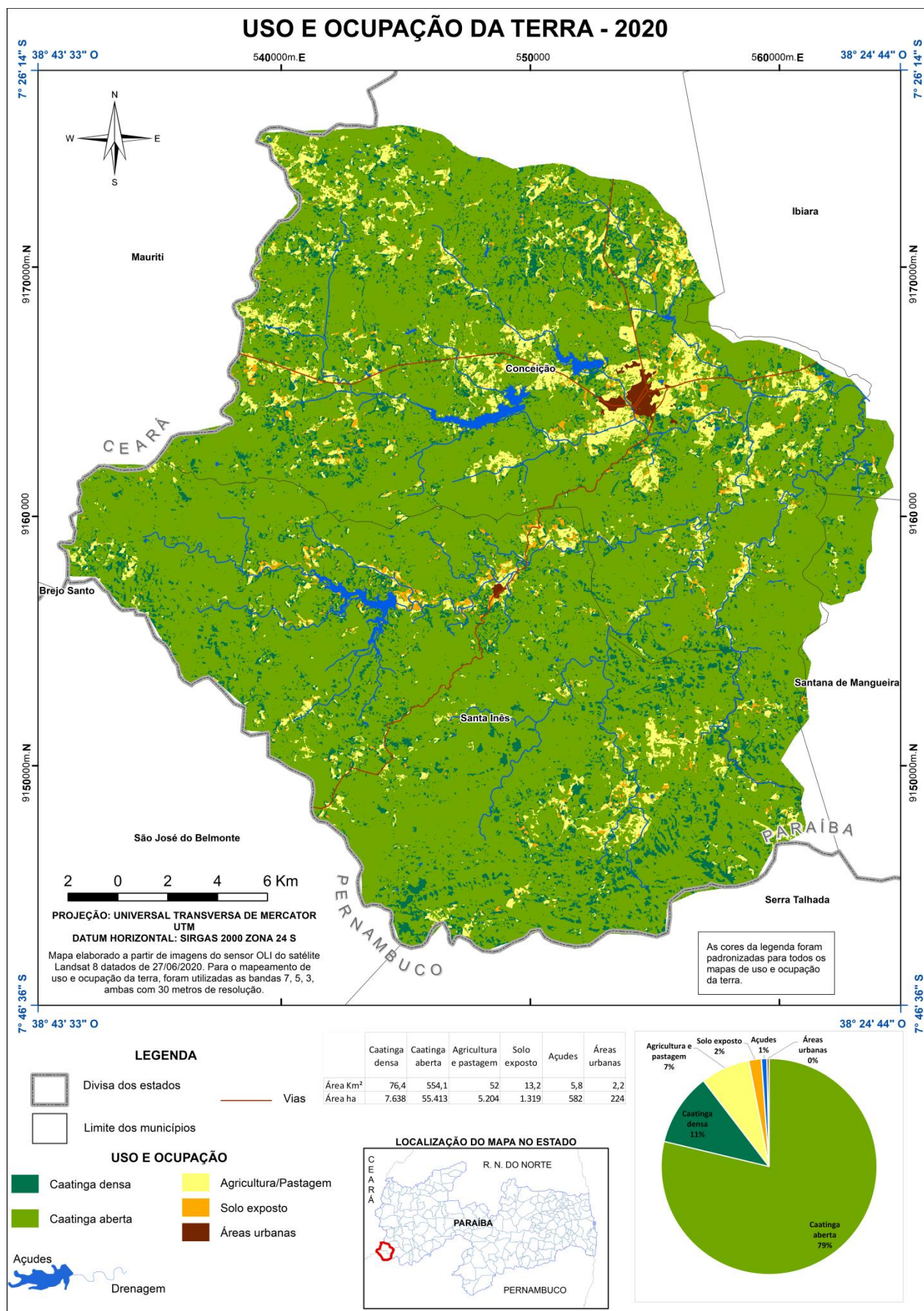
Uma vez que a coleta das imagens para o ano de 1995 é relativa ao mês de julho, ou seja, compõe os meses posteriores ao período chuvoso, torna-se possível observar as áreas que apresentam maior permanência da umidade, constituindo portanto a vegetação densa (Figura 25). Dessa maneira, a presença da vegetação densa a noroeste e sudoeste, por exemplo, pode estar relacionada, sobretudo, à baixa densidade demográfica e, consequente, contenção das práticas de uso das terras nestes trechos. Ambos os setores estão localizados em topografias elevadas, contudo, a noroeste o relevo se expressa acidentado, configurando as serras de topos convexos, e a sudoeste há forte influência estrutural das serras de topo plano e das serras de topo convexo derivadas dos arqueamentos do lineamento Pernambuco-Paraíba.

Com relação ao período chuvoso de 2009 (Figura 25), observa-se que houve uma expansão das áreas de caatinga aberta, em relação a 1995, que passaram a ocupar, predominantemente, 88% da área da bacia, bem como um decréscimo expressivo da caatinga densa que passou a ocupar apenas 1% da área. Estes dados são reflexo das práticas de desmatamento que ocorreram de forma intensa no início do século XXI (TRAVASSOS *et al.*, 2008). No tocante à disposição da vegetação densa para o período de chuva em 2009, esta categoria ainda se expressava, mesmo que de maneira sucinta, resguardada em segmentos de terras nos topos escarpados das serras convexas. Dessa maneira, é possível reparar que tanto no período seco (Figura 22), quanto no chuvoso (Figura 25), a vegetação caatinga densa se refugiou de forma prevaiente nas zonas íngremes e de difícil acesso.

Figura 25 - Ocupação e uso das terras no alto curso do Rio Piancó em período chuvoso para os anos: 1995, 2009, 2020.







Outro fator relevante a ser considerado diz respeito ao gerenciamento da água no Alto Piancó, bem como sua relação com as atividades agropecuárias, visto o incentivo às políticas públicas de acesso à água com a construção do açude do Condado em 2000 e a implementação de Tecnologias Sociais Hídricas, no início do século XXI (ANA, 2017; LIMA *et al.*, 2016). A pesquisa de Rodrigues *et al.* (2009) realiza uma investigação sobre a influência das outorgas concedidas nos reservatórios a montante do sistema Coremas-Mãe D'água, de modo que ao longo do Rio Piancó estão dispostos 15 reservatórios. No caso dos açudes presentes no alto curso do Rio Piancó (açudes Santa Inês, Condado e Serra Vermelha I), o estudo constatou que a outorga para o reservatório Serra Vermelha I deve ser direcionada para atender as demandas de abastecimento, bem como o açude do Condado para fim de piscicultura. Não foram discutidas as outorgas referentes ao reservatório de Santa Inês.

Em vista disso, foi avaliado que o açude Serra Vermelha I nos meses de estiagem, em que ocorre queda considerável no armazenamento da água, atinge o volume morto, o que pode alterar a qualidade da água e impossibilitar o abastecimento. Além disso, com o retorno das chuvas, à medida que o reservatório recebe água e se recupera, o atendimento à demanda é novamente satisfeito. Assim, o açude Serra Vermelha I não se mostrou capaz de fornecer todas as outorgas a que estava destinado, de forma que pudesse assegurar um atendimento contínuo e garantir a segurança do reservatório. Estes fatores sobre a gestão hídrica a montante do Rio Piancó, discutidos em Rodrigues *et al.* (2009), implicam em perturbações no baixo curso, de modo que a pesquisa infere:

Concluiu-se, pois, que outorgas estão sendo concedidas, à montante do sistema Coremas Mãe D'água, além da capacidade dos reservatórios e o excesso de água liberado para atendimento a esses pedidos de outorga contribuem consideravelmente para a redução da vazão afluente ao sistema Coremas-Mãe D'Água comprometendo as outorgas concedidas no mesmo, assim como, a sua sustentabilidade hídrica. Portanto, maior atenção deve ser dada a parte montante do Sistema Coremas-Mãe D'Água e novos estudos realizados tanto em relação a novas outorgas como também as outorgas já concedidas.” (RODRIGUES *et al.*, p. 20, 2009)

Dessa maneira, a breve discussão acerca da gestão hídrica sobre os reservatórios do Alto Piancó, quando realizada sob ausência de diálogo com as comunidades locais, acarreta em uma acentuação, sem planejamento, das práticas de uso das terras, sobretudo, nas adjacências dos cursos e corpos hídricos. A intensificação do desmatamento para agricultura e pastagem no

entorno do açude Serra Vermelha I é discutida em jornais locais, de forma que são denunciadas as práticas de irrigação às margens do açude, corroborando para o assoreamento do mesmo (Figura 26).

Figura 26 - Reservatório Serra Vermelha I, no município de Conceição-PB.



Fonte: Jornal Online Hora do Vale. Disponível em: <<http://www.horadovale.com.br/2015/11/acude-que-abastece-cidade-de-conceicao.html>>

Acerca do contexto chuvoso em 2020, foi constatado um aumento das áreas de vegetação densa, distribuídas em pequenas manchas de cor verde escura, ocupando 11% da área da bacia, bem como a concentração da agricultura e pastagem e do solo exposto, predominantemente, no entorno dos cursos e corpos d'água da região (Figura 25). A dispersão das manchas da caatinga densa aponta o processo de recuperação das áreas desmatadas, bem como a representação do estágio de desenvolvimento da cobertura vegetal densa na reocupação das terras do Alto Piancó para os anos recentes. Vale salientar que a presença da vegetação densa garante maior competência na atenuação do efeito *splash* no solo e a permanência da umidade no ambiente destas áreas.

Seguindo esse contexto, os trechos que apresentaram maior recorrência da caatinga densa situam-se nas serras de topos convexos na porção oeste da bacia a montante do açude Santa Inês, e a sudoeste no setor referente às serras de topo plano. Além disso, em ambas as

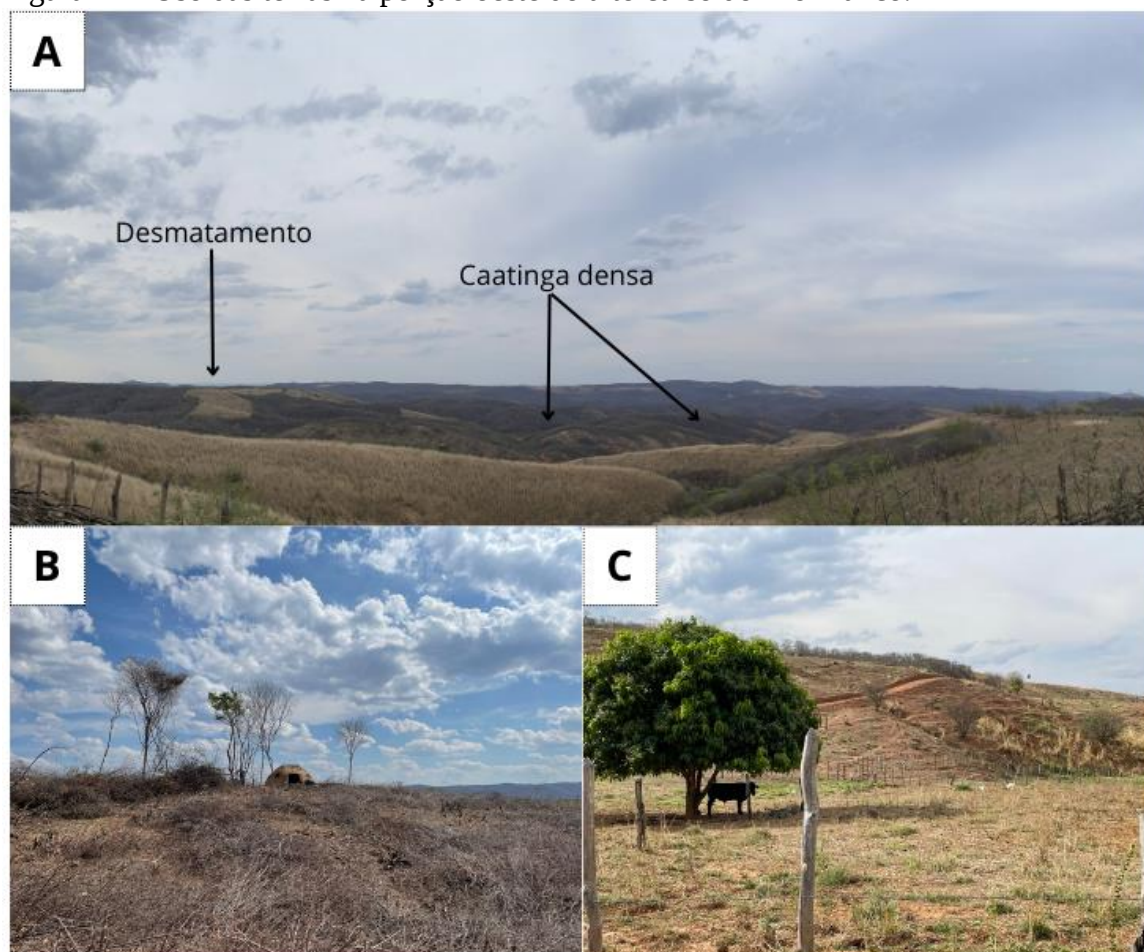
localidades, há a presença, em menor incidência quando comparada a outras direções da bacia, das práticas de desmatamento para fins de agricultura e pastagem.

No caso do trecho a oeste da bacia, além da presença das atividades agrícolas e criação de animais (Figura 27A,C), também ocorre a retirada da vegetação destinada à produção de carvão vegetal (Figura 27B). Quanto ao desmatamento para a exploração da madeira, a Pesquisa de Extração Vegetal e Silvicultura (IBGE, 2021) inseriu recentemente a produção de carvão vegetal para os municípios da área, de modo que, em 2021, foram produzidas 5 toneladas de carvão vegetal em Conceição-PB e 1 tonelada em Santa Inês-PB. Foi constatado, portanto, que as produções de carvão vegetal no Alto Piancó estão concentradas em zonas de caatinga densa, o que atribui à região novas formas de ocupação e usos dos recursos naturais, atualmente em processo de expansão para os setores mais preservados da bacia.

Neto (2016) após descrever as etapas realizadas para a produção do carvão vegetal, enfatiza alguns impactos ambientais gerados no semiárido, os quais envolvem: a retirada, sem nenhum tipo de controle, de espécies da vegetação nativa do bioma caatinga, ocasionando a perda da fauna e flora; a perda da camada fértil do solo pelo processo de queimada na limpeza da terra, abrindo espaço para o processo de desertificação; e, a falta de cobertura vegetal, deixando o solo livre para processos erosivos.

Quanto à presença das atividades agrícolas, ainda referente à direção oeste, notou-se que as áreas antigas de agricultura e exploração da madeira, que atualmente não apresentam boa capacidade produtiva, foram destinadas à criação de animais, como bovinos e caprinos (Figura 27C). O pisoteio dos animais nestas áreas, que já se apresentam fragilizadas pelo uso da agricultura, corrobora para a compactação do solo, o que dificulta a reocupação das espécies vegetais pioneiras, e o consequente desenvolvimento do ecossistema da área.

Figura 27 - Uso das terras na porção oeste do alto curso do Rio Piancó.



Fonte: Autora, outubro de 2022.

Em suma, é indispensável alertar que o uso das terras para a produção de carvão vegetal, enquanto ocupação recente no Alto Piancó, também necessita de um plano de manejo para a exploração da madeira, visto que a sua prática de forma desequilibrada pode acarretar no aumento de áreas degradadas no trecho oeste da bacia. Não obstante, o plano de manejo ambiental é relevante, pois permite traçar ações de recuperação e reutilização de áreas destinadas, principalmente, à agricultura. O uso da terra de maneira indiscriminada, pode gerar impactos ambientais que apresentam remotas possibilidades de recuperação das áreas degradadas, além de ocasionar o abandono das terras.

Com relação aos usos das terras na porção sudoeste referente às serras de topo plano, também há a ocorrência de manchas de desmatamento em meio à caatinga densa, como pode ser visualizado na Figura 28. Este lado da bacia apresenta condições naturais que auxiliam o desenvolvimento da vegetação e favorecem a saudabilidade e preservação da caatinga densa, especialmente nos períodos de estiagem. Assim, de modo geral, neste setor foi identificado o uso das terras direcionadas para a agricultura/pastagem e, sobretudo, a pecuária.

Figura 28 - Uso das terras na porção sudoeste, referente às serras de topo plano, no alto curso do Rio Piancó.



Fonte: Autora, outubro de 2022.

Em um contexto geral, a porção central da bacia do Alto Piancó também apresenta uso das terras em todos os cenários, de modo que houve uma concentração em torno dos cursos fluviais no início do século XXI (Figura 25). Este trecho retrata solos do tipo Luvissole Crômico, os quais variam de bem a imperfeitamente drenados (EMBRAPA, 2018), e advém do material litológico da Formação Santana dos Garrotes associado a trechos com presença da Suíte Intrusiva Conceição. Na porção central se encontram zonas de relevo mais ameno, cujos declives se apresentam predominantemente suave ondulado e ondulado, além de receber influência fluvial, o que favorece as práticas de uso das terras para a agropecuária.

Via de regra, foi constatado que o desmatamento no alto curso do Rio Piancó é atribuído principalmente a retirada da madeira destinada: para a construção de cercas, comércio (sobretudo no fornecimento de panificadoras locais), produção de lenha para consumo humano (fogão a lenha e festejos juninos), produção de carvão vegetal, criação de animais, agricultura, limpeza da terra, entre outros fins. Portanto, de maneira geral, as práticas sociais de uso dos solos

ocorrem predominantemente nas porções centro-norte e sudeste da bacia, cujas menores proporções de intervenção humana na área encontram-se nas direções noroeste e sudoeste.

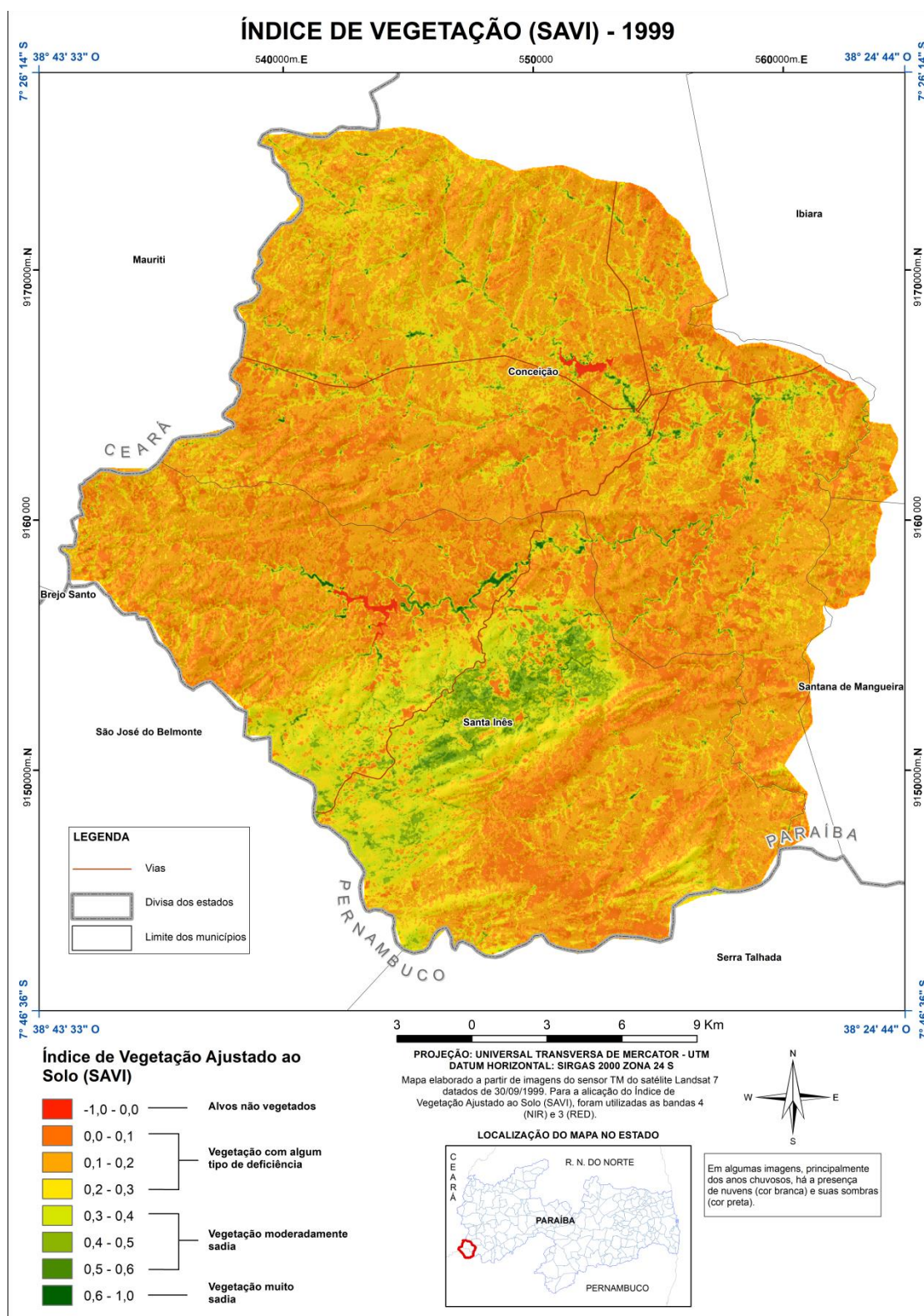
5.3.2 Avaliação espacial da vegetação na bacia do alto curso do Rio Piancó a partir da aplicação de índice de vegetação

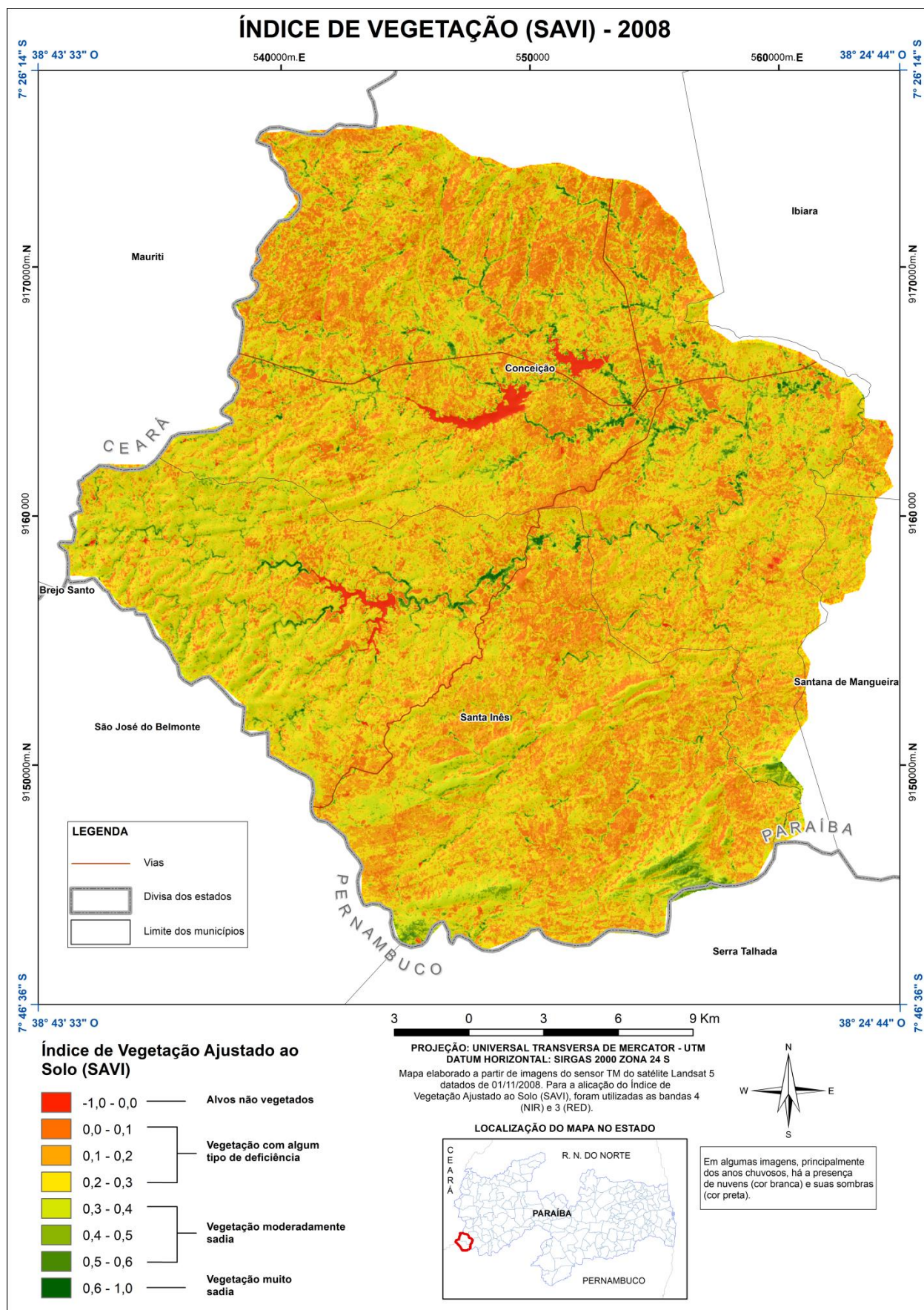
A vegetação do bioma caatinga se destaca pelo comportamento da cobertura vegetal, a qual perde sua folhagem no período de estiagem, tornando a aparecer no período chuvoso. É fundamental colocar que é de natureza própria da caatinga mudar da paisagem cinza do período seco para um verde exuberante na época chuvosa (SOUSA *et al.*, 2008). Portanto, considerando as características sazonais do semiárido paraibano, foram utilizadas aplicações em índice de vegetação SAVI (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo) a fim de avaliar o crescimento e vigor da vegetação sobre a dinâmica da paisagem vegetacional no ambiente da bacia do alto curso do Rio Piancó. Esta análise permite traçar indicadores e diagnósticos sobre os processos degenerativos da natureza na área (BANDEIRA; CRUZ, 2021).

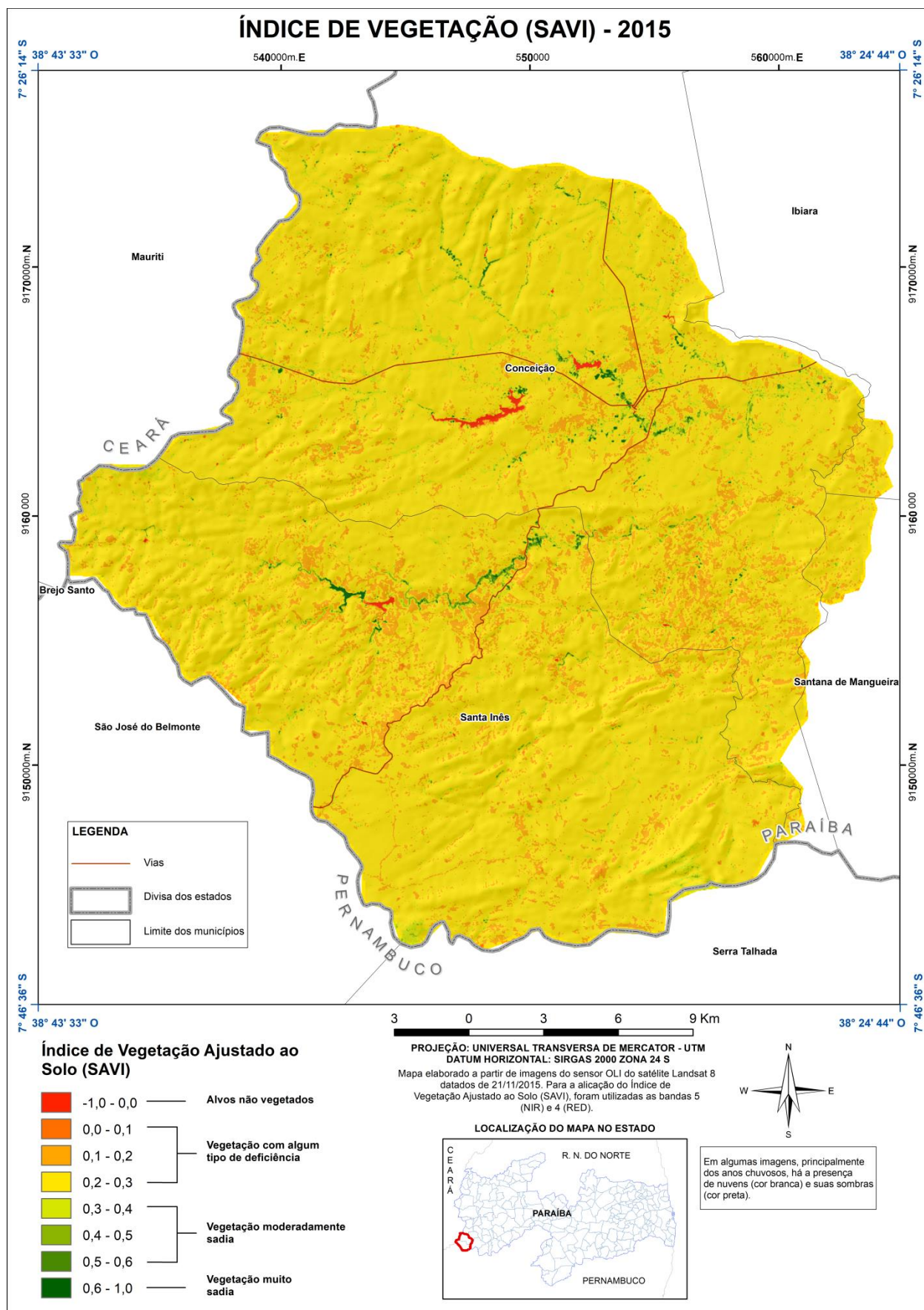
Dessa maneira, para avaliar a distribuição espacial da vegetação no Alto Piancó, tanto no período seco quanto no chuvoso, os cenários estabelecidos correspondem aos mesmos utilizados no mapeamento do uso e ocupação das terras. Assim, para a época de estiagem, os contextos seguem sendo os anos de: 1999, 2008 e 2015 (Figura 29). Em 1999, levando em conta que o mês de obtenção da imagem é referente à setembro, ou seja, um dos meses em que há pouca ou nenhuma chuva na região, identifica-se que a cobertura vegetal se apresenta deficiente e escassa na bacia como um todo.

No entanto, é possível notar que trechos a sudoeste referente às serras de topo plano e morros de topos convexos, e no extremo sul da bacia nas serras de topos convexos advindas do lineamento Pernambuco-Paraíba, a vegetação evidencia maior absorção da umidade e se apresenta razoavelmente vigorosa (Figura 29). Desta forma, analisando a distribuição das condições do relevo na porção sul-sudoeste, tendo em conta que o uso e ocupação das terras neste setor se manifestava mais ameno, é possível ratificar maior permanência da umidade na vegetação nos períodos de estiagem para esta área. Vale relacionar que, no mapeamento da ocupação das terras em 1999 na Figura 22, a categoria preponderante neste setor é a de caatinga densa.

Figura 29 - Aplicação do índice de vegetação SAVI no alto curso do Rio Piancó em período de estiagem nos anos: 1999, 2008 e 2015.







Em suma, ainda para o cenário de 1999 na Figura 29, verifica-se que a dinâmica de vigor da vegetação retratada pelas áreas de solo exposto, agropecuária e caatinga aberta na Figura 22, reagem imediatamente à chegada do período seco de tal forma que perdem completamente sua folhagem, enquanto as zonas de vegetação densa reagem de maneira gradual. Esses fatores denotam que há uma relação intrínseca entre a durabilidade e preservação do estrato vegetal na paisagem com a ocupação e uso das terras, sobretudo pelas ações do desmatamento, na bacia do alto curso do Rio Piancó. Portanto, as áreas em que a caatinga responde de maneira mais saudável em relação ao déficit hídrico, natural da dinâmica intermitente do semiárido, são justamente os trechos em que o uso dos solos não se manifesta com grande magnitude.

Para o contexto do período seco em 2008 (Figura 29), uma vez que a obtenção das imagens ocorreu no mês de novembro, ou seja, no fim do período de estiagem, pode-se constatar que os setores da bacia situados ao centro, norte, leste, nordeste e sudeste nos morros de topos convexos, apresentam vegetação com grau de deficiência mais elevado, que variam entre -1,0 e 0,2. Esses trechos estão relacionados à distribuição do solo exposto e à ocorrência de práticas agropecuárias, de modo que incorporam à vegetação maior dificuldade na realização da atividade fotossintética, o que prejudica a saudabilidade e desenvolvimento das espécies vegetacionais.

As áreas íngremes, de patamares topográficos elevados, e em que os usos da terra se mostram reduzidos, evidenciam vegetação com algum tipo de deficiência, variando entre 0,2 e 0,3, e vegetação moderadamente sadia. Os relevos montanhosos e escarpados, sobretudo nas zonas fronteiriças da porção sul, e as áreas relativas à mata ciliar, foram os únicos trechos que manifestaram vegetação sadia, fazendo com que resquícios da caatinga densa sejam preservados, cuja cobertura vegetal resiste quase totalmente ao período de estiagem no cenário de 2008 (Figura 29).

Vale comentar que as áreas em que a caatinga apresenta conservação da umidade, resistindo, portanto, às condições impostas pelo período de estiagem, podem funcionar como um refúgio ecológico temporário, pois, nessas zonas são resguardadas as melhores condições de sobrevivência da fauna e flora da região. Quanto à fauna presente no Alto Piancó, os relatos de moradores destacam que nestas áreas são avistados animais nativos, como: o veado-catingueiro, o preá, espécies de anfíbios e répteis, a sariema, entre outros.

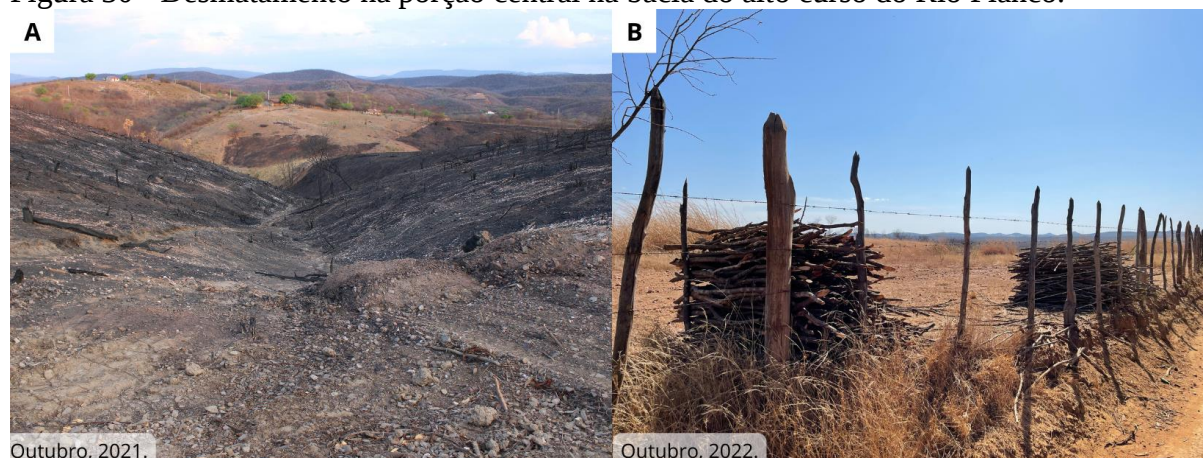
Sobre a análise da vegetação no período seco de 2015 (Figura 29), percebe-se que a cobertura vegetal apresenta, predominantemente, algum tipo de deficiência, oscilando entre 0,0 e 0,3. Quando comparadas as informações do ano de 2008 com o ano de 2015 na Figura 29, é

possível notar que os trechos que apresentavam extensas manchas alaranjadas simbolizando maior grau de deficiência em 2008, para o cenário de 2015 se manifestam reduzidas e espaçadas. Isto quer dizer que as espécies vegetais, para o último cenário, mostram maior vigor da cobertura vegetal em sua distribuição na bacia.

Seguindo este contexto, ainda no cenário de 2015 (Figura 29), verifica-se que as manchas alaranjadas, que simbolizam deficiência na vegetação com valores entre 0,0 e 0,2, estão associadas à concentração do uso das terras nas proximidades dos centros urbanos e adjacências das vias de circulação. As visitas em campo, realizadas em outubro de 2021 e 2022, retratam práticas de desmatamento, enquanto paisagens comuns, na região central da bacia (Figura 30).

A porção central da bacia abarca rodovias que interligam o município de Conceição-PB com o de Santa Inês-PB, além de favorecer a conexão de comércio e traslado entre a Paraíba e outros Estados Nordestinos, como Ceará e Pernambuco. Diante disto, a ocorrência de queimadas, principalmente nos meses de outubro e novembro (pois antecedem o período chuvoso), ocorrem com frequência nas adjacências das vias de circulação, que resultam em paisagens de desmatamento generalizado da vegetação nesses trechos, como pode ser visualizado na Figura 30A.

Figura 30 - Desmatamento na porção central na bacia do alto curso do Rio Piancó.



Fonte: Autora.

Além disso, a Figura 30B revela uma paisagem recorrente no entorno das vias rurais na porção central da bacia, cuja retirada da madeira é destinada para a construção de cercas. As áreas desmatadas, por sua vez, passam a ser utilizadas para a plantação de pastagens e criação de animais. É relevante colocar que, a partir do diálogo com os moradores, foi apurado que o desmatamento com a finalidade de “limpeza da terra” também é uma motivação que ratifica essas ações.

Logo, considerando, de forma preponderante, os aspectos do uso dos solos na porção central, foi identificado que a cobertura vegetal apresenta maior grau de deficiência, geralmente, onde há interferência humana e processos de urbanização. Vale salientar que a concentração da degradação das terras em determinados trechos do Alto Piancó, se deve às modificações da conjuntura econômica que impulsionaram o processo migratório da população do meio rural para o urbano (JUNIOR *et al.*, 2020).

Finalmente, no cenário de 2015 (Figura 29) se observa que a vegetação sadia ocorre exclusivamente nas imediações dos cursos e corpos d'água, de modo que os ambientes fluviais e os corpos hídricos garantem a permanência da umidade na vegetação dessas áreas. Assim como as zonas íngremes, os entornos dos corpos hídricos também funcionam como refúgio natural para as espécies da fauna que vivem na região.

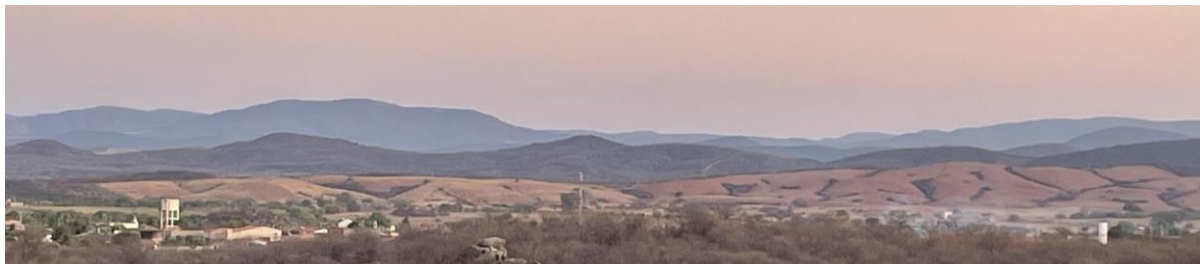
Levando em conta a influência do alto curso do Rio Piancó na conservação e manutenção de ecossistemas, visto que desempenha um papel produtor de matéria e energia a ser dissipada à jusante do canal, enfatiza-se a importância em promover a preservação não somente da mata ciliar, mas também de trechos relevantes para proteção de riachos e nascentes presentes na área.

Com relação ao mapeamento sobre índice de vegetação para o período chuvoso no Alto Piancó, os cenários estabelecidos também correspondem aos da época chuvosa referentes ao uso e ocupação das terras, sendo portanto os anos de: 1995, 2009 e 2020 (Figura 32). É importante destacar que, devido à qualidade do mapeamento e a obtenção das imagens ocorrer no período chuvoso, o aparecimento de nuvens são frequentes nesta estação, cuja presença de manchas densas com coloração branca e sombra preta diz respeito à interferência das nuvens. Além disso, o mapeamento foi realizado no fim do período chuvoso, pois é o momento em que a vegetação caatinga apresenta a cobertura vegetal em seu momento mais robusto.

Dessa forma, na avaliação do cenário chuvoso em 1995 (Figura 32), as áreas que apresentam vegetação moderadamente sadia e vegetação com algum tipo de deficiência estão situadas nas porções norte, leste e sudeste na modelagem dos morros de topos convexos. De modo geral, a ocorrência de deficiência na vegetação está associada à proximidade com os centros urbanos, no entorno das vias de circulação, e nas imediações dos cursos fluviais e corpos hídricos, cujas características de inclinação do relevo se expressam, maiormente, em plana, suave ondulada e ondulada. Esses fatores favorecem o uso das terras, de forma que impedem a retomada natural da cobertura vegetal com o retorno das precipitações.

Assim, considerando a dimensão das práticas de desmatamento para esses setores da bacia, a Figura 31 apresenta a paisagem de trechos próximos aos centros urbanos, cuja fotografia exhibe o solo exposto sobre o compartimento de colinas na porção entre o leste e o sudeste da bacia.

Figura 31 – Áreas desmatadas sobre o compartimento de colinas entre as porções leste e sudeste no alto curso da bacia do Rio Piancó.

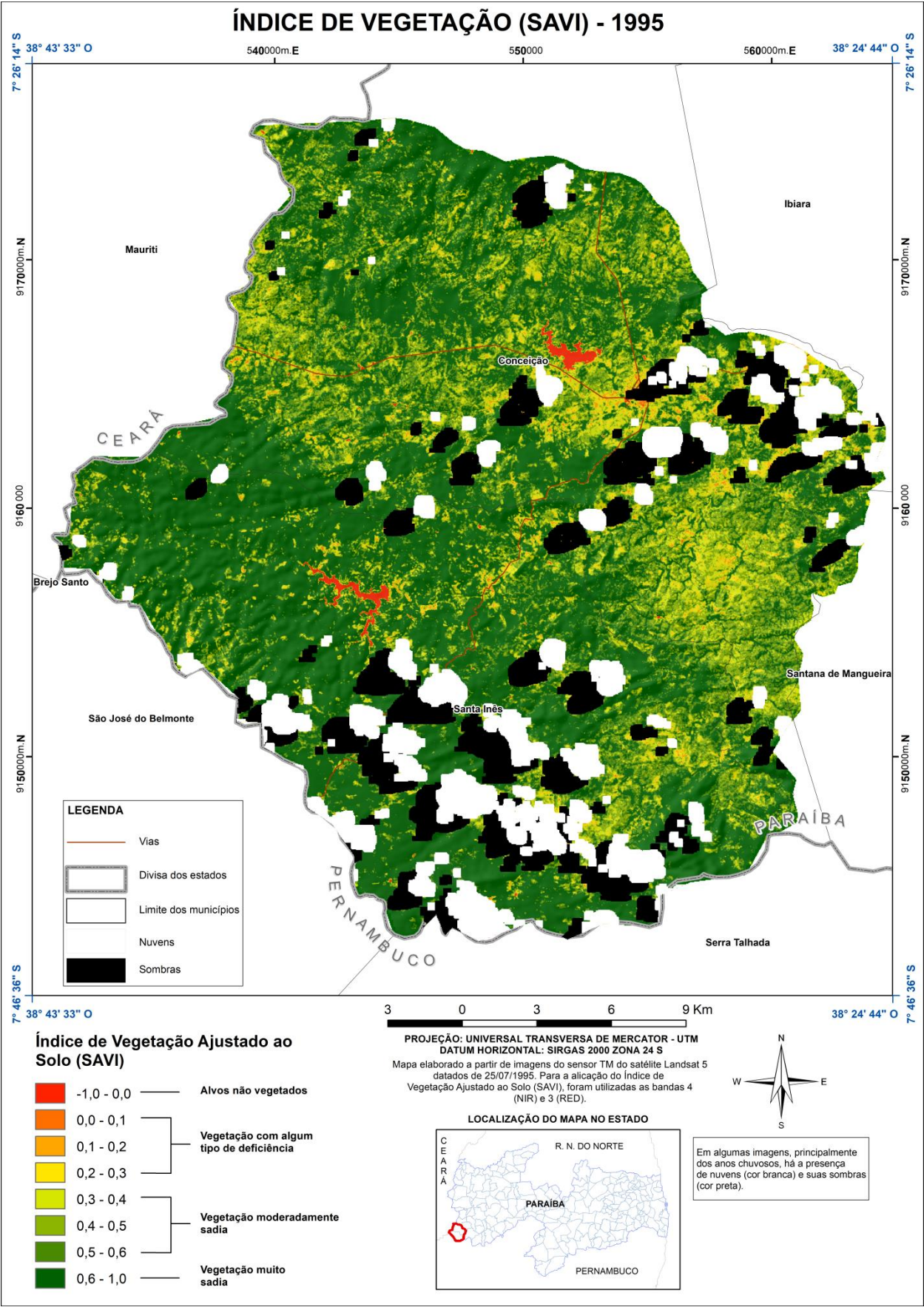


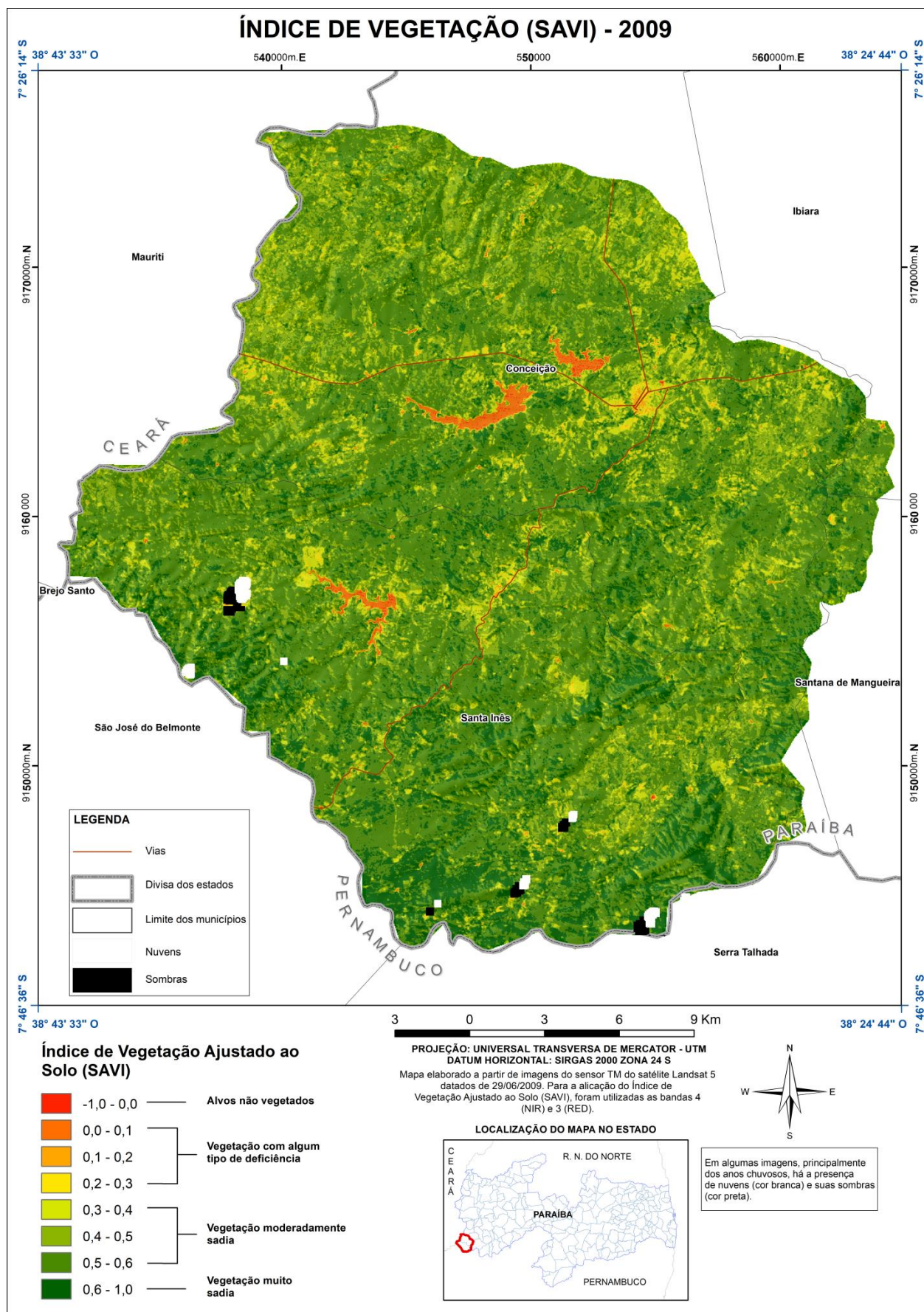
Fonte: Autora, outubro de 2022.

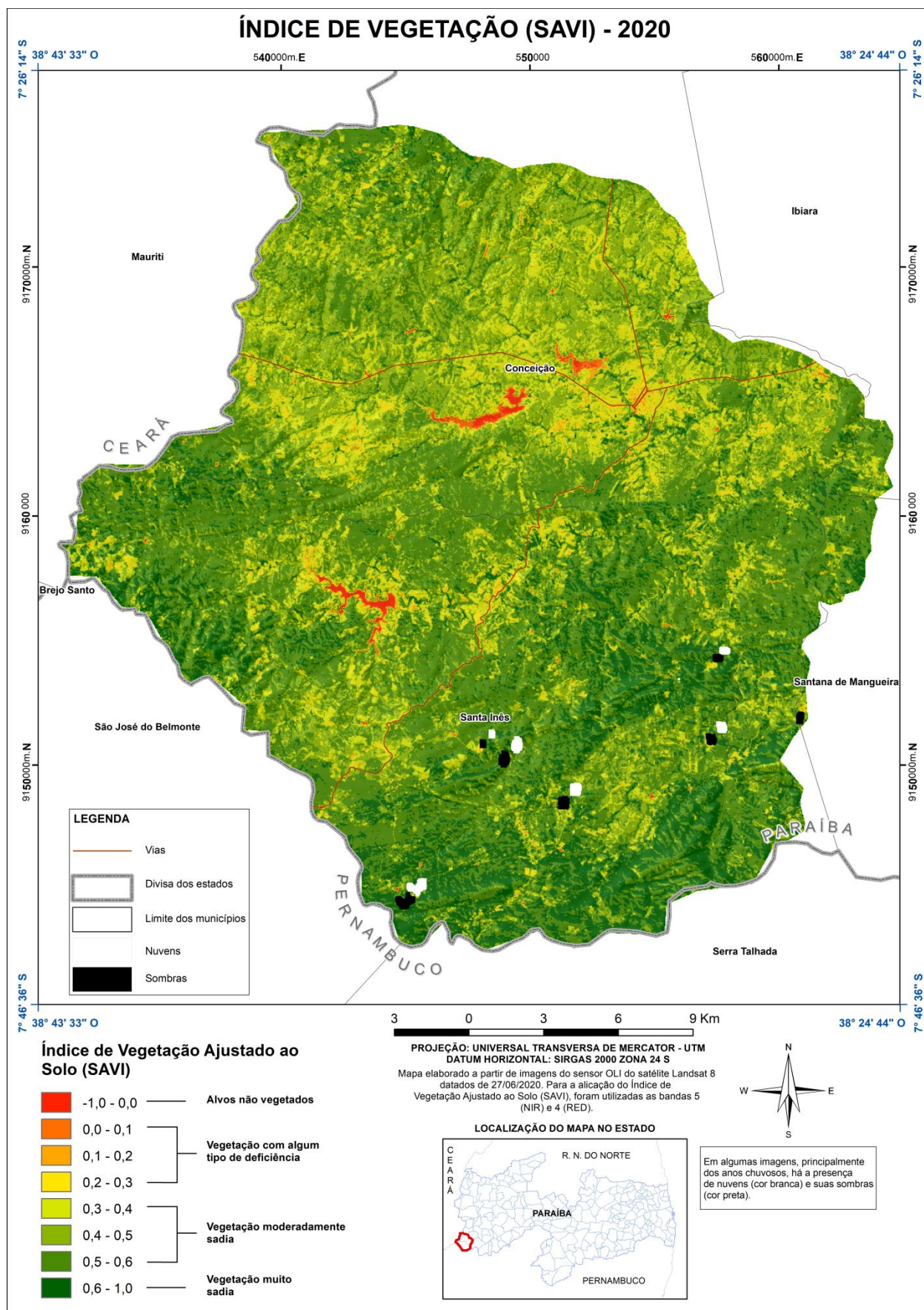
É relevante observar na Figura 31 que o desmatamento ocorre de forma generalizada sobre compartimentos de declividade e altitude mais amenas. A recorrência da retirada da vegetação pode corroborar para a perda de nutrientes do solo de tal maneira que essas áreas podem apresentar empecilhos ao desenvolvimento de espécies arbóreas e a diversidade vegetal. Além disso, o solo desprotegido favorece a atuação dos processos erosivos.

No cenário chuvoso referente ao ano de 2009, apesar da precipitação ter retratado valores acima da média, 962,5 milímetros em Conceição e 1.127,3 milímetros em Santa Inês (AESAs), a vegetação moderadamente sadia e com algum tipo de deficiência estão distribuídas em toda a área da bacia. Este déficit na saudabilidade da vegetação se coaduna ao contexto de intensificação do desmatamento discutido no histórico da ocupação e uso das terras no Alto Piancó. Enquanto que, na dinâmica natural da caatinga durante o período chuvoso, a vegetação deveria apresentar de forma preponderante a vegetação sadia, a paisagem da cobertura vegetal, demonstrada pelo índice de vegetação na Figura 32, apresenta dificuldade em se desenvolver e recuperar a folhagem.

Figura 32 - Aplicação do índice de vegetação SAVI no alto curso do Rio Piancó para o período chuvoso, referente aos anos: 1995, 2009 e 2020.







Em vista disso, infere-se que a vegetação com deficiência, disseminada em toda a área do Alto Piancó para o cenário chuvoso de 2009, é resultante da ação do desmatamento. A retirada da cobertura vegetal reduz a umidade das terras, de modo que sua falta impede o trabalho e a ação da microbiologia do solo, que passa a não fornecer nutrientes necessários para o desenvolvimento robusto da vegetação. Isto ainda pode gerar diversas outras retroalimentações (ou *feedbacks*), como a alteração das novas plantas e sementes, ocasionando uma modificação brusca no solo (LUTZELBERG, 1922). Portanto, uma vez que a composição da caatinga e de seus elementos não é sempre a mesma, e varia de acordo com a qualidade do solo, do sistema fluvial, da configuração topográfica e da atividade humana, torna-se vital preservar as características físicas da natureza indispensáveis para a manutenção do meio ambiente.

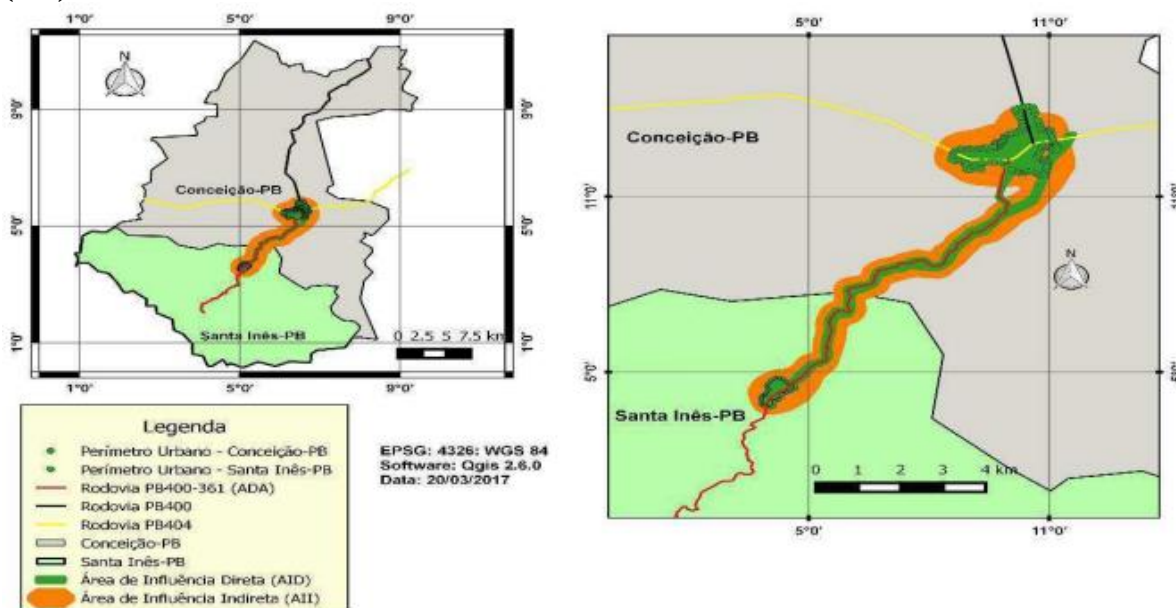
Finalmente, o período chuvoso de 2020 (Figura 32) retrata uma notável presença da vegetação sadia, cuja concentração do uso dos solos contribuiu, por exemplo, para a retomada da cobertura vegetal nos compartimentos topográficos mais elevados. Essa conjuntura está associada aos aspectos socioeconômicos da área, visto que a melhoria na gestão das águas, o incentivo às obras hídricas bem como o conhecimento de seu potencial de armazenamento, e o acesso das comunidades às Tecnologias Sociais Hídricas, acarretaram uma relação mais harmônica entre os meios social e da natureza na paisagem do Alto Piancó (LIMA *et al.*, 2016). Em síntese, este processo socioeconômico atenuou as práticas de desmatamento nas áreas de caatinga densa, sobretudo, nas serras de topo convexo da porção sul da bacia.

Cabe salientar que a vegetação sadia abrange espécies arbustivas densas, com presença de exemplares de porte arbóreo, cujos ambientes também podem apresentar condições de recuperação. Nos setores serranos da área de estudo, além da dificuldade ao acesso humano, existem melhores condições ambientais e dos componentes naturais, de modo que as espécies vegetais se apresentam mais protegidas a efeitos de estresse, como: doenças, ataques de insetos, problemas fisiológicos, condições ambientais adversas, perda de proteínas, entre outros (BANDEIRA; CRUZ, 2021). Por isso, nos patamares topográficos mais elevados, sobretudo da porção sul da bacia, a vegetação evidencia maior absorção da água, bem como denota atividade fotossintética alta.

Como foi mencionado, alguns trechos da bacia apresentam incentivos à ocupação e uso das terras no Alto Piancó, sobretudo aqueles que propiciam a expansão das áreas urbanas, de circulação e de habitação. Sobre esta questão, tem-se como exemplo o fomento na construção de rodovias para a interligação entre os municípios e Estados Nordestinos. Arruda

(2017) realiza uma avaliação dos impactos ambientais da construção da Rodovia 400, que interliga o município de Conceição-PB ao de Santa Inês-PB (Figura 33). Na pesquisa foi constatado que houve alteração na qualidade ambiental na área do entorno da obra de forma significativa, de modo que o empreendimento acarretou 82 impactos negativos, 21 positivos, 85 mitigáveis, 18 não mitigáveis, 72 reversíveis, 31 irreversíveis, 61 locais, 44 regionais e 8 estratégicos, e, 64 diretos e 39 indiretos.

Figura 33 - Divisão da área de influência da construção da Rodovia PB-400 em: Área Diretamente Afetada (ADA); Área de Influência Direta (AID); Área de Influência Indireta (AII).



Fonte: ARRUDA, 2017.

Entre os impactos nas fases de planejamento, implantação e operação da Rodovia PB-400 no trecho 361 entre Conceição-PB e Santa Inês-PB (Figura 33), de modo geral o autor coloca enquanto os positivos, por exemplo, a valorização das terras no entorno do empreendimento, o aumento da oferta de emprego, aumento do PIB local, redução dos preços dos produtos e aquecimento do setor de serviços. Os negativos superam os positivos, destacando-se: aumento do escoamento turbulento das águas superficiais, rebaixamento do lençol freático, comprometimento de ecossistemas, erosão, assoreamento de corpos d'água, perda do habitat natural da fauna, risco de contaminação do solo e das águas, conflitos com a comunidade por indenização inadequada, acidentes de trânsito, entre outros.

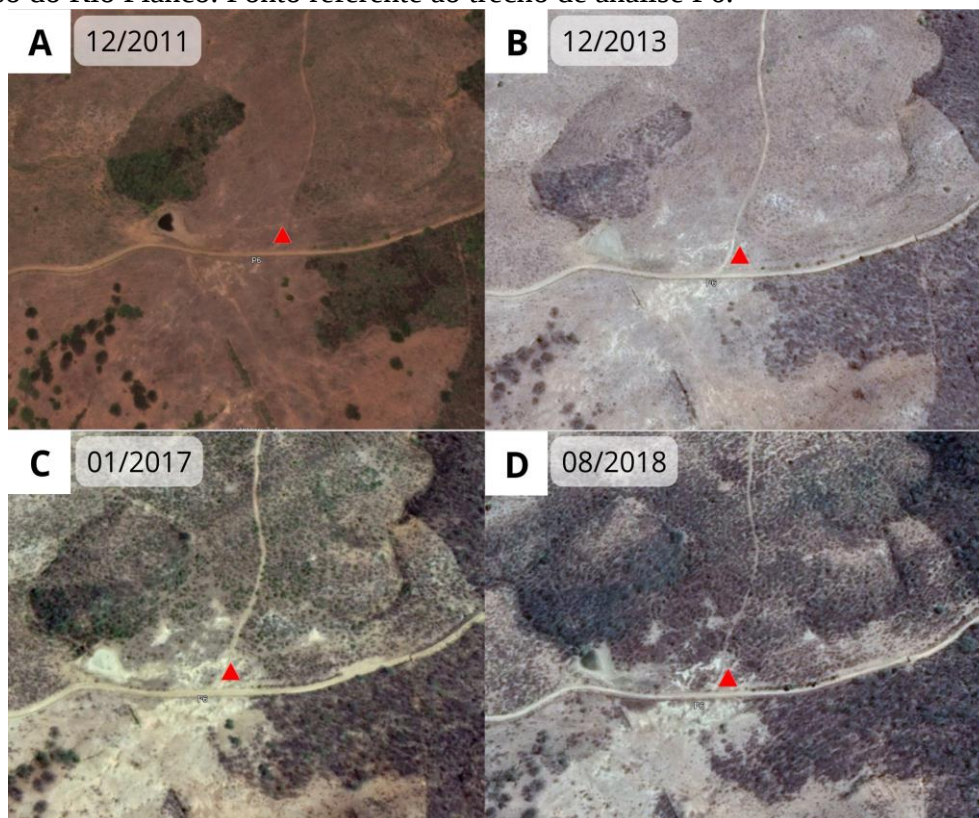
Além disso, nas pesquisas em campo foi observado que no entorno das obras de construção de rodovias, o desmatamento se expressa de maneira acentuada (ver Figura 30A). Estes fatores refletem a distribuição da vegetação na área, de modo que na Figura 32 para o

cenário de 2020, é possível verificar trechos da porção central da bacia em que a cobertura vegetal apresenta algum tipo de deficiência e manchas de alvos não vegetados.

Não obstante, no trecho sul, a área que abrange a Suíte Intrusiva Conceição referente aos morros de topos convexos, apresenta, em todos os cenários, vegetação com algum tipo de deficiência e alguns segmentos de alvos não vegetados (Figura 32). Além disso, na porção sul da bacia, práticas de desmatamento ocorrem desde o cenário mais antigo avaliado pelo presente estudo. Como exemplo tem-se a Figura 34, a qual apresenta registros, disponibilizados pelo *Google Earth*, em que se observa a alteração da paisagem de 2011 para 2018, constatando, que o desmatamento é uma prática que ocorre com frequência na área.

Dessa maneira, a Figura 34A apresenta que, no histórico de uso da terra, por volta de 2011 houve desmatamento generalizado de algumas porções de terra no sul da bacia. Para o cenário de 2013 (Figura 34B), a área ainda apresenta solo completamente exposto, também sendo relevante apontar que dezembro é o início das chuvas no sertão paraibano. Na Figura 34C e Figura 34D, referentes a 2017 e 2018, nota-se a presença de vegetação pioneira, na tentativa de reocupar estas áreas e promover a retomada da dinâmica do ecossistema local. Desta forma, é possível constatar que o desmatamento e a dinâmica da paisagem para o trecho sul está em consonância ao comportamento dos cenários discutidos sobre a ocupação e uso das terras na região.

Figura 34 - Alteração da paisagem de 2011 para 2018, em trecho da porção sul da bacia no alto curso do Rio Piancó. Ponto referente ao trecho de análise P6.



Fonte: Google Earth.

Portanto, as informações acerca da ocupação e uso das terras vinculadas à análise espacial da vegetação, a partir da aplicação de índice de vegetação SAVI, permitiram constatar que as atividades socioeconômicas agem de forma a alterar a dinâmica da cobertura vegetal no Alto Piancó. As mudanças no equilíbrio natural do comportamento da vegetação na área, por meio de queimadas, desmatamentos e exploração da madeira, concernem, principalmente, na modificação de sua quantidade, estrutura, distribuição, concentração, e atividade fotossintética. Além disso, os trechos que apresentaram maior degradação ambiental, foram aqueles associados à ocorrência do solo exposto e ao uso intensivo dos recursos naturais.

Para traçar um diagnóstico ambiental valoroso sobre a área, devem ser fomentadas pesquisas nos mais diversos âmbitos do conhecimento científico. Levando em conta a localização montante do alto curso do Rio Piancó e sua importância para o sertão paraibano, pesquisas no âmbito das ciências naturais constroem dados imprescindíveis para compreensão do comportamento da natureza. Igualmente, é vital o estímulo em pesquisas nas ciências sociais, pois, visto que as atividades humanas interferem na dinâmica da natureza, entender não só a história da sociedade na área, mas discernir os fatores socio-históricos, econômicos e culturais que articulam a interação sociedade-natureza, oportuniza uma reavaliação da

exploração dos recursos naturais, o que viabiliza pensar esta interação de modo que a espécie humana explore muito mais a capacidade de usos da terra associados à preservação do seu habitat natural, do que de sua destruição.

5.4 PANORAMA DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO ALTO CURSO DO RIO PIANCÓ

Delinear o histórico sobre a dinâmica da cobertura vegetal na paisagem do Alto Piancó, bem como o contexto da ocupação e uso das terras, além de permitir traçar os encadeamentos que a interação sociedade-natureza imprimem à paisagem da área, oportunizou identificar como as intervenções humanas alteram o funcionamento da natureza, de modo que são geradas novas dinâmicas entre os elementos ambientais, a partir das práticas de desmatamento. Além disso, a apresentação das formas do relevo no AP contribui para a discussão a respeito da degradação ambiental, a partir da correlação entre o uso das terras com a atuação evidente dos processos erosivos observados na bacia.

Nesse sentido, o Quadro 7 e a Figura 35 mostram um panorama da degradação ambiental no alto curso da bacia do Rio Piancó. Apresentam, portanto, uma síntese dos agentes que atuam sobre os processos degenerativos do meio ambiente, cuja seleção da análise de trechos, representativos na bacia, revelam os indicadores da degradação ambiental.

Quadro 7 - Panorama da degradação ambiental no alto curso da bacia do Rio Piancó.

SETOR BACIA	TRECHOS ANALISADOS	USO DO SOLO	FINALIDADE DO DESMATAMENTO	PROCESSOS EROSIVOS INDICADORES DA DEGRADAÇÃO
NORTE	P1	Agricultura e pecuária	Atividades agrícola e pecuária	Erosão laminar e erosão linear superficial em ravinas
	P2	Agricultura; pecuária; loteamento	Atividades agrícola e pecuária; expansão urbana	Erosão laminar e erosão linear superficial em sulcos
LESTE	P3	Agricultura e pecuária	Ampliação da monocultura de batata doce	Erosão laminar e erosão linear em sulcos
OESTE	P4	Produção de carvão vegetal e lenha; agropecuária	Exploração comercial da madeira	Erosão linear superficial em sulcos e erosão linear subsuperficial por voçorocamento
SUL	P5	Agricultura e pecuária	Atividades agrícola e pecuária	Erosão linear superficial em sulcos e ravinas
	P6	Agricultura e pecuária	Atividades agrícola e pecuária	Erosão laminar
	P7	Abertura de estradas e agropecuária	Abertura de estradas e expansão da zona rural	Erosão linear superficial e subsuperficial por voçorocamento
	P8	Abertura de estradas e agropecuária	Abertura de estradas e expansão da zona rural	Erosão linear superficial em sulcos e ravinas
	P9	Extração de areia	Aterramento na construção civil	Erosão linear superficial em sulcos e ravinas

Figura 35 - Trechos selecionados para a análise proposta pelo presente estudo.



De maneira sucinta, diante da temporalidade estabelecida para este estudo, a contextualização sobre o uso das terras no Alto Piancó permitiu identificar as principais causas do desmatamento e como essas práticas acontecem e se distribuem na região. Ao relacionar esses dados com o índice da vegetação, foi possível visualizar trechos em que esta se expressa sadia, deficiente, ou com ausência da cobertura vegetal.

Em vista disso, a análise da ocorrência dos processos erosivos desempenha o papel de indicador ambiental, uma vez que o motor do processo da degradação ambiental é o desmatamento. Quando as práticas humanas ocorrem de maneira inapropriada na ocupação e usos da terra, tende-se a inutilizar os efeitos compensadores da irradiação noturna dos solos, em detrimento das condições climáticas da região (ALMEIDA, 1980), ocasionando perturbações que afetam diversas esferas da dinâmica ambiental, como a remoção dos nutrientes dos solos, a saúde da vegetação, a conversação da umidade, a subsistência da fauna e da flora, e a própria viabilidade para as práticas de uso das terras.

Seguindo este contexto, o debate acerca dos processos erosivos para os trechos estabelecidos, associado à distribuição do desmatamento na área, contribuem para a construção de projetos a fim de amenizar a ocorrência de *feedbacks* positivos, impedindo, desse modo, a degradação generalizada de áreas consideradas relevantes para a preservação da flora, da fauna, dos cursos e corpos hídricos, e da própria condição de vivência da população no semiárido.

Portanto, a discussão sobre os processos erosivos, enquanto indicadores da degradação ambiental no Alto Piancó, ocorre através da análise referente às consequências do desmatamento, segmentadas a partir das categorias do uso dos solos, em: desmatamento para a agricultura e pecuária; desmatamento para a produção de carvão e lenha; desmatamento para a abertura de estradas; e, desmatamento para a extração de areia.

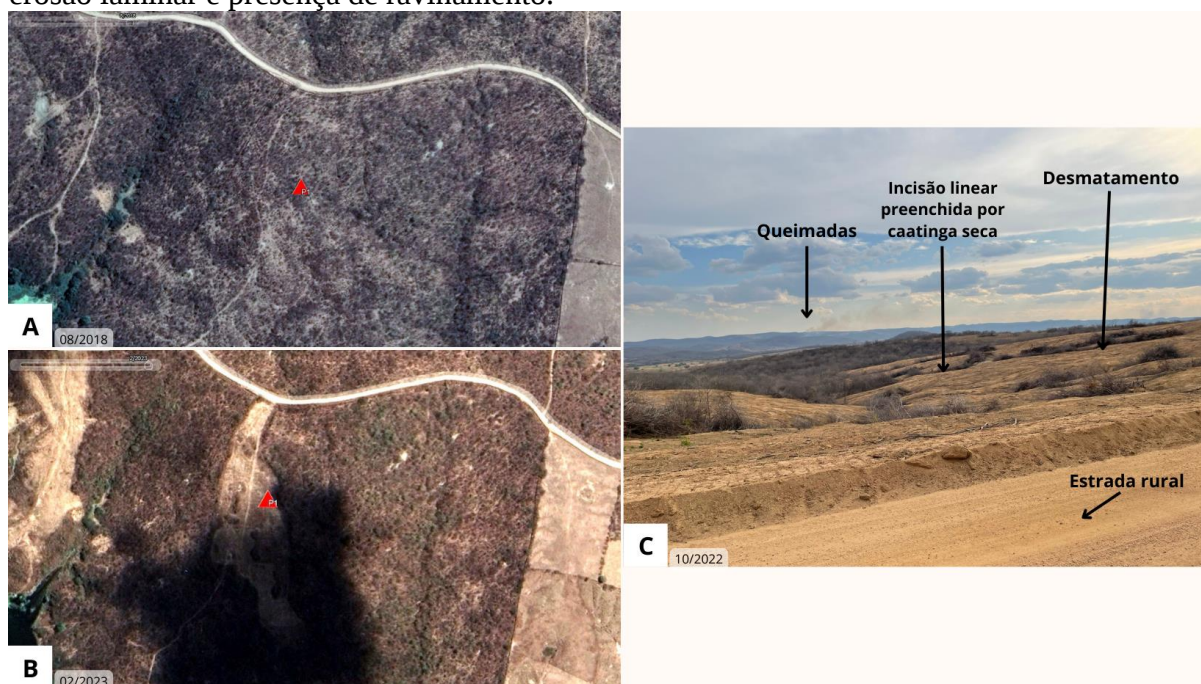
5.4.1 Desmatamento para a agricultura e pecuária

Para este tópico foram analisados trechos em que o desmatamento procede do uso dos solos para a agricultura e pecuária, de modo que a atuação dos processos erosivos está relacionada, principalmente, a esta categoria de ocupação das terras no Alto Piancó. Nesse ínterim, os pontos analisados correspondem aos: P1, P2, P3, P5 e P6. Vale comentar que, de

acordo com os dados históricos dos aspectos socioeconômicos, as práticas agrícolas e a criação de animais são atividades praticadas secularmente na região.

Nesse contexto, o P1 está localizado em relevo colinoso inserido na Suíte Intrusiva Itaporanga, onde a inclinação das vertentes se expressa ondulada e fortemente ondulada. A Figura 36A,B mostra que o desmatamento neste trecho passou a ocorrer, sobretudo, nos tempos recentes, cuja ocupação neste trecho tem atuado a fim de expandir as porções de terra destinadas às práticas agrícolas e à criação de animais. Para a construção de diagnósticos ambientais, é preciso fomentar pesquisas complementares a fim de constatar os sujeitos que protagonizam a expansão do desmatamento e uso das terras para outras áreas da bacia; a verificar a motivação e se há incentivos para a ocupação e utilização de novas áreas; a saber se esta ampliação está relacionada à degradação ambiental, e consequente improdutividade do solo, em zonas mais próximas aos centros urbanos; a certificar sob quais condições de gestão e planejamento ambiental ocorre a expansão das práticas de uso das terras; entre outros temas relevantes.

Figura 36 - Paisagem do trecho de análise P1. A) trecho P1 no período seco com a presença de vegetação; B) trecho P1 no período chuvoso com ausência de vegetação; C) atuação da erosão laminar e presença de ravinamento.



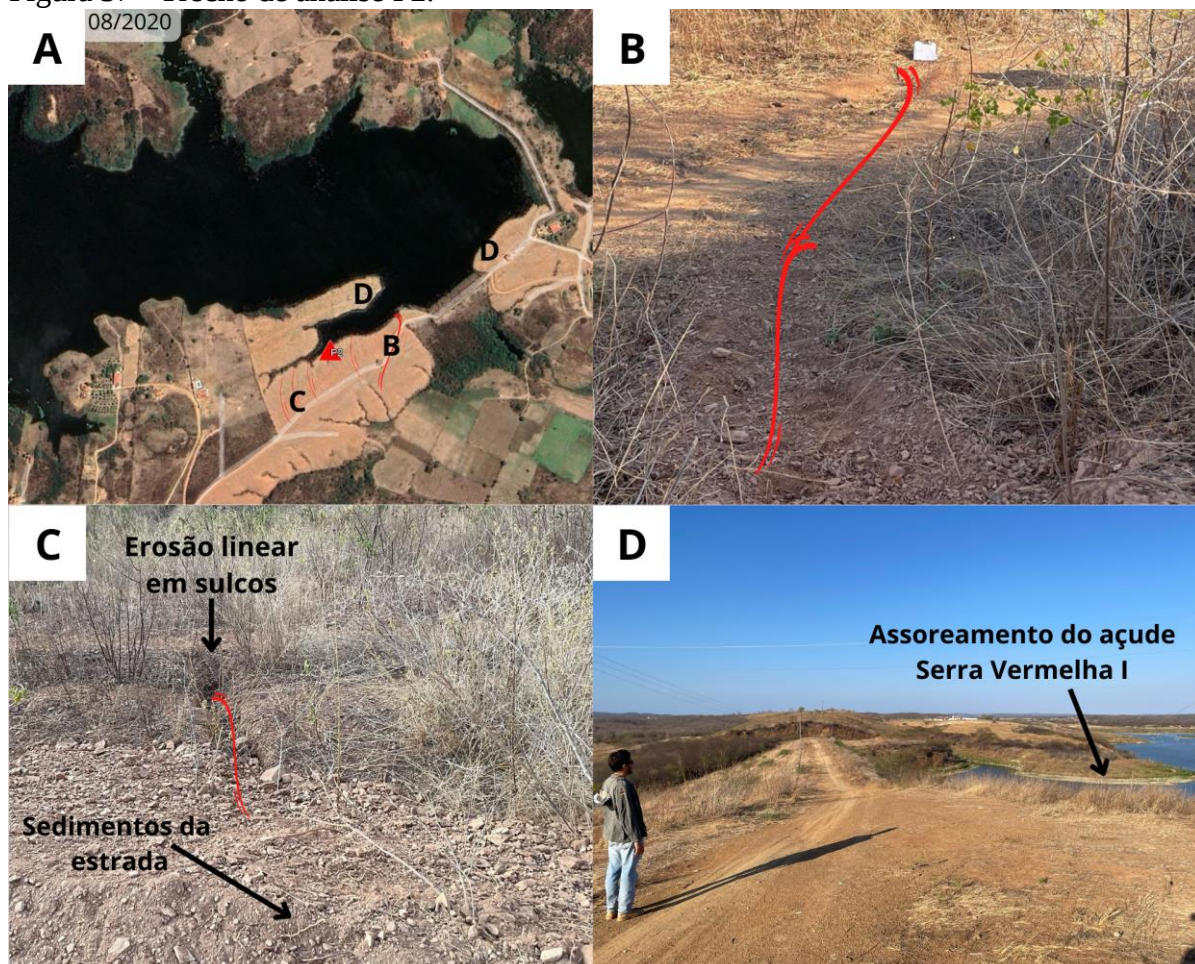
Fonte: Google Earth; Autora.

Dessa maneira, a Figura 36C registra que o solo presente na área, do tipo neossolo litólico, se mostra completamente exposto, cujos sedimentos do horizonte A foram desagregados e remexidos de tal forma que este trecho não possui proteção contra o trabalho dos agentes exógenos. Também foi identificada a abertura e manutenção de estradas rurais

que corroboram para a compactação do solo, de modo que favorece o escoamento superficial nesse setor. O P1, além de apresentar erosão linear superficial em ravinas, que foram preenchidas por galhos secos desmatados da caatinga a fim de amenizar o processo erosivo, o solo desprotegido apresenta vulnerabilidade à erosão laminar. Portanto, a intensificação dos processos erosivos nessa área, e o consequente aumento nas taxas de produção de sedimentos, pode favorecer o assoreamento e poluição das nascentes próximas a este trecho, bem como do açude do Condado, o qual é destinado atualmente para o abastecimento e a piscicultura.

O trecho P2 (Figura 37) se encontra próximo a cidade de Conceição-PB, nas adjacências do açude Serra Vermelha I, e está inserido em uma área de transição entre os compartimentos de colinas, superfície aplainada e planície fluvial. Desse modo, o ponto apresenta características de deslocamento e deposição de sedimentos.

Figura 37 - Trecho de análise P2.



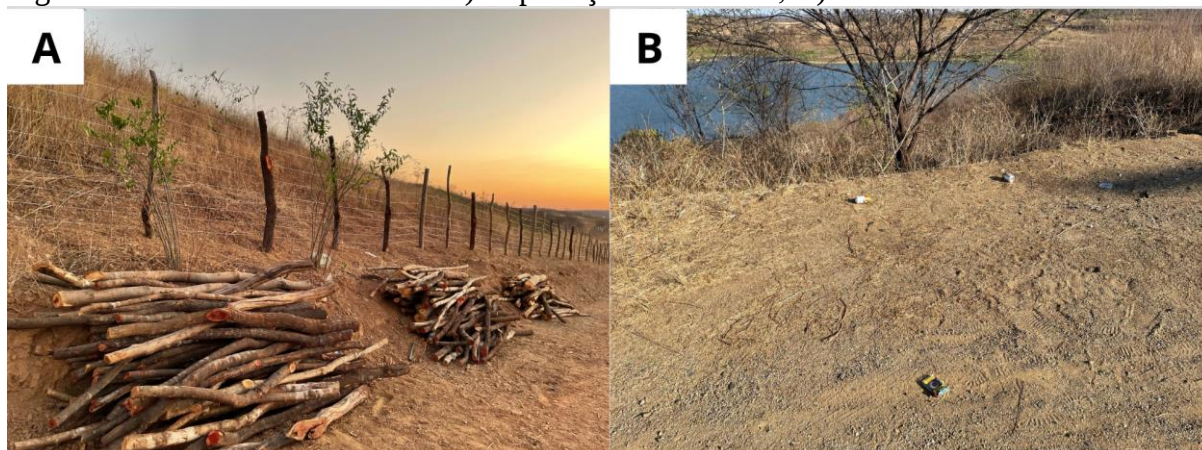
Fonte: Autora, outubro de 2022.

A Figura 37A mostra a paisagem do entorno do açude em período seco, de forma que as práticas de desmatamento para agropecuária ocorrem de maneira generalizada, além da abertura e manutenção frequente de estradas rurais nas vertentes do corpo hídrico, cujos sedimentos desagregados pela manutenção das vias, são remobilizados para a superfície das

erosões lineares em sulcos, como pode ser observado na Figura 37C. Ainda sobre a erosão em sulcos, a Figura 37B, apresenta a formação de escoamento superficial linear, cujo processo é favorecido pela compactação do solo ocasionado pela construção da estrada. Vale salientar que, foi observado em campo, a passagem frequente de máquinas de trator para consertar as irregularidades na superfície da estrada, causadas pelas incisões do escoamento linear.

Nesse contexto, a Figura 37D mostra que a retirada da vegetação e a remobilização dos solos no entorno do corpo hídrico provoca o deslocamento excessivo dos sedimentos para as zonas mais baixas do relevo, de modo que corroboram para o assoreamento do açude Serra Vermelha I. Além disso, a Figura 38A,B apresenta que há exploração da madeira para a construção de cercas e o descarte de resíduos orgânicos e inorgânicos no entorno do açude. A presença do lixo humano nas proximidades dos cursos e corpos hídricos, resulta na poluição das águas e dos solos, o que impossibilita o uso desses recursos naturais.

Figura 38 - Trecho de análise P2. A) Exploração da madeira; B) descarte de lixo.



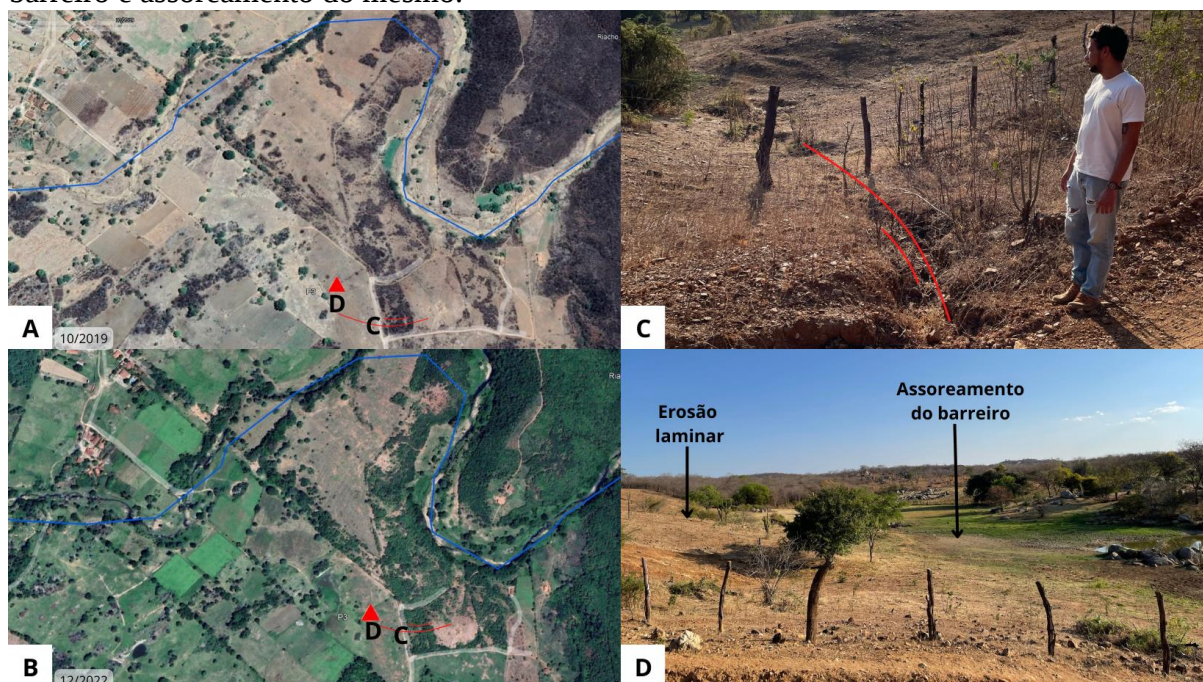
Fonte: Autora, outubro de 2022.

Em vista dos fatores que promovem a degradação ambiental no açude Serra Vermelha I se constatou que não são praticadas medidas para preservar a fauna e a flora, necessárias para a qualidade do ambiente. Além disso, visto a magnitude da ausência de vegetação na paisagem, em diálogo com moradores, foi informado que o desmatamento da cobertura vegetal foi motivado devido a ocorrência de acampamentos e festas que eram realizadas nas margens do açude. O trecho P2 representa a dimensão dos fatores que envolvem as problemáticas ambientais, de modo que perpassam não apenas os efeitos do uso dos solos na natureza, mas também a interação entre as próprias relações sociais.

O P3 está localizado em áreas de menor altitude e declividade da bacia, relativa a superfície aplainada juntamente com a presença das planícies fluviais. Portanto, no trecho P3 o uso das terras é destinado principalmente para a agricultura, cuja plantação é destinada maiormente à batata doce. Além disso, também foram identificadas práticas recorrentes de

queimadas e retirada da vegetação a fim de “limpeza da terra”, segundo agricultores locais. Essas práticas com a finalidade de “limpar a terra”, advindas da hegemonização de um pensamento dominante cujos princípios desassocia a sociedade da natureza, são consideradas comuns na região, de modo que a caatinga é completamente descaracterizada, além de fomentar a atuação de processos erosivos no solo, como demonstrado na Figura 39.

Figura 39 - Trecho de análise P3. A) Imagem de satélite do P3 em período seco; B) Imagem de satélite do P3 em período chuvoso; C) Erosão linear; D) Erosão laminar em vertente de barreiro e assoreamento do mesmo.



Fonte: Autora, outubro de 2022.

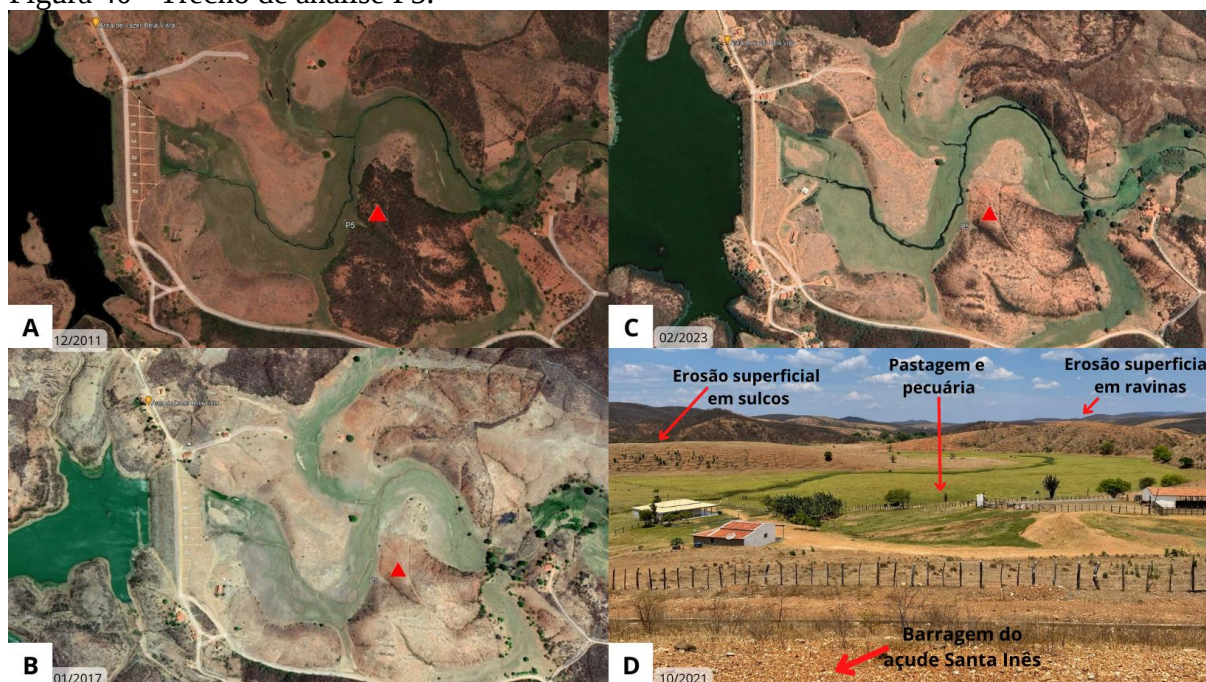
Na Figura 39A,B, há uma área de várzea próxima a um canal em meandro do Rio Piancó, que apresenta a construção de um barreiro, cujo intuito é armazenar água para destinar à plantação de batata doce. De acordo com um agricultor local, a batata doce é um tipo de plantação que necessita de bastante água, o que acelera o processo de lixiviação do solo. Neste contexto, foi informado que a terra nesta área tem capacidade de produzir este tipo de plantação por cinco anos, pois, posteriormente, ela necessita “descansar” alguns anos para então ser retomada a atividade agrícola. A plantação de batata doce só foi incorporada à Pesquisa Agrícola, realizada pelo IBGE, em 2021, de modo que em Santa Inês-PB foram produzidas 50 toneladas, e em Conceição-PB 2.200 toneladas. O município de Conceição têm se destacado, segundo jornais locais, como produtor de batata doce (CONCEIÇÃO-PB ONLINE, 2021).

Dessa maneira, ainda na Figura 39D, o P3 apresentou, sobretudo, o processo erosivo laminar, cuja declividade suave ondulada do terreno, auxilia no espriamento da água,

causando o escoamento em lençol. No entanto, também há a ocorrência de processos erosivos lineares em sulcos, geralmente, relacionados à presença das estradas rurais (Figura 39C). Nesse ínterim, foi constatado que, além de promover a lixiviação do solo, o desmatamento generalizado para a prática recorrente da plantação da monocultura de batata doce está relacionado com a degradação das terras neste trecho. Logo, é fundamental o fomento em pesquisas que avaliem os impactos ambientais causados pela prática da monocultura de batata doce nos entornos dos cursos e corpos hídricos da região.

O trecho P5, localizado à jusante do açude Santa Inês, encontra-se nas planícies fluviais dos relevos colinosos, situado na zona rural do município de Santa Inês-PB. Na Figura 40, acerca do histórico de desmatamento do P5, é possível notar que na Figura 40A para o cenário de 2011, mesmo em período seco, há a presença da cobertura vegetal neste trecho, enquanto na Figura 40B sobre o período chuvoso em 2017, este trecho se apresenta completamente desmatado e, conseqüentemente, exposto a atuação dos processos erosivos.

Figura 40 - Trecho de análise P5.



Fonte: Google Earth; autora.

No cenário seco da Figura 40D coletada em 2021, a área apresenta erosões lineares em sulcos e ravinas com a presença de plantações nas incisões do escoamento superficial concentrado (lado esquerdo da imagem), a fim de amenizar a erosão dos solos. Desta forma, no cenário do período chuvoso em 2023 na Figura 40C, observa-se redução significativa da cobertura vegetal para este trecho.

Em suma, no entorno do açude e nas várzeas do curso d'água para o trecho P5, foi constatado que o uso das terras é destinado à agricultura/pastagem, pecuária, e piscicultura.

Nos relevos colinosos há forte presença de erosão linear, sobretudo, onde houve desmatamento completo da cobertura vegetal. Desse modo é relevante ressaltar que os processos erosivos nas vertentes de cursos e corpos d'água corroboram para o processo de assoreamento destes, o que gera impactos negativos ao ambiente da área.

Quanto ao P6, não foi possível certificar a motivação do desmatamento, todavia, acredita-se que a destinação é para a agricultura devido às características encontradas no entorno do trecho. O P6 está localizado em relevo de colinas, apresentando deposição coluvionar (Figura 41A), cuja capacidade de transporte dos sedimentos deste setor, não apresenta competência suficiente para deslocar o material advindo das serras de topos convexos para outras regiões da bacia.

Dessa maneira, a partir das pesquisas realizadas em campo, foi constatado que, entre outubro de 2021 e outubro de 2022, houve desmatamento da vegetação, bem como remobilização do material de pavimento detrítico, de forma que o solo se apresenta, atualmente, exposto à atuação dos agentes modeladores do relevo (Figura 41B). Em vista desses fatores, no P6 foi identificada a ocorrência de erosão laminar a partir do escoamento em lençol, derivado, sobretudo, do desmatamento associado às características dos solos no semiárido, bem como à declividade ondulada presente no relevo de colinas.

Figura 41 - Trecho de análise P6.



Fonte: Autora, outubro de 2021.

É relevante colocar que as práticas de desmatamento no Alto Piancó, funcionam de forma a promover a degradação ambiental, a partir da vulnerabilidade do ambiente perante a retirada da vegetação, ou intensificar processos erosivos existentes na região. Portanto, percebe-se que o uso das terras, especialmente quando relacionado às práticas de desmatamento inadequadas, expõe a superfície dos solos à radiação de maneira que provoca o aumento da temperatura e altera as condições físicas do solo, causando a morte de microorganismos importantes para a manutenção do ambiente (LUTZELBERG, 1922). Este

processo acarreta a redução progressiva da vegetação e dificulta a recuperação destas áreas, visto que, a partir do desmatamento, diversos outros distúrbios podem ser ativados como: aceleração descontrolada da erosão, redução da umidade, maior possibilidade de recorrência da seca, e perdas irreversíveis da qualidade ambiental.

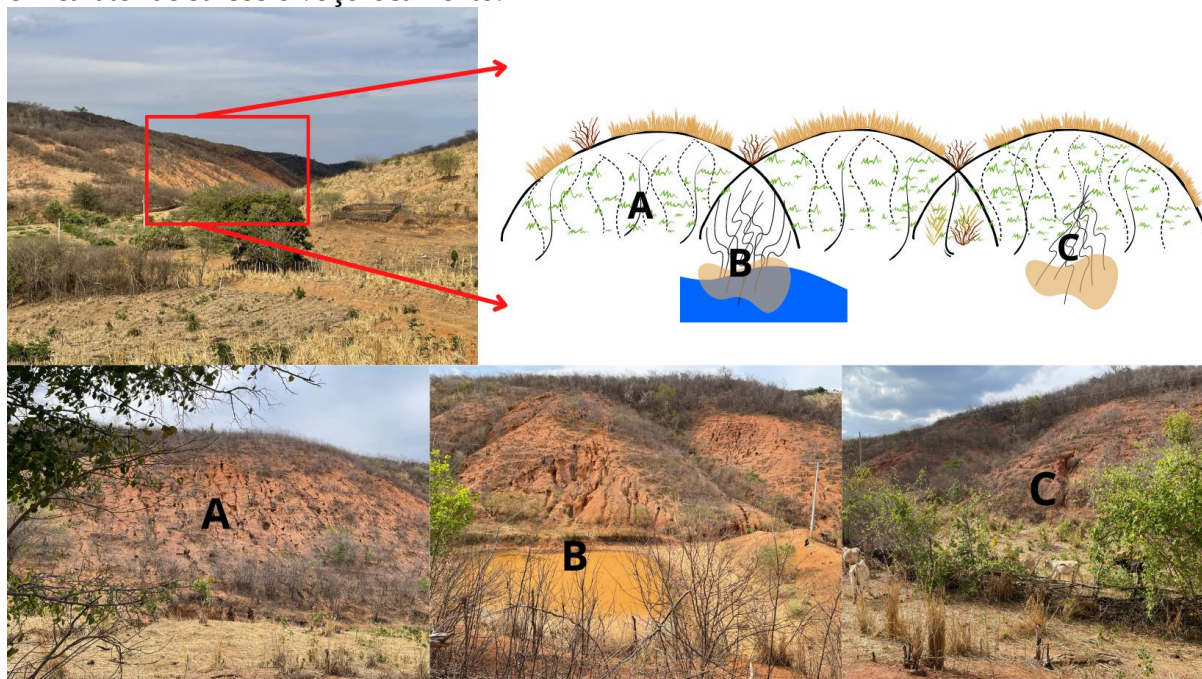
5.4.2 Desmatamento para a produção de carvão e lenha

A ocorrência do desmatamento voltado para a produção de carvão e lenha foi constatado, sobretudo, na porção oeste da bacia do Alto Piancó, onde está inserido o trecho de análise P4 (Figura 42). Vale salientar que a relação entre o desmatamento destinado para a produção de carvão vegetal associado ao reflexo da cobertura vegetal na paisagem a oeste da bacia, se deu de maneira paulatina até os tempos recentes. Desse modo, considerando que a categoria da produção de carvão vegetal só foi adicionada na Pesquisa de Extração Vegetal e Silvicultura (IBGE, 2021) para o Alto Piancó atualmente, é possível constatar que uma nova forma de ocupação e uso das terras está em percurso, de modo que tem ocupado exclusivamente as áreas que mantiveram algum grau de conservação até então, ou seja, em especial as áreas em que está inserida a caatinga densa na porção oeste da bacia.

A porção oeste do Alto Piancó demonstrou, ao longo das últimas três décadas, maior permanência da umidade e um estágio de conservação ambiental considerável, quando comparado a outros setores da bacia. Por isso, para evitar que ocorra a degradação ambiental em todas as direções da bacia, de modo a suprimir o habitat da fauna e da flora na caatinga, é fundamental que haja gestão da exploração dos recursos naturais, principalmente quando o foco é ocupar novas áreas que foram historicamente pouco perturbadas pelas práticas de uso da terra.

Dessa maneira, o P4 está localizado nos morros de topos convexos, com solos do tipo neossolo litólico, topografia entre 500 e 600 metros e declives de caráter montanhoso, cujas características do relevo facilitam a ação de processos erosivos. A Figura 42 apresenta um esquema com fotografias da paisagem neste trecho.

Figura 42 - Trecho de análise P4, com ocorrência de erosão linear superficial e subsuperficial, em caráter de sulcos e voçorocamento.



Fonte: Autora, outubro de 2022.

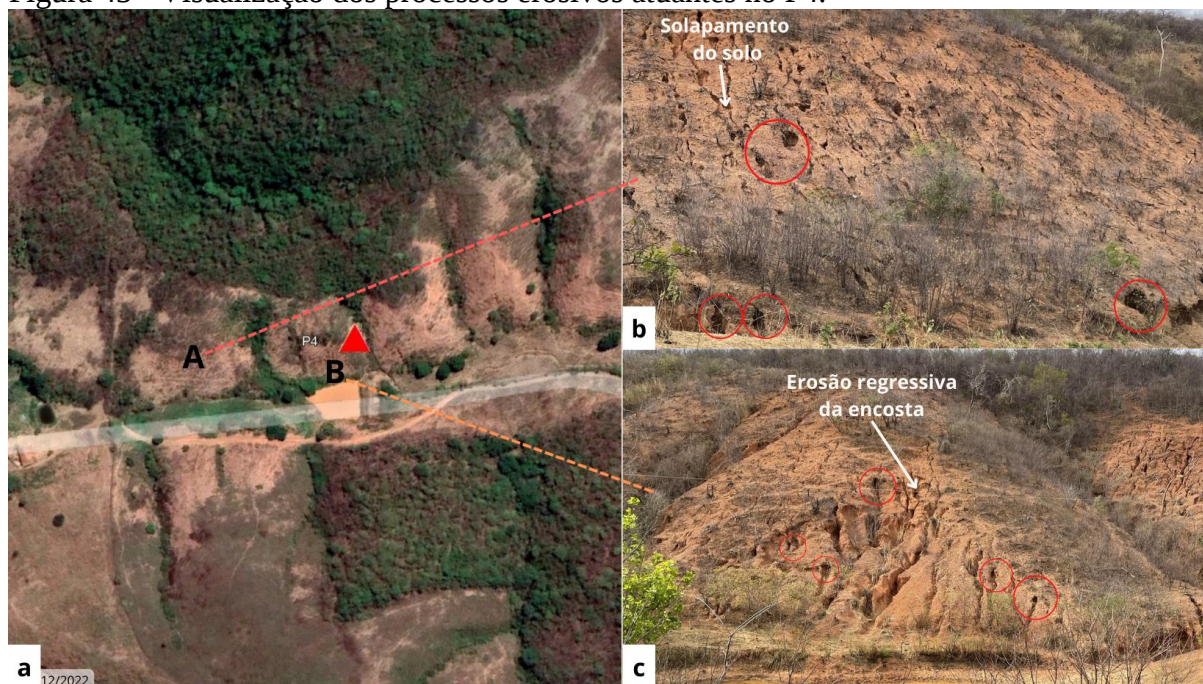
A partir da visualização da Figura 42, pode-se observar a ocorrência predominante de erosão linear superficial e subsuperficial em diversos estágios. A Figura 42A representa o estágio inicial da incidência de erosão linear superficial associada ao escoamento subsuperficial, enquanto a Figura 42B apresenta o estágio em que o desenvolvimento dos processos erosivos citados acarreta, a partir da instabilidade da superfície pedológica, o solapamento do solo, de forma que evidencia erosão regressiva da encosta. Ainda é possível notar na Figura 42B, que a erosão e deslocamento acelerado dos sedimentos encosta abaixo está provocando o assoreamento do barreiro que foi construído pela população local.

Finalmente, a Figura 42C manifesta a presença de vegetação nas incisões da encosta, as quais foram geradas pelo escoamento concentrado superficial e subsuperficial. Este trecho do P4 se apresenta improdutivo para as práticas agrícolas, de modo que é utilizado exclusivamente para a criação de animais. Além disso, a presença da vegetação indica a atuação dos mecanismos próprios da natureza em amenizar os efeitos da erosão, cuja presença das espécies pioneiras indicam a tentativa de recuperação do ecossistema. No entanto, uma vez que a degradação ambiental da encosta se apresenta em estágio elevado, percebe-se a dificuldade da natureza em reocupar este trecho que apresenta comportamento de *feedback* positivo na dinâmica dos sistemas de forma e processo superficiais.

Seguindo este contexto, é possível verificar na Figura 43a que, mesmo em período chuvoso, o P4 evidencia ausência da cobertura vegetal nas encostas dos morros convexos, de

modo que o solo se apresenta completamente exposto à ação dos agentes exógenos. Em razão destes fatores, a Figura 43b,c apresenta a erosão pelo escoamento subsuperficial a partir da presença de túneis erosivos (circulados em vermelho) associados à erosão linear superficial pela formação de sulcos na superfície do terreno.

Figura 43 - Visualização dos processos erosivos atuantes no P4.



Fonte: Google Earth.

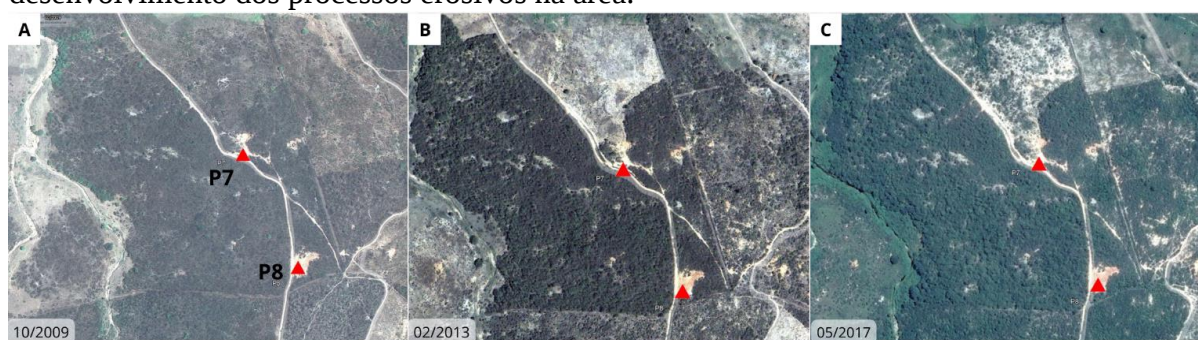
Portanto, verificou-se tanto no trecho P4 quanto em áreas vizinhas, que as terras que, inicialmente, foram desmatadas para a produção de carvão vegetal e lenha, passaram a ser destinadas à agricultura. Quando a terra não apresentava mais capacidade produtiva, a destinação passava a ser, por sua vez, para a criação de animais. Este ciclo de uso da terra identificado na porção oeste corrobora para o processo de degradação ambiental, cujos indicadores (processos erosivos) demonstrados na Figura 42 e Figura 43, geram paisagens estéreis de condições insalubres tanto para a flora quanto para a fauna local. Não obstante, o comportamento erosivo do *feedback* positivo pode acarretar na irreversibilidade da recuperação ambiental para trechos com estas idiossincrasias.

Destarte, para a preservação ambiental do alto curso do Rio Piancó, considerando a expansão dos usos da terra para novos setores da bacia, torna-se substancial a construção de diagnósticos ambientais que perpassam a análise sobre a ampliação da exploração dos recursos naturais, a criação de um arcabouço com as especificidades e dinâmica da natureza da área, e o fomento na criação de projetos e alternativas para o uso dos solos que promovam a manutenção da qualidade ambiental.

5.4.3 Desmatamento decorrente da abertura de estradas

No setor referente à Suíte Intrusiva Conceição a sul, foram encontrados trechos que apresentam processos severos de degradação ambiental, cuja Figura 44 mostra a localização dos trechos P7 e P8 em adjacências das estradas rurais. Na Figura 44C, levando em conta que o período de obtenção da imagem ocorre no fim do período chuvoso, é possível identificar que a tentativa da vegetação em reocupar estas áreas está em conflito com a progressão dos processos erosivos. Ainda nas proximidades dos trechos P7 e P8 foi constatado o abandono de terras pela presença de casas e escolas abandonadas, apresentados na Figura 24B1.

Figura 44 - Disposição dos trechos de análise P7 e P8, bem como visualização do desenvolvimento dos processos erosivos na área.



Fonte: Google Earth.

Desse modo, na Figura 44 é possível visualizar o aumento da área de ocorrência dos processos erosivos decorrentes do desmatamento. Observou-se em campo que a construção da estrada, e o desmatamento em seu entorno, causou aceleração do escoamento superficial e o surgimento de fluxos subsuperficiais, corroborando para o deslocamento excessivo do material encosta abaixo. Esta alteração na dinâmica dos processos modeladores do relevo dificultou a retomada da cobertura vegetal com a chegada do período chuvoso, gerando distúrbios em caráter de *feedback* positivo, o que provocou a expansão das áreas erodidas. Além disso, na análise do histórico sobre a ocupação e uso das terras, foi constatado que esta porção da bacia apresenta atividade humana recorrente desde os cenários mais antigos analisados pela presente pesquisa.

Neste segmento da porção sul há forte controle estrutural sob a Suíte Intrusiva Conceição, cujo relevo se expressa em morros de topos convexos, com características topográficas e de declives distintos do seu entorno. Esta área foi afetada pelo arqueamento ocorrido no Planalto da Borborema, além de apresentar solos do tipo argissolo vermelho, que são caracterizados pela presença de horizonte B textural com cores vermelho-amarela e textura argilosa (EMBRAPA, 2018), o que facilita o aparecimento de dutos erosivos que

removem o material da camada subsuperficial do solo, promovendo o solapamento da superfície (Figura 45).

Nesse contexto, a Figura 45 evidencia a paisagem do trecho P7, situado no compartimento de morros de topos convexos, de modo que é possível constatar a dissecação do relevo em ravinas e voçorocas, cujos declives se expressam predominantemente ondulados.

Figura 45 - Processos erosivos no trecho de análise P7. A) presença de erosão linear superficial; B) erosão linear em subsuperfície com incidência de solapamento do solo; C) processo de desertificação ocasionados por erosão linear superficial e subsuperficial.



Fonte: Autora, outubro de 2022.

Em suma, na Figura 45 do trecho P7, observa-se a ocorrência de erosões lineares superficiais e subsuperficiais, visto que no cenário B (Figura 45B) se constata vestígios do fluxo subsuperficial pela presença da drenagem, bem como o solapamento do solo em decorrência da instabilidade da superfície do terreno, ocasionada pelo escoamento em subsuperfície que atua a montante do terreno. Com o desenvolvimento dos processos erosivos observados no cenário B, são produzidas paisagens como as do cenário A (Figura 45A), cuja erosão atinge o horizonte B textural do solo, constituindo feições que se assemelham à formação de um canal. Na situação C (Figura 45C), a atuação erosiva adquire maior dimensão em área, além de apresentar a rocha exposta, cuja superfície sólida provoca aceleração do escoamento superficial e, em consequência, maior intensidade da atuação erosiva a jusante do terreno.

Com relação ao trecho P8, considerando sua proximidade com o trecho P7, a Figura 46 mostra que há atuação de processos erosivos lineares superficiais, cuja erosão direciona-se para as zonas mais baixas do relevo, de modo que perpassa a estrada e segue para a planície fluvial mais próxima (na Figura 44 é possível visualizar a proximidade entre os trechos P7 e P8 e à planície fluvial).

Desse modo, no trecho P8 foram identificados processos erosivos por salpicamento associados aos fluxos laminar e linear, cujos pontos de maior fragilidade do solo permitem a abertura de caminhos preferenciais para as incisões do escoamento concentrado, por onde os

sedimentos mais finos são transportados, gerando feições em torres que funcionam como morros testemunhos, preservados pela presença de materiais grosseiros (Figura 46). Além disso, foi possível verificar que há manutenção recorrente da estrada, que é prejudicada pela ação dos processos erosivos dominantes na área.

Figura 46 - Trecho de análise P8.



Fonte: Autora, outubro de 2022.

Tendo em vista a conjuntura da atuação dos processos erosivos no Alto Piancó, intensificados pela abertura de estradas rurais e pelo desmatamento em seu entorno, os trechos P7 e P8 evidenciam movimentos de expansão das áreas em processo de degradação ambiental, de forma que pode haver a possibilidade de junção das erosões presentes nesses pontos, resultando na formação de uma extensa área em processo de desertificação nesta região. Além disso, em decorrência da proximidade dos respectivos trechos com os cursos hídricos, a erosão acelerada corrobora para o assoreamento dos canais fluviais, cuja competência do transporte de carga da dinâmica fluvial local, não apresenta capacidade de deslocamento de uma produção abundante de material.

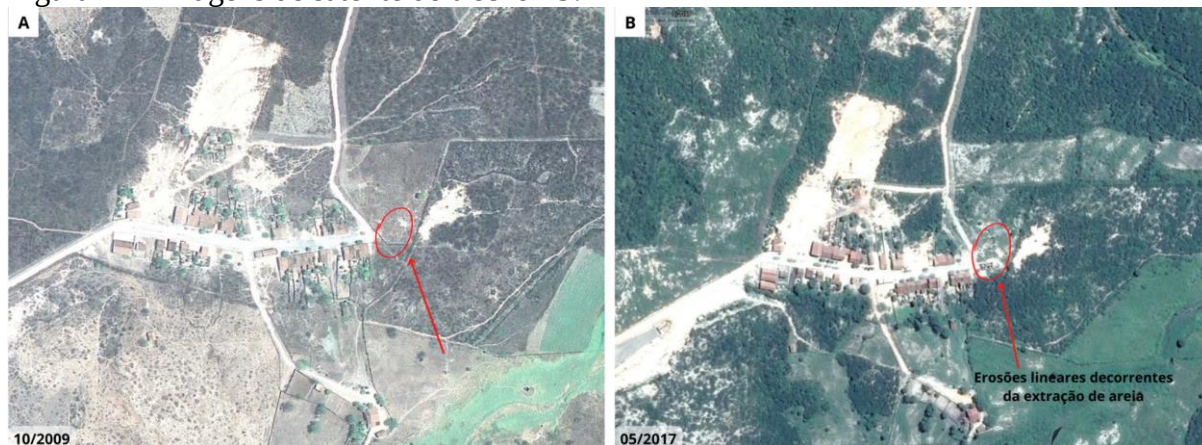
Desse modo, considerando a relevância do alto curso do Rio Piancó para o Estado da Paraíba, é fundamental que sejam elaborados diagnósticos ambientais referentes à condição de fragilidade a que estes canais fluviais estão expostos. Pois, a preservação das nascentes do

Rio Piancó garante, não só a qualidade ambiental da natureza, mas também a qualidade de vida dos habitantes da região, sobretudo, dos que dependem das águas do rio para as práticas agrícolas e criação de animais.

5.4.4 Desmatamento para a extração de areia

Finalmente, os processos erosivos encontrados no trecho P9, segundo moradores locais, são decorrentes da extração de areia destinada à aterros e construção civil no Sítio Umbuzeiro. Portanto, foi identificado que a remoção da vegetação para a extração da areia ocorreu entre o ano de 2010 e 2011, de modo que a Figura 47A mostra que no ano de 2009 a área ainda evidenciava a presença da cobertura vegetal. Esta intervenção humana provocou a atuação de processos erosivos lineares superficiais em sulcos e ravinas, de tal forma, que sua extensão tem aumentado ao longo dos anos (Figura 47B).

Figura 47 - Imagens de satélite do trecho P9.



Fonte: Google Earth.

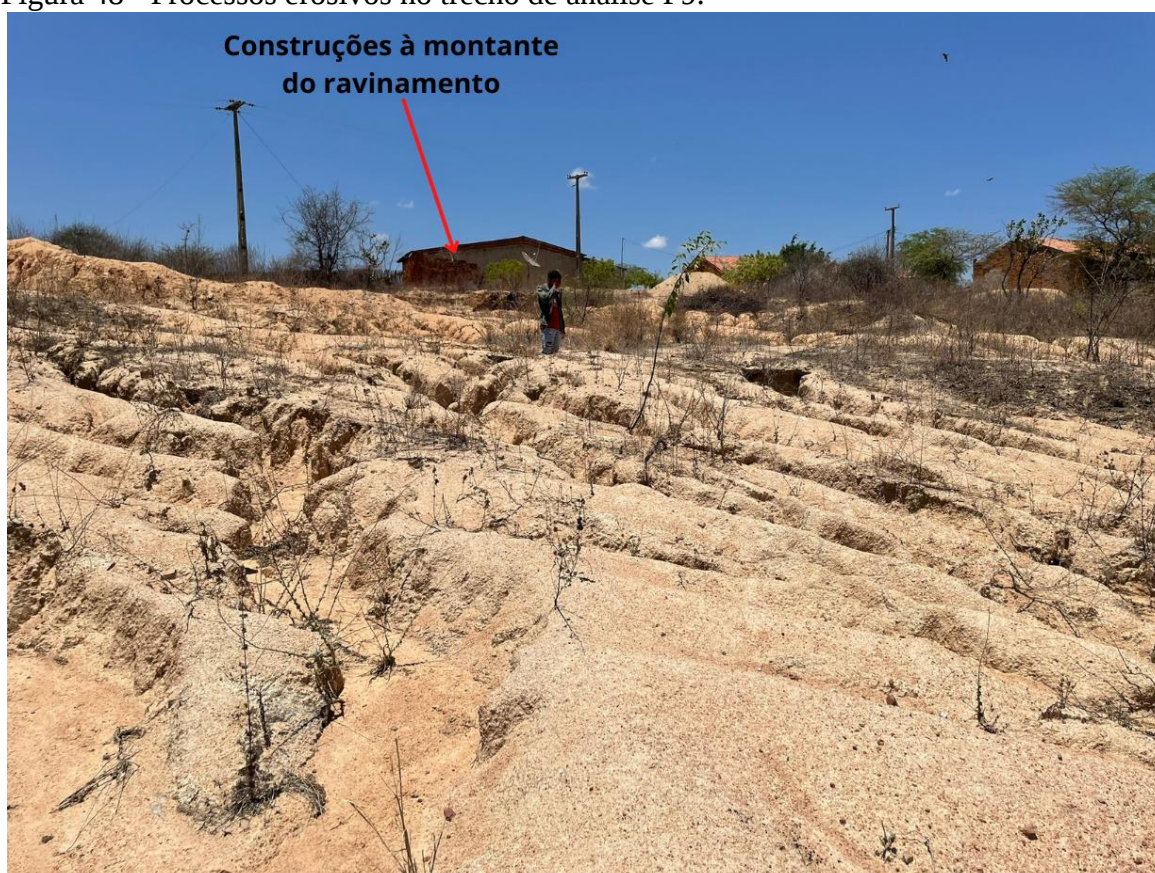
O P9 está localizado em compartimento geomorfológico similar aos trechos P7 e P8, sendo possível observar a presença de cursos d'água no canto inferior direito das imagens da Figura 47. Dessa maneira, os materiais desagregados e erodidos nos morros de topos convexos são deslocados encosta abaixo e depositados nas planícies fluviais mais próximas, podendo ocasionar o assoreamento do canal fluvial.

Neste trecho foi identificada a ação do escoamento concentrado que provocou o surgimento da erosão em sulcos e ravinas sob solo com características de friabilidade elevada. Portanto, a supressão da vegetação, associada a remobilização do solo, desencadeou um processo severo de ravinamento que, segundo moradores, está aumentando tanto para a

jusante quanto para a montante. Além disso, a alteração na dinâmica dos processos superficiais modeladores do relevo pode corroborar para o surgimento de voçorocamento, que pode aparecer mesmo onde o gradiente das encostas se expressa relativamente baixo (IBGE, 2009).

A Figura 48 apresenta a paisagem do P9 com dissecações caracterizadas por alta densidade de incisões, resultantes, predominantemente, da atuação da erosão pluvial sob a forma de escoamento concentrado.

Figura 48 - Processos erosivos no trecho de análise P9.



Fonte: Autora, outubro de 2022.

Ainda é possível constatar na que há atuação humana sobre os processos erosivos, de modo que se pode verificar a construção de casas a montante, cerca de 3 metros de distância, do início do ravinamento. Vale salientar que o material utilizado para a construção das casas, associado ao aumento da topografia e declive da edificação em relação à superfície do terreno, potencializam a ação do escoamento superficial, o que afetará novamente a dinâmica da erosão, podendo, portanto, acelerar e intensificar a ação os processos erosivos na área.

Diante disso, como resultado das práticas de desmatamento, a atuação dos processos erosivos identificados no P9 acarretam a degradação ambiental da área, de forma que

originam conflitos ambientais, uma vez que habitantes locais relataram preocupação com a ampliação das áreas erodidas. Portanto, considerando a proximidade da atuação erosiva com as casas do povoado Sítio Umbuzeiro, torna-se urgente o fomento em pesquisas e estratégias a fim de reduzir, controlar ou interromper a erosão com a finalidade de promover a preservação da natureza, bem como viabilizar a qualidade de vida da população e mitigar possível acentuação de conflitos ambientais na região.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ocupação do sertão paraibano está atrelada ao desenvolvimento das atividades agrícolas e pecuárias, bem como a abertura de estradas, com a finalidade de promover a consolidação do comércio e circulação de produtos entre os Estados Nordestinos. No alto curso do Rio Piancó, o histórico das transformações no meio social incorporou novas dinâmicas às paisagens da área, de forma que, atualmente, ocorre a partir da introdução da monocultura de batata doce e da produção de carvão vegetal. Um reflexo dessas interações pode ser identificado com a concentração da produção do carvão vegetal na porção oeste da bacia, cujo relevo acidentado de topos convexos abarca vegetação de caatinga densa. Em razão disto, este trecho apresenta manchas degradadas ou propensas à degradação. Desta forma, enfatiza-se a necessidade em considerar o tempo e os mecanismos da natureza local, a fim de garantir o uso dos solos de forma a não degradar o ambiente.

Na contextualização sobre o desmatamento no Alto Piancó, foi identificado que os setores centro-norte, leste e sul da bacia, apresentaram maior incidência da degradação ambiental, a qual está associada ao desenvolvimento da urbanização e expansão das áreas rurais e da produção agropecuária. Esses fatores contribuíram para a supressão da cobertura vegetal densa, que funciona como proteção natural do ambiente, perante a ação dos agentes exógenos. Desta forma, as consequências desse processo envolvem, principalmente, a redução de espécies arbóreas e da diversidade vegetal, bem como o aumento do solo exposto, da atuação dos processos erosivos, e perdas significativas da qualidade ambiental.

Portanto, nos trechos em que os usos são direcionados, sobretudo, para as práticas agrícolas e a criação de animais, sob diferentes compartimentos da bacia, verificou-se a presença preponderante de processos erosivos lineares de fluxos superficiais. O P1, P2, P3 e P5 estão associados ao desmatamento para as atividades agropecuárias e apresentaram erosão superficial com formação de sulcos e ravinas, além da ocorrência de erosão laminar. O P6, sob a respectiva categoria de uso, em decorrência das características do relevo, apresentou exclusivamente a ocorrência de erosão laminar. Esses processos erosivos corroboram para a perda dos nutrientes do solo, o que desfavorece as práticas de uso da terra e dificultam a recuperação do ambiente.

O P4 está ligado, sobretudo, ao desmatamento para a produção do carvão vegetal, cujas características do relevo de morros convexos em altitude elevada e declives acentuados, apresentou a ocorrência de processos erosivos superficiais em sulcos e erosão subsuperficial

com a presença de túneis erosivos em caráter de voçorocamento. Os trechos P7 e P8 estão associados ao desmatamento no entorno de estrada rural, de forma que, no P7, foi identificada a atuação dos processos erosivos sob fluxos em subsuperfície, corroborando para a instabilidade da superfície do solo e, conseqüentemente, para o solapamento do mesmo. Tanto no P7 quanto no P8, foram observados fluxos superficiais em formação de sulcos e ravinas que, ao longo do tempo, têm aumentado sua extensão em área. Além disso, nas proximidades desses trechos, há a presença de casas e escolas abandonadas, demonstrando o grau de insalubridade do ambiente neste setor da bacia.

O P9 está situado próximo ao povoado Sítio Umbuzeiro, de modo que os processos erosivos lineares superficiais em caráter de ravinamento surgiram a partir do desmatamento para a extração da areia, a qual é destinada para a construção civil. Os processos erosivos apresentam crescimento progressivo tanto para a jusante quanto para a montante, cuja acentuação da dinâmica erosiva é motivo de preocupação para os habitantes locais. Dessa maneira, é relevante apontar que os trechos analisados se encontram próximos aos cursos fluviais e corpos d'água, de modo que em alguns trechos, como no P2, P4 e P5, foi possível identificar o processo de assoreamento dos corpos hídricos.

Em suma, a avaliação do contexto de uso das terras em comparação à análise espacial da cobertura vegetal, a partir da aplicação do índice de vegetação SAVI, possibilitou identificar a dinâmica da distribuição dos processos degradacionais do ambiente. Foi verificado, nas pesquisas em campo, que os trechos com degradação ambiental em estágios mais severos, apresentando processos com características de desertificação, estão associados principalmente: ao uso cumulativo dos solos para a agropecuária ao longo do tempo histórico; às novas formas de uso da terra incorporadas na área, como o incentivo a produção de carvão vegetal que promove o desmatamento generalizado da caatinga, bem como da monocultura de batata doce que favorece a lixiviação do solo; e, a retirada da vegetação para a extração de areia destinada à construção civil, ocasionando aceleração da erosão superficial.

Vale salientar que a atuação dos processos erosivos nas áreas em processo de degradação não ocorre através de um único fator, no entanto a análise proposta pela presente pesquisa visa identificar os trechos em que o desmatamento foi o agente motivador que originou ou acentuou os processos degenerativos da natureza. Nesse ínterim, o conhecimento e a interpretação sobre o desenvolvimento e dinâmica dos processos naturais, em especial os que modelam o relevo terrestre, é indispensável para se pensar a adequação sobre as intervenções da sociedade na natureza do semiárido. Um exemplo de proposta a fim de atenuar a erosão é discutida em Sun *et al* (2019), que consiste na introdução de manchas de

vegetação a fim de obstruir ou retardar o escoamento superficial, cuja criação de heterogeneidade na paisagem auxilia o aumento da infiltração e aprisionamento de sedimentos, de modo a contribuir para a preservação do solo e perdas de água.

Assim, a intensificação e ampliação dos processos erosivos no Alto Piancó pode causar o arrasamento de áreas em seu sentido produtivo, cujas consequências da ruptura harmônica entre a existência humana e a natureza, pode alterar e/ou extinguir os modos de vida da população, além de corroborar para o aparecimento de terras abandonadas. Esta situação diz respeito a um colapso dos recursos naturais, em especial, sobre os nutrientes e condições que o solo tem a oferecer para o desenvolvimento dos ecossistemas.

Além das propostas a fim atenuar os processos erosivos, é pertinente fomentar a reflexão acerca dos meios utilizados para a exploração dos recursos naturais. Considerar as questões ambientais na formulação de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável das áreas aptas ao uso das terras configura uma alternativa prioritária e elementar na garantia de um ambiente salubre para a fauna, flora, corpos e cursos hídricos, e à própria qualidade de vivência da população. Esta postura parte da concepção de que as atividades socioeconômicas ocorram de maneira menos agressiva e predatória, de modo que sejam harmonicamente incorporadas às dinâmicas da natureza, garantindo, portanto, o desenvolvimento da sociedade e a qualidade ambiental.

Nesse sentido, a construção de projetos de planejamento e gestão ambiental, quando executadas em diálogo com as comunidades locais, viabiliza a reformulação e garantia das formas de uso dos recursos naturais com: a implementação de modelos econômicos baseados no desenvolvimento sustentável no alto curso do Rio Piancó; a fiscalização e aplicação da legislação ambiental na punição de crimes ambientais; bonificação para produtores rurais que contribuem com a preservação do meio ambiente; criação de unidades de conservação ambiental com foco em setores de alta biodiversidade; promoção de políticas públicas de reflorestamento de espécies nativas e repovoamento de animais nas áreas degradadas; participação das instituições públicas e privadas, bem como o envolvimento da população local, no desenvolvimento de ações para a preservação ambiental; entre outras alternativas.

Desse modo, a atuação dos processos erosivos, associada à avaliação sobre o histórico de usos da terra e à análise espacial da cobertura vegetal, permitiu a elaboração de um diagnóstico introdutório sobre o cenário da degradação ambiental em trechos distribuídos na bacia. Portanto, este estudo desempenhou a produção de dados básicos referentes à distribuição de processos degenerativos da natureza que se configuram em problemáticas

ambientais, de modo que possa contribuir com a realização de futuras pesquisas no alto curso do Rio Piancó.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. O domínio morfoclimático das caatingas brasileiras. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, **Geomorfologia**, n. 43, 1974.
- AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Bacias Hidrográficas do Estado da Paraíba**, GeoPortal Aesa (mapas). Disponível em: <<http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/mapas.html> >
- ALMEIDA, J. A. **A Paraíba e seus problemas**. Editora União, 1980.
- ANA. Reservatórios do Semiárido Brasileiro: Hidrologia, Balanço Hídrico e Operação. Agência Nacional de Águas, Anexo B, Brasília-DF, 2017.
- ANA. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu**. Relatório técnico da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, Brasília-DF, 2016.
- ARECO, A. M. B. Sistemismo x dialética: uma questão de diferenciação de propostas. **Transinformação**, v. 1, n. 2, 1989.
- ARRUDA, A. J. R. **Identificação e Análise dos Impactos Ambientais Causados Pela Rodovia PB-400: trecho de Conceição-PB a Santa Inês-PB**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal-PB, 2017.
- ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DA PARAÍBA. **Emancipação dos Municípios**. João Pessoa-PB. Disponível em: <http://www.al.pb.leg.br/espaco-do-cidadao/emancipacao-dos-municipios>
- BANDEIRA, T. V.; CRUZ, M. L. B. Estudo da cobertura vegetal do município de Guaiuba/CE com base na utilização dos índices de vegetação SAVI e NDVI. **Geosul**, v. 36, n. 78, p. 410-433, 2021.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1975.
- BRACKEN, L. J.; WAINWRIGHT, J. Equilibrium in the balance? Implications for landscape evolution from dryland environments. **Geological Society**, London, Special Publications, v. 296, n. 1, p. 29-46, 2008.
- BRADY, N. C.; WEIL, R.R. **Elements of the nature and properties of soils**. Prentice Hall, 3ª ed., New Jersey, 2013.
- BRASIL. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. Secretaria de Recursos Hídricos, Universidade Federal da Paraíba, Brasília-DF, 2007.

CARVALHO, M. G. R. F. **Estado da Paraíba: Classificação Geomorfológica**. Editora Universitária/UFPB, João Pessoa-PB, 1982.

CASTILLO, C.; GÓMEZ, J. A. A century of gully erosion research: Urgency, complexity and study approaches. **Earth-Science Reviews**, v. 160, p. 300-319, 2016.

CONCEIÇÃO, PB ONLINE. Conceição no Estado da Paraíba: 4º lugar no Brasil na produção de batata doce. Jornal local **Conceição PB Online**, 2021. Disponível em <https://www.conceicaoopbonline.com/2013/10/conceicao-no-estado-da-paraiba-esta-em.html>

CONTI, J. B. Geografia e paisagem. **Ciência e Natura**, v. 36, p. 239-245, 2014.

CORRÊA, A. C. B.; *et al.* Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, 31 (1/2), p. 35-52, São Paulo, 2010.

CORREIA, V. F. L. **A probabilidade das práticas agrícolas desenvolvidas no sítio Maria Soares, município de Conceição-PB**. Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia, Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras-PB, 2014.

CPRM. **Geologia e Recursos Minerais da Folha Fronteiras SB.24-Y-C-III**. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB), Serviço Geológico do Brasil, Teresina-PI, 2017.

CPRM. **Jaguaribe SE: folha SB.24-Z: estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco**. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Rio de Janeiro-RJ, 2000.

DANIEL, E.; *et al.* Implicações do uso do solo na ocorrência de feições erosivas em São Pedro (SP). **Derbyana**, v. 42, 2021.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 5ª ed., Brasília-DF, 2018.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **State of the World's Forests**. Internacional Year of Forests, Rome, 2011.

FILHO, F. T. de M. **Identificação e análises dos modelos de extração de areia no Rio Piancó e seus impactos ambientais**. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Pombal-PB, 2019.

FILHO, P. A.; QUARESMA, C. C. Ação antrópica sobre as escalas temporais dos fenômenos geomorfológicos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.12, nº3, p.83-90, 2011.

FIORILLO, C. A. P. **Curso de Direito Ambiental Brasileiro**. Rev. ampl. e atual em face da Rio+20 e do novo “Código” Florestal, 14 Ed., Saraiva, São Paulo-SP, 2013.

FORMIGA, M. M. M. Nas veredas do sertão colonial: o processo de conquista e a formação de elites locais no sertão de Piranhas e Piancó (Capitania da Parahyba do Norte, c. 1690-c. 1772). **Anais do III Seminário Internacional História e Historiografia**, X Seminário de Pesquisa do Departamento de História, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2012.

GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. B. A contribuição da geomorfologia para o planejamento da ocupação de novas áreas. **Revista de Geografia**, v. 21, n. 2, p. 36-58, 2004.

GUEDES, P. H. M. Q. **A colonização do sertão da Paraíba: agentes produtores do espaço e contatos interétnicos**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba (PPGG/UFPB), João Pessoa-PB, 2006.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. Degradação dos solos – abordagens teóricas e estudos de casos, ao longo de 25 anos (1994–2019), no âmbito do lagesolos. **Humboldt-Revista de Geografia Física e Meio Ambiente**, v. 1, n. 2, 2021.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Bertrand Brasil, 2006.

GUERRA, A. J. T.; *et al.* **Erosão e conservação de solos: conceitos, temas e aplicações**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2010.

HUGGETT, R. J. **Fundamentals of Geomorphology**. Routledge, Fourth Edition, New York, 2017.

IBGE. **Pesquisa de Extração Vegetal e Silvicultura**. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama>

IBGE. **PIB per capita**. IBGE em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA). 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017** - Resultados definitivos. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/24/76693>

IBGE. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias**. Coordenação de Geografia, Rio de Janeiro-RJ, 2017a.

IBGE. **Censo Brasileiro de 2010**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro-RJ, 2010.

IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2 ed. Rio de Janeiro-RJ, 2009.

IBGE. **Banco de Dados e Informações Ambientais**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais.html>

JUNIOR, L. M. C.; *et al.* Avaliação do uso do solo e dos recursos florestais no semiárido do estado da Paraíba. **Ciência Florestal**, v. 30, p. 72-88, 2020.

LIMA, K. C. L. de S; *et al.* Caracterização dos recursos hídricos do município de Conceição – PB: as políticas de acesso à água. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 416-425, 2016.

LIMA, M. B. de M. **A importância do uso de veículos aéreos não tripulados para a recuperação de áreas degradadas**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Brasília, 2018.

LOPES, P. L. **Avaliação do escoamento superficial da bacia do rio Piancó utilizando o modelo NAVMO**. Dissertação de Mestrado, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba Campus II, Campina Grande-PB, 1994.

LOURENÇO, A. V. A importância da pesquisa qualitativa como ferramenta para os estudos sobre gestão ambiental: reflexões a partir de análise no Porto do Rio Grande-RS. In: **Pesquisa Qualitativa: aplicações em Geografia**, Imprensa Livre, Porto Alegre-RS, 2017.

LUETZELBURG, P. **Estudo Botânico do Nordeste**. Ministério da Viação e Obras Públicas, pub. 57, Sér. I, A, Rio de Janeiro-RJ, 1922/1923.

MACEDO, A. V. **Análise dos impactos ambientais no alto curso do Rio Piancó no município de Conceição-PB**. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras-PB, 2014.

MAIA, F. K.; *et al.* Idiosincrasias do sistema sesmarial no semiárido nordestino: visões, (di)visões e conformações da estrutura agrária e social. **Revista Brasileira de Sociologia**, v. 8, n. 18, p. 52-82, 2020.

MEDEIROS, V. M. **Avaliação de componente arbustivo-arbóreo de áreas de caatinga em diferentes estágios sucessionais**. Monografia (Graduação em Agronomia) pela Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2019.

MOHSENI, N.; HOSSEINZADEH, S. R.. Consequence of interaction between soil erosion processes and dryland landforms. **Sustainable Earth Review**, v. 1, n. 4, p. 13-20, 2021.

MORAES, A. P. da C. P. de. O Sertão dos Rios Piranhas e Piancó na rede dos caminhos dos sertões “ermos” do Norte, século XVIII. **XXVII Simpósio Nacional de História**, Natal-RN, 2013.

MORAIS, L. D. de. **O algodão arbóreo no semiárido: o papel da pesquisa agropecuária pública no Vale do Piancó-Estado da Paraíba**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (UnB), Brasília-DF, 2010.

MORAIS, Y. B. **Nos mares de terras: o bando dos conquistadores e a dinâmica social na povoação do Piancó, Capitania da Paraíba do Norte (c. 1700–c. 1760)**. Monografia para graduação de licenciatura em História, Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras-PB, 2016.

MORAIS, Y. B.; LACERDA, L. D. M. Viver, possuir e morrer no sertão do Piancó (Capitania da Paraíba, século XVIII). **História Unicap**, v. 7, n. 13, p. 73-90, 2020.

MOREIRA, E. de R. F. Evolução do processo de ocupação do espaço paraibano. **Textos UFPB/NDIHR Nº 24** - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 1990. Disponível em: <http://www.ndihr.ufpb.br/programa/processo_de_ocupacao.html>

MOREIRA, E. de R. F.; *et al.* Estruturação do território municipal paraibano: na busca das origens. **Cadernos do Logepa**, Série Texto Didático, v. 2, p.81-93. João Pessoa-PB, 2003.

MOREIRA, E. de R. F., TARGINO, I. **Capítulos de geografia agrária da Paraíba**. Editora Universitária da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa-PB, 1996.

MORIN, E. **Ciência com Consciência**. Bertrand Brasil, 8ª ed., Rio de Janeiro-RJ, 2005.

NETO, M. M. N. **Produção de Carvão Vegetal no Município de Cachoeira dos Índios-PB**. Monografia (Graduação de Licenciatura em Geografia) pelo Centro de Formação de Professores da Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras-PB, 2016.

NUNES, J. O. R.; *et al.* A influência dos métodos científicos na Geografia Física. **Terra Livre**, v. 2, n. 27, p. 121-132, 2006.

OLIVEIRA, M. G.; SUERTEGARAY, D. M. A. Processos Geomorfológicos na Evolução da Paisagem/Geomorphological Processes in Landscape Evolution. **Revista FSA (Centro Universitário Santo Agostinho)**, v. 11, n. 2, p. 211-233, 2014.

PEREIRA, J. D. A.; *et al.* Uso do sensoriamento remoto para monitoramento da redução das águas do complexo curema-mãe d'água. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 13954-13966, 2020.

PEREIRA, M.G.; *et al.* Formação e caracterização de solos. In: **Formação, classificação e cartografia dos solos**. Organizador: Tulio L., Atena Editora, p. 1-20, Ponta Grossa-PR, 2019. Doi: 10.22533/at.ed.3481923091

PETERSEN, J. F.; *et al.* **Fundamentos de geografia física**. Cengage Learning Edições Ltda., 2014.

PHILLIPS, J. D. Nonlinear dynamical systems in geomorphology: revolution or evolution?. **Geomorphology**, v. 5, n. 3-5, p. 219-229, 1992.

RODRIGUES, A. C. L.; *et al.* Influência dos reservatórios a montante do sistema Coremas-Mãe D'água no processo de outorga na bacia hidrográfica do Rio Piancó-PB. **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2009.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. Contexto, 8 Ed. São Paulo-SP, 2010.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do departamento de Geografia**, v. 6, p. 17-29, 1992.

ROSSATO, M. S.; SUERTEGARAY, D. M. A. A pesquisa no ensino de Geografia como possibilidade de diálogos trans e interdisciplinares. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 18, n. 2, p. 57-76, 2014.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. Oficina de Textos, 2ª Ed., São Paulo-SP, 2013.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. Editora da Universidade de São Paulo, 4ed., São Paulo-SP, 2006.

SILVA, J. V. F. **Uso, ocupação e erosão dos solos: um estudo sobre erosão laminar na bacia hidrográfica do ribeirão Douradinho, no Triângulo Mineiro**. Dissertação de Mestrado, Uberlândia-MG, 2021.

SILVA, M. F. da S. **Desertificação: causas e consequências no semiárido paraibano**. Artigo apresentado à conclusão de Graduação de Licenciatura em Geografia na modalidade à distância pela Universidade Estadual da Paraíba. Pombal-PB, 2014. Dissertação de Mestrado, Uberlândia-MG, 2007.

SIMÕES, Â. S. L.; SAPETA, A. P. G. A. Entrevista e observação: instrumentos científicos em investigação qualitativa. **Investigación Cualitativa**, v. 3, n. 1, p. 43-57, 2018.

SOARES, D. B.. **Degradação ambiental no semiárido pernambucano: contribuição ao estudo da desertificação**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 2012.

SOUSA, R. F.; *et al.* Estudo da evolução espaço-temporal da cobertura vegetal do município de Boa Vista-PB, utilizando geoprocessamento. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 3, 2008.

SOUZA, A. S.; FURRIER, M. Técnicas de mapeamento geomorfológico aplicadas em escala de detalhe. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 1, 2019.

SUERTEGARAY, D. M. A. Epistemologia e autonomia da geografia brasileira aplicadas à análise das dinâmicas da paisagem?. **Geografia**, v. 44, n. 1, p. 159-171, 2019.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia e ambiente: desafios ou novos olhares. **Revista Mato-Grossense de Geografia**, v. 17, n. 1, 2014.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia, Ambiente e Território. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, vol. 17, núm. 3, p. 128-144, Sobral-CE, 2015.

SUERTEGARAY, D. M. A.. Espaço geográfico uno e múltiplo. **Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y ciencias sociales**, v. 5, n. 79-104, 2001.

SUN, W.; *et al.* Landscape patches influencing hillslope erosion processes and flow hydrodynamics. **Geoderma**, v. 353, p. 391-400, 2019.

SUTFIN, N. A.; *et al.* A geomorphic classification of ephemeral channels in a mountainous, arid region, southwestern Arizona, USA. **Geomorphology**, v. 221, p. 164-175, 2014.

TRAVASSOS I. S.; SOUZA, B. I. Solos e desertificação no sertão paraibano. **Cadernos do Logepa**, v. 6, n. 2, p. 101-114, 2011.

TRAVASSOS, I. S.; *et al.* Extrativismo vegetal e desertificação no município de Conceição (PB). **XV Encontro Nacional de Geógrafos**, São Paulo, 2008.

UNCCD. UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION – Convenção das Nações Unidas para o Combate à Seca. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1803tstissuesdlldd.pdf>

VALERIANO, M. M. Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)**, São José dos Campos, 2008.

VIDALETT, S. F. **Caracterização dos atributos químicos e físicos de solos em diferentes sistemas de manejo no município de Conceição-PB**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande, Patos-PB, 2018.

VITTE, A. C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na Geografia Física. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, vol. 6, núm. 11, p. 71-78, Fortaleza-CE, 2007.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, v.1, n.36, p. 126-142, 2014.