UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

ANDERSON VASCONCELLOS AMARAL

**As paisagens de Canaã dos Carajás (PA) – análise e evolução da paisagem na
fronteira agropecuária e minerária**

(versão corrigida)

São Paulo
2021

ANDERSON VASCONCELLOS AMARAL

**As paisagens de Canaã dos Carajás (PA) – análise e evolução da paisagem na
fronteira agropecuária e minerária**

(versão corrigida)

Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa de Geografia Física do Departamento de
Geografia da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de mestre em Ciências.

Área de concentração: Paisagem e Planejamento

Orientadora: Dra. Sueli Angelo Furlan

São Paulo
2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

A485p Amaral, Anderson Vasconcellos
 As paisagens de Canaã dos Carajás (PA) – análise e
 evolução da paisagem na fronteira agropecuária e
 minerária / Anderson Vasconcellos Amaral; orientador
 Sueli Angelo Furlan – São Paulo, 2021.
 172 f.

Dissertação (Mestrado)– Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da Universidade de São
Paulo. Departamento de Geografia. Área de
concentração: Geografia Física.

1. Amazônia. 2. Mineração. 3. Ecologia da
Paisagem. 4. Rodovias. 5. Canaã dos Carajás. I.
Furlan, Sueli Angelo, orient. II. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS

ENTREGA DO EXEMPLAR CORRIGIDO DA DISSERTAÇÃO/TESE

Termo de Ciência e Concordância do (a) orientador (a)

Nome do (a) aluno (a): Anderson Vasconcellos Amaral

Data da defesa: 16/03/2021

Nome do Prof. (a) orientador (a): Sueli Angelo Furlan

Nos termos da legislação vigente, declaro **ESTAR CIENTE** do conteúdo deste **EXEMPLAR CORRIGIDO** elaborado em atenção às sugestões dos membros da comissão Julgadora na sessão de defesa do trabalho, manifestando-me **plenamente favorável** ao seu encaminhamento e publicação no **Portal Digital de Teses da USP**.

São Paulo, 16 /05 /2021

(Assinatura do (a) orientador (a))

Nome: AMARAL, Anderson Vasconcellos

Título: As paisagens de Canaã dos Carajás (PA) – análise e evolução da paisagem na fronteira agropecuária e minerária.

Dissertação apresentada ao Programa de Geografia Física do Departamento de Geografia da Faculdade Filosofia Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências – Área: Geografia Física.

Aprovado em: 16 de março de 2021.

Banca Examinadora

Profa. Dra. Sueli Angelo Furlan (Presidente e Orientadora)

Instituição: Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas (FFLCH – USP)

Prof. Dr. Mateus Batistella (Titular)

Instituição: Universidade de Campinas (UNICAMP)

Resultado: Aprovado

Prof. Dr. Ricardo Sartorello (Titular)

Instituição: Universidade de Mogi das Cruzes (UMC)

Resultado: Aprovado

Dr. Waldir Wagner Campos de Souza (Titular)

Instituição: Pesquisador Independente

Resultado: Aprovado

Dedico esse trabalho às duas mulheres da minha vida, minha mãe Eulália, e minha esposa, Flávia. Suas trajetórias de vida, seus valores, o apoio e o amor compartilhado entre nós cotidianamente me trouxeram até aqui. Que o impacto dessa pesquisa, não importa o tamanho que venha a ter, transmita o amor que vocês têm pelo ser humano. Minha humanidade tem origem em vocês.

Meus sinceros agradecimentos,

à querida orientadora Prof.^a Dra. Sueli Angelo Furlan. Obrigado pela dedicação, pela paciência, pelos incentivos. De longa data, sua maneira aberta e empolgante, inclusive com as novas ideias que levamos e com respostas da pesquisa centrada no pesquisador, são mobilizadoras para uma pesquisa dinâmica e formação abrangente;

aos membros da banca de qualificação, Prof.^a Dra. Sylmara Lopes F. Gonçalves Dias (EACH-USP) e Prof. Dr. Ricardo Sartorello (UMC), pelos valiosos apontamentos e orientações;

ao amigo e geógrafo Diego Pinheiro de Menezes. Especial agradecimento pela indicação do artigo dos padrões viários amazônicos que definiu essa pesquisa, pelas orientações das possíveis armadilhas metodológicas, pelas muitas horas de trocas e de apoio a respeito dos encaminhamentos técnicos e da produção de dados;

ao Prof. Dr. Ricardo Sartorello e ao LabMap do Núcleo de Ciências Ambientais da UMC (Universidade Mogi das Cruzes) pelo apoio com na infraestrutura e troca na de dados;

aos colegas e excelentes geógrafos do Laboratório de Biogeografia da USP: Edson Alves Filho, Giorgia Limnios, Marcelo Hideki Yamane e Waldir Wagner Campos de Souza por compartilharem suas experiências de pesquisa, habilidades e ajudas diversas, muitas vezes em horas impróprias;

ao Jânio Marcos Rodrigues pela incansável ajuda e pelas orientações técnicas e cartográficas de longa data;

ao Pedro Victor Melo, da agência de turismo *Cooperture* Carajás, pela incomensurável dedicação e apoio no trabalho de campo;

à Vossa Excelência Jeová Gonçalves de Andrade, prefeito de Canaã dos Carajás, pela pronta disponibilidade, contatos e audiência;

ao pioneiro Sr. Raimundo Maia da Silva pelo compartilhamento de história de vida e receptividade;

ao caro amigo Luiz Leal pelas primorosas correções de texto e por estar sempre disponível a ajudar,

ao Prof. Dr. Paschoal Ernesto Américo Senise (IQ-USP) *in memoriam*, por ter, desde minha infância, me incentivado aos estudos. Posteriormente, na vida adulta, pelas longas conversas acerca dos rumos da universidade e da política que, contemporaneamente, fazem ainda mais sentido. Sua voz ecoa diariamente em minha formação e, por fim,

à Universidade de São Paulo, pela continuidade de minha *alma mater* acadêmica, por sua condição de Universidade pública e de elevada excelência, pela valorização da Ciência como bem à sociedade democrática.

Carro de Boi

Que vontade eu tenho de sair
Num carro de boi ir por aí
Estrada de terra que
Só me leva, só me leva
Nunca mais me traz
Que vontade de não mais voltar
Quantas coisas eu vou conhecer
Pés no chão e os olhos vão
Procurar, onde foi
Que eu me perdi
Num carro de boi ir por aí
Ir numa viagem que só traz
Barro, pedra, pó e nunca mais

Autoria: Maurício Tapajós e Cacaso

RESUMO

A pesquisa analisa a transformação da paisagem do município de Canaã dos Carajás, no Estado do Pará, no período de 1984 a 2019, considerando a expansão e a tipologia viária com as transformações de uso e de cobertura da terra. Referenciados nos conceitos de fronteira no contexto da Amazônia Legal, de *driver* viário e fragmentação da paisagem pela Ecologia da Paisagem e o conceito de arena pela Nova Economia Institucional, foram conduzidos três estudos quantitativos e um qualitativo sobre o município, que teve suas principais transformações territoriais impulsionadas pela agropecuária e pela mineração, em especial as atividades mineradoras de Sossego e S11D, esta última considerada a maior infraestrutura de mineração de ferro do mundo. Compõem a metodologia quantitativa: a análise dos dados de uso e cobertura da terra gerados pelo Projeto Mapbiomas, a aplicação de modelagem de mistura espectral sobre as imagens Landsat 5 e 8 para obtenção dos dados de Substrato, Vegetação e Matéria Escura (SVD) e a digitalização de instalação da infraestrutura viária por cada período. As rodovias foram analisadas com base no padrão da arquitetura viária conhecida e, somadas às outras formas viárias, foram classificadas em duas categorias: estruturantes e derivadas. A análise qualitativa da arena minerária foi feita com base na análise da Compensação Financeira pela Extração de Recursos Minerais (CFEM), nas principais leis e decretos incidentes ao município e sua região e na análise de conteúdo sobre documentos como o desenho de conservação da criação do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (PNCF), o Plano de Manejo do PNCF, o Plano Diretor Municipal, o Programa de Regularização Fundiária Municipal e outros. Os dados cruzados da expansão viária e desmatamento mensurado pelo Mapbiomas indicam que, para cada 1 km de via aberta no período, foram desmatados 1,4 ha de floresta. Dois dos seis padrões viários de referência foram encontrados: o padrão radial (urbano) e o padrão retangular (agropecuária comercial). Os fragmentos de vegetação mensurados pela análise de mistura espectral indicam recomposição da vegetação nas áreas protegidas e nas destinadas à compensação ambiental, além de maiores perdas de vegetação na área urbana e de pecuária e menores nas áreas que são anteriores à emancipação municipal e que se destinaram a Projetos de Assentamento pelo Centro de Desenvolvimento Regional (CEDERE). A combinação temporal das imagens geradas pela análise de mistura espectral indicou três importantes momentos de alteração da fronteira, inclusive um movimento de recuo ou tensionamento devido à atividade minerária. Na arena minerária, Canaã dos Carajás figura entre os maiores contribuidores da CFEM e tem mobilizado sistematicamente recursos para a organização do território e para a melhoria dos indicadores socioeconômicos. A Companhia Vale tem seus interesses minerários garantidos por regras formais sistematicamente implementadas que se somam à mobilização de seus inovadores recursos tecnológicos extrativos, de pesquisa e de ampliação de infraestrutura e alcance de influência territorial. A recorrência de garimpos ilegais no município, e seus respectivos passivos ambientais de caráter insustentável, indicam a institucionalização de uma prática que envolve diferentes atores da arena.

Palavras-chave: Amazônia. Canaã dos Carajás. Ecologia da Paisagem. Fragmentação Florestal. Infraestrutura viária. Institucionalização. Mineração. Estradas. Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

This research analyzes the transformation of the landscape of the municipality of Canaa dos Carajas, located in the State of Para, during the period from 1984 to 2019. It involves the expansion and the road typology alongside the transformations in the use and coverage of the land. Referenced in the concepts of frontier within the Legal Amazon, transport driver and landscape fragmentation by Landscape Ecology, and the idea of arena by the New Institutional Economy, three quantitative and qualitative studies were conducted in this municipality, which had its major territorial transformations driven towards agriculture and mining, especially the mining activities of Sossego and S11D. The latter is considered the most extensive iron mining infrastructure in the world. The quantitative methodology comprises the analysis of land use and cover, data generated by the Mapbiomas Project, the application of spectral mixture modeling on Landsat 5 and 8 images to obtain Substrate, Vegetation, and Dark Matter (SVD) data, and the digitalization of the road infrastructure installations in each period. The highways were studied based on the pattern of the known road architecture and, added to the other road forms, classified into two categories: structuring and derived. The qualitative analysis of the mining arena was carried out based on the research of the Financial Compensation for the Extraction of Mineral Resources (CFEM), the primary laws and decrees applicable to the municipality and its region, and content analysis on documents such as the conservation design of the creation of the National Park dos Campos Ferruginosos (PNCF), the PNCF Management Plan, the Municipal Master Plan, the Municipal Land Regularization Program, and others. Cross data on road expansion and deforestation measured by Mapbiomas indicate that, for every 1 km of open road in the period, 1.4 ha of forest has been deforested. Two of the six reference road patterns were found: the radial pattern (urban) and the rectangular pattern (commercial agriculture). The vegetation fragments measured by the spectral mixture analysis indicate the recomposition of the vegetation in the protected areas and those intended for environmental compensation. More significant losses of vegetation in the urban and livestock areas, and lesser in the areas that, prior to the municipal emancipation, were intended for the Projects Settlement by the Regional Development Center (CEDERE). The temporal combination of the images generated by the spectral mixture analysis indicated three critical moments of frontier alteration, including a move of recoil, or tensioning, due to the mining activity. In the mining arena, Canaa dos Carajas is among the most significant contributors to CFEM and has systematically mobilized resources for organizing the territory and improving socioeconomic indicators. Companhia Vale has its mining interests guaranteed by formal rules that have been systematically implemented, in addition to the mobilization of its innovative extractive technological resources, research, and expansion of the infrastructure and scope of its territorial influence. The recurrence of illegal mining in the town and its respective environmental liabilities of an environmentally unsustainable character indicates the institutionalization of a practice that involves different players in that arena.

Key words: Amazon. Canaã dos Carajás. Landscape Ecology. Forest Fragmentation. Road infrastructure. Institutionalization. Mining. Roads. Remote Sensing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Área de estudo	19
Figura 2 – Gráfico da variação da área florestal entre 1985 e 2017	21
Figura 3 – Equipamentos de campo.....	27
Figura 4 – Amazônia Legal.....	32
Figura 5 – Desmatamento na Bacia do Rio Xingu em Mato Grosso.....	34
Figura 6 – Períodos e tipos de ocupações na Amazônia brasileira	37
Figura 7 – Efeitos da fragmentação florestal nos fragmentos florestais remanescentes	40
Figura 8 – Reprodução da tabela de métricas utilizadas para compreensão da estrutura da paisagem em Rondônia	42
Figura 9 – Intervenções do estado e mutações dos territórios amazônicos	50
Figura 10 – Polígono dos Castanhais e principais vias em contexto de conflito de terras na região de Marabá em 1985	54
Figura 11 – Carajás II	55
Figura 12 – Vias instalas até 1985 no atual território de Canaã dos Carajás	56
Figura 13– Rede viária por padrão e extensão	60
Figura 14 – Exemplos de padrões da rede viária e fragmentação florestal	61
Figura 15 – Garimpos	64
Figura 16 – Mapa dos pontos coletados em campo apresentados em sequência numérica de coleta	66
Figura 17 – Mapa temático das paisagens de Canaã dos Carajás a partir dos dados coletados em campo	67
Figura 18 – Cidade de Canaã dos Carajás: vista panorâmica	68
Figura 19 – Área rural de Canaã dos Carajás: vista panorâmica.....	68
Figura 20 – Nordeste de Canaã	69
Figura 21 – Vilas.....	70
Figura 22 – Garimpo de ouro exaurido e piscicultura em minifúndio	71
Figura 23 – Cidade de Canaã dos Carajás	72
Figura 24 – Rua Jerusalém	73
Figura 25 – Avenida dos Pioneiros em expansão	74
Figura 26 – Núcleo originário de CEDERE II	75
Figura 27 – Sr. Maia e Escola Municipal Tancredo de Almeida Neves.....	76

Figura 28 – Paisagem da pecuária de corte.....	77
Figura 29 – Agropecuária Umuarama	78
Figura 30 – Estrada em propriedade rural destinada à pecuária	79
Figura 31 – Sudoeste de Canaã: VP-20.....	80
Figura 32 – Assentamento União Américo Santana	81
Figura 33 – Área de Recuperação Ambiental: núcleo PA Cosme Damião	82
Figura 34 – Área de recuperação ambiental: limites e usos	83
Figura 35 – Mozartinópolis	84
Figura 36 – S11D	85
Figura 37 – Terminal de carga S11D - Extensão da E. F. Carajás-Itaqui	86
Figura 38 – Mina Sossego.....	87
Figura 39 – Garimpo Melechete	88
Figura 40 – Garimpo de Cobre de alto teor em atividade	89
Figura 41 – Acampamento Serra Dourada.....	90
Figura 42 – Sequeiro do Félix	91
Figura 43 – Parque Nacional dos Campos Ferruginosos: acesso e usos da terra ...	92
Figura 44 – Nova Jerusalém	93
Figura 45 – Serra da Bocaina: Nova Jerusalém e PNCF	94
Figura 46 – Parque Nacional dos Campos Ferruginosos: cachoeira e caverna	95
Figura 47 – Porteiras fechadas	96
Figura 48 – Porteiras abertas	97
Figura 49 – Estradas da extração	98
Figura 50 – Volte Sempre e Seja bem-vindo.....	99
Figura 51 – Floresta Nacional de Carajás	100
Figura 52 – Estrada de acesso a S11D desde Carajás	101
Figura 53 – Lagoa de campo ferruginoso.....	102
Figura 54 – Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) por município em 2019	106
Figura 55 – Repasse da CFEM e receita do município de Canaã dos Carajás (2004- 2019)	108
Figura 56 – Gráfico de variação da participação das classes Formações naturais e Agropecuária de 1985 a 2018	114
Figura 57 – Gráfico de correlação entre a área de formações naturais e a área da agropecuária de 1985 a 2018.....	114

Figura 58 – Gráfico da variação anual da área urbana e da área não vegetada	115
Figura 59 – Mapa de uso e ocupação da terra em 1985.....	116
Figura 60 – Mapa de uso e ocupação da terra em 1998.....	117
Figura 61 – Mapa de uso e ocupação da terra de 2011.....	118
Figura 62 – Mapa de uso e ocupação da terra de 2017.....	119
Figura 63 – Sequência multitemporal da análise por bi-temporalidade	121
Figura 64 – Mapa da análise de tri-temporalidade por composição (1990-1987-1984)	123
Figura 65 – Mapa da análise de tri-temporalidade por composição (2001-1998-1990)	124
Figura 66 – Mapa das Vias por Classe	126
Figura 67 – Gráfico da extensão por classe de via em 2017	127
Figura 68 – Gráfico do percentual de participação por classe de via em 2017.....	127
Figura 69 – Gráfico da participação das vias estruturantes e derivadas de 1984 a 2017.....	128
Figura 70 – Gráfico da participação da classe da via na expansão viária anual entre 1984 e 2017.....	129
Figura 71 – Mapa das vias por período de instalação.....	130
Figura 72 – Gráfico de correlação entre a expansão da malha viária (km) e a variação das formações florestais naturais (ha) no período de 1985 a 2017.....	131
Figura 73 – Mapa das Vias Estruturantes e Vias Derivadas	133
Figura 74 – Mapa da Densidade por via com base em análise regional por hexágonos	135
Figura 75 – Padrões viários identificados e padrões viários de referência	137
Figura 76 – Regionalização baseada na arquitetura viária	139
Figura 77 – Mapa da variação da área do fragmento da vegetação entre 1984 e 2019.....	140
Figura 78 – Mapa da variação percentual do fragmento da vegetação entre 1984 e 2019.....	141
Figura 79 – Mapa das classes de área de propriedade segundo o Cadastro Ambiental Rural (CAR)	143

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABTD – *Algorithm Theoretical Basis Document*

APP – Área de Preservação Permanente

CA – *Core Area*

CAR – Cadastro Ambiental Rural

CEDERE – Centro de Desenvolvimento Regional

CEPASP – Centro de Educação, Pesquisa, Assessoria Sindical e Popular

CFEM – Compensação Financeira pela Exploração dos Recursos Minerais

CPT – Comissão Pastoral da Terra

CVRD – Companhia Vale do Rio Doce

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

DPSIR – *Drivers-Pressure-State-Impact-Responses*

EEA – *European Economic Area*

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FETAGRI – Federação dos Trabalhadores na Agricultura

FLONA – Floresta Nacional

FUNBIO – Fundo Brasileiro para a Biodiversidade

GETAT – Grupo Executivo de Terras do Araguaia-Tocantins

GNSS – *Global Navigation Satellite System*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

ISA – Instituto Socioambiental

LBA – *Large-Escale Biosphere-Atmosphere Experiment*

MPS – *Mean Patch Size*

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*

NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*

NEI – Nova Economia Institucional

NNDIST – *Nearest Neighbor Distance*

NP – *Number of Patches*

OSCIP – Organização da Sociedade Civil de Interesse Público

PGC – Programa Grande Carajás

PIN – Programas de Integração Nacional

PIX – Parque Indígena do Xingu

PLAND – *Percentage of Landscape*

PNCF – Programa Nacional de Crédito Fundiário

PND – Plano Nacional de Desenvolvimento

PPA – Plano Plurianual

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SPVA – Superintendência do Plano de Valorização da Amazônia

STTRCC – Sindicato dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais de Canaã dos Carajás

SUDAM – Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia

TI – Território Indígena

UC – Unidade de Conservação

UMA – *University of Massachusetts*

USGS – *United States Geological Survey*

VE, VP, VS – Via Vicinal

WWF – *World Wide Fund*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 Objetivo	19
1.2 Procedimentos metodológicos	19
1.2.1 Estudo 1: Uso e cobertura da terra e deslocamento da fronteira	20
1.2.2 Estudo 2: Expansão da arquitetura viária	22
1.2.3 Estudo 3: Arquitetura viária e desmatamento	24
1.2.4 Estudo qualitativo: arena da mineração	26
1.2.5 Trabalho de campo	27
1.3 Forma de análise e resultados	28
2 BASE TEÓRICO-CONCEITUAL	30
2.1 Amazônia legal e o movimento de fronteira	30
2.2 Ecologia da paisagem e os <i>drivers</i> viários	39
2.3 Nova economia institucional e a arena do conflito	44
3 VIAS DE CIRCULAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO DO ESPAÇO AMAZÔNICO	46
3.1 Circulação na Amazônia Ocidental e a contextualização histórico-viária de Canaã dos Carajás na região de Carajás II	50
3.2 Vias não naturais do espaço amazônico pelo viés socioeconômico	56
3.3 Vias não naturais do espaço amazônico pelo viés ecológico: o caso do desmatamento pela arquitetura da rede rodoviária	58
4 PAISAGENS DE CANAÃ DOS CARAJÁS: DADOS DE CAMPO	63
4.1 Síntese das paisagens observadas	103
5 RESULTADOS DOS ESTUDOS DE CASO	104
5.1 Estudo qualitativo: mineração e recursos na arena de Canaã dos Carajás	105
5.1.1 A arena do conflito	109
5.2 Estudo 1: Uso e cobertura da terra e deslocamento da fronteira	113
5.3 Estudo 2: Expansão da arquitetura viária	125
5.4 Estudo 3: Arquitetura viária e desmatamento	130
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	147
REFERÊNCIAS	149
APÊNDICES	154

1 INTRODUÇÃO

Na década de 1970, o Brasil protagonizava o princípio de profunda transformação, de consequências duvidosas, no espaço amazônico. A Amazônia brasileira passou a ser objeto de intensas intervenções estatais que procuraram dar rápido sentido de ocupação e de povoamento àquele quinhão do território. Estradas, projetos agrícolas, hidrelétricas e reservatórios, projetos militares e fronteiriços e, em especial, grandes projetos de mineração passaram a ser os condicionantes e os vetores da ocupação territorial do *heartland ecológico* brasileiro.

Foi assim que surgiu o Programa Grande Carajás (PGC) na província mineral de Carajás, no sudeste do Pará. Inserido no contexto do I e II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) do governo federal (1972-1974; 1975-1979), o programa oficializou as primeiras e maiores transformações da paisagem amazônica.

Desde então, a rápida ocupação da região, impulsionada sobretudo pelo fator mineração, abriu caminho para profundas transformações ambientais, estando o município de Canaã dos Carajás-PA, desmembrado de Parauapebas, no centro dessa gênese (Figura 1).

Canaã dos Carajás foi emancipado em 1994 para atenuar conflitos e desordens fundiárias por conta da mineração na região. Em 2010, o município apresentou a 5ª maior taxa geométrica de crescimento populacional do país, segundo o IPEA. Desde 2004, o projeto “Mina do Sossego” vem extraíndo 390 mil toneladas de cobre por ano, segundo a mineradora Companhia Vale. Em 2017, implantou-se o maior projeto de extração de minério de ferro do mundo – S11D – com estimativa de produzir 90 milhões de toneladas/ano. Em junho de 2017, o Governo Federal decretou a criação da Unidade de Conservação (UC) de proteção integral Parque Nacional dos Campos Ferruginosos sobre o território ambiental da Floresta Nacional de Carajás.

Intensa alteração da paisagem, grandes projetos de extração mineral (Mina Sossego e S11D) em áreas adjacentes e internas a territórios ambientalmente protegidos – Floresta Nacional de Carajás e Parque Nacional dos Campos Ferruginosos –, maiores taxas de crescimento populacional do país, constante expansão agropecuária e urbana, progressão da infraestrutura de circulação e mudanças institucionais são elementos que serão organizados e analisados por essa pesquisa para compreender a relação entre o avanço da fronteira agropecuária e

mineral e a transformação da paisagem por meio do estudo da estruturação das vias de circulação.

Figura 1 – Área de estudo

Fonte: Autor (2021).

1.1 Objetivo

A pesquisa irá analisar a evolução da paisagem do município de Canaã dos Carajás-PA correlacionando as variáveis padrão de expansão das vias de circulação com o desmatamento e com o uso da terra analisados conjuntamente com a investigação da constituição de uma arena em disputa.

1.2 Procedimentos metodológicos

Adotou-se a metodologia da análise contínua e integrada da paisagem entre 1984 e 2019 (35 anos). A pesquisa considera a paisagem e a infraestrutura herdadas no momento de emancipação do município (1994), do início das atividades da

mineração (1997) e de suas posteriores modificações com base nas variáveis analíticas prioritárias: 1) uso e cobertura da terra e 2) identificação do padrão e da expansão das vias de circulação. Como as variáveis anteriores orientam para a identificação da fragmentação da paisagem, em especial às áreas que não estão sob proteção ambiental direta no âmbito Federal, foi adotada a Nova Economia Institucional para investigar a constituição de uma arena em disputa para melhor compreensão dos processos territoriais ligados à dinâmica da mineração e do desenvolvimento da mais homogênea paisagem do município: as Unidades de Conservação de Uso Sustentável e de Proteção Integral¹.

1.2.1 Estudo 1: Uso e cobertura da terra e deslocamento da fronteira

O uso e a cobertura da terra foram obtidos a partir dos materiais do Projeto Mapbiomas². A metodologia Mapbiomas utiliza imagens da série Landsat, que vão do programa 5 ao 8 (resolução espacial de 30 m) – obtidas da NASA e da USGS, calibradas e ortorretificadas e inteligentemente classificadas via *Google Earth Engine*³. Por meio de uma árvore de decisões programada (*Java, Python, WebCollect, Workspace*, Mapbiomas plataforma) as imagens de satélite são submetidas à classificação treinada por algoritmo (*Algorithm Theoretical Basis Document – ABTD*) específico para cada bioma e que tem seu rendimento melhorado conforme o uso. Para cada mosaico, a imagem de onde a classificação é processada, são escolhidos os melhores *pixels* do ano, por exemplo, aquele sem cobertura de nuvem. O comportamento do *pixel* resultante contém até 105 métricas ou camadas de informação (média da Banda, NDVI e outras relacionadas a Banda, fração e índice) que se tornam fonte de dados a serem analisados pelo algoritmo.

A terceira e a quarta coleção do Projeto Mapbiomas, cobrindo o período de 1985 a 2018, formaram a base de dados para a tabulação, análise e produção de mapas temáticos. Quatro mapas de uso e de cobertura da terra foram produzidos em escala 1:250:000 a partir da base de dados do Mapbiomas de modo a retratar as

¹ Floresta Nacional dos Carajás e Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, respectivamente.

² Portal de acesso: <http://mapbiomas.org>. Acessado em agosto de 2017.

³ Plataforma viabiliza os dados em: <https://earthengine.google.com>

paisagens dos anos mais significativos em relação às transformações e às conversões de uso e de cobertura da terra⁴: 1985, 1998, 2011 e 2017.

A partir dos dados de mudança na cobertura vegetal (Figura 2) obtidos pela terceira coleção do Mapbiomas, identificou-se os melhores períodos para escolha das cenas Landsat para aplicação da Análise de Mistura Linear com base nos estudos de Small (2004). O Modelo Linear de Mistura Espectral tem como vantagem a análise da informação do conteúdo no nível do subpixel. Diferentemente da classificação temática clássica ou categórica, que atribui rótulo ou peso ao *pixel*, realiza-se uma modelagem por meio da combinação linear de espectros puros, os chamados *endmembers* (ROBERTS *et al.*, 1998) *apud* (SARTORELLO, 2014).

Modelagem de Composição Global de Mistura Espectral⁵ (SMALL, 2004) foi aplicada às imagens selecionadas para os anos de 1984, 1987, 1990, 1998, 2001, 2003, 2011, 2013, 2018 e 2019 (mosaico municipal⁶).

Figura 2 – Gráfico da variação da área florestal entre 1985 e 2017

Fonte: Projeto Mapbiomas (2018).

⁴ A infraestrutura viária implementada de acordo com cada ano foi adicionada aos mapas de uso e de cobertura da terra. Entretanto, essa informação não foi obtida diretamente do uso e classificação do Projeto Mapbiomas, mas sim, pela vetorização viária produzida a partir das imagens Landsat anuais disponibilizadas pelo Projeto Mapbiomas.

⁵ Gentilmente cedido pelo LabMap do Núcleo de Ciências Ambientais da UMC (Universidade Mogi das Cruzes).

⁶ Órbita/Ponto (Landsat 5 e 8): 224/64; 224/65, 223/64 e 223/65.

As datas foram agrupadas de duas formas: na primeira, por bi-temporalidade e, na segunda, por tri-temporalidade. As bi-temporais formaram nove imagens, assim organizadas: 1) 1987-1984; 2) 1990-1987; 3) 1998-1990; 4) 2001-1998; 5) 2003-2001; 6) 2011-2003; 7) 2013-2011, 8) 2018-2013 e 9) 2019-2018. As tri-temporais, por sua vez, possuem dois agrupamentos de imagens: 1) 1990-1987-1984 e 2) 2001- 1998-1990.

No agrupamento escolhido, aplicou-se subtração matemática das imagens às bi-temporais⁷. Já às tri-temporais, aplicou-se um filtro de cor⁸ para cada um dos anos do respectivo agrupamento, formando uma composição. Nas bi-temporais, as áreas em vermelho representam a localidade onde houve maior variação, como perda da vegetação ou avanço do substrato. Nas tri-temporais, o destaque fica para o realce que difere a coloração entre o azul, o verde e o vermelho para cada data escolhida, neste caso indicando a direção da mudança da paisagem na mesma cena a medida em que o substrato vai sendo exposto ao longo do tempo.

1.2.2 Estudo 2: Expansão da arquitetura viária

Para compreender a modificação da paisagem a partir das vias de circulação, aplicou-se a referência de revisão bibliográfica sobre o tema (ARIMA *et al.*, 2015) que tipificou padrões de vias de circulação na Amazônia em: espinha de peixe, retangular, radial, dendrítico e *stem of rose*⁹. Essa metodologia possibilita a identificação da penetração da fronteira pioneira, da tendência à legalidade ou ilegalidade dos empreendimentos, da identificação dos agentes envolvidos, assim como da intensidade de desmatamento.

A produção dos dados viários foi realizada partir das cenas Landsat 5 e 8. As vias do município de Canaã dos Carajás, entre 1985 e 2017, foram vetorizadas por classificação visual em escala aproximada 1:50.000. Documentos e registros auxiliares foram consultados para confirmação e seleção das vias em processo de

⁷ Software utilizado: ENVI

⁸ Escolheu-se o Substrato, entendendo como melhor realce das mudanças na paisagem. R – Red (Vermelho), G – Green (Verde), B – Blue (Azul).

⁹ “Pecíolo da rosa” em livre tradução.

setorização: *shapefile* da rede hidrográfica (IBGE), mapas rodoviários (DNIT), bem como vias já vetorizadas de modo colaborativo e *online* (*Open Street Map*¹⁰). As principais vias por onde se trafegou durante o trabalho de campo eram as mesmas já mapeadas, não tendo ocorrido grandes divergências¹¹. As vias cartografadas foram classificadas de acordo com o ano de instalação, o ano de pavimentação, o nome e a classe.

De modo diverso ao da bibliografia tomada como referência, computou-se não somente as rodovias na constituição da malha, mas todas as outras formas de via, incluindo-se ferrovia e linha de transmissão de energia. Outra adaptação foi a de categorizar as vias em estruturantes e derivadas, ampliando assim o escopo da análise. Depois do trabalho de campo e da consulta ao plano diretor, essas duas categorias contaram com dois agrupamentos e classes de via: 1) Vias estruturantes: Rodovia Estadual; Avenida; Estradas Vicinais (VP, VS, VE), Ferrovia e as Linha de Transmissão de Energia e 2) Vias derivadas: Pista de Pouso, Esteira (mineração), Estrada de Serviço, Vias Urbanas e as Vias sem Classe ou Nome. Os valores de mediana foram calculados tanto para as vias estruturantes como para as derivadas com base nos 33 anos de análise multitemporal (1984-2017).

A partir da malha identificada, produziu-se um conjunto de produtos cartográficos: mapas de referência do município contendo a malha, mapa da malha indicando ano de instalação de pavimentação, mapa com as principais vias estruturantes em 1984 e mapa com classes de extensão da via (km/km²) de acordo com análise regionalizada por hexágonos (janelas móveis ou *moving windows*¹²).

A dimensão do hexágono foi decidida a partir de duas variáveis: extensão da via a ser intersectada e resolução espacial do *pixel* das cenas Landsat. Dessa forma,

¹⁰ <https://www.openstreetmap.org>

¹¹ As vias encontradas em campo e que não constavam nas já vetorizadas não foram incluídas devido a diferença de escala e também por não terem sido registradas em campo com essa finalidade, o que demandaria medir a extensão da via não cartografada. Tal medida demandaria esforço logístico não previsto para a atividade de campo.

¹² Trata-se de técnica em que se cria uma malha ou camada por geoprocessamento e que regionaliza a análise a partir de uma forma. Os hexágonos que formam a malha são dimensionáveis e podem ser ajustados de acordo com a demanda do dado ou fenômeno e da escala. A área do hexágono é intersectada ao fenômeno desejável e o dado é então extrapolado à essa área regionalizada, ou seja, o hexágono. Uma classificação temática e colorida do dado imputado ou intersectado ao hexágono resulta em generalização regionalizada de fácil interpretação dos dados. Em suma, as janelas móveis ou *moving windows* extrapolam os dados de forma controlada e que, aplicados a um mapa temático, têm elevado potencial comunicativo.

o hexágono com dimensão aproximada de 21 ha é resultante da multiplicação de 256 vezes¹³ da resolução espacial do *pixel* de 30 x 30 m (900 m²). Ou seja, uma área ampliada virtualmente para 230.400 m², 23,04 ha ou 480 x 480 m. Essa escala foi referência para intersectar vias com aproximadamente 0,5 km, devido à resolução espacial de referência virtual de 480 x 480 m. No momento de geração da malha de hexágonos o software¹⁴ foi comandado para gerá-la com base nos limites do município, de tal modo que o hexágono final tem dimensão média próxima dos 21 ha, com variações de tamanho somente a partir da casa decimal.

1.2.3 Estudo 3: Arquitetura viária e desmatamento

As vias contabilizadas multitemporalmente e classificadas tiveram seus valores cruzados com a variação da área florestal fornecida pelo Mapbiomas. Dessa forma, considerando-se a variação da expansão da malha viária e da variação florestal, foi calculada a proporção¹⁵ de desmatamento para cada km de via aberta. Também foi realizado cálculo de correlação de regressão linear entre a expansão da malha viária com a variação da vegetação indicada pelo Mapbiomas.

Tomando como referência os produtos viários com base em Arima *et al.* (2008), foi realizada uma regionalização da arquitetura viária. Tal regionalização considerou: a arquitetura viária visualizada e relacionada com as classes de Arima *et al.*, (2008), a arquitetura viária visualizada e não diretamente identificada com as classes conhecidas da bibliografia de referência, a mensuração das vias de acordo com suas classes (km/km²), os agentes envolvidos e as paisagens de acordo com o que foi observado em campo.

O resultado dessa regionalização viária foi disponibilizado em onze mapas que individualizam, cada um, a arquitetura identificada de forma a destacá-la do conjunto (em segundo plano), mantendo assim a apresentação em dupla perspectiva, a da parte e a do todo.

¹³ Equivalente a 16 pixels (30 x 30 m)

¹⁴ ArcGIS Pro.

¹⁵ Cálculo por regra de três simples.

A área total da classe de fragmentos de vegetação (CA) foi calculada com base nos valores de vegetação (S) do produto SVD obtidos pela metodologia de (SMALL, 2004) das cenas previamente escolhidas dos anos de 1984, 1998, 2018 e 2019¹⁶ gerados por conversão dos dados *raster* das imagens Landsat (séries 5 e 8) em vetoriais no software ArcGIS Pro, segundo a fórmula:

$$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij}$$

onde, a_{ij} = área em ha do fragmento. Também foi calculado o percentual de fragmentos da vegetação (PLAND) para os mesmos anos, segundo a fórmula:

$$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$$

onde, P_i = proporção da paisagem ocupada pelo tipo de fragmento, a_{ij} = área em ha do fragmento e A = total da área da paisagem. Os polígonos vetoriais resultantes ou fragmentos de vegetação foram intersectados com a malha de hexágonos na mesma escala utilizada na análise da arquitetura viária (21 ha de área). Assim, dois mapas temáticos foram produzidos na escala 1:250.000 com a técnica da janela móvel de modo a representar a variação da área (em hectares) e o respectivo percentual dos fragmentos de vegetação entre 1984 e 2019.

Por fim, os dados da regionalização viária e derivados (densidade das vias estruturantes e derivadas) foram cruzados com os totais e a variação dos fragmentos de vegetação (CA e PLAND) e com indicadores de agente de uso da terra (tamanho das propriedades com base no Cadastro Ambiental Rural – CAR¹⁷) e foram apresentados em forma de tabela.

¹⁶ A data de 2019 foi incluída na análise após o trabalho de campo identificar recente área de recuperação ambiental ao sudoeste do município.

¹⁷ Dados obtidos a partir de: <https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>. Acessado em agosto de 2020.

1.2.4 Estudo qualitativo: arena da mineração

Para ampliar o escopo da análise, contribuindo com leitura de caráter analítico e qualitativo, não centrada somente na estrutura e na fisionomia da paisagem, mas nas ações com repercussão territorial e sobre os recursos da área de estudo, foi proposto um capítulo abordando a questão da mineração e dos recursos naturais por meio de uma abordagem pela Nova Economia Institucional (NEI) com investigação da arena constituída.

O mapeamento e o entendimento da concepção de arena foi abordado por Elinor Ostrom (2005b) buscando explicar o comportamento humano nas configurações institucionais. As instituições são entendidas como normas, regras e estratégias usadas pelos seres humanos em situações repetitivas mobilizadas para alcançar a ordem, a previsibilidade e a garantia de recursos. A arena é entendida a partir da identificação dos atores, das posições, dos resultados, das interações, do controle e outros, contribuindo para explicar as intenções humanas sobre os recursos e previsibilidades.

Visando mapear e compreender a arena em disputa, uma sistemática orientada pela metodologia da análise de conteúdo baseada em Laurence Bardin (CAREGNATO; MUTTI, 2006) conduziu uma análise documental sobre: *Plano de Manejo da Floresta Nacional dos Carajás* (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2016), *Projeto Cenários: conservação de campos ferruginosos diante da mineração em Carajás* (MARTINS; KAMINO; RIBEIRO, 2018), Plano Diretor Participativo de Canaã dos Carajás (DIAGONAL URBANA CONSULTORIA, 2007); *Programa Municipal de Regularização Fundiária: “Canaã, meu lugar”* (PREFEITURA MUNICIPAL DE CANAÃ DOS CARAJÁS, 2018); Plano de Desenvolvimento Canaã 2035 (PREFEITURA MUNICIPAL DE CANAÃ DOS CARAJÁS, 2015).

Tomando-se como metodologia a análise de conteúdo (CAREGNATO; MUTI, 2006), considerou-se como categorias analíticas as tomadas de decisão e mobilização de recursos na resolução de conflitos. Os documentos foram escolhidos pela disponibilidade, confiabilidade das informações, natureza de síntese e relevância temática.

1.2.5 Trabalho de campo

Entre os dias 20 e 25 de janeiro de 2020, foi realizado trabalho de campo no município de Canaã dos Carajás (PA) para coleta de informações visando a validação dos dados obtidos em gabinete utilizando imagem de satélite e referências bibliográficas previamente consultadas, além de maior aproximação do objeto de estudo para compor um quadro interpretativo mais preciso da realidade em questão.

O trabalho de campo foi planejado de modo a cobrir a maior área possível do município. Foram coletadas informações em 102 pontos, incluindo-se os respectivos pares de coordenadas geográficas. A coleta foi realizada de automóvel (duas pessoas na equipe) e ao menos 1.500 km foram percorridos nos seis dias de trabalho. Foram utilizados um altímetro barométrico calibrado, uma bússola profissional e um receptor *Garmin* para registro das coordenadas geográficas em tempo real e padrão (SPS) obtidas no elipsoide WGS-84 em coordenadas geográficas em graus decimais (DDMMSS), posteriormente convertidas em planialtimétricas e em projeção UTM (Figura 3). Cinco cartas topográficas oficiais e originais do IBGE da região¹⁸ compuseram o material de apoio logístico, além da consulta em computador das imagens de satélite Landsat (série 5 e 8) utilizadas na pesquisa, assim como consulta em tempo real no celular ou computador (via *prints* de tela de setores escolhidos) das imagens *Google Earth*.

Figura 3 – Equipamentos de campo

(a) Carro com tração nas quatro rodas. **(b)** Receptor GNSS. **(c)** Bússola profissional. **(d)** Altímetro barométrico.

¹⁸ MI 1024 – Rio Itacaiúnas, MI1104 – Rio Parauapebas, MI 1026 – Rio Verde, MI 1025 – Carajás (ano de impressão de todas as cartas: 1981).

Visando atender os objetivos, as seguintes condições foram mantidas como procedimento e prioridade na condução do roteiro de coleta de dados: alcançar vista panorâmica da região; coletar dados de acordo com as características de cada área (urbana *versus* rural); executar itinerário de coleta de dados consoante o padrão de vias e de ocupação anteriormente observados pela pesquisa de gabinete; coletar dados em pontos extremos do município (além de maior cobertura possível); orientar atenção às mudanças nos padrões e contrastes no uso e na cobertura da terra; presenciar e registrar as estruturas da mineração (Sossego, S11D e Carajás); identificar cuidadosamente, e em cada região, a ocupação territorial situada ao final de algumas vias selecionadas; identificar as tipologias de usos da terra não elucidadas em imagem de satélite, conduzir abordagens por meio de conversas e de entrevistas agendadas previamente (ou não) com sujeitos sociais distintos (moradores, lideranças, políticos) de acordo com as condições encontradas ou com o roteiro estabelecido e, por fim, observar situações turísticas locais (banho de cachoeira, visita a cavernas, à Floresta e ao Parque Nacional e também à lagoa).

Em cada ponto selecionado foram registradas: fotografia(s) com data e hora, coordenada(s), altitude barométrica (altímetro) e elipsoidal (receptor GNSS) mais azumite ou orientação da foto. As informações catalogadas foram pautadas pelas observações presenciais em adição às fornecidas pelo guia local que compôs a equipe: o Sr. Pedro Victor Melo, da agência de turismo Cooperture Carajás (Cooperativa de Trabalho e Ecoturismo de Carajás). Sr. Pedro foi fundamental na condução dos trabalhos e da pesquisa, uma vez que: é natural da região; tem formação como técnico em mineração; vivenciou muitas situações de garimpo, trabalhou por um ano gerenciando sondagem e pesquisa no garimpo “Melechete” – o maior garimpo de Canaã dos Carajás – além de ser o fundador e o tesoureiro da única Cooperativa turística legalmente autorizada junto ao ICMBio para conduzir atividades dessa natureza na FLONA Carajás.

1.3 Forma de análise e resultados

Os resultados foram interpretados de acordo com as bases teórico-conceituais de: Geopolítica e o conceito de Fronteira (BECKER, 2004), Ecologia da Paisagem

através da fragmentação da paisagem e *drivers* viários (ARIMA *et al.*, 2008) e pela Nova Economia Institucional e o conceito de Arena (OSTROM, 2005b).

No estudo de caso 1, o movimento da fronteira foi identificado através da análise da mistura espectral sobre as cenas Landsat resumida de modo que os 35 anos de análise foram contemplados em nove mapas municipais bi-temporais alinhados verticalmente sendo apresentados em um único arranjo visual. Temática e espacialmente, o movimento de fronteira foi apreendido com uma lista de mapas de uso e cobertura da terra ancorados em datas significativas¹⁹ das principais transformações e teve como base de dados o Projeto Mapbiomas. Os dados multitemporais de uso e cobertura da terra consultados foram tabulados de modo a apresentar os valores absolutos (ha) e percentuais por classe de interesse. Um cálculo de correlação entre as principais classes de uso e cobertura foi produzido, bem como um conjunto de gráficos associados às classes de modo a identificar as principais participações e relações das variações temporo-espaciais.

No estudo de caso 2, a infraestrutura viária, base para o entendimento do *driver* fragmentador da paisagem, foi agrupada por classes de via e os valores de cada classe foi tabulado e apresentado em duas tabelas multitemporais contendo as dimensões absolutas da extensão (km) das classes e os respectivos percentuais de participação. As vias vetorizadas foram utilizadas nos mapas de uso e cobertura da terra, que originalmente não os oferece. Quatro mapas temáticos foram produzidos a partir da identificação temática e temporal das vias: mapa das vias instaladas em 1985, mapa de via por classe, mapa das vias estruturantes e derivadas e mapa de densidade por extensão de via (km/km²) com base na análise regional por hexágonos. Um conjunto de gráficos foi produzido de modo a facilitar a identificação visual das participações e variações das classes e categorias de vias. Um cálculo de relação com base em 33 anos de análise indica a proporção de vias derivadas a partir de cada quilometro aberto de via estruturante.

No estudo de caso 3, três distintas análises foram procedidas de modo a relacionar a infraestrutura viária com a variação e fragmentação da vegetação.

¹⁹ São significativas as datas de: 1988, em que houve a criação da Flona Carajás; de 1994, ano de emancipação do município; 2004, por início o Projeto Sossego; 2017, por início do projeto de S11D; 2018, pela grande área de recuperação ambiental implementada. As datas foram escolhidas a partir das principais alterações da área florestal indicadas nos 35 anos de dados contínuos oferecidos pelo Mapbiomas somadas às políticas e projetos de amplo alcance territorial.

Na primeira, tabulou-se e comparou-se a variação multitemporal da extensão da malha (km) viária obtida pelo processo de vetorização com a variação da área de vegetação florestal obtida do Projeto do Mapbiomas. Dois cálculos de relação indicam resultados de desmatamento por abertura de via, um para as vias gerais e, outro, para as derivadas.

Na segunda, por identificação visual, cruzou-se os padrões viários de referência com o resultado da análise de mistura espectral e foram colocadas lado a lado, comparativamente, as estruturas encontradas com as de referência em modelo visual esquemático.

Na terceira, regionalizou-se a arquitetura viária e cruzou-se as respectivas áreas com os cálculos de fragmentação da estrutura da paisagem (CA e PLAND) oriundos da análise mistura espectral²⁰. Além dos mapas da regionalização viária, dois mapas temáticos indicam a variação dos fragmentos de vegetação, um em hectares, e, outro, em percentuais. Os dados das respectivas regionalizações viárias e fragmentos de vegetação foram cruzados com os indicadores de agente da terra (CAR) em tabela ordenada pela variação da área dos fragmentos (1984 a 2019), sintetizando a pesquisa.

2 BASE TEÓRICO-CONCEITUAL

2.1 Amazônia legal e o movimento de fronteira

É grande e complexa a diversidade de questões envolvendo a temática da Amazônia brasileira: pecuária e cultivo comercial da soja em expansão; megaprojetos que perpassam governos e acumulam problemas ambientais e sociais, das hidrelétricas de Balbina a Belo Monte, passando pelo território minerário de Carajás e grandes rodovias como Transamazônica; desmatamento, fragmentação e supressão de habitats causados pela expansão das estradas legais e ilegais; o fato de ser

²⁰ Após comparação dos dados de vegetação oriundos do Mapbiomas e da análise de mistura espectral, optou-se nesse estudo de caso pela última. A análise de mistura espectral foi aplicada de modo controlado pela pesquisa e indicou alinhar-se à demanda de escala de análise regionalizada aos fragmentos de vegetação (análise por janelas móveis). Os dados de mistura espectral demonstraram resultados de regeneração da vegetação, o que não ocorre no Mapbiomas.

considerada uma floresta urbanizada com problemas de produção, circulação e de sustentação econômica; serviços ambientais e extrativismo vegetal como possibilidades de desenvolvimento sustentável; o papel de regulador climático em escala ao menos continental; o poder de emissão e de absorção de gases do efeito estufa; as éticas questões sobre as populações tradicionais, em especial os numerosos indígenas; a dualidade entre a difícil integração nacional e o papel de fornecedora de *commodities* e outros a interesses internacionais, imbróglis fundiários e tantas outras.

Pelo fato de abarcar tal diversidade de questões, optamos optou-se por discorrer pontualmente sobre: definição atualizada de Amazônia Legal, rememoração das questões dos territórios protegidos, indícios de problemas nas políticas públicas e produtividade e o desenvolvimento e movimento da fronteira.

Segundo o IBGE (2019), a Amazônia Legal²¹ é a área de atuação da SUDAM e uma categoria oficial de Divisão Regional para a organização do território com vistas à implementação de políticas públicas (Figura 4). A Amazônia Legal corresponde a 58,9% do território nacional – 5.015.067 km² – incorporando, total ou parcialmente, 9 estados da Federação. Nela vivem aproximadamente 24 milhões de pessoas, distribuídas em 772 municípios. Contendo 100% do Bioma amazônico, possui 1/3 das florestas tropicais úmidas do planeta. Por essa razão, detém a maior biodiversidade mundial com o maior estoque genético, incorporando 20% do Bioma Cerrado e 1/5 da disponibilidade de água potável do planeta (IBGE, 2011)

²¹ Criada pela Lei no 1.806, de 1953, passou por alterações territoriais em 1966, 1977, 1988 e 2007. Inicialmente institucionalizou-se pela SPVEA (Superintendência do Plano de Valorização da Amazônia), que foi extinta em 1966, sendo substituída pela SUDAM (Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia).

Figura 4 – Amazônia Legal

Fonte: IBGE. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28089-ibge-atualiza-mapa-da-amazonia-legal>. Acessado em agosto de 2020.

Entretanto, Berta Becker (2007, p.22) alerta que a abundância dos recursos naturais amazônicos é relativa, pois: “Depende da acessibilidade física e social a esses recursos, bem como se estrutura a população e do papel social que os diversos atores desempenham”.

Os territórios protegidos na Amazônia contabilizam 204 Unidades de Conservação (UCs), 330 Terras Indígenas e 32 Áreas Militares²². Em 2010, os territórios protegidos somavam 43,9% da região ou 25,8% do território nacional. Desse total amazônico, as UCs federais e estaduais correspondiam a 22,2% e os territórios indígenas homologados, declarados e identificados 21,7% (VERÍSSIMO *et. al.*, 2011). Entre 2003 e 2009, o Brasil foi responsável por 75% da expansão de áreas protegidas no mundo e pela manutenção positiva do capital natural conquistado sobretudo pelo

²² Dados disponíveis em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/siteamazonia/>. Acesso em setembro de 2020.

projeto Arpa²³ que contou com aportes financeiros nacionais e internacionais para a expansão e gestão da UCs.

Segundo as OSCIPs²⁴ Instituto do Homem e do Meio Ambiente da Amazônia - Imazon e Instituto Socioambiental - ISA, são grandes os desafios pelos quais passam as áreas protegidas para que efetiva consolidação ocorra. Estão entre os desafios para consolidação e algumas das pressões socioambientais: coibição de ocupações irregulares, contenção do desmatamento e a degradação associados, necessidade recursos financeiros e mecanismos de transferência efetiva, garantia da proteção legal efetiva (evitando desafetações indevidas), aprimoramento da gestão pública, ampliação e fortalecimento dos conselhos de gestores, conclusão do processo de reconhecimento de Terras Indígenas (VERÍSSIMO *et. al.*, 2011).

Na Amazônia, encontram-se 37% do total nacional dos indígenas declarados ou 46% para os que também se consideram indígenas de acordo com o Censo de 2010 do IBGE²⁵. O Parque Indígena do Xingu - PIX (Figura 5) é representativo da conflituosa relação existente entre os diferentes agentes e os grupos na Amazônia, nesse caso com diversos aspectos ambientais incidindo dentro das TIs em decorrência dos impactos do desmatamento no entorno. Além dos conflitos de origem externa, há os internos, sobretudo ligados à mineração. Levantamento realizado pela OSCIP Instituto Socioambiental - ISA identificou 104 títulos minerários incidindo sobre terras indígenas na Amazônia, dentre os quais 88 com autorização para pesquisa²⁶.

²³ WWF; FUNBIO. O impacto do Programa Arpa na Efetividade de Gestão das Unidades de Conservação da Amazônia. 2017. Relatório disponível em: <http://arpa.mma.gov.br/wp-content/uploads/2018/07/LIVRO-RAPPAM.pdf>. Acessado em outubro de 2020.

²⁴ Organização da Sociedade Civil e de Interesse Público.

²⁵ Dados referentes à Região Norte.

²⁶ ISA. *Mineração em Terras Indígenas na Amazônia brasileira*. 2013.

Figura 5 – Desmatamento na Bacia do Rio Xingu em Mato Grosso

Fonte: ISA. Almanaque Socioambiental do Parque Indígena do Xingu: 50 anos. 2011. p.202.

O processo de ocupação do espaço amazônico é historicamente pautado por questionamentos, em especial os direcionamentos das políticas públicas. Berta Becker (2007, p. 21) indica que a ocupação da Amazônia tem sido resultado de políticas públicas equivocadas “com efeitos desastrosos, em razão de dificuldades epistêmicas e culturais em conhecer a realidade regional e trabalhar com as diferenças regionais, além de interesses políticos (e não transparentes) relativo a tais políticas.”

O Governo Federal argumenta, em 2020, que 80% do bioma amazônico está protegido e que o Código Florestal só permite explorar 20% deste. Aponta, inclusive, que “Desmatamentos seguirão ocorrendo na Amazônia”. Eles “estão autorizados dentro dos limites impostos pela Lei Federal²⁷ (Código Florestal), um dos mais rigorosos do planeta” e anuncia ainda que se os 20% da Lei fossem alvo “No ritmo atual do desmatamento, isso levaria um quarto de século”²⁸. Em meio a uma espécie de ufanismo desmedido associado a um corporativismo exacerbado, um denominado “estudo” publicado na página da EMBRAPA procura defender o produtor rural e minimizar o desmatamento, e, este é concluído com a estranha frase citada: “*In God we trust, all others must bring data*”²⁹ (EMBRAPA, 2020).

Na outra ponta, pesquisadores defendem que é preciso atribuir valor econômico com a floresta em pé para que se possa competir com as *commodities*, sendo os serviços ambientais e o extrativismo alternativas sustentáveis comparadas à soja e à pecuária (MARCOVITCH, 2011).

Pensando a ocupação da Amazônia pela via da periodização histórica – contexto do século XX –, Berta Becker (2004, p. 26) classificou três fases desse processo. A primeira, entre 1916 e 1930, está ligada às questões diplomáticas nas relações internacionais e também pela atuação do Exército no quesito do controle territorial, apropriando e definindo limites territoriais. A segunda, entre 1930 e 1985, foi marcada pela produção estatal do espaço via planejamento regional. E a terceira,

²⁷ Lei Florestal (Lei 12.651 /12)

²⁸ Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/siteamazonia/>. Acesso em setembro de 2020.

²⁹ “Em Deus nós acreditamos, todos os outros devem trazer dados.” Tradução livre.

entre 1985 e 1996, como o período da fronteira socioambiental. De 1996 aos dias de hoje, há uma incógnita do chamado *heartland*³⁰ ecológico³¹.

Por outra ótica, foram dois os eixos estruturantes no processo de ocupação do espaço amazônico, segundo Mello (2006), e que acabaram por fundamentar duas correntes de pensamento nas ações e nas transformações sobre a Amazônia. A presença das frentes pioneiras, como a primeira corrente, e as estratégias de uma geopolítica nacional, a segunda.

Importantes para se entender certos padrões de ocupação no processo de transformação do espaço nacional, as frentes pioneiras se distinguiram em três momentos no Brasil.

Tomadas em uma direção cada vez mais interiorizada, em sentido sul-norte, partindo inicialmente de São Paulo e Paraná, chegaram à Amazônia em sua última fase, em meados do século XX. Essa penetração amazônica se deu pelas “bordas”, assim como por seus rios, retomando, inclusive, as funções que as vias fluviais tinham nas expedições bandeirantes (Figura 6) (MELLO, 2006).

³⁰ O Conceito de *Heartland* foi desenvolvido por H.J. Mackinder e significa “Coração Continental”. Para esse autor, no âmbito da Geografia Política, o domínio de certas porções centrais do território continental representam um núcleo de poder estratégico, em contraposição aos domínios marítimos, em uma espécie de antagonismo geopolítico de um *Land power* de certas nações, contra um *Sea power* de outras (COSTA, 2008).

³¹ A expressão “*heartland* ecológico”, utilizada por Becker (2004, p.33), fundamenta-se na ideia de que a enorme superfície da Amazônia (*heartland*), a grande quantidade de águas e as vastas áreas de florestas latifoliadas (ecológico) contrastam com a baixa representatividade de sua ocupação (3,5 milésimos da população planetária). Daí a concepção de *heartland* ecológico como “grandes e reclusos” territórios continentais, vastos em poderosos recursos naturais e em intensidade de atributos, levantarem questionamentos da racionalidade aplicada na ocupação e na transformação da Amazônia pelas sociedades.

Figura 6 – Períodos e tipos de ocupações na Amazônia brasileira

Fonte: Théry (2005, p.40).

A expansão da fronteira como política de integração nacional concentrou-se geograficamente ao longo das estradas instaladas no torno da floresta. População, investimentos públicos e privados, além de cidades formaram o “arco do desmatamento” ou “arco do fogo” (Becker, 2007). Essa mesma autora afirma: “Esta vasta área é hoje uma área de povoamento consolidado, integrada ao tecido produtivo nacional, através da agricultura tecnificada e da pecuária modernizada.” (BECKER, 2007, p.22).

As frentes pioneiras amazônicas³², apesar de reproduzirem os mecanismos das expansões anteriores, apresentaram diferenciais.

³² Há também o campo de estudo na sociologia orientado a fronteira oriundo também de estudos das frentes pioneiras. Porém, nela, o *pioneiro* é visto como *vítima* no limiar entre o *outro* e o *nós*. “[...] a fronteira é, na verdade, ponto de limite de territórios que se redefinem continuamente, disputados de diferentes modos por grupos humanos.”. Para esse campo, a fronteira é a *fronteira do humano* onde “se pode observar melhor como as sociedades se formam, se desorganizam ou se reproduzem”. (MARTINS, 2014, p10)

A primeira diferença das modernas frentes refere-se à fusão dos aspectos políticos e econômicos que direcionaram os novos investimentos. Com isso, balizou-se a teoria da “segurança nacional”, pois havia fortalecimento das fronteiras internas e externas com essas intervenções. A segunda diferença é a da transferência da população, em uma espécie de manutenção dos conflitos e das tensões sociais fundiárias internas na busca do equilíbrio regional. Por exemplo, ao se livrar de certos excedentes populacionais. E a última, encontra-se no processo de colonização oficial que acabou fundamentando a noção de propriedade (MELLO, 2006, p.25).

Citando Becker e Monbeig³³ (MELLO, 2006, 26) junta-se a ambos para concluir que:

[...] a Amazônia foi vista como solução para as pressões sociais internas advindas da expulsão de pequenos produtores do Nordeste e do Sudeste pela modernização da agricultura; mas, sobretudo, pela possibilidade de o Brasil perder sua influência no coração do continente [...].

A ocupação da Amazônia, via frentes pioneiras, somadas às suas características físicas, acabou orientando as políticas públicas que atuaram sobre a região.

Para Hervé Théry (2005, p. 43), foram três as principais políticas: “política de conservação e política social na calha dos rios e na Amazônia ocidental; política de produção nas periferias sul e leste; e política de penetração ao longo de certas hidrovias e rodovias.”

É dessa forma que Oliveira (1996), Becker (1982) e Monbeig (1981) *apud* Mello (2006, p. 28), concluíram que a lógica de governo implementada na ocupação da Amazônia foi a da fronteira da acumulação. Isso pôde ser comprovado pelo suporte físico e institucional que o Estado viabilizou para que os empreendimentos de fundo econômico alcançassem êxito.

³³ OLIVEIRA, Mauro. Debate sobre as implicações econômicas, sociais, ambientais e políticas na Amazônia. In MOURA, Hélio (org.). *A pesquisa social na Amazônia: avanços lacunas e prioridades*. Recife: Fundação Joaquim Nabuco/Massangana, 1996.
BECKER, Bertha et alii. (orgs.). *Geopolítica da Amazônia*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1982.
MONBEIG, Pierre. Les mouvements pionniers en Amérique Latine. In: *Colloque en l'Honneur de Pierre Monbeig: Les phénomènes de "frontière" dans les pays tropicaux*. Paris: IHEAL, n. 34, 1981

2.2 Ecologia da paisagem e os *drivers* viários

Importantes questões de interesse socioambientais são levantadas pela ecologia da paisagem. Os estudos se concentram na compreensão do processo de fragmentação de ecossistemas naturais pela mudança do uso da terra. Nesse campo de estudo balizado principalmente por Forman e Godron (1986) e Turner (1989; 2015) a heterogeneidade da paisagem é considerada a partir de sua estrutura, função e dinâmica.

Segundo Metzger (2001, p.5), a ecologia da paisagem combina a análise espacial da geografia com o estudo funcional da ecologia tendo como problemática central o efeito da estrutura da paisagem nos processos ecológicos, sendo entendida, portanto, como uma “ecologia de interações espaciais”. “A ecologia das paisagens ganha força pelo tipo de análise que proporciona, atendendo a necessidades de tomadas de decisão para a conservação da biodiversidade biológica e manejo dos recursos naturais” (SARTORELLO, 2014, p. 2).

Exemplo dessa força de análise reside na possibilidade de que o fragmento ou unidade de paisagem – *patches* ou manchas – e sua composição paisagística no modelo mancha-corredor-matriz possam ser investigado pelo entendimento das comunidades, pela ecologia dos ecossistemas e pela ecologia da paisagem com ênfase, respectivamente, nas interações das populações, nos ciclos de energia e matéria para as comunidades ou, ainda, na dinâmica da estrutura das paisagens em suas sucessões e perturbações (METZGER, 2001).

Rica literatura da ecologia da paisagem é apresentada por Lang e Blaschke (2009), em que apresentam casos pragmáticos de análise da paisagem com Sistema de Informação Geográfica - SIG. Para a estrutura da paisagem, esses autores apresentam, por exemplo: manchas de distúrbio (*disturbance patches*), manchas remanescentes (*remnant patches*), manchas de recursos (*environmental resources patches*), manchas introduzidas (*introduced patches*) e manchas efêmeras ou de transição (*ephemeral patches*). Para o nível da paisagem, no conceito mancha-corredor-matriz, além das questões e importância ligada a conectividade, permeabilidade e conservação, ou seja, os corredores, o tamanho e composição dos fragmentos analisados em seu contexto (matriz) trazem respostas sobre três tipos de diversidade: diversidade de espécies, diversidade genética e diversidade espacial, destacam os autores.

Cenário ambiental comum em ambientes tropicais, a fragmentação da paisagem performada sobretudo pela introdução de estradas, resulta em redução de área (*reduced area*), aumento de isolamento (*increased isolation*) e aumento de borda (*increased edge*) contribuindo com efeitos de longo prazo na estrutura e na função dos fragmentos remanescentes, Figura 7. Tais mudanças no meio ambiente levam a distúrbios nas condições climáticas, nos processos geológicos, nos incêndios florestais, nas pestes e doenças. Ou seja, a impactos no habitat e serviços ecossistêmicos (FAO; UNEP, 2020).

Figura 7 – Efeitos da fragmentação florestal nos fragmentos florestais remanescentes³⁴

Fonte: Adaptado de Haddad³⁵ (2005 apud FAO e UNEP, 2020, p.26).

Distúrbios na paisagem frequentemente são resultados de espaços abertos que introduzem uma heterogeneidade espacial complexa de modo a afetar diferentes escalas (TURNER, 2005). A questão da escala é uma problemática central na ecologia da paisagem, Metzger (2001, p.1) indica que “a escala e o nível biológico de análise dependem do observador e do objeto de estudo”.

Discorrendo e analisando a experiência de pesquisas do *Large-Escale Biosphere-Atmosphere Experiment* – LBA amazônico em relação a problemática do uso e cobertura terra, Batistella e Moran (2007) revisam a literatura que discute a questão da escala, em especial a da ecologia da paisagem, e apontam os problemas relacionados ao termos associados como escala, resolução (grão) e extensão.

³⁴ Título original: *Effects of Fragmentation on Remaining Forest Fragments*. Tradução livre.

³⁵ HADDAD, N. M. *et al.* Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, v. 1, n. 2, p. e1500052, mar. 2015. DOI: 10.1126/sciadv.1500052

Esses mesmos autores indicam que: estudos de subáreas na Amazônia deveriam ter exatamente a mesma forma e extensão ou calcular as métricas e indicadores em relação à extensão total de cada área; medidas feitas em diferentes escalas e com agregação (*scaling down* e *scaling up*)³⁶ podem não ser comparáveis, afetando por exemplo índices de diversidade, dominância e contágio; pesquisas multiescalares podem ter como solução a adoção do mesmo grão ou precisão da medida e técnicas de suavização ou generalização de reclassificação decrescem a variância e aumentam a autocorrelação espacial, necessitando unir apenas áreas com atributos semelhantes.

As métricas da paisagem são necessárias para “quantificar a heterogeneidade espacial e elucidar a relação entre os processos ecológicos e os padrões espaciais” (TURNER, 2005, p.323). Para tal finalidade, grande variedade de métricas³⁷ e programas³⁸ foram desenvolvidos para obter, por exemplo, informações sobre a riqueza das unidades e áreas, ou ainda, a configuração do arranjo das unidades (fragmentos, isolamento, conectividade) (LANG; BLASCHKE, 2009).

Aplicadas de acordo com o nível de análise (mancha, classe ou paisagem), tem-se como alguns exemplos comuns de métricas da estrutura da paisagem: PLAND - *Percentage of Landscape* (Métrica de Área ou Percentual de Habitat); MPS - *Mean Patch Size* (Tamanho Médio das Manchas), NP - *Number of Patches* (Número de Manchas), NNDIST - *Nearest Neighbor Distance* (distância ao vizinho mais próximo) e CA - *Core Area metric* (Área Núcleo). A Figura 8 reproduz algumas dessas métricas aplicadas nas localidades de Anari e Machadinho em Rondônia para compreensão da transformação da paisagem em contexto de intensa fragmentação causada pelos drivers viários em diferentes formas de colonização da terra (BATISTELLA; ROBINSON; MORAN, 2003).

³⁶ Divisão e multiplicação, respectivamente. Tradução livre.

³⁷ Completa documentação e finalidade das métricas disponibilizadas pela UMA (*University of Massachusetts*) em: <https://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.2.pdf>. Acessado em setembro de 2020.

³⁸ Dois comuns exemplos são o programa FRAGSTATS (descontinuado ou sem manutenção) e o *Patch Analyst* (*plug-in* do ArcGIS que atende somente às versões anteriores ao *ArcGIS Pro*). Há o pacote de *landscape metrics* para programa estatístico R com base na documentação FRAGSTATS. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/landscapemetrics/landscapemetrics.pdf>. Acessado em setembro de 2020.

Figura 8 – Reprodução da tabela de métricas utilizadas para compreensão da estrutura da paisagem em Rondônia

Metric Type	Metric	Formula	Definition	Range
Area Metrics	Percentage of Landscape (%)	$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$	Percentage of landscape comprised by a class	$0 < PLAND \leq 100$
Patch Size and Variability Metrics	Largest Patch Index (%)	$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} (100)$	Percentage of landscape comprised by the largest patch	$0 < LPI \leq 100$
	Mean Patch Size (ha)	$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \left(\frac{1}{10,000} \right)$	Average patch size for a class	$MPS > 0$, without limit
	Patch Size Standard Deviation (ha)	$PSSD = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left[a_{ij} - \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \right) \right]^2}{n_i}} \left(\frac{1}{10,000} \right)$	Population standard deviation for patch sizes of a class	$PSSD \geq 0$, without limit
Shape Metrics	Area-Weighted Mean Shape Index	$AWMSI = \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{P_{ij}}{2\sqrt{\pi} a_{ij}} \right) \left(\frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right]$	Average shape index for a class, weighted by patch area	$AWMSI \geq 1$, without limit
Core Area Metrics	Mean Core Area Index (%)	$MCAI = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{a_{ij}^c}{a_{ij}} \right)}{n_i} (100)$	Average percentage of patches of a class that is core area	$0 \leq MCAI < 100$

Legend: a = total landscape area (m^2); $n=n_i$ = number of patches in the landscape of patch type (class) i ; $i = 1, \dots, m$ or m' patch types (classes); $j = 1, \dots, n$ patches; a_{ij} = area (m^2) of patch ij ; a_{ij}^c = core area (m^2) of patch ij based on specified edge width (m); P_{ij} = perimeter (m) of patch ij ; P_i = proportion of the landscape occupied by patch type (class) i (adapted from McGarigal and Marks (1995)).

Fonte: Batistella, Robenson e Moran (2003, p.807).

Para Bürgi, Herperger e Schneeberger (2005) a ecologia da paisagem tem como desafio: entender os processos e não somente os padrões espaciais; extrapolar os resultados no tempo e no espaço, relacionar dados de diferentes qualidades, como ambientais e sociais e, ainda, considerar a cultura – atitudes, crenças, normas e conhecimentos – como *driver* da paisagem.

Também chamado de *keystone processes*, os *drivers* formam um complexo sistema de dependências, interações e *feedback loops* que influenciam a trajetória evolucionária de uma paisagem. As maiores *driving forces* (forças motrizes) são a socioeconômica, a política, a tecnológica, a natural e a cultural (GEIST; LAMBIN, 2002). As estradas destacam-se entre os mais evidentes drivers tecnológicos em contraposição aos drivers culturais, mais difíceis de precisar. Na Europa, os *drivers* compõem o modelo de análise da ecologia da paisagem e estudos ambientais como

o DPSIR (*Drivers-Pressure-State-Impact-Responses*)³⁹ adotado pela Agência Europeia do Ambiente (EEA) (BÜRGI; HERSPERGER; SCHNEEBERGER, 2005).

Somente na América Latina, por exemplo, o agronegócio foi o principal *driver* de desmatamento (~65%) entre 2000-2010 contribuindo negativamente com ao menos 30.000 km²/ano de área florestal degradada principalmente por extração madeireira (FAO; UNEP, 2020, p.83).

O papel das estradas como força motriz é expressivo no caso da Amazônia. Estão previstos 75 projetos de rodovias para a bacia amazônica (Amazônia Internacional) com estimativas de implementação de mais de 10.000 km de estradas até 2025 (VILELA *et al.*, 2020, p. 7095). Estradas federais, como a BR-163 (Cuiabá-Santarém), servem ao escoamento da soja e as derivadas ilegalmente a partir desse eixo aceleraram o desmatamento na região (FEARNSIDE, 2007). Soma-se o icônico caso da Transamazônica e seu desmatamento em forma de espinha de peixe por conta dos projetos de assentamento do Governo Federal no período militar e que ganharam repercussão e o imaginário mundial, a ponto de sua implementação chegar a ser comparada ao feito de levar o homem à lua (MORAN, 2016). Na Amazônia brasileira, há 17,7 km de estradas a cada 1.000 km² sob proteção, ocorrendo especialmente em UCs de uso sustentável (VERÍSSIMO *et. al.*, 2011, p.9-10).

Apesar da obviedade das rodovias como *drivers*, instigantes questões e desdobramentos recaem sobre essa modalidade de infraestrutura. Kleinschroth e Healey (2017) analisaram nas florestas tropicais do Congo a persistência ou o “ciclo de vida” das rodovias no processo de fragmentação e atividade madeireira, indicando que não há só processo de expansão, mas também de retração das vias com consequências ambientais em todas as fases. Freitas, Hawbaker e Metzger (2010), concluíram, por exemplo, que a fragmentação das florestas do Atlântico está relacionada a densidade das estradas, a topografia e ao uso e cobertura da terra. Arima *et al.* (2008) e (2015), por sua vez, apresentaram uma tipificação das rodovias amazônicas a partir de sua arquitetura expandindo a interpretação da fragmentação florestal amazônica para além do modelo espinha de peixe, indicando que os padrões de desmatamentos estão relacionados a certos agentes e suas tipificações viárias.

³⁹ Força motriz-Pressão-Estado-Resposta

2.3 Nova economia institucional e a arena do conflito

A Nova Economia Institucional (NEI) converge com uma visão de mundo que legitima questões territoriais e de recursos naturais. Segundo o manual da Nova Economia Institucional (MÉRNARD; SHIRLEY, 2005) sua abordagem aberta rejeita padrões econômicos neoclássicos e volta-se a questões relacionadas a direitos de propriedade que envolvem recursos naturais, como aquíferos, reservas de petróleo e atmosfera, pesca e outros.

Os estudos institucionalistas argumentam que há substituição para propriedade estatal e regulação estatal dos serviços públicos. Visto de outro modo, existem muitos casos de eficiência na gestão comum de bens e recursos naturais. Essa concepção coloca em questionamento oportunismos e imperfeições de governo, regulação e estatização dos recursos naturais.

Resumidamente, e de acordo com o manual da NEI, essa: 1) abandona os pressupostos padrões neoclássicos afirmando que os indivíduos têm informações incompletas com capacidade mental limitada e por isso enfrentam incertezas sobre eventos e resultados; 2) para reduzir riscos e custos de transação os seres humanos criam instituições (leis, contratos, regulamentos); 3) assume que as escolhas estão inseridas nas instituições; 4) rejeita o pressuposto neoclássico da informação perfeita e da racionalidade instrumental; 5) aceitam o pressuposto ortodoxo da escassez e competição; 6) visa entender a mudança através da compreensão dos incentivos, intenções humana, sistemas de crenças e normas, regras que criam para atingir seus objetivos; 7) promove uma abordagem multidisciplinar a medida que essas outras disciplinas contribuem para elucidar as regras, normas e crenças que governam as interações humanas no processo de produção e troca; 8) busca entender para além das regras básicas do jogo, em que as pessoas acreditam e como chegam a essas crenças, igual importância é dada a como aprendem; 9) os diferentes arranjos institucionais afetam o desempenho do governo, de tal forma que a NEI contribui para analisar a força da democracia, pois o mesmo Estado que protege direitos de propriedade pode ser forte o suficiente para expropriar – a ponto de concluir: “Para descrever e medir a democracia, precisamos entender o diabo nos detalhes” (MÉRNARD; SHIRLEY, 2005, p.5)

Destacam-se entre as pesquisas da NEI os de autoria da Nobel em economia: Elinor Ostrom. Bachiega e Costa Ferreira (2014) resumem os resultados dos estudos

teóricos e empíricos de Ostrom (1990, 1999, 2005b) indicando que: a ausência de Estado ou mercado não significou o fracasso no uso dos bens comuns; ações estatizantes não são garantia ou solução para um uso racional de recursos; a pressão sobre os recursos pode significar seu fim em determinados casos, iniciativa privada e Estado podem falhar e atores sociais entram em conflito em relação aos recursos criando assim arenas específicas.

O conceito de arena é central no entendimento da NEI. As arenas são: “espaços de decisões políticas onde atores sociais mobilizam seus respectivos recursos para seus fins específicos, visando influenciar na decisão política do melhor meio, diante dos seus interesses.” (BACHIEGGA; COSTA FERREIRA, 2014, p.58). Dessa forma, na arena atores sociais em conflitos específicos tentam maximizar oportunidades e influenciar a decisão coletiva compondo assim uma área de estudo.

O foco nos estudos que usam o conceito de arena está na maneira como os atores mobilizam recursos na resolução ou mediação do conflito. Os recursos, nesse caso, são os recursos sociais que irão garantir a atenção e a influência dos agentes. Tais recursos podem ser recursos econômicos, recursos políticos ou recursos científicos. A mobilização dos recursos imprime as ações na arena, como a arena de ação dos atores inseridos na arena de situação que explicam o comportamento humano (OSTROM, 2011). Por sua vez, as ações são pautadas em decisões não aleatórias, que são as regras.

As regras (formais ou informais), normas e estratégias usadas pelos seres humanos em situações e contextos repetitivos compõem as instituições. Entendida como prescrições compartilhadas – a exemplo do “deve, não deve ou pode” – as regras moldam as instituições, a ponto de as mesmas por vezes existirem somente nas mentes dos sujeitos. As prescrições aceitas pela maioria dos participantes envolvem os custos e benefícios constantes, minimizando dessa forma os riscos e aumentando a segurança sobre os bens comuns ou recursos naturais, conforme explicam Mégnard e Shirley (2005).

Ostrom (2005b) enfatiza que as estratégias utilizadas pelos seres humanos em situações repetitivas é que compõem as instituições, de modo a não confundir instituição com qualquer coisa, a exemplo de limitar-se a entendê-las somente com entidades organizacionais, como uma firma de negócios ou a um Congresso. É por isso que afirma que as regras em uso, ou o “fazer e não fazer” que se aprende

socialmente, são mais importantes que as regras em forma (leis, constituições, normas).

3 VIAS DE CIRCULAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO DO ESPAÇO AMAZÔNICO

As vias de circulação tiveram importante papel no processo de ocupação da Amazônia, e acabam por marcar, claramente, as intervenções mais recentes do governo sobre a região (FEARNSIDE; LAURANCE, 2012; MORAN, 2016) .

Pilar da transformação territorial, as implementações dos viários serviram de base logística a diversos projetos historicamente concentrados nas décadas de 1960 e 1970 e que foram conduzidos durante os governos militares. Eixos estruturantes norte-sul abertos na década de 1960, como a Belém-Brasília (BR-010), e Leste-Oeste (BR-230), como a Transamazônica, além da Perimetral Norte (BR-210) em Amapá e a Diagonal Porto-Velho-Cuiabá (BR-364), conceberam a matriz viária que estruturou os fluxos em terra firme gerando alternativa aos fluxos fluviais naturais predominantes no território Amazônico (NOGUEIRA; NETO, 2016).

Ainda que tenha havido boa relação e aproximação entre a rede de circulação natural (rios) e a construída (estradas), as funções que a segunda assumiram foram sendo modificadas. Essa modificação se deu em razão da reorientação de interesses de cunho econômico produtivista, de base agropecuária, nas terras firmes do setor sul do espaço amazônico.

A análise da organização das rodovias demonstra que essas foram implementadas de tal modo que seus nós foram próximos ou os mesmos dos da circulação hidrográfica. Mantiveram assim, na reticulação desta circulação, os mesmos pontos de relativo isolamento no interior do território amazônico (THÉRY, 2005, p. 39).

Uma interpretação da relevância que se pode dar a essas intervenções na rede de circulação foi a de que Henri Lefebvre *apud* Becker assim especificou, justificando a “produção do espaço”:

Segundo esse autor, após a construção do território, fundamento concreto do estado, este passa a produzir o espaço político, o seu próprio espaço, para exercer o controle social, espaço constituído de normas, leis, hierarquias. Para tanto, impõe sobre o território uma malha de duplo controle – técnico e político – constituída de todos os tipos de conexões e redes, capaz de controlar fluxos e estoques, e tendo as cidades como base logística para a ação. (BECKER, 2004, p. 26)

Para os militares, a construção das estradas na Amazônia significava integração, conquista e soberania territorial, pois estava alinhada às políticas de colonização implementadas. Por outro lado, essas mesmas vias foram as que serviram aos irreparáveis impactos ambientais (MELLO, 2006, p.49).

O modelo caracterizado por ocupação e colonização oficial na década de 1970, por meio dos pequenos e médios produtores rurais, mantinha, de maneira geral, uma forma de ocupação linear (ao longo das novas rodovias e das margens dos rios). Balizado por esforço e suporte governamental, este modelo foi diferente daquele da extração e da exportação dos recursos através das multinacionais da área da mineração e da energia.

O privilégio concedido às multinacionais, em modelo adotado pela reclusão e pela interiorização, em forma de polos e de grandes projetos, manteve a linearidade somente para exportação das mercadorias (sistema mina-ferrovia-porto). Houve aí a mudança de suporte governamental que passou a intensificar os esforços para atração do grande capital, relegando os primeiros ocupantes ao abandono. Estes, por sua vez, passaram a adotar medidas “próprias” de sobrevivência e, por conseguinte, de ocupação do espaço (BECKER, 2004).

As políticas que determinaram tal redirecionamento foram os Programas de Integração Nacional (PIN) I e II que estavam, igualmente, dentro do Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) I e II. O PND I foi implementado no período de 1972- 1974, enquanto o II, de 1975-1979. Estão entre as intervenções desses programas: ações de colonização pública e privada, políticas urbanas e políticas de ocupação produtiva.

As principais ações concretizadas pelos PND foram: criação de rodovias (Transamazônica, p.ex.), implementação de áreas de colonização agrária (entre Marabá e Altamira no Pará), projetos agropecuários (Polonoroeste em Rondônia e Mato Grosso), projetos minerais (Grande Carajás), de industrialização (Suframa/Zona Franca de Manaus) e de defesa (Calha Norte, fronteira norte do Amazonas e Pará).

Enquanto o PND I viabilizou e financiou a ocupação amazônica por meio de política direcionada aos pequenos produtores e aos sem-terra, para a efetivação territorial via estabelecimentos agrícolas (agrovilas e agrópolis), o PND II visou ocupação direcionada à exportação, atraindo, assim, o grande capital de empresas de maior porte – incluindo multinacionais – e até mesmo o aporte de instituições financeiras e montadoras de veículos (MELLO, 2006).

O ano de 1974 foi um marco no redirecionamento dessas políticas. Não somente por alteração de governantes da presidência do país, dos generais Médici para Geisel, ambos oriundos do regime político militar. Mas, principalmente, por conta da crise econômica global deflagrada pela crise mundial do petróleo. Crise, esta, originada nos conflitos do Oriente Próximo, iniciados em 1973.

Nesse momento, o Brasil via minguar os investimentos externos e sua principal fonte energética, sendo obrigado ao reordenamento nas captações e nos investimentos de capitais produtivos. Foi assim que a Amazônia passou para outra ordem de ocupação e de intervenção.

Como visto, o modelo escolhido pautado em grandes capitais da mineração e da energia resultou no abandono da população migrante de outras partes do país, originando e também desencadeando boa parte dos problemas socioambientais da região. Contrariamente, projetos de grande porte passaram a impor outra relação com o local, redefinindo seu papel regional de área produtora e exportadora de *commodities*.

Programas Federais de ocupação – do período de democratização mais recentes – como o Brasil em Ação (1996-1999) e o Avança Brasil (2000-2003), ambos do Plano Plurianual (PPA), reintroduziram a lógica da circulação da integração nacional. O objetivo passou a ser o da integração multimodal que visava evitar os “gargalos” da exportação, aumentando assim a integração com países da América do Sul. Todavia, essa nova ótica de circulação manteve e aprofundou os conflitos socioambientais, em razão do modelo escolhido (THÉRY, 2005, p.41).

Na história da circulação amazônica, são identificados alguns períodos. Segundo Théry (2005, p.46), do momento da colonização europeia até 1960, o eixo principal de penetração se deu ao longo do rio Amazonas e afluentes, em navegação que privilegiou o movimento da foz às nascentes. A década de 1960, por conta da construção da rodovia Brasília-Belém (BR 010), privilegiou a direção sul-norte pela via da circulação terrestre. Já nos anos 1970, incrementou-se a circulação no sentido de

leste para oeste, ou do sudeste para o noroeste, por conta das novas rodovias BR364 (principal ligação Cuiabá-Porto Velho) e Transamazônica (BR 230). Os anos 1980 e início dos 1990 foram caracterizados como período sem investimentos, pois foram marcados pela falta de política amazônica bem definida, portanto, nesse período, há propagação em diversas direções⁴⁰. Por fim, em período mais recente, foi retomada a circulação com o asfaltamento via Cuiabá-Santarém (BR 163), eixo Manaus-Venezuela (BR 174) e Amapá-Guiana Francesa. Mais recentemente, uma série de planos de adensamento de infraestrutura na Região Metropolitana de Manaus e da construção da Ponte transpondo o Rio Negro demonstram uma nova energia de políticas de modernização da infraestrutura viária e aeroportuária (Figura 9).

Estes novos esforços demonstram não apenas maior integração com a Região Centro-Oeste e, por conseguinte, toda a relação com a produção e exportação da soja, mas também maior integração com os países e territórios vizinhos.

⁴⁰ Essa multiplicidade de direções provavelmente pode ser associada às vias de menor extensão e de caráter mais interiorizado e ramificado, a partir dos eixos centrais. Esse foi um período de carências de planejamento no âmbito Federal. Portanto, possivelmente sobressaíram iniciativas de manutenção e infraestrutura na circulação pelas menores unidades da federação – municípios e estados –, inclusive as não oficiais praticadas por madeireiros, por exemplo.

Figura 9 – Intervenções do estado e mutações dos territórios amazônicos

Fonte: Théry (2005, p. 44).

O modelo de ocupação da Amazônia privilegia políticas voltadas às bordas ou “franjas”. A circulação e a “marcha” da frente pioneira se intensificam. Ao norte, mantêm-se menor ocupação e transformação, ao passo que ao sul e a leste, vários são os vetores. As rodovias conseguiram transpor o rio Amazonas ligando, e transformando, o núcleo amazônico em uma espécie de ponte que une o Brasil central ao Caribe e, a partir daí, ao Mundo. A política territorial produtivista vai, aos poucos, envolvendo a região. Incorpora-a gradativamente ao espaço produtivo – agropecuário – nacional. A complexidade da ocupação, por fim, está instalada. A configuração regional está em plena formação, aberta. O movimento ainda é intenso e a escalada de divergências sobre o uso e o destino das terras, dos recursos e das populações tradicionais tende a se intensificar (THÉRY, 2005).

3.1 Circulação na Amazônia Ocidental e a contextualização histórico-viária de Canaã dos Carajás na região de Carajás II

Cada setor da Amazônia, por suas vias e conjunto de programas, acabaram resultando em dinâmica econômica regional particulares e que perpassaram pelas intervenções estatais, em que a circulação e sua viabilidade tiveram papel central e propulsor.

Na então tradicional região de castanhais com atividades econômicas extrativas da porção da Amazônia Ocidental foi implementado o Programa Grande Carajás (PGC)⁴¹ na década de 1980. A magnitude do projeto, devido à sua extensão regional, a volumosos investimentos e ao alcance internacional, resumiu-se ao objetivo de garantir a infraestrutura à exportação do minério de Ferro. A descoberta da jazida, datada de 31 de julho de 1967, está iconicamente registrada em vídeo comemorativo institucional da Vale⁴² em razão dos 50 anos do feito geológico. Nele, chama atenção a dimensão do entrelaçamento e a amplitude dos aspectos econômicos, do peso regional e do âmbito político que a formação significou. E isso naturalmente possui efeitos contemporâneos.

Compreendendo área de 900.000 km², o PGC estendeu-se originalmente do Rio Xingu ao Parnaíba e do Vale do Amazonas ao Paralelo 8º. O Programa incorporou a “Província Metalífera de Carajás, a Província de Bauxita de Paragominas, a Usina Hidrelétrica de Tucuruí e as indústrias de alumínio” (GARRIDO FILHA; COSTA; RIBEIRO, 1988, p.145) em Barcarena e São Luís, como a ALBRAS/ALUNORTE e a ALUMAR⁴³.

O Projeto Ferro Carajás, como explicam Garrido Filha, Costa e Ribeiro (1988), ficou a cargo da CVRD (Companhia Vale do Rio Doce) como parte do PGC. Nele, foi implementado o modelo mina-ferrovia-porto com as instalações para extração e para o beneficiamento do ferro e do manganês em Parauapebas (Carajás), e, ainda, as estradas que deram acesso à mina e à ferrovia que liga Carajás ao porto de Ponta Madeira⁴⁴ em São Luís. Destaca-se nesse contexto histórico-geográfico da Carajás o fato de ter se desenvolvido na contramão econômica da crise dos anos 1970 decorrentes da crise do petróleo. Dessa forma, o projeto iniciado em 1978 teve seu início em 1984 e, ao final desse mesmo ano, a ferrovia foi instalada, assim como o porto de Ponta Madeira.

O final da década de 1970 e o início dos anos 1980 representam não só a transição de uma economia extrativista vegetal para a mineral, ainda que o GETAT⁴⁵

⁴¹ Decreto-Lei 1.813 de 24/11/1980.

⁴² <http://www.vale.com/hotsite/PT/Paginas/v-doc/carajas-50-anos-a-descoberta.aspx>. Acessado em agosto de 2020.

⁴³ Contemporaneamente, Hydro Alunorte.

⁴⁴ Porto privado (Vale) e adjacente ao Porto de Itaqui.

⁴⁵ Grupo Executivo de Terras do Araguaia-Tocantins.

tenha tentando criar um polígono dos castanhais para manter a atividade na região (Figura 10). Esse momento marca também uma intensa ocupação e povoamento com inúmeras atividades diretas e indiretamente relacionadas à mineração, como analisaram (GARRIDO FILHA; COSTA; RIBEIRO, 1988), a exemplo de Serra Pelada e de Rio Verde como núcleos de ocupação, ou ainda a diversidade de garimpos e de atividades agropecuárias via colonização induzida ou espontânea.

Entretanto, as vias não naturais oriundas desse processo de expansão econômica e do povoamento da região não estão oficialmente cartografadas nos mapas do IBGE em escala 1:100.000 da época, conforme consulta direta aos originais realizadas nas cartas topográficas Rio Itacaiúnas (MI1024 de 1984), Serra dos Carajás (MI1025 de 1981), Rio Verde (MI 1026 de 1981), Rio Parauapebas (MI1104 de 1981) e Água Fria (MI1105 de 1981)⁴⁶. Bem como também não consta no mapa da Figura 11 em artigo publicado na Revista oficial do próprio IBGE. Isso, ao menos, para o que é considerado hoje o território administrativo de Canaã dos Carajás e que, à época, compunha quase a totalidade da área denominada Carajás II (Figura 11) quando confrontada com a Figura 12, onde os dados das vias foram obtidos diretamente das imagens de satélite *Landsat 5* com apoio e com consulta documental e cartográfica para esta pesquisa.

Essa divergência decorre do que estava registrado na cartografia oficial do IBGE e a que foi efetivamente realizada, onde observa-se que uma territorialização viária muito maior já estava em curso naquela época. Tal divergência pode ser explicada por três fatores. O primeiro, refere-se ao fato de a cartografia do IBGE ser pautada em levantamento aéreo pretérito à sua impressão em ao menos 14 anos, bem como o apoio de campo. A segunda, refere-se à escala, pois os levantamentos do IBGE estão na escala de 1:100.000, ou seja, com pouco detalhamento. O terceiro, e mais importante, é respondido em relação ao ano em que as estradas principais, as vicinais, foram abertas para atender ao projeto de colonização induzido pelo GETAT: 1983.

Em detalhe, Garrido Filha, Costa e Ribeiro (1988) apontam as condições relacionadas à abertura das vias e da colonização:

⁴⁶ Todas as cartas registradas com levantamento de Cobertura Aérea de 1967 e com Apoio de Campo em 1979.

A sudeste das terras da Companhia Vale do Rio Doce, o Grupo Executivo de Terras do Araguaia-Tocantins, até 1987 encarregado das questões fundiárias e de colonização dos dois vales, destinou 350.000 ha de terras aos Projetos de Colonização Carajás. O acesso a esse projeto se dá a partir da PA-275, nas proximidades do aglomerado de Rio Verde. Cada um dos projetos dispõe de um Centro de Desenvolvimento Regional - CEDERE. O CEDERE I fica a 25 km ao sul de Rio Verde e o CEDERE II a 75 km.

O GETAT iniciou o assentamento dos colonos em 1983, com 520 lotes, após ter aberto a estrada principal e as vicinais. Havia um programa de apoio ao colono, constituído de desmatamento de 1 ha para a construção da casa, cesta de alimentos, cesta de ferramentas e outros. Previa, também, apoio técnico da EMATER e infraestrutura escolar e hospitalar. Em 1985, completado o assentamento, os colonos eram em número de 1.551. (GARRIDO FILHA; COSTA; RIBEIRO, 1988, p.157)

Por meio de estudo de caso de levantamento viário da área (Seção 6) pode-se indicar tanto histórica, quanto geograficamente, que na área onde hoje se encontra o município de Canaã dos Carajás havia uma recente rede viária, já implementada até 1984, de 303,7 km, atuando como força motriz inicial (*driving force*) de transformação da paisagem local. As vias oficiais, vicinais estruturantes (VP, VS e VE), recém-abertas pelo Governo Federal com o propósito de colonização e de povoamento via GETAT, contabilizaram nesse mesmo ano 113,8 km (37,4%). A rodovia estadual (PA-160) participou com 23,9 km (7,9%) e as demais vias com 166 km (54,7%).

Figura 10 – Polígono dos Castanhais e principais vias em contexto de conflito de terras na região de Marabá em 1985

Fonte: Garrido Filha, Costa e Ribeiro (1988, p.155).

O município de Canaã dos Carajás, emancipado de Parauapebas em 1994, possui em seu centro geográfico o Rio Parauapebas, bem como em sua porção leste a rodovia estadual PA-150 cruza o município latitudinalmente (sentido Norte-Sul). Apesar da ausência na legenda do mapa, observa-se o traçado da ferrovia que tem na região o seu ponto de origem próximo a PA-275. Também se observa o papel de nó na rede de circulação regional exercido por Marabá à época.

Figura 11 – Carajás II

Fonte: Filha, Costa e Ribeiro (1988, p. 107)

Enquadramento de mapa em relação ao original. Observa-se que Carajás II, onde hoje situa-se o município de Canaã dos Carajás, registrava nessa ocasião (1981 pela fonte da carta topográfica) somente uma via de tráfego ligando o núcleo de CEDERE II ao Rio Parauapebas. Na carta topográfica original do IBGE de mesmo ano (1981) há convergência do registro, pois há somente uma única via cartografada, além da Federal PA-150, e é a mesma aqui apresentada. Entretanto, na carta original, consta como via de “Tráfego Permanente”, e não como “Tráfego Periódico”, como apontam Garrida Filha, Costa e Ribeiro (1988, p.107).

Figura 12 – Vias instalas até 1985 no atual território de Canaã dos Carajás

Elaborado por: Autor (2021).

As vias estruturantes ou principais, tais como as VP, VS e VE, abertas pelo GETAT irradiam-se a partir do eixo viário principal federal (Rodovia PA-160). Em 1985, já se observa um conjunto de vias não oficiais margeando o Sul da Serra dos Carajás, bem como um avanço em sua porção leste e sudeste. O nó dessa rede configura o que hoje é a cidade de Canaã. A imagem Landsat de fundo indica que, além do esperado desmatamento junto aos eixos viários, há um indicativo de outro maior em sua porção sudoeste não esclarecido somente pelas vias oficiais cartografadas até então.

3.2 Vias não naturais do espaço amazônico pelo viés socioeconômico

O desenvolvimento de malha viária não natural⁴⁷ assume diferentes aspectos de acordo com o contexto ambiental e o socioeconômico. A abertura de uma via não significa que ela sofrerá a manutenção do tráfego. Vias derivadas a partir de um eixo viário central podem se territorializar nas mais variadas formas, podendo, inclusive, sofrer influência da geomorfologia local, a exemplo de uma planície ou de uma depressão, de áreas serranas ou de ambientes com alta densidade hídrica e maior

⁴⁷ Refere-se a vias construídas em oposição às vias navegáveis naturais.

largura entre margens dos canais fluviais. O bioma na qual se inserem facilita ou aumenta as dificuldades de expansão e de manutenção. As vias podem se originar de ocupações espontâneas e derivarem para uma instituição que as regula, assim como podem também sofrer desregulamentação. Ambientes rurais ou urbanos igualmente impõem uma lógica de parcelamento das propriedades que impacta a extensão e a densidade viária. Planejadas ou espontâneas, largas ou estreitas, extensas ou curtas, formam um complexo campo de análise quando se pretende entender suas causas e efeitos na estrutura e na função das paisagens em que se instalam.

Uma via é basicamente uma territorialização para um fluxo, sendo ele material ou imaterial. Assim, deve-se considerar que servem tanto ao fluxo humano quanto ao de mercadorias físicas, como a soja ou o minério de ferro, ao transporte de energia e aos dados. As vias costumam ter seus nós, e a malha que forma a rede acaba por indicar um comportamento da interação sociedade-ambiente. Quando a rede viária não natural (estradas, ferrovias, linhas de transmissão de energia e dutos) é interpretada em conjunto com a de vias naturais (rios, córregos, áreas costeiras), a análise se torna ainda mais desafiadora e complexa, embora idealmente mais completa (PEREIRA, 2009; SILVEIRA, 2011).

Estudos regionais recentes relacionados à questão viária na Amazônia orientam-se a essa temática por diferentes abordagens. Nogueira e Neto (2016) interpretaram as rodovias pelo aspecto geopolítico e discorrem acerca do peso do papel e da relação militar na construção, assim como seus significados. Esses mesmos autores (2015) pesquisaram a BR-319, que liga Porto Velho a Manaus, considerando os fluxos e a influência entre as redes de cidades envolvidas. Gigliotti e Pinho (2015), por sua vez, dedicaram-se a relacionar o avanço das vias terrestres recém-construídas com a mudança do uso da terra em um município geográfica e historicamente dependente da circulação fluvial. Por sua vez, Barni, Fearnside e Graça (2012) aplicaram a técnica de *buffer* junto aos eixos viários para averiguar o desmatamento a uma dada distância dos projetos de assentamento junto às rodovias BR-174 e BR-210 em Roraima.

3.3 Vias não naturais do espaço amazônico pelo viés ecológico: o caso do desmatamento pela arquitetura da rede rodoviária

Pelo enfoque ecológico, as vias são forças motrizes (*drive force*) que impõem pressões, fragmentam a paisagem, interferem em processos, comprometem habitats e desencadeiam impactos socioambientais e respostas das mais variadas ordens e magnitudes (BÜRGI; HERSPERGER; SCHNEEBERGER, 2005; LAURANCE *et al.*, 1997; LAURANCE *et al.*, 2000).

As vias não devem ser tomadas de forma isolada no processo de fragmentação da paisagem, pois há um conjunto de fatores das atividades humanas ou ações imediatas que está relacionado a essa fragmentação (*proximate causes*)⁴⁸, como apontam Geist e Lambin (2002). Expansão agrícola, extração de madeira, e outros fatores como o demográfico e o cultural devem ser considerados, indicam esses autores.

Foi visando explicar a fragmentação florestal na Amazônia brasileira que Arima *et al.* (2015) realizaram pesquisa relacionando a arquitetura viária aos padrões de desmatamento. Porém, não foi escolhida metodologia de índices de fragmentação para o estudo, e sim, o pano de fundo em que estão inseridos: as rodovias e sua representatividade em relação aos agentes envolvidos.

Essa abordagem é importante nos estudos ecológicos de fragmentação da paisagem porque traz para a análise não somente o *drive*, de modo isolado geográfica e temporalmente, a exemplo do desmatamento ao longo da via e sua fragmentação esperada pelo seccionamento do arranjo natural, bioma ou habitat no momento de sua instalação. Ela contribui de modo instigante pois coloca em perspectiva a pergunta prognóstica do desmatamento e da fragmentação esperados a partir de um determinado arranjo ou arquitetura de vias instaladas.

Arima *et al.* (op.cit) argumentam que os padrões de desmatamento estão relacionados aos tipos e ao tempo de chegada dos agentes que convertem a cobertura da terra. Argumentam também que os padrões observados se manifestam na paisagem devido à construção das estradas e da formação das propriedades agrícolas, o que muitas vezes ocorre de forma simultânea. Destaca-se o fato de esses

⁴⁸ Causas aproximadas, em tradução livre.

autores concluírem que, em áreas de colonização oficial, a fragmentação é mais consistente com a conservação quando comparada às não regulamentadas ou *laissez-faire*, como definiram.

The key to understanding such generative processes is to gain insight into road-building. Although roads have long been recognized as an important deforestation driver (Geist & Lambin, 2002; Nelson & Hellerstein, 1997), the interest here resides in the fact that road network architecture plays a critical role in shaping forest fragmentation patterns (Arima, Walker, Perz, & Caldas, 2005).

(ARIMA *et al.*, 2015, p.2)

O papel desempenhado pelas estradas como barreira à dispersão ecológica não é prontamente apreendido via imagens de satélite e sua observação. O impacto da fragmentação ocorre posteriormente, com a consolidação do processo de uso da terra, como o agropecuário. Por isso, a arquitetura das estradas para esses autores não se refere somente à materialização viária, mas também ao contexto territorial em que estão inseridas. Isso ocorre de tal modo que os agentes envolvidos no momento de abertura, e, portanto, o tipo ou arquitetura viária, moldam o padrão de desmatamento futuro.

Para chegar a essas considerações, Arima *et al.* (2015) aplicaram questionários de campo, simulações e sensoriamento remoto ao método. Após digitalizarem manualmente as vias em escala 1:50.000, a partir de imagens Landsat TM e ETM+ manipuladas por meio de mistura espectral para ressaltar o solo exposto, e com apoio de classificação supervisionadas, os autores chegaram a um total de 506.435 km da rede viária Amazônica em 2015 e as dividiram em vias oficiais e não oficiais (Figura 13). As vias não oficiais, por sua vez, foram agrupadas de acordo com a literatura pré-existente dos padrões conhecidos, além de referências do histórico de ocupação, como os projetos de colonização, a prática da agropecuária, os questionários aplicados (com ocupantes mais antigos) e a arquitetura da própria via. Por esse caminho metodológico, classificaram as rodovias não oficiais amazônicas (em maior extensão que as oficiais) em seis categorias (Figuras 13 e 14): 1) Retilíneas, 2) Espinha de Peixe, 3) Dendríticas, 4) Caule de Rosa, 5) Radial e 6) Indefinidas ou mistas.

Figura 13– Rede viária por padrão e extensão

Fonte: Arima *et al.* (2015, p. 6).

Figura 14 – Exemplos de padrões da rede viária e fragmentação florestal

Fonte: Arima *et al.* (2015, p.3).

Ao lado esquerdo, de cima para baixo, respectivamente: Padrão Radial, Ramo da Rosa e Retangular. À direita, de cima para baixo, respectivamente: Espinha de Peixe e Dendrítico.

A seguir, as principais informações das tipificações rodoviárias amazônica exploradas por Arima *et al.* (2015)⁴⁹:

- **Espinha de peixe:** Longamente estudado (OLIVEIRA-FILHO; METZGER, 2006) (SKOLE; TUCKER, 1993), esse antigo padrão ocorre, por exemplo, ao longo da BR-364 (Rondônia). O desmatamento interiorizado a partir de uma via arterial é explicado pela replicação dos lotes não legais a partir dos demarcados pelo INCRA associados aos projetos de colonização e à afluência de migrantes. Migrantes esses que

⁴⁹ As referências citadas dentro de cada tipologia não foram reproduzidas em sua totalidade intencionalmente, pois já constam em seu original e se confundiriam com as selecionadas por esta pesquisa, pois são em grande número. Recomenda-se ao leitor, pela boa qualidade das referências, dos métodos e das fontes, a consulta ao original e às suas indicações.

demarcam os lotes em limites *de respeito* e *de facto* com as áreas do lote variando de 50 a 100 ha em intervalos de vias a cada 5 km (travessões). A fragmentação que replicou o molde governamental de divisão já atingiu de 50 km a 100 km do eixo viário central.

- **Retangular:** Padrão típico da grande propriedade rural comercial, mas que pode também ocorrer com as pequenas. Diferencia-se do Espinha de Peixe pela maneira como as propriedades individuais estruturam as redes de estradas. Largos retângulos refletem o tamanho da propriedade em parcelas que chegam a 10.000 ha geralmente vendidas a investidores externos à região. Os proprietários, junto aos madeireiros, expandem consideravelmente a rede entregue pela empresa que vendeu a propriedade e seguem os limites das propriedades pré-existentes, por vezes de mesmo padrão, o que explica a geometria retangular com ângulos retos. Desmatamento em blocos e perto das estradas emerge de acordo com a geometria das propriedades. Em Mato Grosso, extensões de vias com praticamente 100 km são encontradas nesse padrão.

- **Dendrítico:** Padrão de acomodação ou de territorialização independente. Associada aos madeireiros que atuam antes da chegada da fronteira, esse tipo configura uma estrutura em treliça ramificada e irregular. Indicam que as propriedades são construídas na ausência de restrições. Os madeireiros, principais agentes, evitam as áreas de topografia de encostas íngremes. Locais mais valiosos e mais distantes das vias principais são desflorestados antes. Nele o estoque de madeira, em especial a “madeira de lei” tem sua importância para as madeireiras locais. Típico padrão da Terra do Meio (entre o Xingu e Tapajós)⁵⁰.

- **Radial:** Forma de roda em que o desmatamento se expande por raios a partir de um nó central da paisagem que normalmente é uma cidade. Sua formação espontânea ocorre em detrimento do crescimento demográfico que envolve diferentes agentes (grileiros, especuladores, pequenos proprietários, fazendeiros e madeireiros). Ocorre

⁵⁰ Essa tipologia teve estudo aprofundado pelos autores em Arima *et al* (2015).

em toda a bacia amazônica onde há histórico de expansão em áreas e onde houve a cessão do investimento estatal na colonização.

- **Ramo de rosa:** Combinando o Dendrítico com o Espinha de Peixe, esse é um caso específico associado à mineração⁵¹, pois as estradas são construídas por mineiros que encontram ouro a uma dada distância da via principal. As estradas começam com um igual padrão junto a uma rodovia central e se estende retilinearmente por vários quilômetros quando mudam e começam a formar uma geometria em treliça que lembra o dendrítico. A regularidade do espaçamento é explicada pelo fato de os mineradores respeitarem os limites das propriedades já existentes, visto que a finalidade é alcançar os locais de mineração de interesse.

4 PAISAGENS DE CANAÃ DOS CARAJÁS: DADOS DE CAMPO

A partir da experiência de circulação e da vivência nos dias dedicados ao trabalho de campo, duas características chamaram atenção dentre os demais resultados a serem apresentados em sequência. A primeira é a forma de poder e de influência da Corporação Vale na região e no município. A segunda, as situações de garimpo ilegal de cobre e de ouro.

A presença da Vale não se restringe aos números e à magnitude da mineração, como é de se esperar. Localmente, ela se encontra imersa no cotidiano de forma profunda e variada. Está na rotina diária de circulação urbana com seus ônibus vermelhos fretados que levam e trazem trabalhadores em ao menos três turnos, no vai e vem das composições ininterruptas que atravessam a área rural do município, nos carros com bandeirolas e adesivos típicos da área de mineração e que passam o tempo todo nas vias locais e estaduais. Também no cotidiano das crianças com seu nome e logotipo nas entradas das escolas. É onipresente na qualidade, ou na falta desta, das estradas asfaltadas. Marca o comércio local que se configura de forma a tentar atrair os engenheiros da Vale, como hotéis, lojas de aluguel de carros e postos de gasolina, estrategicamente posicionados e conveniados com a companhia. Impulsiona o lazer e ocupação rural (chácaras para funcionários da Vale). Faz-se

⁵¹ O sentido de mineração indica que se trata de garimpo.

igualmente presente nas vilas rurais e de operários, nos muitos varais e nas pessoas com as roupas ou uniformes da empresa, ou equivalente terceirizada. É ao mesmo tempo a esperança e a desesperança econômica, pois tem períodos de grande contratação e outros de demissão que atinge centenas, sendo que muitos desses demitidos acabam se direcionando às atividades de garimpos ilegais.

Os garimpos, presentes em diversas situações e áreas do município (Figura 15), são igualmente, em outra instância, marcantes na paisagem de Canaã dos Carajás. Escancarados ou escondidos, camuflados ou tão extensos quanto a icônica Avenida Paulista em São Paulo, são cavas de considerável passivo ambiental. Ao se circular em Canaã, encontram-se “olheiros” com rádio de comunicação em mãos e posicionados na beira da estrada (em condição análoga à paisagem do tráfico nas favelas) em áreas como a da Serra Dourada. Há ainda barulhos de máquinas ou de motores típicos da atividade atrás da mata fechada, caminhões circulando nas estradas e carregando máquinas igualmente específicas da atividade. Em uma das situações, o garimpo encontrava-se “blindado” por uma pequena vila, também oculta da estrada principal. Para se ter acesso ao garimpo, foram necessárias conversas e apresentação carregadas de tensão junto ao responsável da área na casa estrategicamente posicionada como a última da vila e imediatamente vizinha ao garimpo.

Figura 15 – Garimpos

(a) Ponto coletado: 006. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.291.073 m Long. 627.317 m. Altitude elipsoidal: 224. Azimute e orientação da foto: 30° NE. **(b)** Ponto coletado: 020. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.275.338 m Long. 633.093 m. Altitude barométrica: 230 m. Azimute e orientação da foto: 340° NO. **(c)** Ponto coletado: 049. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.286.673 m Long. 615.199 m. Altitude barométrica: 195 m. Azimute e orientação da foto: 120° SE. **(d)** Ponto coletado: 014. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.293.716 m Long. 621.178 m. Altitude elipsoidal: 370 m. Azimute e orientação da foto: 180° S. Fotografia(s): Autor (2020).

***(a)** Garimpo exaurido, próximo à Vila Planalto. **(b)** Garimpo ativo inoperante, localizado ao Sul da Cidade de Canaã. **(c)** Garimpo ativo inoperante, região de Serra Dourada. **(d)** Garimpo aparentemente exaurido na região da Serra da Bocaina ou do Rabo.*

Os resultados espaciais da pesquisa de campo (Figura 16) estão tematicamente agrupados no mapa da Figura 17 e as respectivas paisagens de Canaã estão visualmente agrupadas e legendadas desde a Figura 18 até a Figura 53, excepcionalmente apresentadas continuamente nessa seção para melhor entendimento dos resultados. Para associar a informação visual individualizada (fotografia a, b, c ou d) à localização espacial, foram disponibilizados os mapas da Figura 16 e da Figura 17. O número do ponto de coleta (1 a 102) e a respectiva fotografia encontram-se na legenda de cada figura, quando disponível, assim como o título de cada figura também é norteador para associá-lo ao mapa temático (Figura 17).

Figura 16 – Mapa dos pontos coletados em campo apresentados em sequência numérica de coleta

Elaborado por: Autor (2021).

Figura 17 – Mapa temático das paisagens de Canaã dos Carajás a partir dos dados coletados em campo

Elaborado por: Autor (2021).

Figura 18 – Cidade de Canaã dos Carajás: vista panorâmica

Ponto coletado: 002. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.281.249 m Long. 628.128 m. Altitude barométrica: 350 m. Azimute e orientação da foto: 200° SE. Fotografia: Autor (2020).

Vista da cidade de Canaã dos Carajás a partir do Mirante das Torres ou Morro das Antenas (350 m de altitude). Desenvolvida sobre depressão periférica ao sul da Serra dos Carajás, a cidade apresenta características de horizontalidade somada à baixa verticalização construtiva. Avenida Weine Cavalcante, principal da cidade, perpassa o núcleo urbano de norte a sul. Em sua região norte, em destaque no primeiro plano da fotografia, observam-se construções com telhados de aspecto mais claros indicando ser aí uma de suas frentes de recente expansão ou periferização. Nota-se também o recém construído acesso (adjacente a curva da avenida) que amplia a conexão entre a PA-160 (Avenida Weine Cavalcante no trecho urbano de Canaã) à estrada de acesso a S11D.

Figura 19 – Área rural de Canaã dos Carajás: vista panorâmica

Ponto coletado: 003. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.280.418 m Long. 626.855 m. Altitude barométrica: 325 m. Orientação da foto: NO. Fotografia: Autor (2020).

Vista parcial da área rural do município. Típica cena da região, topografia mais elevada nos limites ao norte do município com cobertura vegetal preservada em contraste com as áreas mais dissecadas e com vastas áreas para pasto e uso agropecuário misto. Ao fundo, Serra da Bocaina ou do Rabo. Duas grandes infraestruturas em destaque: Subestação Elétrica (parcialmente encoberta pela árvore do primeiro plano) e Distrito Empresarial e Industrial logo atrás da subestação (segundo plano).

Figura 20 – Nordeste de Canaã

(a) Ponto coletado: 090. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.303.526 m Long. 629.529 m. Altitude barométrica: 215 m. Azimute e orientação da foto: 90 °S. **(b)** Ponto coletado: 060. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.308.717 m Long. 629.138 m. Altitude barométrica: 170 m. Azimute e orientação da foto: 80° L. Fotografia(s): Autor (2020).

*Quando o acesso à Canaã dos Carajás é realizado por sua região norte via PA-160 (tendo como origem Parauapebas), a paisagem que se encontra é da **(a)** Serra do Rabo ou Buriti margeando a rodovia estadual, além de **(b)** típicas grandes propriedades rurais destinadas à pastagem e com vias próprias de circulação.*

Figura 21 – Vilas

(a) Ponto coletado: 051. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.292.047 m Long. 627.210 m. Altitude barométrica: 235 m. Azimute e orientação da foto: 360° N. **(b)** Ponto coletado: 066. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.278.439 m Long. 609.688 m. Altitude barométrica: 220 m. Azimute e orientação da foto: 360° N. **(c)** Ponto coletado: 073. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.278.416 m Long. 594.713 m. Altitude barométrica: 190 m. Azimute e orientação da foto: 60° NE. **(d)** Ponto coletado: 093. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.289.327 m Long. 608.311 m. Altitude barométrica: 200 m. Azimute e orientação da foto: não coletados. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) A Vila Planalto (e seus comércios) situada à margem da PA-160 torna-se passagem obrigatória para quem se destina a cidade de Canaã ou às áreas de operação da Vale. **(b)** Na rural Vila Feitosa nota-se, como na foto, cultivo (milho) entre as casas. **(c)** Vila Ouro Verde, igualmente com aspectos de Vila rural com ocupação de baixa densidade espacial. **(d)** A Vila Bom Jesus é a mais próxima da Mina Sossego e possui paisagem típica de vila de operários da Vale, notam-se alguns em descanso debaixo da árvore na fotografia, assim como foram registradas casas com uniformes da Vale no varal. **(a)** Vila Planalto, localizada no cruzamento da PA-160 e a VS-03/VS-45 ao norte da cidade de Canaã. **(b)** Vila Feitosa, localizada próxima a VS-20 e VP-20 ao Sul do município. **(c)** Vila Ouro Verde, localizada a Sudoeste do município na intersecção da VS-80 com a VS-77. **(d)** Vila Bom Jesus, localizada a oeste da Vila Planalto na VS-03.

Figura 22 – Garimpo de ouro exaurido e piscicultura em minifúndio

(a) Ponto coletado: 006. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.291.073 m Long. 627.317 m. Altitude elipsoidal: 224 m. Azimute e orientação da foto: 30° NE. **(b)** Ponto coletado: 009. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.290.861 m Long. 628.390 m. Altitude barométrica: 198 m. Azimute e orientação da foto: 210° SO. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Garimpo de ouro exaurido. **(b)** Chácaras com tanques de pesca. Entre os núcleos urbanos da Vila Planalto e a cidade de Canaã dos Carajás, pequenas propriedades rurais (aproximadamente 1 hectare) produtivas e de uso misto (chácaras, pesqueiros, criação de gado) contrastam com recorrência de garimpos de ouro exauridos e abandonados em propriedades com área praticamente equivalente àquelas produtivas e vizinhas. Estima-se que são extraídos aproximadamente somente 8g de ouro de uma área como a de (a). Fica a dúvida se não houve uma conversão de exauridos garimpos (a) em terrenos de lazer ao se observar a estrutura e a aparência de (b).

Figura 23 – Cidade de Canaã dos Carajás

(a) Ponto coletado: 098. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.278.064 m Long. 626.972 m. Altitude elipsoidal: 296 m. Azimute e orientação da foto: não coletado. (b) Ponto coletado: 098. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.278.064 m Long. 626.972 m. Altitude elipsoidal: 296 m. Azimute e orientação da foto: não coletados. (c) Coordenadas, altitude, azimute e orientação não coletados. (d) Coordenadas, altitude, azimute e orientação não coletados. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Centro geográfico da Cidade de Canaã dos Carajás (“Marco Zero”). (b) Intersecção da Avenida Weine Cavalcante (primeiro plano) com a Avenida dos Pioneiros. (c) Obra de extensão de praça pública na Avenida Weine Cavalcante (extensão em direção ao Sul da cidade). (d) Comércio na Avenida Weine Cavalcante.

Figura 24 – Rua Jerusalém

(a) Coordenadas, altitude, azimute e orientação não coletados. **(b)** Ponto coletado: 031. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.274.679 m Long. 623.210 m. Altitude barométrica: 260 m. Azimute e orientação da foto: 90° L. **(c)** Ponto coletado: 030. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.274.939m Long. 622.371 m. Altitude barométrica: 265 m. Azimute e orientação da foto: 310° NO. **(d)** Ponto coletado: 030. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.274.939 m Long. 622.371 m. Altitude barométrica: 265 m. Azimute e orientação da foto: 225° SO. Fotografia(s): Autor (2020).

*Ao Sul da cidade de Canaã e perpendiculares à Avenida dos Pioneiros, encontram-se as últimas ruas do ambiente periurbano de Canaã, entre elas a rua Jerusalém. Nesta rua foram encontradas três evidências da relação entre a atividade mineradora praticada pela Vale no município e na região com a expansão e ocupação urbana: 1ª) **(a)** bandeira usada nas áreas de mineração empresa (em destaque à esquerda na figura), conhecida como bandeirola de sinalização para veículos, pendurada no poste de uma casa, 2ª) **(b)** chácara em reforma de um supervisor da Vale (muro branco) e 3ª) **(d)** casa de um operador de máquina (Sr. Valnei) na mina de S11D, morando em Canaã há quatro anos e localizado exatamente ao **(c)** final da rua Jerusalém.*

Figura 25 – Avenida dos Pioneiros em expansão

(a) Ponto coletado: 028. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.275.999 m Long. 625.972 m (Coordenada inferida, diferença estimada em até 30 m). Altitude barométrica: 250 m. Azimute e orientação da foto: 200° SO. **(b)** Ponto coletado: 032. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.272.612 m Long. 624.370 m. Altitude barométrica: 250 m. Azimute e orientação da foto: 200° SO. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) e (b) Aparentemente recém duplicada, e em contínua obra de infraestrutura (asfaltamento em operação), a Avenida dos Pioneiros continua fazendo jus ao seu nome, pois avança com maior grau de infraestrutura e de transformação (duplicação e asfalto) em direção ao sul do município. A região que se situa ao “final” da avenida é a área que deu origem ao município: CEDERE II (local de amplo uso da terra pela policultura, este último não perceptível pela fotografia, porém registrado em campo). É possível perceber no segundo plano de (b) que seu desenvolvimento infraestrutural está a poucos metros de uma área com maior cobertura vegetal (último plano da foto).

Figura 26 – Núcleo originário de CEDERE II

(a) Ponto coletado: 037. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.266.889 m Long. 625.436m. Altitude barométrica: 240 m. Azimute e orientação da foto: 40° NE. **(b)** Ponto coletado: 035. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.268.828 m Long. 623.605 m. Altitude barométrica: 245 m. Azimute e orientação da foto: 160° SE. **(c)** Ponto coletado: 038. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.268.140m Long. 624.515 m. Altitude barométrica: 225 m. Azimute e orientação da foto: 80° L. **(d)** Coordenadas, altitude, azimute e orientação não coletados. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Reservatório de água ao final da estrada (açude). **(b)** Pecuária de rebanho não selecionado em propriedade de policultura. **(c)** Utensílios de quebra de coco de babaçu. **(d)** Carnaúbas e milharal em área com forte presença de cobertura vegetal arbórea. A região ao Sul da cidade de Canaã, núcleo original do município (CEDERE II), é orientada à policultura e ao extrativismo em região com menor parcelamento da terra. Foram observadas muitas propriedades com produção diversificada e integrada: pasto com extrativismo (Carnaúba), cultivo tradicional (milho) e frutas diversas (coco, banana, cajá, sapoti). De modo geral, a região situada ao Sul da cidade de Canaã é bem representativa e de diversificada cobertura vegetal junto aos cultivos e às ocupações, mantendo as características da policultura de sua origem.

Figura 27 – Sr. Maia e Escola Municipal Tancredo de Almeida Neves

(a) Sr. Raimundo Maia da Silva (esquerda). **(b)** Escola Municipal Tancredo de Almeida Neves. O terreno da primeira escola do município foi cedido pelo Sr. Maia. Morador do núcleo originário CEDERE II, o Sr. Maia nos concedeu, em sua propriedade, longa conversa/entrevista de forma espontânea e sem roteiro definido. Morador desde 1983 e definindo-se como um Pioneiro – de fato, pois tinha sido atraído pela oferta de terras do GETAT –, o Sr. Maia participou do movimento dos primeiros agricultores a ocuparem a região. Sua condição de comerciante na cidade fez com que tivesse contato diário e fosse articulador político do movimento que uniu os primeiros produtores rurais da época. Tal movimento, apoiado pela CPT (Comissão Pastoral da Terra), discutia questões cotidianas relacionadas à situação dos pioneiros face à CVRD e ao governo (GETAT). Quando percebeu que o movimento de ocupação do local gerido pelo GETAT crescia, o grupo mobilizou-se em busca de um nome à localidade, que não o técnico CEDERE II. Em reunião presidida por ele (1985 ou 1986), e com a presença de um Padre apoiador do movimento dos agricultores, esse mesmo Padre sussurrou aos seus ouvidos no momento de elaboração da lista de nomes a serem votados em sequência na histórica reunião: “Canaã dos Carajás”. Assim, de origem bíblica e indicada por um Padre, o nome que reverencia a terra prometida, ou Canaã, foi escolhido. Entre outros nomes da lista, e devido à grande presença de goianos entre os pioneiros, constaram na votação muitas derivações de Goiás, como Nova Goianésia e outros. O Sr. Maia lamenta não haver uma ata das reuniões que faziam, pois o movimento era espontâneo e amador. Fotografia(s): Autor (2020).

Figura 28 – Paisagem da pecuária de corte

(a) Ponto coletado: 024. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.273.755 m Long. 645.027 m. Altitude barométrica: 250 m. Azimute e orientação da foto: não coletados. **(b)** Ponto coletado: 025. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.270.662 m Long. 646.278 m. Altitude barométrica: 210 m. Azimute e orientação da foto: 270° O. **(c)** Ponto coletado: 022. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.274.215 m Long. 636.809 m. Altitude barométrica: 235 m. Azimute e orientação da foto: 230° SO. **(d)** Ponto coletado: 019. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.274.865m Long. 633.155 m. Altitude barométrica: 225 m. Azimute e orientação da foto: 210° SO. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) No sudeste do município de Canaã, a paisagem é marcada por constantes carros de boi na estrada, **(b)** rebanho selecionado, **(c)** vegetação remanescente somente nas áreas de APP (córregos ou rios) e **(d)** vastas áreas de pastagem. Foram registradas, na região, máquinas sem identificação do poder público fazendo manutenção da estrada de terra, aparentemente sendo realizada pelos próprios pecuaristas. **(b)** Gado à sombra de raras árvores (proximidade com o gado só foi possível porque a propriedade em questão encontrava-se no limite do município vizinho: Curionópolis).

Figura 29 – Agropecuária Umuarama

Ponto coletado: 023. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.275.235 m Long. 642.172 m. Altitude barométrica: 250 m. Azimute e orientação da foto: 150° SE. Fotografia: Autor (2020).

AGROPECUÁRIA UMUARAMA LTDA: latifúndio destinado a soja e a pecuária de corte. Situada no sudeste do município, a propriedade do Grupo Umuarama conta com ampla infraestrutura logística: silos (em destaque ao centro e último plano da imagem), amplo reservatório de água e até uma pista de pouso asfaltada (não observável na foto).

Figura 30 – Estrada em propriedade rural destinada à pecuária

(a) Coordenadas, altitude, azimuth e orientação não coletados. **(b)** Ponto coletado: 027. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.266.754 m Long. 641.859 m. Altitude barométrica: 240 m. Azimute e orientação da foto: 90° L. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Grandes propriedades rurais, amplamente destinadas a pastagem, possuem suas estradas particulares (estrada perpendicular à PA-160 no trecho não asfaltado). Trancamento com correntes nas porteiras, controle de acesso restrito aos prestadores de serviço nos acessos onde há portaria, uso de capatazes, cercas e aramados explicitam o espaço privado. Na portaria do Grupo Umuarama o acesso foi negado. Na tentativa de explorar as vias registradas e observáveis na imagem de satélite no extremo sudeste município, foram praticamente duas horas circundando de carro em estrada de terra no que parecia ser a mesma propriedade rural, sempre tendo o acesso frustrado pelas porteiras e portaria. **(b)** Quando o único acesso viável parecia ter sido possível, após poucos minutos de circulação, ocorreu a situação em que foi quase impossível um retorno com o carro, pois nem espaço para manobra existia ao fim da estrada defrontada novamente com vasta propriedade. O retorno obrigava a sair do município para voltar a ele mais adiante.

Figura 31 – Sudoeste de Canaã: VP-20

(a) Ponto coletado: 061. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.274.099 m Long. 617.721. Altitude barométrica: 200 m. Azimute e orientação da foto: 340° NO. **(b)** Ponto coletado: 067. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.278.362 m Long. 607.697 m. Altitude barométrica: 210 m. Azimute e orientação da foto: 30° NE. **(c)** Ponto coletado: 062. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.275.423 m Long. 615.463 m. Altitude barométrica: 205 m. Azimute e orientação da foto: não coletado. **(d)** Ponto coletado: 062. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.275.423 m Long. 615.463 m. Altitude barométrica: 205 m. Azimute e orientação da foto: 300° NO. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Via VP-20. **(b)** Área de pastagem ao sudoeste de Canaã. **(c)** Placa do Campo de Futebol: Adelvan Vianna Pereira. **(d)** Campo de futebol com milharal ao fundo (em destaque). A via VP20, perpendicular à VS-80 instalada diagonalmente na borda do sul do município possui em sua larga extensão grande número de propriedades rurais destinadas majoritariamente à pecuária. Diferente da região sudeste do município, que contém poucas, mas grandes propriedades rurais destinadas à pecuária, ao longo da VS-80 encontram-se mais propriedades indicando maior parcelamento da terra. Apesar de ser destinada à pecuária, visualmente percebe-se uma maior presença da cobertura vegetal nessa região, em contraste com a região também pecuarista no Sudeste de Canaã, como se pode notar em todas as fotos.

Figura 32 – Assentamento União Américo Santana

(a) Coordenadas, altitude, azimute e orientação não coletados. **(b)** Ponto coletado: 072. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.276.546 Long. 596.485 m. Altitude barométrica: 210 m. Azimute e orientação da foto: 30° NE. **(c)** Ponto coletado: 072. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.276.546 Long. 596.485 m. Altitude barométrica: 210 m. Azimute e orientação da foto: 220° SO. **(d)** Ponto coletado: 072. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.276.546 Long. 596.485 m. Altitude barométrica: 210 m. Azimute e orientação da foto: 330° NO. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Entrada e placa com o nome do assentamento. **(b)** Via dentro do assentamento. **(c)** Exemplo do uso da terra no assentamento: pecuária bovina (gado não selecionado), bananal e moradia ao fundo. **(d)** Paisagem no assentamento, vegetação em diferentes portes, com alguns babaçus em destaque no último plano.

Figura 33 – Área de Recuperação Ambiental: núcleo PA Cosme Damião

(a) Ponto coletado: 087. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.280.676 m Long. 572.781 m. Altitude barométrica: 300 m. Azimute e orientação da foto: 230° SO. **(b)** Ponto coletado: 087. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.280.676 m Long. 572.781 m. Altitude barométrica: 300 m. Azimute e orientação da foto: 180° S. **(c)** Ponto coletado: 087. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.280.676 m Long. 572.781 m. Altitude barométrica: 300 m. Azimute e orientação da foto: 360° N. **(d)** Coordenadas, altitude, azimute e orientação não coletados. Fotografia(s): Autor (2020).

Antiga área de assentamento originário do município (Projeto de Assentamento Cosme Damião) atualmente em estado de desocupação servindo de duplo papel à Vale: recomposição da vegetação e uma espécie de cinturão de proteção à área de mineração de S11D. (a) Estrada na antiga área de Projeto de Assentamento Cosme Damião. (b) Vegetação em processo sucessional (primeiro plano). (c) Propriedade desocupada (casa no último plano) com vegetação em recomposição (primeiro plano). (d) Propriedade desocupada servindo à pecuária intensiva (gado selecionado pastando na base do morro).

Figura 34 – Área de recuperação ambiental: limites e usos

(a) Ponto coletado: 086. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.280.437 m Long. 574.346 m. Altitude elipsoidal: 299 m. Azimute e orientação da foto: 360° N. **(b)** Ponto coletado: 084. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.277.160 m Long. 577.304 m. Altitude barométrica: 275 m. Azimute e orientação da foto: 220° SO. **(c)** Ponto coletado: 087. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.280.676m Long. 572.781 m. Altitude barométrica: 300 m. Azimute e orientação da foto: 360° N. **(d)** Ponto coletado: 083. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.277.720 m Long. 579.092 m. Altitude barométrica: 250 m. Azimute e orientação da foto: não coletado. Fotografia(s): Autor (2020).

A área de recuperação ambiental da Vale, ao sul da FLONA Carajás e no oeste do município, mantém em alguns pontos o contato entre diferentes ocupações: a da Vale e sua recuperação ambiental, a da pecuária intensiva (gado selecionado) e a da produção agropecuária diversificada em médias propriedades rurais. (a) Contato entre a área de recuperação da Vale (à esquerda) e pecuária intensiva (à direita). (b) Área destinada à pastagem com vegetação arbórea remanescente somente em área de APP (topo de morro). (c) Exemplo de propriedade desocupada na área de recuperação (d) Criação de bubalino.

Figura 35 – Mozartinópolis

(a) Ponto coletado: 088. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.284.057 m Long. 581.872 m. Altitude elipsoidal: 266 m. Azimute e orientação da foto: 270° O. (b) Ponto coletado: 088. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.284.057 m Long. 581.872 m. Altitude elipsoidal: 266 m. Azimute e orientação da foto: 360° N. (c) Ponto coletado: 088. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.284.057 m Long. 581.872 m. Altitude elipsoidal: 266 m. Azimute e orientação da foto: 360° N. (d) Ponto coletado: 088. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.284.057 m Long. 581.872 m. Altitude elipsoidal: 266 m. Azimute e orientação da foto: 360° N. Fotografia(s): Autor (2020).

A Vila Mozartinópolis, embrionária na ocupação da região ou município, recebeu esse nome pois havia um engenheiro da CVRD (atual Vale) que mantinha contato com os moradores no início da implementação da mineração em Carajás/Parauapebas e se chamava Mozart. Dessa forma, batizou-se a vila em sua homenagem. Anos mais tarde (aproximadamente 2017), a Vila que homenageou um engenheiro da Vale, e que provavelmente só passou a existir por conta da mineração em Carajás, contava com ao menos 100 famílias que foram removidas devido à sua grande proximidade com o novo projeto de mineração: S11D. (a) Placa da Vale e ICMBio com dizeres “Área de Recuperação Ambiental: Projeto de recomposição ecossistêmicas de área de preservação permanente – APP”. (b) e (d) Cerca e placa no acesso a Mozartinópolis, placa com dizer “ÁREA PARTICULAR” proibindo o acesso. (c) Estrada de acesso em direção a Mozartinópolis com vegetação marginal avançando sobre a via, assim como cobertura vegetal de variados portes.

Figura 36 – S11D

(a) Ponto coletado: 076. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.284.746 m Long. 593.828 m. Altitude barométrica: 220 m. Azimute e orientação da foto: 340° NO. **(b)** Coordenadas, altitude, azimute e orientação não coletados. **(c)** Ponto coletado: 097. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.288.248 m Long. 584.858 m. Altitude barométrica: 310 m. Azimute e orientação da foto: 310° NO. **(d)** Ponto coletado: 097. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.288.248 m Long. 584.858 m. Altitude barométrica: 310 m. Azimute e orientação da foto: 310° NO. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Estrada de acesso à S11D (em direção à mina ou Serra dos Carajás). **(b)** Portaria do “Complexo S11D Eliezer Batista”: mina e usina. **(c)** Área industrial (usina). **(d)** Sistema de correias transportadoras (centro da imagem e entre os morros) que têm como função trazer o minério extraído no alto da Serra dos Carajás para a parte mais baixa para ser processado na usina ou área industrial.

Figura 37 – Terminal de carga S11D - Extensão da E. F. Carajás-Itaqui

(a) Ponto coletado: 078. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.285.381 m Long. 587.539 m. Altitude barométrica: 240 m. Azimute e orientação da foto: 200° SO. **(b)** Ponto coletado: 079. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.285.154 m Long. 587.723 m. Altitude barométrica: 240 m. Azimute e orientação da foto: não coletados. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Terminal de carga S11D. **(b)** Trecho da extensão da Estrada de Ferro Carajás-Itaqui. A atividade ferroviária de exportação é diária e ocorre ininterruptamente. Os trens que destinam à exportação ao menos 47.000 toneladas de minério de ferro hipergranulado padronizado (Commodity) são formados por composições com até 440 vagões carregados com 109 toneladas cada, necessitando de ao menos 3 locomotivas para cada composição. Considerando-se a perspectiva do observador, cada trem leva em torno de 30 minutos para passar.

Figura 38 – Mina Sossego

(a) Coordenadas, altitude, azimute e orientação não coletados. **(b)** Ponto coletado: 094. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.287.087 m Long. 601.904 m. Altitude elipsoidal: 262 m. Azimute e orientação da foto: 170° SE. **(c)** e **(d)** Coordenadas, altitude, azimute e orientação não coletados. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Portaria da Mina Sossego, passando um caminhão carregando pneus aparentemente do mesmo aro dos caminhões fora de estrada e usados em áreas de mineração. **(b)** ao centro da imagem um dique ou barreira de contenção. É possível ver material líquido em seu topo. **(c)** e **(d)** sistema de correias normalmente usados para levar material de um ponto a outro. **(d)** visada em direção à área de extração e **(c)** visada em direção área de processamento ou industrial.

Figura 39 – Garimpo Melechete

(a) Ponto coletado: 047. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.287.856 m Long. 615.473 m. Altitude barométrica: 185 m. Azimute e orientação da foto: 180° S. **(b)** Imagem e dados Google Earth Pro, Coordenadas: Lat. 6° 26' 30.67"S, Long. 49° 56' 52.06"W. Fotografia: Autor (2020).

(a) Garimpo Melechete (perspectiva local/horizontal). **(b)** Garimpo Melechete (perspectiva zenital/imagem de satélite). Nas imediações da mina Sossego, mais precisamente entre Sossego e a Serra Dourada, encontra-se o maior garimpo do município: Melechete. Em (b) pode-se ver sua extensão (áreas exploradas em formatos semicirculares ao centro de toda a imagem). A imagem (a) foi registrada onde se localiza o símbolo de máquina fotográfica em (b). Os pontos indicados de mais de 2 km em extensão de área explorada (b) desenvolveram-se em apenas 2 anos (ou 2 verões). Para realizar a extração do Minério Malaquita, e consequentemente o mineral cobre, além de ouro, foram mobilizadas aproximadamente 500 pessoas, sendo ao menos metade delas ex-funcionários da Vale que tinham como função a operação de máquinas pesadas, a operação de sonda, carreteiro ou caminhoneiro. Como as outras formas de garimpo de mesma tipologia na região, a extração não se cessa pelo esgotamento, mas sim devido à limitação técnica-extrativa dos equipamentos utilizados que a certo ponto não conseguem mais dragar em profundidade, fato que ajuda a entender a extensa linearidade espacial do caso Melechete.

Figura 40 – Garimpo de Cobre de alto teor em atividade

(a) Ponto coletado: 048. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.287.680 m Long. 615.346 m. Altitude barométrica: 200 m. Azimute e orientação da foto: 270° O. **(b)** Ponto coletado: 049. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.286.673 m Long. 615.199m. Altitude barométrica: 195 m. Azimute e orientação da foto: 120° SE. Fotografia(s): Autor (2020).

*Em Serra Dourada, e próximo ao garimpo Melechete, há um garimpo de cobre de provável alto teor (aproximadamente 25% de concentração de cobre) com indícios de atividade, conforme presenciado no local. **(a)** Cerca na estrada. **(b)** Garimpo de cobre. Nele, o acesso só foi possível depois da permissão do proprietário da terra e gerenciador do garimpo: Sr. José. O Sr. José concedeu uma conversa e, em meio a informações e a uma entrevista sem roteiro definido, explicou que veio da Paraíba fugindo da seca. Instalado desde 1999, e após ficar 6 anos “parado”, entenda-se sem ocupação, descobriu a Malaquita (2005) em uma “ponta” de pedra, hoje a grande cava visível em (b). Após arregimentação de outros trabalhadores, a extração se procedeu e hoje segue, inclusive, para além da área (b). A conversa com o garimpeiro que se identifica como “criador de leite” é movida por certa tensão, e perguntas específicas da atividade como, por exemplo, as relacionadas às quantidades ou aos valores, não são respondidas ou são esquivadas. O Sr. José conta histórias de que muitos ocupantes ou moradores da região antigamente “tropeçavam em ouro”, a ponto de contar a história de um sujeito que garimpava o ouro para ir beber e comer (ouro como moeda de troca direta para consumo de álcool e alimento). mencionou, ainda, que atualmente fica com 20% do que hoje é extraído em sua propriedade (entende-se que terceiriza a extração), e que isso nem sempre foi assim, pois antes havia uma empresa que britava o material e o levava embora. Esse mesmo material, descobriu-se depois, tinha ouro pulverizado em seu “pó” ou sedimentos e que, assim, perderam muito dinheiro.*

Figura 41 – Acampamento Serra Dourada

(a) Coordenadas, altitude, azimuth e orientação não coletados. **(b)** Ponto coletado: 046. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.283.309 m e Long. 619.364 m. Altitude barométrica: 190 m. Azimute e orientação da foto: 315° NO. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Entrada do “Acampamento Planalto da Serra Dourada dos Trabalhadores Rurais. Entidades: STTRCC, FETAGRI, CPT, CEPASP”, localizado na VS-40. **(b)** Casa da liderança do acampamento. Segundo conversa/entrevista sem roteiro definido e concedida pelo Sr. Paulo Pereira, vivem no acampamento 300 famílias (fazem parte do movimento 467 famílias) orientadas à produção familiar ocupando há 5 anos a referida terra. O Sr. Paulo Pereira, de conversa tranquila e aberto a questionamentos, explica que houve ordem de despejo solicitada pela Vale e que só não fora efetivada por ações de resistência. Após a tentativa de despejo ter sido revertida na justiça, foi firmado acordo de modo que a Vale, quando for explorar aquela região, deverá encontrar outras áreas para os ocupantes. Tendo havido reconhecimento e oficialização do acampamento por ambas as partes (acampados e Vale), a prefeitura passou a dar suporte aos acampados.

Figura 42 – Sequeiro do Félix

(a) Ponto coletado: 040. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.290.736 m Long. 616.644 m. Altitude barométrica: 270 m. Azimute e orientação da foto: 170° S. **(b)** Ponto coletado: 041. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.290.342 m Long. 616.634 m. Altitude barométrica: 220 m. Azimute e orientação da foto: 280° O. **(c)** Ponto coletado: 041. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.290.342 m Long. 616.634 m. Altitude barométrica: 220 m. Azimute e orientação da foto: 100° L. **(d)** Ponto coletado: 041. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.290.342 m Long. 616.634m. Altitude barométrica: 220 m. Azimute e orientação da foto: 240° SO. Fotografia(s): Autor (2020).

Sequeiro é nome popular para uma área que foi desmatada por seleção extrativa da madeira e que tem a tendência a se tornar área rural ou com chácaras. (d) No bairro rural do Sequeiro do Félix e suas poucas moradias e propriedades (3 ou 4) localizados entre a VS-03 (Rodovia de Acesso à Mina Sossego) e a região de Serra Dourada, o morador e agricultor Sr. Edvaldo instalado na região há cinco anos produz feijão, mandioca e milho. (a) Estrada de acesso para o Sequeiro do Félix. (b) Cultivo de feijão. (c) Frutas diversas. (d) Moradia com cultivos diversos.

Figura 43 – Parque Nacional dos Campos Ferruginosos: acesso e usos da terra

(a) Coordenadas, altitude, azimute e orientação não coletados. Coordenadas e dados conhecidos mais próximos (50 metros de distância aproximadamente) de **(b)**, **(c)** e **(d)**: Ponto coletado: 015. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.300.472 m Long. 622.054 m. Altitude barométrica: 370 m. Azimute e orientação da foto: 180° S. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Estrada de acesso Área do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos e respectiva área florestal. **(b)** Famoso ponto de ecoturismo não oficial do município –cachoeira do Goiano– que comercializava, antes da criação do Parque, acesso e infraestrutura ao turista: banho, bebidas, locação para grupos. **(c)** Camponesa roçando e **(d)** policultura em meio à floresta (produção agroflorestal), outros usos coexistem, como a policultura praticada por camponeses nas imediações da cachoeira do Goiano.

Figura 44 – Nova Jerusalém

(a) Ponto coletado: 054. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.297.235m Long. 624.617 m. Altitude barométrica: 240 m. Azimute e orientação da foto: 60° NE. (b) Coordenadas, altitude, azimute e orientação não coletados. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Propriedade em área rural da Vila Nova Jerusalém. **(b)** Núcleo urbano da Vila Nova Jerusalém, placa de obra prefeitura identificando serviço de engenharia para “construção da casa da farinha”. A Vila identificada originalmente como Assentamento Dina Teixeira e de pequeno núcleo urbano é conhecida por ser uma agrovila. Foram registrados em sua área rural: mandioca, coco, frutas diversas, casas de farinha e ampla variedade de cultivos típicos da subsistência.

Figura 45 – Serra da Bocaina: Nova Jerusalém e PNCF

(a) Ponto coletado: 055. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.298.563 m Long. 624.322 m. Altitude barométrica: 260 m. Azimute e orientação da foto: 60° NE. **(b)** Coordenadas, altitude, azimute e orientação não coletados. **(c)** Ponto coletado: 057. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.301.255 m Long. 624.173 m. Altitude barométrica: 470 m. Azimute e orientação da foto: não coletados. **(d)** Ponto coletado: 057. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.301.255m Long. 624.173 m. Altitude barométrica: 470 m. Azimute e orientação da foto: 360° N. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Policultura nas imediações do PNCF ou região do Assentamento Dina Teixeira (saída da Vila Nova Jerusalém). **(b)** Casa de farinha na região do Assentamento Dina Teixeira (Vila Nova Jerusalém), placa com dizer “Farinheira do seu Raimundo Vila Jerusalém”. **(c)** Camponês roçando na área do PNCF. **(d)** Fogo sendo utilizado para limpar e preparar o solo localizado dentro da área do PNCF, está localizada e registrada ao lado de (c). Ao longo da estrada que dá acesso ao PNCF pela saída da Agrovila Nova Jerusalém, encontra-se uma sequência de propriedades praticando policultura (mandioca, milho, coco, frutas diversas), sendo a maioria delas com o aspecto de (a), ou seja, pequenas propriedades com policultura e entremeadas pela vegetação nativa florestal. Ao se adentrar o PNCF, a ocupação cessa e somente nas áreas de difícil acesso e em maior altitude se encontra alguma ocupação, como em (c) e (d). No caminho, há placas para a Cachoeira do Goiano e Balneário da Serra. Também fora registrado som de motosserra em frente ao Balneário da Serra.

Figura 46 – Parque Nacional dos Campos Ferruginosos: cachoeira e caverna

(a) Ponto coletado: 058. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.301.779 m Long. 623.662 m. Altitude barométrica: 560 m. Azimute e orientação da foto: 330° NO. **(b)** Ponto coletado: 059. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9301764m Long. 623.644 m. Altitude barométrica: 560 m. Azimute e orientação da foto: não coletados. **(c)** e **(d)** Ponto coletado: 058. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.301.779 m Long. 623.662 m. Altitude: não coletada. Azimute e orientação da foto: 250° SO. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Estrutura que servia a pousada “Serra das Águas”. **(b)** Vista para a depressão marginal à Serra dos Carajás tomada a partir do PNCF no ponto mais alto em que há acesso de carro. **(c)** Cachoeira em frente à caverna (cavidade escura localizada à esquerda da queda d’água). **(d)** Caverna no ambiente de cachoeira. De acesso muito difícil e alcançado somente por carro tracionado, a propriedade de notório potencial turístico em destaque pertence a “Nen” (Deurismar Oliveira). Nen, que se identificou como vendedor e engenheiro e que não quis especificar detalhes de sua atividade profissional, adquiriu a propriedade há quase dois anos para ser seu “paraíso” nos momentos de lazer. Foi ele quem abriu acesso ao carro e construiu uma estrutura que, além de servir a seu uso próprio, pudesse gerar alguma renda para manter a área (no dia Nen estava acompanhado de dois ajudantes que faziam e fazem manutenção no local em sua ausência). Nen registra a mesma reclamação da condição legal vista na vizinha Cachoeira do Goiano, pois não é removido e indenizado por sua propriedade depois da criação do PNCF ao tempo que também não pode exercer atividade econômica. Ao redor da propriedade havia criação de animais (galinhas) e plantações para consumo, como frutas diversas (banana, mamão).

Figura 47 – Porteiras fechadas

(a) Ponto coletado: 048. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.287.680 m Long. 615.346 m. Altitude barométrica: 200 m. Azimute e orientação da foto: 270° O. **(b)** Ponto coletado: 060. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.308.717 m Long. 629.138 m. Altitude barométrica: 170 m. Azimute e orientação da foto: 80° L. **(c)** Ponto coletado: 070. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.278.646 m Long. 604.668 m. Altitude barométrica: 170 m. Azimute e orientação da foto: 70° L. **(d)** Ponto coletado: 080. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.281.712 m Long. 583.179 m. Altitude barométrica: 250 m. Azimute e orientação da foto: 130° SE. Fotografia(s): Autor (2020).

*Destacam-se na paisagem de Canaã situações de cercamento e de porteiras fechadas impedindo o acesso, ainda que claramente haja continuidade de caminho ou via. A aparente naturalidade de um caminho que leva até o interior de uma propriedade deixa dúvida, pois afasta aos olhos dos passantes os usos da terra típicos de uma região de fronteira: desmatamento, abertura de novas vias, parcelamento de propriedade, passivos ambientais diversos, conflitos sociais e de uso ou até mesmo o formato adotado na recomposição ambiental ecossistêmica, caso da Vale. **(a)** Porteira fechada em Serra Dourada que dá acesso à área de garimpo. Uma casa ao lado vigia a porteira. **(b)** Porteira de fazenda na região Noroeste de Canaã. **(c)** Porteira de uma propriedade na região pecuarista a sudoeste de Canaã, próxima à VP-80. **(d)** Porteira em área da Vale – possível área de recuperação ambiental – com placa de proibição de acesso, além das correntes.*

Figura 48 – Porteiras abertas

(a) Ponto coletado: 041. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.290.342 m Long. 616.634 m. Altitude barométrica: 220 m. Azimute e orientação da foto: 240° SO. (b) Ponto coletado: 046. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.283.309 m Long. 619.364 m. Altitude barométrica: 190 m. Azimute e orientação da foto: não coletado. (Coordenada inferida com base em um ponto coletado conhecido mais próximo). (c) Ponto coletado: 053. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.296.492 m Long. 624.853 m. Altitude barométrica: 220 m. Azimute e orientação da foto: 260° O. (d) Ponto coletado: 072. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.276.546 m Long. 596.485 m. Altitude barométrica: 220 m. Azimute e orientação da foto: 220° SO. Fotografia(s): Autor (2020).

Em situação oposta às áreas com cercas e porteiras com ostensiva delimitação e negação de acesso, encontram-se nas áreas com pequenas propriedades, como assentamentos e acampamentos, orientação contrária às médias e grandes propriedades: somente delimitações indicativas de propriedade e porteiras abertas sem correntes ou cadeados, em muitos casos registra-se ausência de limites e cercas. A natureza da ocupação mantém o tom na divisão das terras e integração comunitária. (a) Propriedade no Sequeiro do Félix. (b) Entrada do acampamento Planalto Serra Dourada, apesar do “Pare” na entrada, ninguém controla o acesso, seu interior tampouco apresenta cercas e divisórias. (c) Nova Jerusalém (assentamento Dina Teixeira). (d) Propriedade no assentamento União Américo Santana.

Figura 49 – Estradas da extração

(a) Ponto coletado: 089. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.283.542 m Long. 596.169 m. Altitude barométrica: 235 m. Azimute e orientação da foto: 170° SE. (Coordenada inferida com base em um ponto coletado conhecido mais próximo). **(b)** Ponto coletado: 092. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.291.396 m Long. 617.544 m. Altitude barométrica: 285 m. Azimute e orientação da foto: 300° NO. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Estrada de acesso à S11D. **(b)** Rodovia de acesso à Mina de Sossego. Orientadas a servir as áreas de mineração, as duas vias se destacam na circulação municipal, pois são largas e retilíneas, ligando de forma direta e mais curta possível as duas áreas de extração mineral à rodovia federal PA-160 e à cidade de Canaã. A estrada de acesso S11D tem manutenção realizada pela própria Vale. Antes da existência de S11D e do seu terminal ferroviário, a produção de Sossego era escoada por caminhões por meio da rodovia Sossego. Após a inauguração do terminal ferroviário, a responsabilidade pela manutenção da Rodovia Sossego retornou à prefeitura. As experiências de circular nas duas vias de acesso foi totalmente diferente. Enquanto a S11D está impecavelmente perfeita, Sossego estava cheia de buracos e em alguns pontos oferece perigo de direção devido à falta de manutenção (não há fotos dos buracos da via Sossego por razões de segurança).

Figura 50 – Volte Sempre e Seja bem-vindo

(a) e (b): Coordenadas, altitude, azimute e orientação não coletados. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Placa de “VOLTE SEMPRE”. **(b)** Placa de SEJA BEM VINDO À CANAÃ DOS CARAJÁS”. O Sr. Raimundo Maia da Silva, evocando participação e autoria, solicitou ao prefeito, na época da recém-criada Canaã dos Carajás, que se colocasse as placas de Bem-Vindo e Volte Sempre. Isso faria, como relata, com que a consciência de identidade, a visibilidade e o reforço da independência recém-adquirida aumentassem.

Figura 51 – Floresta Nacional de Carajás

(a), (b), (c) e (d): Coordenadas, altitude, azimuth e orientação não coletados. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Portaria principal da Floresta Nacional dos Carajás, localizada em Parauapebas. **(b)** Placa do ICMBio identificando a FLONA e placa registrando o início geográfico da estrada principal dentro da FLONA. **(c)** Estrada e Floresta em trecho serrano da FLONA. **(d)** Uma das cavas de minério de ferro de Carajás em operação. Origem da mineração na região, Carajás mantém em seu interior grande infraestrutura logística, a exemplo de um aeroporto regional com voos regulares e a Vila de Operários da Vale, além de muitas outras atividades de mineração, apoio logístico/serviços e turismo. Através de acesso muito restrito (segunda portaria interna), é possível acessar a S11D (Canaã dos Carajás) via FLONA Carajás desde Parauapebas a partir de estrada de acesso construída a partir do km 00 (b).

Figura 52 – Estrada de acesso a S11D desde Carajás

(a) e **(b)**: Coordenadas, altitude, azimute e orientação não coletados. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Estrada em ambiente florestal. **(b)** Estrada impedida com queda de árvore. Após rodar por quase duas horas, tentando acessar S11D à partir de Parauapebas pelo caminho da Serra dos Carajás, a poucos quilômetros do destino, na localidade conhecida como Pedra da Harpia, uma árvore tombada impediu a passagem.

Figura 53 – Lagoa de campo ferruginoso

(a) Ponto coletado: 102. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.335.105 m Long. 577.840 m. Altitude barométrica: 610 m. Azimute e orientação da foto: 315° NO. **(b)** Ponto coletado: 102. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.335.105 m Long. 577.840 m. Altitude barométrica: 610 m. Azimute e orientação da foto: não coletados. **(c)** Ponto coletado: 102. Coordenadas UTM (Fuso 22S): Lat. 9.335.105 m Long. 577.840 m. Altitude barométrica: 610 m. Azimute e orientação da foto: não coletados. Fotografia(s): Autor (2020).

(a) Visão geral de uma das lagoas de campo ferruginoso localizada em Parauapebas. **(b)** Cangas lateríticas na superfície limitando o desenvolvimento da vegetação, ausência de gramíneas. **(c)** Solo laterítico e sua carapaça em detalhe e parte de sua flora. Na região de Carajás, desenvolve-se a Savana metalófila nos topos da Serras (vegetação aberta e com solo rico em minério de ferro). Sobre esse solo, um dos mais antigos da Amazônia e de singular condição ecossistêmica, há formação de vegetação subaquática em seu núcleo que varia de campo a capão (diferentes biótopos) em suas bordas. A extração mineral de S11D ocorre sobre esse ecossistema. Desse modo, visando preservar sua representatividade, foi implementada a atual área de proteção do PNCF. O Projeto Cenários foi o instrumento de estudo e de discussão usado no desenho dessa área protegida em vista da expansão da atividade minerária do ferro de Carajás (município) para S11D, localizado em Canaã dos Carajás.

4.1 Síntese das paisagens observadas

Em síntese, compõem as paisagens de Canaã dos Carajás:

- *paisagem da mineração*: com infraestrutura de grande porte e extensão viária mineraria tornando a região dinâmica e fluida para a atividade (estradas largas, estrategicamente posicionadas e ferrovia), com as operações de Sossego e, principalmente S11D. Tais infraestruturas orientam a intensa extração e rápida vazão do minério atendendo o mercado interno e externo e marcam tanto física como simbolicamente o cotidiano do município;
- *paisagem urbana de fronteira*: ainda que esteja em região de fronteira consolidada, a expansão urbana populacional e infraestrutural recente é impulsionada pelo novo ciclo de transformação de S11D. Loteamentos, chácaras, novos bairros de operários na cidade, bairros desconectados servindo a mineração e recentes obras de infraestrutura municipal, muitas delas associadas a circulação, dão o tom de expansão;
- *paisagem rural marcada pelo garimpo*: a atividade do garimpo de malaquita (cobre) e ouro é demasiadamente contrastante com ambiente rural tradicional da agropecuária. Em tamanhos e áreas diversificadas, os garimpos ocorrem junto as áreas serranas florestadas, nas áreas de chacara orientadas ao lazer, na periferia urbana, nas margens dos rios próxima a mineração comercial, mesclada com fazendas pecuaristas ou “escondidas” atrás de vilas ou matas. O grau de transformação da paisagem natural e o passivo de degradação ambiental é nítido em todas as situações;
- *paisagem rural*: orientada à pecuária, com vastas áreas de pastagem em todas as regiões, se especializa e surge mais tecnificada (soja, silos, gado selecionado) ao sul e sudeste do município. A policultura, os produtos tradicionais e o extrativismo da região (babaçu, cupuaçu) marcam a paisagem rural nas regiões de assentamento ao sul do município e os cultivos agroflorestais e tradicionais casas de farinha encontram-se nas imediações e áreas protegidas ao norte (PNCF);
- *paisagem de tensionamento*: múltiplas portarias com elevadas exigências de acesso e controle na mineração comercial, placas de proibido ou área

particular, muitas estradas particulares e porteiros trancadas nas propriedades rurais destinadas à pecuária, atividade turística paralisada ou marginal devido à situação indefinida na instalação do PNCF, constantes movimentos e espécie de policiamento nas áreas próximas à Serra Dourada ligados à atividade do garimpo, assentamento com tentativas de despejo pela Vale localizada em área disputada por garimpeiros, queimadas na mata do PNCF, sons de motosserra na Floresta de Carajás, sons de maquinários de garimpo no meio das matas do município e extensa área com família removidas (Mozartinópolis) recentemente mas sendo aproveitada para pasto pela pecuária do entorno são alguns dos indícios de tensionamento entre a protegida região florestal e sua atividade mineradora, com os múltiplos e expansivos usos marginais ao sul no município, como a pecuária, o garimpo e a urbanização;

- *paisagem turística*: aparentemente subaproveitada, desestruturada e agravada por condições legais (PNCF), o elevado potencial natural e cultural da paisagem com cavernas, florestas, cachoeiras e costumes extrativistas indica paralisação do pouco que havia. A criação do PNCF como compensação à extração iniciada em S11D impactou serviços turísticos na região e a paisagem mais conservada apresenta sinais de retração e incertezas. Fora da FLONA e do PNCF, contraditoriamente, é no município vizinho (Parauapebas) que o turismo orientado pela mineração parecer ser sistematicamente explorado. Funcionários da própria empresa Vale e terceirizadas levam suas famílias para “conhecer” a atividade e a Flona Carajás, situação que ocorre na Floresta Nacional dos Carajás e no município vizinho (Parauapebas).

5 RESULTADOS DOS ESTUDOS DE CASO

Nos capítulos precedentes, contextualizou-se o município de Canaã dos Carajás, compreendendo e indicando os seguintes aspectos: a formação territorial no contexto amazônico e minerário (Nova Economia Institucional e a Arena municipal), o desenvolvimento e instalação de sua infraestrutura viária (PGC, Carajás II e GETAT), assim como os agentes e usos territorializados (estudo de campo).

Com o objetivo específico de averiguar a arena constituída, de compreender multitemporalmente (1984-2019) a conversão do uso da terra, a direção e dinâmica

da fronteira agropecuária e minerária, a extensão e arquitetura das vias, bem como a variação da cobertura vegetal e seus fragmentos, foram realizados três estudos de caso que contaram com técnicas de análise variadas anteriormente apresentadas nos procedimentos metodológicos⁵². Os resultados dos estudos apresentados a seguir estão divididos em: Uso e Cobertura da Terra e Deslocamento da Fronteira, Expansão da Arquitetura Viária e Arquitetura Viária e Desmatamento.

5.1 Estudo qualitativo: mineração e recursos na arena de Canaã dos Carajás

A Compensação Financeira pela Exploração Mineral – CFEM é importante medida econômica da atividade minerária, pois para alguns municípios se torna significativa fonte de renda à receita municipal que concretiza a *commodity* explorada tornando viável projetos políticos e gerenciamento territorial. A CFEM incidente sobre o faturamento, de aproximadamente 3%, é distribuída em 12% para a Federação, 23% ao Estado e 65% ao município onde originou-se a extração.

Em 2019, 2.622 municípios entraram nessa conta, segundo dados da Agência Nacional de Mineração – ANM. Considerando as diferenças de produção, de faturamento ou preço do minério e de tecnologias aplicadas, alguns municípios se destacaram (Figura 54). Em Minas Gerais, tiveram participação acima de 2,0% sobre o total arrecadado em nível Federal: Itabirito (2,37%), São Gonçalo do Rio Abaixo (3,55%), Conceição do Mato Dentro (4,02%), Nova Lima (4,39%), Itabira (5,35%) e Congonhas (6,31%). No Estado do Pará: Marabá (2,98%), Canaã dos Carajás (15,68%) e Parauapebas (25,67%).

A atividade minerária no Brasil passou de 1,8 bilhão para 4,5 bilhões entre 2017 e 2019 (Tabela 1). Esse aumento em 2,5 vezes da receita bilionária tem significativo peso pelo município de Canaã dos Carajás, que contribuiu com ao menos 1,0 bilhão no período. Nele, desde 2017, entrou em operação o que se considerou o “maior projeto de minério de ferro na indústria da mineração”⁵³: S11D.

⁵² Uso e cobertura da terra e deslocamento da fronteira são, a rigor, técnicas diferentes. Entretanto, seus resultados são melhor interpretados quando analisados conjuntamente. Por isso eles estão apresentados na mesma subseção.

⁵³ <https://g1.globo.com/economia/noticia/projeto-da-vale-s11d-obtem-licenca-de-operacao-do-ibama.ghtml>. Acessado em outubro de 2021.

Figura 54 – Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) por município em 2019

Elaborado por: Autor (2021).

Tabela 1 – Arrecadação, variação e participação de Canaã dos Carajás na CFEM

Ano	Arrecadada pela Federação (R\$)	Variação na arrecadação Federativa (R\$)	Variação na arrecadação Federativa (%)	Gerada pelo município (R\$)	Participação municipal na arrecadação Federativa (%)
2004	323.057.863,36	-	-	5.346.168,46	1,65
2005	405.555.915,96	82.498.052,60	25,54	14.834.402,74	3,66
2006	465.140.747,02	59.584.831,06	14,69	21.344.415,23	4,59
2007	547.261.645,57	82.120.898,55	17,66	23.596.451,23	4,31
2008	857.819.431,62	310.557.786,05	56,75	26.898.958,85	3,14
2009	742.731.140,98	-115.088.290,64	-13,42	25.243.722,81	3,40
2010	1.083.427.367,36	340.696.226,38	45,87	26.389.306,77	2,44
2011	1.561.680.727,11	478.253.359,75	44,14	31.953.067,54	2,05
2012	1.834.958.234,73	273.277.507,62	17,50	36.867.859,49	2,01
2013	2.376.174.750,78	541.216.516,05	29,49	37.622.895,32	1,58
2014	1.711.318.234,76	-664.856.516,02	-27,98	32.525.046,46	1,90
2015	1.519.721.771,84	-191.596.462,92	-11,20	38.597.607,31	2,54
2016	1.797.879.226,75	278.157.454,91	18,30	28.798.206,81	1,60
2017	1.838.568.021,45	40.688.794,70	2,26	71.425.388,26	3,88
2018	3.036.143.592,41	1.197.575.570,96	65,14	320.722.428,17	10,56
2019	4.504.238.668,90	1.468.095.076,49	48,35	706.068.474,12	15,68

Elaborado por: Autor (2021). Fonte dos dados: ANM (Agência Nacional de Mineração), https://sistemas.anm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/cfem/maiores_arrecadadores.aspx, acessado em outubro de 2020.

S11D tem reserva estimada em 3,4 bilhões de toneladas de minério de ferro com teor de concentração de 66% e baixa concentração de impurezas. Já o corpo de S11 tem reservas estimadas em 10 bilhões de toneladas⁵⁴ e faz parte do complexo infraestrutural Eliezer Batista. A extração ocorre sem os tradicionais caminhões fora de estrada (sistema *truckless*), pois trabalha com sistema de correias integradas que transportam o material por 9 km da cava à área industrial, e dessa ao terminal ferroviário onde foram instalados 101 km de ramal à E.F. Carajás-Itaqui. A Elevada qualidade do minério somada à sua baixa umidade natural e ao processamento facilitado pelo seu hipergranulamento pós britagem faz com que não haja necessidade de barragem, o que reduz o consumo de água em 97% quando comparada ao processamento úmido de barragens, segundo a Companhia Vale.

Desde 2004, além de S11D, há também a atividade da Mina Sossego extraíndo principalmente cobre nos corpos de Sossego e Sequeirinho com capacidade industrial de ao menos 10 milhões de toneladas do mineral ao ano. Até a implementação de S11D, a produção de Sossego era exportada por caminhões até Parauapebas e, de lá, até o destino em São Luís onde se encontra o terminal marítimo minerário (CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL, 2013).

O impacto sobre as contas públicas do município de Canaã foi significativo com S11D (Figura 55). O repasse da CFEM ao município era em torno de 13 a 20 milhões antes de 2017 e passou a mais de 200 milhões em 2018 e 600 milhões em 2019. Representando um aumento de participação na receita de 4% a 16% antes de 2017, para 53% em 2018 e 68% em 2019.

⁵⁴ Informações obtidas em campo, na área técnica destinada a visitantes do complexo de S11D, normalmente utilizada para mostrar aos investidores a operação e o potencial do empreendimento.

Figura 55 – Repasse da CFEM e receita do município de Canaã dos Carajás (2004-2019)

Elaborado por: Autor (2021). Fonte dos dados: ANM (Agência Nacional de Mineração), https://sistemas.anm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/cfem/maiores_arrecadadores.aspx, acessado em outubro de 2020. IPEA (Instituto de Pesquisa Aplicada), <https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/index.php/2020/07/estimativas-anuais-da-arrecadacao-tributaria-e-das-receitas-totais-dos-municipios-brasileiros-entre-2003-e-2019/>, acessado em outubro de 2020.

Considerando a magnitude dos projetos e dos aportes financeiros envolvidos, não há surpresa que o crescimento migratório esteja entre as consequências do avanço da mineração. No Censo de 2010 Canaã despontou como 5º maior crescimento geométrico populacional do país (9,36%), segundo o Instituto de Pesquisas Aplica – IPEA (2010). No período de 2010 a 2020, a população passou de 26.716 para estimados 38.103, segundo o IBGE. Em 2000, a população urbana era de 35,93% e em 2010 passou a 77,58% (PREFEITURA MUNICIPAL DE CANAÃ DOS CARAJÁS, 2016).

A inserção de S11D teve implicações imediatas que puderam ser visualizadas pelo surgimento de novos bairros, carência de serviços públicos e pelo redirecionamento do fluxo migratório à região, ainda que progresso tenha ocorrido nos investimentos em saúde e que os 25% da arrecadação municipal tenham sido aplicados em educação, conforme determina a lei 9.394 (PINHEIRO, 2017). Somente

em 2014 foram identificados pela prefeitura 11 loteamentos irregulares compondo 6.592 lotes (PREFEITURA MUNICIPAL DE CANAÃ DOS CARAJÁS, 2016, p. 20).

Para Tonelli (2018), é contraditório o processo de territorialização da Vale S/A em Canaã dos Carajás. O autor argumenta que houve impulsionamento do êxodo rural, proletarização da juventude e do trabalho camponês, expropriações de imóveis, descompasso entre a demanda urbana e oferta de empregos e políticas de serviço e infraestrutura, além de aumento na prostituição, de violência e de casos de homicídio.

Segundo Cardoso, Cândido e Melo (2017) a modernização acelerada e pontual ocorrida em Canaã é a da interdependência dos dois circuitos da economia. Mineração, produção imobiliária e grande pecuária compõem o circuito superior, e a produção familiar e o serviço informal, o nível inferior. Esses autores apontam ainda que houve reorganização do território com cooptação das lógicas da busca do assalariamento, da especialização da mão de obra e da visão utilitarista do território como base para produção e transformação da cidade em mercadoria.

O Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal que considera o desenvolvimento socioeconômico (Emprego e renda, educação e trabalho)⁵⁵ indica que Canaã dos Carajás passou da 37ª posição em 2005 para 1ª em 2015, vindo a cair à 8ª em 2016, no nível estadual. No nível federal, transitou da 2.208ª posição em 2004 para 569ª em 2015, vindo a cair à 2.503ª em 2016.

5.1.1 A arena do conflito

O conceito de arena é central no entendimento da Nova Economia Institucional. As arenas são: “espaços de decisões políticas onde atores sociais mobilizam seus respectivos recursos para seus fins específicos, visando influenciar na decisão política do melhor meio, diante dos seus interesses.” (BACHIEGGA e COSTA FERREIRA, 2014, p.58). Dessa forma, na arena atores sociais em conflitos específicos tentam maximizar oportunidades e influenciar a decisão coletiva compondo assim uma área de estudo.

⁵⁵ Dados disponíveis somente para o período de 2005 a 2016.

Um caminho para entender a arena de conflito na província de Carajás, na qual Canaã dos Carajás está inserida, foi dada por Coelho, Cunha e Monteiro (2009). Esses autores analisaram o processo de criação das Unidades de Conservação (UC) e denominaram a área como sendo de cinturão de proteção à exploração da mineração na região pela empresa Vale⁵⁶. A partir da análise e das informações de Coelho, Cunha e Monteiro (2009), foi organizado o Quadro 1 indicando as principais ações impetradas e as principais repercussões sobre a região e o município.

Quadro 1 – Ações e repercussões cronológicas com base nas principais decisões legais

Ações	Repercussão
1971 – Decreto-lei	Reserva de Faixa de terras à Federação junto as estradas
1974 – Concessão do direito de lavra	Serra Carajás
1978 – Demarcação de terra indígena	Povo Xikrin
1980 – Estudo de terras	GETAT: conter conflitos fundiários
Década 1980 – Criação dos CEDERE	CEDERE I, II e III (assentamentos)
Década 1980 – Pedidos de autorização à pesquisa	Uso da capacidade técnica e reforço da presença territorial da Vale
1982 – Convênio	Entre Vale e Funai
1986 – Concessão de direito de uso sobre a terra	À Vale entre os Rios Itacaiúnas e Parauapebas
1986 – Contrapartida à concessão uso das terras	Vale deve proteger o meio e assistir os Índios
1989 – Decreto 97.718	Criação da APA Igarapé Gelado
1989 – Decreto 97.719	Criação da Rebio Tabirapé
1989 – Decreto 97.720	Criação da Flona Tapirapé-Aquiri
Final anos 1980 – regularização fundiária	Posseiros em área de UC (APA Igarapé)
1991 – Homologação de Terra Indígena	Terra Xikrin; contrato Vale-Funai

⁵⁶ Ao longo do tempo AMZA, CVRD e por último VALE.

1991 –Decreto 384	Reserva indígena do Cateté
1997 – Processo de Privatização	Insegurança jurídica sobre as áreas de concessão
1997 – Decreto Presidencial (FHC)	Tentou garantir à Vale uso real das terras
1997 – Suspensão: Decreto de uso real das terras	Supremo Tribunal Federal orienta ao Congresso
1998 – Decreto 2.486	Flona Carajás: sobreposição de direitos sobre a terra
1998 – Decreto 2.480	Flona Itacaiúnas
Final década 1990 – continuidade dos processos	Regularização de conflitos fundiários
2017 – Decreto sem número	Criação do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos sobreposta à parte da área da Flona Carajás

Organizado por: Autor (2021). Fonte: Coelho, Cunha e Monteiro (2009).

Tomando-se como metodologia a análise de conteúdo (CAREGNATO; MUTI, 2006) e considerando como categorias analíticas as tomadas de decisão e mobilização de recursos na resolução de conflitos, foram analisados os seguintes documentos relativos a Canaã dos Carajás: *Plano de Manejo da Floresta Nacional dos Carajás* (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2016); *Projeto Cenários: conservação de campos ferruginosos diante da mineração em Carajás* (MARTINS; KAMINO; RIBEIRO, 2018), Plano Diretor Participativo de Canaã dos Carajás (DIAGONAL URBANA CONSULTORIA, 2007); *Programa Municipal de Regularização Fundiária: “Canaã, meu lugar”* (PREFEITURA MUNICIPAL DE CANAÃ DOS CARAJÁS, 2018); Plano de Desenvolvimento Canaã 2035 (PREFEITURA DE CANAÃ DOS CARAJÁS, 2015).

No *Plano de Manejo da Floresta Nacional dos Carajás*: a racionalização do uso dos recursos financeiros e humanos é potencializada através da gestão compartilhada das unidades de conservação para além de seus limites geográficos; entre o Plano de Manejo de 2004 e 2016 a principal mudança é a adoção de um novo roteiro metodológico para o mesmo que reavaliou as condições de inserção da Floresta Nacional na Região para tomadas de decisão; para a definição da Savana Metalófila

da Floresta Nacional dos Carajás foi considerada a partir do Projeto Cenários; a incorporação de novo roteiro metodológico e a consideração do Projeto Cenários redefiniu o zoneamento na Floresta Nacional de Carajás.

No *Projeto Cenários*, mobilizou-se intensa pesquisa científica de ampla abrangência com o objetivo de desenhar cenários – sete ao todo – para conservação das áreas ambientalmente sensíveis e representativas em vista das atividades de mineração presente e futura (S11D). Foram gerados modelos de áreas para conservação e duas oficinas foram realizadas. Nas oficinas de debates de cenários, participaram a equipe do projeto, representantes e consultores da Vale, analistas ambientais da Floresta Nacional dos Carajás e representantes de licenciamento ambiental do IBAMA. O documento explicita que o cenário escolhido foi consenso entre as partes envolvidas, ou seja, o ICMBio e a Vale, mas aponta que o cenário preferencial para o ICMBio era somente na Floresta Carajás e não o que incluísse a Serra da Bocaina, o escolhido (MARTINS; KAMINO; RIBEIRO, 2018, p. 124-125).

No *Plano Diretor Participativo de Canaã dos Carajás*, houve efetiva participação da população com canais deliberativos, congressos e diagnósticos comunitários. Foi indicada uma série de propostas a partir de eixos temáticos das áreas urbana e rural. O plano adotou o conceito de ambiência, ao invés de zoneamento, indicando tratar-se de mais abrangente nas variáveis sociais, culturais e territoriais. O plano ainda definiu seis macroambientes de “zoneamento”.

No *Programa Municipal de Regularização Fundiária*: há indicação de que se planejou reunião com lideranças e representantes da comunidade, reunião de orientação aos moradores; reunião para pactuação do Projeto de Regularização Fundiária, mobilização para coleta e entrega de títulos; no decreto municipal nº1070/2019, artigo 2º e item I, consta que é objetivo do Programa de Regularização fundiária, entre outros, e alinhado às diretrizes federais relativas ao tema, “estabelecer regularização fundiária, com atenção prioritária à população de baixa renda” (PREFEITURA MUNICIPAL DE CANAÃ DOS CARAJÁS, 2018, sem página).

No *Plano de Desenvolvimento Canaã 2035*, elaborado para capacitar a gestão municipal executiva, foram mobilizados workshops e oficinas com dinâmicas para pensar os desafios, com a participação dos secretários, do prefeito e do vice. Foi colocado um plano de ação estruturado por eixos temáticos. A criação de fundo de investimento, polo industrial, turismo ecológico, controle migratório, educação técnica

e superior, revisão de plano arbóreo e até bairros sustentáveis estão entres as ações futuras.

Pelo exposto, observa-se que a constante mudanças nas regras formais, leis e decretos, por exemplo, realizaram a manutenção monopolista da atividade mineradora ao longo dos anos, em favorecimento à Companhia Vale, contraditoriamente em territórios ambientalmente protegidos.

O decreto de criação do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos e o fato de o desenho da respectiva área (Projeto Cenários) não ter sido o escolhido pelos especialistas do Governo em Meio Ambiente (ICMBio) é flagrante indicativo de disputa de recursos da Companhia Vale e seu papel de ator com recursos econômicos e tecnológicos.

A prefeitura de Canaã dos Carajás, que vive seu esplendor econômico na receita municipal pelas arrecadações da CFEM, vem investindo, instrumentalizando e planejando a organização territorial devido às consequências do principal credor, a mineração.

5.2 Estudo 1: Uso e cobertura da terra e deslocamento da fronteira

A análise multitemporal de uso de cobertura da terra indica que entre 1985 e 2018 houve uma redução de 119.934 ha (38,1%) de área florestal no município. A variação da área Florestal observada em conjunto com as Formações Naturais não Florestais registram redução de 119.534 ha (36,99%)⁵⁷.

As Formações Naturais (Florestas e Formação Natural não Florestal) foram convertidas em uso pela Agropecuária, que aumentou sua participação em 114.382 ha (36,3%). Em 2005 a Agropecuária alcançou 49% e em 2017 superou os 50% de uso da terra (Figura 56). Comparadas, essas duas classes apresentam elevada correlação de -0,99 (Figura 57).

A área não vegetada supera 1.000 ha em 2008 e aumenta 2.918 ha até 2018, registrando nesse ano participação de 1,27%. A área urbana passou dos 100 ha de uso da terra em 2001, 1.000 ha em 2008, 2.000 ha em 2013, 3.000 ha em 2014 e

⁵⁷ Dados de uso e cobertura da terra tabulados a partir dos dados fornecidos pelo Projeto Mapbiomas Coleção 4.0 disponibilizados no APÊNDICE A.

4.000 ha em 2017 (Figura 58). A área urbana registrou 0,49% da área ocupada de 1984 até 2012 e cresceu 0,59% entre 2012 e 2018.

A Mineração é registrada a partir de 2002 com 50 ha (0,02%). De 2013 para 2014 a mineração varia de 93 ha (0,73%) para 406 ha (0,13%) e em 2018 atinge 586 ha (0,19%). Os corpos d'água superam 1.000 ha em 2004 e em 2018 contabilizaram 1.734 ha ou 0,006%.

Figura 56 – Gráfico de variação da participação das classes Formações naturais e Agropecuária de 1985 a 2018

Elaborado por: Autor (2021). Fonte: Projeto Mapbiomas (2020).

Figura 57 – Gráfico de correlação entre a área de formações naturais e a área da agropecuária de 1985 a 2018

Elaborado por: Autor (2021). Fonte: Projeto Mapbiomas (2020).

Figura 58 – Gráfico da variação anual da área urbana e da área não vegetada

Elaborado por: Autor (2021). Fonte: Projeto Mapbiomas (2020).

Em suma, uma conversão da área de Floresta e Não Floresta em uso agropecuário ocorre nos primeiros dez anos analisados (1985 e 1995). A mineração passa a ser registrada em 2001 e, nesse mesmo ano, a área urbana tem seu primeiro período de maior expansão, seguindo a tendência de aumento da mineração. A partir de 2014, a mineração tem novo incremento acompanhado igualmente de nova expansão urbana, sugerindo uma conexão entre os fenômenos. Desde 2002 a variação de Área não vegetada e de Área urbana se equivalem.

A análise dos mapas de uso e cobertura da terra de 1985, 1998, 2011 e 2017 (Figuras 59 a 62) representam, a cada data selecionada, a manifestação dos fenômenos espaciais de acordo com as classes temáticas da plataforma Mapbiomas. Vistos sequencialmente, ou em conjunto, os mapas indicam, de forma geral, a dinâmica de transformação do espaço geográfico com conversão das áreas de remanescentes da vegetação natural em pastagem, ocorrendo, de Leste a Sudoeste, expansão do núcleo urbano (Cidade de Canaã), bem como área ocupada pela Mineração de Sossego e a proteção ambiental desempenhada pela Flona Carajás.

O ano de 1985 indica o papel que as vias tiveram enquanto forças motrizes (*drives*) de transformação da paisagem com o desflorestamento ocorrendo adjacente às vias recém instaladas.

Figura 59 – Mapa de uso e ocupação da terra em 1985

Elaborado por: Autor (2021).

Figura 60 – Mapa de uso e ocupação da terra em 1998

Elaborado por: Autor (2021).

Figura 61 – Mapa de uso e ocupação da terra de 2011

Elaborado por: Autor (2021).

Figura 62 – Mapa de uso e ocupação da terra de 2017

Elaborado por: Autor (2021).

Em 1998, a conversão das áreas florestais em pastagem estava em avançado processo de consolidação. É na área da Floresta Nacional de Carajás e sua extensão na Serra do Rabo ou Buriti, à época ainda não transformada em Parque Nacional, que ocorrem os maiores remanescentes da formação natural. Nesse mesmo ano, o núcleo urbano de Carajás começa a indicar expansão de sua área.

A mineração de Sossego surge consolidada em 2011, incluindo-se grande área adjacente à essa atividade enquanto corpo d'água (cava de mineração). A área urbana visivelmente teve sua área de ocupação expandida em relação a 1998. Houve também um avanço da conversão de Florestas em Pastagens em toda a porção oeste ou a partir do Rio Parauapebas, situado em seu centro geográfico.

O ano de 2017 registra maior complexidade do sistema viário, incluindo-se a área urbana, com a pavimentação de algumas vias e consolidação da área ocupada pela pastagem em toda porção territorial de leste, sudeste e noroeste do município. Nota-se, nesse processo de consolidação da pastagem, maiores fragmentos remanescentes de Formações Naturais em sua porção Leste.

A técnica de análise de mistura espectral por bi-temporalidade agrupada sequencialmente – para ser lida de modo vertical –, indicou a direção ou deslocamento da fronteira, evidenciando as mudanças nas áreas em que a cobertura vegetal foi subtraída para outros usos da terra (Figura 63)⁵⁸.

Entre 1987-1984, as maiores concentrações de mudança estavam na porção sudeste. Em 1990-1987, as mudanças são lineares junto às vias de circulação em várias direções no território municipal. Entre 1998-1990, concentram-se verticalmente na porção leste com maiores transformações ao longo tanto da fronteira sul do município, bem como ao longo das Serras dos Carajás. Entre 2001-1998, assim como 2003-2001, há maior concentração na porção sudoeste. A partir de 2011-2003, há um revés do movimento que anteriormente tomou a direção oeste, indicando agora uma retomada das maiores transformações na porção leste e as mudanças seguem esse sentido entre 2013-2018 (a sudeste). Em 2019-2018, elas diminuem sua intensidade, mas ainda continuam centradas na região em que as maiores transformações foram registradas originalmente.

⁵⁸ Os mapas apresentados na Figura 63 encontram-se individualizados nos Apêndices de B a J.

Figura 63 – Sequência multitemporal da análise por bi-temporalidade

Elaborado por: Autor (2021).

Os pixels vermelhos nas imagens representam as localidades onde houve mudança de uso e cobertura a partir da alteração da vegetação entre uma data analisada e outra (valor do pixel, por vezes negativo, resultante da subtração matemática do pixel equivalente em data precedente). Tomando-os como referência, observa-se o movimento da fronteira, verticalmente, de 1985 a 2019. Dessa forma, no período analisado, a sequência mostra o movimento de chegada e de recuo da fronteira.

Em suma, o que se observa pela sequência de mapas e técnica aplicados é o registro de movimento da fronteira que tomou uma forma de avanço e depois de recuo. Três momentos são importantes nesse movimento. O primeiro (2001-1998), é quando a maior parte das transformações ultrapassam o centro geográfico municipal, concentrando-se a oeste do município. O segundo (2011-2003), é quando ele se inverte de oeste para leste. E, o terceiro (2018-2013), quando ele se volta a sua área de origem a sudeste.

Aplicada na forma de composição tri-temporal, a técnica de análise multiespectral permitiu perceber o papel de força motriz desempenhado pelas vias. Diferente dos produtos Mapbiomas, o avanço ou movimento do desmatamento e das conversões de cobertura em outros usos a partir dos eixos ou vias estruturantes foi capturado em uma única cena que cobriu as transformações de 1984 a 1990 (Figura 64). Quando o meio se tornou muito transformado, a técnica da composição por tri-temporalidade perdeu sua efetividade para analisar o papel das vias de modo isolado, devido à complexidade das transformações para além dos eixos estruturantes (Figuras 65). Corroborando os produtos anteriores, observa-se que as conversões ocorreram a partir dos eixos viários principais (1987) e se concentram, inicialmente, na porção leste do município. A partir de 1998 e 2001, elas se estendem à região oeste, indicando uma ascensão do desmatamento em direção às áreas de mais difícil acesso, aos morros e suas encostas.

Figura 64 – Mapa da análise de tri-temporalidade por composição (1990-1987-1984)

Elaborado por: Autor (2021).

As localidades realçadas com as cores em vermelho, verde e azul na imagem (filtros Red, Blue e Green) indicam localidade onde houve perda de vegetação e aumento do substrato. Nota-se que as áreas de modificação mais recente (Vermelho/1990) são geralmente vizinhas as do período anterior (Verde/1987).

Figura 65 – Mapa da análise de tri-temporalidade por composição (2001-1998-1990)

Elaborado por: Autor (2021).

As localidades realçadas com as cores em vermelho, verde e azul na imagem (filtros Red, Blue e Green) indicam localidade onde houve perda de vegetação e aumento do substrato. Nota-se que as áreas de modificação mais recente (Vermelho/2001) são geralmente vizinhas as do período anterior (Verde/1998).

5.3 Estudo 2: Expansão da arquitetura viária

Foram identificadas 1.394 km de vias instaladas no município de Canaã dos Carajás até o ano de 2017 em um diversificado complexo viário espacialmente instalado até então (Figura 66)⁵⁹.

Em 1984, registro mais antigo, eram 303,7 km de vias, sendo que as Vicinais (VP, VS e VE) tinham 100,6 km (33,1%) e as Vias sem Classe ou Nome tinham 157,6 km (51,9%) da malha.

No período de 1984 a 2017 (33 anos), houve incremento de 774 km na malha, quadruplicando sua extensão no período. Nos primeiros oito anos (1984-1992), a malha se duplicou pela primeira vez, pois em 1992 tinha 628,8 km. Nos últimos vinte e cinco anos (2001-2017), ela praticamente se duplicou pela segunda vez, chegando aos atuais 1.394 km. Dessa forma, indica-se que 45% da malha foi ampliada entre 1984 e 1992.

Em 2017 as Vias sem Classe ou Nome registraram 676,4 km (48,5%), Linha de Transmissão de Energia 206,7 km (14,8%), Vicinais (VP, VS e VE) 169 km (12,1%) e Rodovia Estadual 56,1 km (4,0%) (Figuras 67 e 68). Em campo, constatou-se que as linhas de transmissão de energia ocorrem paralelas às estradas vicinais (VP, VS, VE), ou junto à Rodovia Estadual. Dessa forma, analisadas conjuntamente, essas três classes somam 431,8 km (30,9%).

Estrada da Mineração com 83,5 km (6%), Ferrovia com 56,4 km (4%), Estrada de Serviço com 47,2 km (3,4%) e Correia com 42,9 km (3,1%) de extensão formam o mesmo sistema viário integrado que direta e indiretamente implementou uma infraestrutura que serve à extração e à exportação minerária. Juntas, essas classes viárias da infraestrutura minerária somam 230 km ou 16,5% da malha atual. Estrada da Mineração refere-se a duas vias que ligam a PA-160 a Sossego e a cidade de Carajás à S11D, sendo que, no passado, elas foram vias vicinais públicas que haviam sido ampliadas e concedidas para uso e manutenção à Vale.

⁵⁹ Valores absolutos e percentuais medido das vias por ano e classe encontram-se nos APÊNDICES K e L.

Figura 66 – Mapa das Vias por Classe

Elaborado por: Autor (2021).

Figura 67 – Gráfico da extensão por classe de via em 2017

Elaborado por: Autor (2021).

Figura 68 – Gráfico do percentual de participação por classe de via em 2017

Elaborado por: Autor (2021).

As vias estruturantes (Vicinais – VP, VS e VE; Rodovia Estadual; Estrada da Mineração; Ferrovia, Linha de Transmissão de Energia e Avenida) representam 42% da malha atual. As vias derivadas (Via sem Classe ou Nome; Estrada de Serviço; Correia; Via Urbana e Pista de Pouso) representam 58% (Figura 69)⁶⁰.

Figura 69 – Gráfico da participação das vias estruturantes e derivadas de 1984 a 2017

Elaborado por: Autor (2021).

A infraestrutura da ocupação inicial (1984) se deu através de rodovias estruturantes como as Vicinais e a Rodovia Estadual. Entre 2004 e 2009, assim como entre 2014 e 2015, houve uma maior expansão de vias urbanas. As estradas da mineração passaram por expansão em 2002 e no período de 2011 a 2013. O ano de 2015 marca a consolidação da Ferrovia, indicando, dessa forma, que a expansão das vias que servem à mineração relaciona-se com a expansão das vias urbanas (Figura 70). Essa conexão fica ainda mais evidente quando se compara os períodos de instalação, onde nota-se que as vias instaladas na periferia suburbana da cidade de

⁶⁰ Os valores absolutos, percentuais, variação e cálculo de mediana por via estruturante e derivada entre 1984 a 2017 estão disponibilizados no APÊNDICE M.

Canaã são contemporâneas (2011 a 2020) às que estão ligadas à mineração (Figura 71).

Figura 70 – Gráfico da participação da classe da via na expansão viária anual entre 1984 e 2017

Elaborado por: Autor (2021).

Figura 71 – Mapa das vias por período de instalação

Elaborado por: Autor (2021).

Em resumo, historicamente, as Vias sem Classe ou Nome formam a maior proporção de vias instaladas, indicando que a transformação do espaço pelas vias derivadas tende a ser maior do que nas estruturantes. Calculadas a partir do valor da mediana (APÊNDICE M) nos 33 anos analisados (1984-2017), foram instalados 242,7 km de vias estruturantes e 531,6 km de vias derivadas. Dessa forma, interpretando-se que a maior parte das vias estruturantes são, em geral, oficiais e as vias derivadas são não oficiais, indica-se que, para cada 1 km de via oficial ou estruturante aberta ao menos 2,19 km de vias não oficiais ou derivadas se originaram.

5.4 Estudo 3: Arquitetura viária e desmatamento

Quando comparada a extensão acumulada da malha viária analisada com a variação das Formações Naturais (Floresta e outras formações) entre 1985 e 2017 indicadas pelo Mapbiomas⁶¹, verifica-se uma correlação de -0,91 (Figura 72).

⁶¹ Os dados dos valores anuais de extensão de vias e área de Florestas e suas respectivas variações encontram-se no APÊNDICE N.

No período de 1985 a 2010, quando houve o acúmulo de 890 km de extensão das vias, a correlação foi de -0,98. A pequena diminuição dessa relação, de -0,98 para -0,91, ocorre no período em que houve aumento de 22% das vias (268 km) (2011-2017). Esse é também o momento em que a malha ultrapassa os 900 km. Em 27 anos (1985-2017), a correlação se manteve elevada, e, nos últimos seis anos houve uma pequena diminuição na correlação entre as duas variáveis.

Considerando que foram implementadas 834 km de vias entre 1985 e 2017, e que, no mesmo período, foram perdidos 118.875 ha de Florestas, indica-se que **para cada 1 km de via aberta, perdeu-se 1,4 km² de Floresta (ou 142,5 ha)**⁶². Quando o mesmo cálculo é aplicado somente às Vias sem Classe ou Nome (ou vias não oficiais, ou ainda vias derivadas) que incrementaram a malha em 515 km (61,8%) e que performam 48,5% das vias instaladas, **tem-se que para cada 1 km de via aberta, perdeu-se 2,3 km² de Floresta (ou 230,8 ha)**.

Figura 72 – Gráfico de correlação entre a expansão da malha viária (km) e a variação das formações florestais naturais (ha) no período de 1985 a 2017

Elaborado por: Autor (2021). Fonte: Projeto Mapbiomas (2020).

⁶² Dados subestimados, pois não foram contabilizadas as linhas de transmissão de energia. Isso ocorreu porque a pesquisa de mapeamento e contabilização dessa classe não identificou o ano instalado.

Esse resultado contribui, ainda que parcialmente por ser uma análise municipal em contexto minerário e agropecuário, com as consequências da relação pouco conhecida apontada por Arima *et al.* (2008, p.5)⁶³:

Pouco se sabe sobre como as estradas oficiais distribuíram estradas não oficiais em toda a bacia, levando a processos de fragmentação. Consequentemente, permanece a necessidade de avaliar como os padrões de fragmentação estão relacionados entre si espacialmente e como suas várias assinaturas espaciais surgiram ao longo do tempo.

Como apresentado, a cada 1 km de via estruturante, ao menos 2,19 km de vias não oficiais ou derivadas se originam, sendo que essa relação pode chegar até 8 km de vias não oficiais ou derivadas para 1 km de via oficial ou estruturante, segundo os estudos de referência.

O mapa da Figura 73 indica a distribuição espacial das Vias Estruturantes e das Vias Derivadas em Canaã dos Carajás:

⁶³ Tradução livre.

Figura 73 – Mapa das Vias Estruturantes e Vias Derivadas

Elaborado por: Autor (2021).

Observando a distribuição espacial da rede de vias estruturantes e derivadas e seus nós mapeada na Figura 73, é possível considerar que os alinhamentos que cruzam o centro do município no sentido leste-oeste (Rodovias da Mineração) conectam a Rodovia Estadual (PA-160) com a região mineradora de Sossego e S11D. Dessa forma, a PA-160 é a espinha dorsal dessa rede que tem como maior nó logístico a Cidade de Canaã e, a Vila de Bom Jesus – uma vila de operários da Companhia Vale–, assume o papel de nó inferior nessa rede.

Já as vicinais estruturantes (VS e VP 20 e VS e VP 80) instaladas de forma alinhada e margeada a fronteira sul do município no sentido leste-oeste, são menos dependentes da relação com a PA-160. Essas vias cumprem o papel de ligação entre os pequenos núcleos urbanos e áreas de assentamento (Vila Feitosa, Vila Ouro Verde e Assentamento União Américo Santana) servindo funcionalmente a diversificada atividade agropecuária que ocorre no sul do município.

A Rodovia Federal do município, ao sul da cidade de Canaã tem claro papel diferenciador do espaço, que, em conjunto com uma vicinal norte-sul, isola uma grande área de formato retangular onde se encontra o maior latifúndio do município: a Fazenda Umuarama. Observa-se que internamente a essa área as vias derivadas assumem uma assinatura espacial diferente das demais vias derivadas no município. Ou seja, essa é uma região onde se concentram vias não oficializadas que tendem ao formato retilíneo, e não dendrítico ou outro como nas demais áreas.

Em suma, analisando a espacialidade entre as vias estruturantes e derivadas observa-se o papel central empregado pela Rodovia Estadual, a funcionalidade das vicinais ao centro servindo à mineração e ao sul a agropecuária, bem como o isolamento, por eliminação dos extremos leste e oeste, onde se concentram muitas das vias derivadas. Observa-se que a Ferrovia é a única via ligada a mineração que toma sentido norte e secciona tanto a Floresta Nacional como o Parque Nacional.

A densidade por via (extensão da via km/km²) mapeada (Figura 74) amplifica o senso entre as vias estruturantes e derivadas, pois, em geral, as vias estruturantes são as de maior extensão e densidade (≤ 121 km/km² e ≤ 216 km/km²) e as derivadas encontram-se em patamar inferior (≤ 17 e ≤ 37 km/km²).

Em relação a análise do padrão viário instalado, considerando seus agentes e contexto geográfico constatado em campo, identificou-se claramente três dos padrões viários referenciados em Arima *et al.* (2008): *Dendrítico*, *Radial* e *Retangular* (Figura 75). Não foi identificado o padrão Espinha de Peixe.

Figura 74 – Mapa da Densidade por via com base em análise regional por hexágonos

Elaborado por: Autor (2021).

O padrão Dendrítico aparece, por vezes, de modo misto ao que seria um possível padrão “Caule da Rosa”, situação que ocorre tanto no extremo leste como no sudoeste do município. Um extenso conjunto da arquitetura viária ficou sem a devida correspondência na literatura de referência, a saber: as vias ao sul da Serra dos Carajás ou na área da Zona de Amortecimento da Flona, as vias em seu centro geográfico, e, por fim, as vias em sua parte sul.

Figura 75 – Padrões viários identificados e padrões viários de referência

Elaborado por: Autor (2021). Fonte: Arima *et al.* (2008; 2015) e Voiland (2020)⁶⁴.

⁶⁴ Resumo publicado em: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/145888/making-sense-of-amazon-deforestation-patterns>. Acessado em abril de 2020.

Tomando como base a arquitetura viária instalada por padrões de modo a seguir os autores de referência – aplicando os resultados das vias estruturantes e derivadas e considerando o resultado das densidades das vias em conjunto as paisagens e agentes identificados em campo – uma regionalização da arquitetura viária foi colocada como proposta. A proposta de regionalização serviu de base para analisar a variação dos fragmentos de vegetação é apresentada no mapa da Figura 76.

As onze regiões foram assim nomeadas: 1-Norte (N); 2-Nordeste (NE); 3-Leste (L); 4-Sudeste (Sudeste); 5-Urbana (UR); 6-Núcleo CEDERE (CD), 7-Sul (S); 8-Sudoeste (SO); 9-Zona de Amortecimento (ZA), 10-Serra Dourada (DO) e 11-Central (CT)⁶⁵.

O cruzamento entre as regiões da arquitetura e padrão viário e a variação dos fragmentos florestais entre 1984 e 2019 demonstrou convergência dos resultados, conforme mapeado nas Figuras 77 e 78.

Essa mesma convergência é detalhada na Tabela 2, onde as onze regiões foram confrontadas multitemporalmente com: 1) a variação dos fragmentos de vegetação, 2) dados específicos da arquitetura viária e 3) indicadores dos agentes instalados baseado no tamanho das propriedades conforme mapa da Figura 79.

As maiores variações positivas de fragmentos de vegetação (≥ 1.000 ha) encontram-se nas áreas diretamente associadas à mineração e condicionadas à regulação de proteção ambiental mais restritiva – nível Federal – ao norte do município (Flona, Parque e Zona de Amortecimento), a exemplo das regiões 1 e 9 (N e ZA)⁶⁶.

As maiores variações negativas (≥ -1.000 ha) encontram-se ao sul do município nas regiões 11, 4, 7, 8 e 5 (CT, SE, S, SO, UR), respectivamente com os piores indicadores. As maiores perdas concentraram-se na região 8 (SO) com ≤ -1.832 ha e na região 5 (UR) com ≤ -1991 ha.

⁶⁵ O detalhamento da arquitetura viária de cada uma das onze regiões encontra-se nos APÊNDICE de O a Y.

⁶⁶ Observa-se que: em 1988 foi oficializada a Área de Proteção de Uso Sustentável da Floresta Nacional dos Carajás. Em 2017 foi criada a Área de Proteção Integral do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos a partir de um decreto sem número. A estrutura da mineração utiliza correias, que são móveis e adaptáveis às demandas de acordo a expansão da extração. Dessa forma, as correias são vias voláteis e derivadas a tal ponto que se encaixam às curvas da Serra dos Carajás e ligam as altas cotas altimétricas ao terminal ferroviário em sua base, trazendo o minério da cava ao vagão em distância que tem ao menos 10 km de extensão.

Figura 76 – Regionalização baseada na arquitetura viária

Elaborado por: Autor (2021).

Figura 77 – Mapa da variação da área do fragmento da vegetação entre 1984 e 2019

Elaborado por: Autor (2021).

Figura 78 – Mapa da variação percentual do fragmento da vegetação entre 1984 e 2019

Elaborado por: Autor (2021).

Tabela 2 – Variação de tamanho dos fragmentos de vegetação de acordo com a arquitetura viária e outras variantes de condicionamento

Regiões		CA: Área total dos fragmentos de vegetação (ha)						PLAND: % dos fragmentos de vegetação					Densidade das vias (km/km²) - 2017			Classe da densidade por extensão de via em evidência (km/km²)	Área das propriedades em evidência (ha)	Condicionamento de uso do solo
Região	Código	Área da região (ha)	1984	1998	2018	2019	Δ	1984	1998	2018	2019	Δ	Geral	Estruturantes	Derivadas	2017	Ago/2020	Condicionante
Região 1	N	138.768	18.703,7	24.249,8	31.657,2	43.850,4	25.146,7	13,5	17,5	22,8	31,6	18,1	0,06	0,03	0,03	≤216	-	Proteção Ambiental
Região 9	ZA	23.807	3.588,0	1.590,1	3.173,9	4.633,3	1.045,3	15,1	6,7	13,3	19,5	4,4	0,62	0,23	0,39	≤64	≤13.641	Proteção Ambiental
Região 3	L	31.107	4.688,5	2.505,7	5.282,0	5.589,4	900,9	15,1	8,1	17,0	18,0	2,9	0,61	0,18	0,44	≤37	≤80.101	Projeto de Assentamento
Região 2	NE	8.138	1.850,0	699,5	766,0	1.784,6	-65,4	22,7	8,6	9,4	21,9	-0,8	0,84	0,51	0,33	≤216	≤80.101	Projeto de Assentamento
Região 10	DO	10.007	1.119,1	214,0	1.274,5	915,5	-203,6	11,2	2,1	12,7	9,1	-2,0	0,80	0,12	0,68	≤64	≤275	Outro ou Não Restritivo
Região 6	CD	5.106	1.046,3	93,8	545,3	447,8	-598,5	20,5	1,8	10,7	8,8	-11,7	0,72	0,05	0,67	≤17	≤3.626	Projeto de Assentamento
Região 11	CT	20.245	2.657,9	1.463,5	1.654,2	1.382,6	-1.275,3	13,1	7,2	8,2	6,8	-6,3	1,15	0,49	0,66	≤64	≤275	Outro ou Não Restritivo
Região 4	SE	18.137	4.237,5	566,4	2.442,2	2.838,1	-1.399,4	23,4	3,1	13,5	15,6	-7,7	0,82	0,16	0,66	≤64	≤32.594	Outro ou Não Restritivo
Região 7	S	9.959	2.838,1	398,1	1.368,2	1.087,2	-1.750,9	28,5	4,0	13,7	10,9	-17,6	0,63	0,33	0,30	≤64	≤275	Outro ou Não Restritivo
Região 8	SO	34.663	8.672,0	4.201,2	3.599,0	6.839,8	-1.832,3	25,0	12,1	10,4	19,7	-5,3	0,47	0,19	0,28	≤121	≤1.045	Outro ou Não Restritivo
Região 5	UR	5.684	2.468,6	180,9	703,7	477,1	-1.991,5	43,4	3,2	12,4	8,4	-35,0	1,52	0,27	1,25	≤17	≤275	Plano Diretor
TOTAL		305.621	51.869,6	36.163,0	52.466,1	69.845,7	17.976,1	17,0	11,8	17,2	22,9	5,9	0,42	0,18	0,25			

Elaborado por: Autor (2021).

Figura 79 – Mapa das classes de área de propriedade segundo o Cadastro Ambiental Rural (CAR)

Elaborado por: Autor (2021).

Comparando-se o movimento histórico, a região 8 (SO) variou positivamente 3.240 ha em curto período entre 2018 e 2019, em contraposição a diminuição de 5.073 ha (63,8%) entre 1984 e 2018⁶⁷.

Pondera-se que as únicas áreas plenamente cobertas com os padrões viários da literatura de referência são a região 5 (UR), com Padrão Radial, e a região 4 (SE), com Padrão Retangular. Ambas demonstram convergência entre a arquitetura ou padrão implementado ou referenciado e o elevado padrão de desmatamento esperado (≤ -1.991 ha e ≤ -1.750 ha, respectivamente)⁶⁸.

Apesar dos diferentes arranjos viários, os resultados de fragmento de vegetação que variam entre ≤ 900 a ≤ 598 ha nas regiões 2 (NE), 3 (L) e 6 (CD) têm em comum o fato de terem sido originadas do mesmo processo condicionante de uso da terra, pois são áreas surgidas no Projeto de Assentamento do CEDERE⁶⁹.

⁶⁷ Observa-se que: essa região tem a assinatura espacial parcial de padrão dendrítico, ou seja, é uma área historicamente associada ao desmatamento por madeireiros e isso é notado pela presença das vias dendríticas incursionadas em lotes superiores a 1.000 ha originadas de vias estruturantes ou retilíneas. Uma pequena parte da área foi destinada no passado à Projeto de Assentamento (Mozartinópolis). A partir de 2013 (S11D), uma grande infraestrutura da mineração foi instalada na área e desde aproximadamente 2018 essa região foi desocupada e destinada à recuperação ambiental, como constatado em campo.

⁶⁸ Observa-se que: há exemplos de variação negativa dos fragmentos de vegetação da área urbana para além da área regionalizada (Figuras 77 e 78), indicando que a perda da vegetação vem ocorrendo concomitante à expansão da área urbana em sua área periurbana em todas as direções, mas, especialmente, em relação a sua parte oeste e sul, essa última identificada em campo como área em processo de expansão, loteamento e chácaras. Na região urbana a extensão por via são as menores (≤ 17 km/km²) e a densidade é a maior 1,52 km/km² de todo o município. Isso ocorre em ambiente de pequenas propriedades (≤ 275 ha). A região 4 (SE) de padrão retangular confirma sua vocação para a agropecuária comercial tanto pela sua estrutura, como pela sua funcionalidade, como constatado em campo, pois são registradas vastas áreas de pasto plantado e cultivo de soja. A divisão de lotes ocorre por vias retilíneas (121 km/km²) que são alocadas de modo interno e sem acesso aos usuários comuns da rodovia federal circundante à propriedade de ≤ 32.594 ha. As variações positivas de fragmento de vegetação indicam, conforme registrado em campo, ocorrência de remanescentes restritos a áreas obrigatoriamente destinadas a essa finalidade segundo o Código Florestal, a exemplo de Reserva Legal. Uma pista de pouso de aproximadamente 1,5 km de extensão está instalada na latifundiária propriedade da região 4 (SE). Uma fazenda de nome Umuarama, de mesmo nome e localidade do Grupo Umuarama registrado em campo nessa região 4 (SE), consta na carta topográfica MI-1105 (Água Fria) do IBGE desde 1981, à época já com uma pista de pouso instalada.

⁶⁹ Observa-se que: a região 2 (NE) não converge mais com um uso da terra com o perfil de área de assentamento. Conforme constatado em campo é uma região dominada por pastagem e propriedades de médio a grande porte e que tem a estruturante PA-160 como espinha dorsal, assim como muitas estradas de fazenda ou particulares. A região 3 (L) apresenta um misto de vias estruturantes mais próximas à rodovia estadual e as derivadas que se assemelham a dendríticas em sua porção mais interiorizada. As vias derivadas dessa região tomam forma semelhantes a cursos d'água e são limitadas em sua extensão pelas áreas serranas limítrofes do município onde encontram-se os maiores remanescentes de fragmentos da vegetação. Ao Norte dessa região, há assinatura espacial que remete ao padrão de via Caule da Rosa, mas não houve campo no interior mais distante da região para confirmar se os agentes eram garimpeiros atuando na abertura da via, apesar de terem sido encontrados ao longo da seção retilínea da via. A região 6 (CD) indica resquícios do núcleo original do

Na região 2 (NE) as variações positivas são pontualmente encontradas no entorno da Serra do Rabo, que recentemente se transformou em Parque Nacional e também vem passando por processo de recuperação de um incêndio florestal na mesma região serrana, de tal modo que essas variações positivas mascaram o caráter da pecuária não conservacionista da região. A região 3 (L), única com variação positiva da vegetação entre as três de mesmo nível de alterações (NE, L e CD), indicou em campo um uso misto da terra não orientado plenamente à pecuária, a exemplo de chácaras, pesqueiros e garimpos abandonados que indicam um maior parcelamento da terra. Tais dados são corroborados pela menor densidade por via ($\leq 37 \text{ km/km}^2$) na região. Ao sul da região 3 (L), as variações negativas dos fragmentos de vegetação referem-se tanto à prática de garimpo, como ao avanço da infraestrutura urbana, conforme constatado em campo. Predominantemente praticante da policultura e com marcantes traços de extrativismo, a região 6 (CD) registra aumento de loteamento e infraestrutura urbanizada. Os fragmentos negativos nessa região estão espacialmente alinhados a única via Estruturante (Av. dos Pioneiros ou VS-52) que chega até a área. Contraditoriamente, é uma região de prática agrícola de orientação sustentável com pouco parcelamento da terra, mas com tensionamento em curso evidente.

A região 10 (DO) de Serra Dourada indica baixa variação negativa dos fragmentos de vegetação $\leq -203 \text{ ha}$. O promontório é circundado por vias estruturantes, pouco fragmentada internamente, tem baixo parcelamento da terra e poucas propriedades medindo $\leq 275 \text{ ha}$ ⁷⁰.

Destacando-se entre os piores índices de variação da vegetação ($\leq -1750 \text{ ha}$), a região 7 (S) possui predomínio de propriedades de $\leq 275 \text{ ha}$, com uma densidade de vias estruturantes (vicinais) e derivadas em mesma proporção (0,33 e 0,30 km/km^2 , respectivamente)⁷¹.

CEDERE, a ponto de nela morar quem presidiu seção que deu nome ao município em antiga reunião de agricultores e intitula-se como *Pioneiro*.

⁷⁰ Observa-se que: na região encontra-se o Acampamento Serra Dourada, com histórico de conflito de tentativa de remoção por parte da Vale, conforme constatado em campo. As vias circundantes registram intensa movimentação de atividades ligadas ao garimpo. Aas variações negativas dos fragmentos de vegetação dessa região ocorrem devido a expansão urbana ao sul-sudeste da área.

⁷¹ Observa-se que: os fragmentos que variaram negativamente ao norte dessa região estão relacionados a recém expansão urbana, o extremo sul dessa região é originalmente área do mesmo Projeto de Assentamento da vizinha região 6 (CD) e registrou-se em campo nessa área uma forte tendência a pecuária praticada em médias propriedades ao longo da vicinal estruturante (VP-20 e VS-20).

De mais difícil caracterização, a região 11 (CT) destaca-se por exclusão em relação aos indicadores viários e de agentes das demais. Nela, os fragmentos de vegetação variaram negativamente ≤ -1.275 ha em área com elevada densidade de vias $1,15 \text{ km/km}^2$ predominantemente estruturantes⁷². A parte leste dessa região foi identificada, em campo, a maior área de garimpo do município (Garimpo Melechete), com ao menos 2,0 km de extensão junto à margem de um dos tributários do Parauapebas. No Sudeste dessa região, encontra-se as maiores variações negativas de fragmentos de vegetação que indicam se originar da expansão urbana. Quanto mais próximo ao Rio Parauapebas, maiores são as propriedades ≤ 1.045 ha, ao passo que as mais distantes à borda leste da região performam ≤ 275 ha.

Em suma, o resultado dessa análise multitemporal apresentado na Tabela 2, bem como os mapas de variação dos fragmentos de vegetação de acordo com a arquitetura e padrões viários, ao serem observados pela ordenação das variações de vegetação dos maiores valores positivos aos maiores negativos, demonstra, de forma geral, uma tendência de recuperação da vegetação nas regiões condicionadas à proteção ambiental em nível Federal e sob atividades da mineração, em oposição a maiores perdas da vegetação concentradas na área urbana e de pecuária ao sul do município. No centro desses opostos estão áreas com menores perdas ou valores positivos de recuperação e que foram historicamente condicionadas por Projeto de Assentamento (CEDERE).

Apesar das evidentes variações negativas na região 8 (SO), reforçamos a observação que é uma área que passa por dinâmico processo de recuperação ambiental e, portanto, tem a mesma tendência de comportamento das áreas sob influência da mineração.

Considerando a literatura dos padrões viários utilizados como referência, as maiores perdas da vegetação se concentram no Padrão Radial, no Retangular e pontualmente na região 8 (SO) em área com padrão Dendrítico.

⁷² Observa-se que: ao centro dessa região encontra-se o Rio Parauapebas, que formou historicamente uma barreira natural entre as ocupações à leste e à oeste. A assinatura de vias estruturantes dessa região está condicionada às linhas de transmissão de energia, posicionadas ao centro e margeando o Rio Parauapebas, diferentemente de outras regiões onde, em geral, a linha de transmissão de energia se posiciona junto às Rodovias Vicinais ou a Rodovia Estadual. As vias estruturantes horizontais, ou que ligam a parte leste a oeste do município, são as Rodovias da Mineração.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se que as principais transformações no município de Canaã relacionaram-se à atividade pecuária e minerária. O projeto de S11D representou uma disputa sobre o território e os recursos de forma que os agentes interessados mobilizaram recursos científicos, tecnológicos e financeiros. S11D redefine e reescreve a situação de protagonismo de Carajás. E o faz pela infraestrutura modernizada e de alta capacidade de processamento instalada, pelo capital que está movimentando, pela nova mobilização migratória e pelas transformações territoriais e socioeconômicas que vem causando.

A tradicional pecuária de corte coexiste nesse cenário de transformações e um circuito inferior da economia, incluindo-se a recorrência de garimpos ilegais, coexiste e integra essa paisagem que, contraditoriamente, é fragmentada na cobertura vegetal, mas conservada a exemplo da Floresta Nacional dos Carajás. S11D ampliou ainda a conservação, criando, por decreto, o Parque Nacional dos Campos Ferruginosos como área de proteção integral, mas não sem antes expropriar a Vila de Mozartinópolis (onde mais 100 famílias viviam) e limitar a atividade turística devido à criação do Parque e à ampliação da área de recuperação ambiental.

Evidencia-se que é desafiadora a tarefa de transformar os benefícios econômicos da mineração em desenvolvimento socioeconômico e sustentável. As variações no índice Firjan, e a quantidade de ações, planos e programas mobilizados pela prefeitura e pelo Ministério do Meio Ambiente através do ICMBio são exemplos desse descompasso.

As principais ações tomadas pelos agentes analisados indicaram que o ICMBio tem dificuldades de gestão e não teve sua pretensão de desenho de conservação da criação do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos executada, onde venceram os interesses da Vale.

Ainda acerca das ações, o município de Canaã dos Carajás vem concretizando passos importantes para superação das pressões fundiárias, educacionais e de organização do território. No entanto, a persistência de ações ou institucionalização do garimpo ilegal em município com tamanho empenho em resolver seus problemas é intrigante e, portanto, chama atenção.

No que se refere ao histórico de circulação, evidenciou-se que há dificuldade de acesso aos dados do GETAT e as cartas oficiais do IBGE não condizem historicamente com a realidade encontrada.

Ao final dos seis dias de trabalho de campo foi possível confirmar que Canaã dos Carajás de fato marca, em suas paisagens e dinâmica territorial, características de área de fronteira agropecuária e mineral amazônica, pois apresenta: contínua expansão urbana e populacional; ampliação de infraestrutura de circulação (estrada de ferro e abertura de vias), conflito socioterritorial entre mineração, garimpo e camponeses; latifúndios amplamente desmatados convertidos em áreas de pecuária e de soja em sua borda sul/sudeste e nordeste; parte de sua história e modo de vida tradicional e campesino ameaçados pelas recentes transformações (projeto S11D, remoção de Mozartópolis e expansão da Cidade de Canaã), além de conflitos de uso da terra que envolvem polêmicas decisões do poder público referentes à mineração e às questões ambientais, como as recentes áreas destinadas ao PNCF e a área de recuperação ambiental da Vale, além da supressão de relevante ecossistema em detrimento de uma *Commodity* econômica.

A análise da evolução da paisagem agrupada por bi-temporalidade identificou interessante movimento de avanço e de recuo, ou ainda, de tensão. Três momentos compuseram a transformação: o primeiro (2001-1998), quando a maior parte das transformações ultrapassam o centro geográfico municipal, concentrando-se a oeste do município, transpondo o Rio Parauapebas. O segundo (2011-2003), quando ele se inverte de oeste para leste. E o terceiro (2018-2013), quando ele se volta à sua área de origem, a sudeste.

A análise viária, enquanto infraestrutura, é fundamental para a interpretação da paisagem. É necessária, ainda, uma demanda de melhor classificação para os estudos amazônicos. Há certa dificuldade em se reconhecer as diferenças entre vias oficiais e não oficiais, por exemplo, além da ausência de estudos que melhor interprete a relação entre diferentes tipos de vias e a relação entre tipologias da arquitetura viária.

Quanto aos resultados da fragmentação da paisagem, fica claro que, ao menos para o contexto amazônico, a relação entre infraestrutura viária e fundiária deve ser considerada.

REFERÊNCIAS

- ARIMA, E. Y. *et al.* The Fragmentation of Space in the Amazon Basin: Emergent Road Networks. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 74, n. 6, p. 699–709, 2008. DOI: 10.14358/PERS.74.6.699.
- ARIMA, E. Y. *et al.* Explaining the fragmentation in the Brazilian Amazonian forest. **Journal of Land Use Science**, p. 21, 2015. DOI: 10.1080/1747423X.2015.1027797.
- BACHIEGGA, F.; COSTA FERREIRA, L. DA. Uma análise das aproximações e distanciamentos epistemológicos das noções de campo em P. Bourdieu e de arena em E. Ostrom. **Dialogos**, v. 18, p. 49–66, 2014. DOI: 10.4025/dialogos.v18supl.863.
- BATISTELLA, M.; MORAN, E. F. A Heterogeneidade das mudanças de Uso e Cobertura das Terras na Amazônia: Em busca de um Mapa da Estrada. *In*: **Dimensões Humanas da Biosfera-Atmosfera na Amazônia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2007. p. 65–80.
- BATISTELLA, M.; ROBENSON, S.; MORAN, E. F. Settlement design, forest fragmentation, and landscape change in Rondônia, Amazônia. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 69, n. 7, p. 805–812, 2003. DOI: 10.14358/PERS.69.7.805.
- BECKER, B. K. **Amazônia: geopolítica na virada do III milênio**. Rio de Janeiro: Garamont, 2004. 168p.
- _____. Síntese da Produção Científica em Ciências Humanas na Amazônia. *In*: COSTA, W. M. (Ed.). **Dimensões Humanas da Biosfera-Atmosfera na Amazônia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2007. p. 178.
- BÜRGI, M.; HERSPERGER, A. M.; SCHNEEBERGER, N. Driving forces of landscape change - Current and new directions. **Landscape Ecology**, v. 19, n. 8, p. 857–868, 2005. DOI: 10.1007/s10980-004-0245-8.
- CARDOSO, A. C. D.; CÂNDIDO, L. S.; MELO, A. C. C. DE. Canaã dos Carajás: um laboratório sobre as circunstâncias da urbanização, na periferia global e no alvorecer do século XXI. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 20, n. 1, p. 121–140, 30 nov. 2017. DOI: 10.22296/2317-1529.2018v20n1p121.
- CAREGNATO, R. C. A.; MUTTI, R. Pesquisa qualitativa: análise de discurso versus análise de conteúdo. **Texto & Contexto - Enfermagem**, v. 15, n. 4, p. 679–684, dez. 2006. DOI: 10.1590/S0104-07072006000400017
- CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL. **Impactos socioeconômicos da exploração de minério de cobre em Canaã dos Carajás (PA)**. 2013. Disponível em: <http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/ExibeVerbete.aspx?verid=39>. Acessado em: agosto de 2020.
- COELHO, M. C.; CUNHA, L. H.; MONTEIRO, M. DE A. Unidades de Conservação:

Populações Recursos e Territórios. Abordagens da Geografia e da Ecologia Política. *In: Unidades de Conservação: Abordagens e Características Geográficas*. Rio de Janeiro: Brasil, Bertrand, 2009. p. 67–112.

COSTA, W. M. **Geografia Política e Geopolítica: discursos sobre o território e o poder**. 2ª ed. São Paulo: EDUSP, 2008. 349p.

DIAGONAL URBANA CONSULTORIA. **Plano Diretor Participativo de Canaã dos Carajás: Metodologia e Diagnóstico**. São Paulo, 2007. V.1. 377p.

_____. **Plano Diretor Participativo de Canaã dos Carajás: Metodologia e Diagnóstico**. São Paulo, 2007. V.2. 620p.

EMBRAPA. **Amazônia: perguntas e respostas**. Disponível em: <<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/siteamazonia/>>. Acessado em: agosto de 2020.

FAO; UNEP. **The State of the World's Forests 2020**. Rome: FAO and UNEP, 2020. 188p.

FEARNSIDE, P. M. Brazil's Cuiabá- Santarém (BR-163) Highway: The environmental cost of paving a soybean corridor through the Amazon. **Environmental Management**, v. 39, n. 5, p. 601–614, 2007. DOI: 10.1007/s00267-006-0149-2.

FEARNSIDE, P. M.; LAURANCE, W. F. Infraestrutura na Amazônia: as lições dos planos plurianuais. **Caderno CRH**, v. 25, n. 64, p. 87–98, 2012. DOI: 10.1590/s0103-49792012000100007.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: Wiley, John, 1986. 640p.

FREITAS, S. R.; HAWBAER, T. J.; METZGER, J. P. Effects of roads, topography, and land use on forest cover dynamics in the Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 3, p. 410–417, 2010. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.10.036.

GARRIDO FILHA, I.; COSTA, Í. B. DA; RIBEIRO, G. V. Estudo da área mineradora de Carajás. **Revista brasileira de Geografia**, v. 50, n. 4, p. 105–163, 1988.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. **BioScience**, v. 52, n. 2, p. 143, 2002. DOI: 10.1641/0006-3568(2002)052[0143:PCAUDF]2.0.CO;2.

IBGE. **Quadro Geográfico de Referência para Produção, Análise e Disseminação de Estatísticas**. Rio de Janeiro. IBGE, 2019. 172p.

IBGE. **“Geoestatísticas” revelam patrimônio ambiental da Amazônia Legal**. 2013. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/14023-asi-geoestatisticas-revelam-patrimonio-ambiental-da-amazonia-legal>>.

IPEA. Análise preliminar dos dados do Censo 2010. **Comunicados do IPEA**, n. 68, p. 1–15, 2010.

KLEINSCHROTH, F.; HEALEY, J. R. Impacts of logging roads on tropical forests. **Biotropica**, v. 49, n. 5, p. 620–635, 2017. DOI: 10.1111/btp.12462.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 423p.

MARCOVITCH, J. **A gestão da Amazônia: ações empresariais, políticas públicas, estudos e propostas**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011. 312p.

MARTINS, F. D.; KAMINO, L. H. Y.; RIBEIRO, K. T. **Projeto Cenários: Conservação de campos ferruginosos diante da mineração em Carajás**. Tubarão-SC: Copiart, 2018. 467p.

MARTINS, J. DE S. **Fronteira: a degradação do outro nos confins do humano**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2014. 187p.

MELLO, N. A. **Políticas territoriais na Amazônia**. São Paulo: Annablume, 2006. 410p.

MÉRNARD, C.; SHIRLEY, M. M. (EDS.). **Handbook of new institutional economics**. Dordrecht, Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2005a. 884p.

_____. Introduction. *In*: **Handbook of new institutional economics**. Dordrecht, Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2005b. p. 1–18.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1–2, p. 1–9, 2001. DOI: 10.1590/s1676-06032001000100006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Carajás**. 2016, 190p. v.1.

_____. **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Carajás**. 2016, 60p. v.2.

MORAN, E. F. Roads and Dams: Infrastructure-Driven Transformations in the Brazilian Amazon. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 2, p. 207–220, 26 jun. 2016. DOI: 10.1590/1809-4422ASOC256V1922016.

OSTROM, E. **Governing the Commons: the evolution of institutions for collective action**. Cambridge: Indiana University Press, 1990. 280p.

_____. Revisiting the Commons: Local Lessons, Global Challenges. **Science**, v. 284, n. 5412, p. 278–282, 9 abr. 1999. DOI: 10.1126/science.284.5412.278.

_____. **Understanding Institutional Diversity**. Princeton: Princeton University Press, 2005a. 376p.

_____. Digging deeper than markets and hierarchies. *In*: **Handbook of new institutional**

economics. Dordrecht, Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2005b. p. 819–848.

_____. Doing Institutional Analysis. *In: Handbook of new institutional economics*. Dordrecht, Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2008. p. 819–848.

_____. Background on the Institutional Analysis and Development Framework. **Policy Studies Journal**, v. 39, n. 1, p. 7–27, 2011. DOI: 10.1111/j.1541-0072.2010.00394.x.

PEREIRA, M. F. V. Redes, sistemas de transportes e as novas dinâmicas do território no período atual: notas sobre o caso brasileiro. **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 1, p. 121–129, 2009. DOI: 10.1590/s1982-45132009000100008.

PINHEIRO, L. A. L. **Royalties da mineração em Canaã dos Carajás**. Dissertação (Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável) – Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável, 2017. 47p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CANAÃ DOS CARAJÁS. **Diagnóstico Socioeconômico do município de Canaã dos Carajás, Estado do Pará**. Canaã dos Carajás, 2016. 119p.

_____. **Plano de desenvolvimento Canaã 2035**, 2015. 91p.

_____. **Programa Municipal de Regularização Fundiária: “Canaã, meu lugar”**, 2018. 27p.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 3.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso do Solo do Brasil**, 2018.

_____. **Coleção 4.1 da série Anual de Mapas de Uso de Cobertura do Solo do Brasil**, 2020.

ROBERTS, D. A. *et al.* Change Identification Using Multitemporal Spectral Mixture Analysis: Applications in Eastern Amazonia. *In: LUNETTA, R.S.; ELVIDGE, C. D. Remote Sensing Change Detection Environmental Monitoring Methods and Applications*. Michigan, Taylor and Francis Ltda, Chap. 9, p. 137–161, 1998.

SARTORELLO, R. **Interações em estudos para conservação: conceitos e técnicas para análises geográficas e ecológicas da paisagem**. Tese (Doutorado em Geografia). 2014. Faculdade de Filosofia e Letras, Universidade de São Paulo, 2014. 237p.

SILVEIRA, M. L. O Brasil: território e sociedade no início do século 21 – a história de um livro. **Revista ACTA Geográfica**, p. 151–163, 2011. DOI: 10.5654/actageo2011.0001.0011.

SMALL, C. The Landsat ETM + spectral mixing space. **Remote Sensing of Environment**, v. 93, p. 1–17, 2004. DOI: 10.1016/j.rse.2004.06.007.

THÉRY, H. Situações da Amazônia no Brasil e no continente. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, p. 37–49, abr. 2005. DOI: 10.1590/S0103-40142005000100003.

TONELLI, L. M. **Canaã dos Carajás: terra prometida para quem? A geografia de um saque anunciado na serra sul da província mineral de Carajás**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 2018. 173p.

TURNER, M. G. Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 20, n. 1989, p. 171–197, 1989.

TURNER, M. G. Landscape ecology: What is the state of the science? **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 36, n. 2005, p. 319–344, 2005.

VERÍSSIMO, A. *et al.* **Áreas Protegidas na Amazônia brasileira: avanços e desafios**. Belém; São Paulo: IMAZON SOCIOAMBIENTAL, INSTITUTO, 2011. 87p.

VILELA, T. *et al.* A better Amazon road network for people and the environment. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 117, n. 13, p. 7095–7102, 2020. DOI: 10.1073/pnas.1910853117.

VOILAND, A. **Making Sense of Amazon Deforestation Patterns**. s.d. Disponível em: <<https://earthobservatory.nasa.gov/images/145888/making-sense-of-amazon-deforestation-patterns>>. Acesso em: agosto de 2020.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Tabela de Classes de uso e cobertura da terra de 1985 a 2018

	1. Floresta		2. Formação Natural não Florestal		1. Floresta + 2. Formação Natural não Florestal		3. Agropecuária		4. Área não Vegetada		4.1 Infraestrutura Urbana		4.2 Mineração		5. Corpo D'água	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1985	257.766	81,91%	7.634	2,43%	265.399	84,34%	48.720	15,5%	82	0,03%	82	0,03%	-	0,00%	486	0,002
1986	257.366	81,78%	7.310	2,32%	264.676	84,11%	49.519	15,7%	82	0,03%	82	0,03%	1	0,00%	410	0,001
1987	247.801	78,75%	7.257	2,31%	255.058	81,05%	59.105	18,8%	63	0,02%	63	0,02%		0,00%	461	0,001
1988	242.674	77,12%	7.159	2,27%	249.833	79,39%	64.061	20,4%	76	0,02%	75	0,02%		0,00%	717	0,002
1989	234.650	74,57%	6.831	2,17%	241.481	76,74%	72.806	23,1%	85	0,03%	85	0,03%		0,00%	315	0,001
1990	228.726	72,68%	6.861	2,18%	235.587	74,86%	78.412	24,9%	43	0,01%	43	0,01%	-	0,00%	645	0,002
1991	222.713	70,77%	6.926	2,20%	229.638	72,97%	84.381	26,8%	47	0,01%	47	0,01%		0,00%	621	0,002
1992	213.643	67,89%	6.735	2,14%	220.378	70,03%	93.867	29,8%	38	0,01%	38	0,01%		0,00%	404	0,001
1993	209.800	66,67%	6.819	2,17%	216.619	68,84%	97.647	31,0%	40	0,01%	40	0,01%		0,00%	381	0,001
1994	197.878	62,88%	7.400	2,35%	205.278	65,23%	108.938	34,6%	43	0,01%	43	0,01%		0,00%	428	0,001
1995	188.717	59,97%	7.523	2,39%	196.240	62,36%	117.641	37,4%	46	0,01%	46	0,01%		0,00%	761	0,002
1996	180.678	57,42%	7.727	2,46%	188.405	59,87%	125.376	39,8%	44	0,01%	44	0,01%		0,00%	862	0,003
1997	171.742	54,58%	7.948	2,53%	179.690	57,10%	134.106	42,6%	50	0,02%	50	0,02%		0,00%	841	0,003
1998	165.086	52,46%	7.901	2,51%	172.987	54,97%	141.212	44,9%	57	0,02%	57	0,02%		0,00%	431	0,001
1999	163.069	51,82%	7.785	2,47%	170.853	54,29%	143.371	45,6%	67	0,02%	67	0,02%		0,00%	397	0,001
2000	159.647	50,73%	7.781	2,47%	167.428	53,20%	146.703	46,6%	96	0,03%	96	0,03%		0,00%	461	0,001
2001	157.557	50,07%	7.761	2,47%	165.318	52,53%	148.842	47,3%	128	0,04%	128	0,04%		0,00%	399	0,001
2002	154.946	49,24%	7.740	2,46%	162.685	51,70%	151.504	48,1%	289	0,09%	239	0,08%	50	0,02%	210	0,001
2003	152.804	48,56%	7.793	2,48%	160.596	51,03%	152.701	48,5%	648	0,21%	598	0,19%	51	0,02%	742	0,002
2004	150.784	47,92%	8.021	2,55%	158.805	50,46%	154.180	49,0%	702	0,22%	656	0,21%	46	0,01%	1.000	0,003
2005	149.704	47,57%	8.121	2,58%	157.825	50,15%	154.976	49,2%	793	0,25%	731	0,23%	62	0,02%	1.093	0,003
2006	149.582	47,53%	8.194	2,60%	157.776	50,14%	155.090	49,3%	873	0,28%	808	0,26%	65	0,02%	949	0,003
2007	149.708	47,57%	8.173	2,60%	157.881	50,17%	155.006	49,3%	947	0,30%	869	0,28%	78	0,02%	853	0,003
2008	149.093	47,38%	8.223	2,61%	157.315	49,99%	155.183	49,3%	1.067	0,34%	974	0,31%	92	0,03%	1.122	0,004
2009	148.568	47,21%	8.411	2,67%	156.979	49,88%	155.153	49,3%	1.129	0,36%	1.032	0,33%	97	0,03%	1.426	0,005
2010	149.087	47,38%	8.363	2,66%	157.450	50,03%	154.464	49,1%	1.159	0,37%	1.070	0,34%	89	0,03%	1.615	0,005
2011	149.915	47,64%	8.366	2,66%	158.280	50,30%	153.398	48,7%	1.316	0,42%	1.235	0,39%	81	0,03%	1.693	0,005
2012	148.671	47,24%	8.441	2,68%	157.113	49,93%	154.426	49,1%	1.641	0,52%	1.550	0,49%	92	0,03%	1.508	0,005
2013	150.742	47,90%	8.127	2,58%	158.870	50,49%	152.179	48,4%	2.385	0,76%	2.293	0,73%	93	0,03%	1.253	0,004
2014	149.942	47,65%	8.091	2,57%	158.034	50,22%	152.029	48,3%	3.252	1,03%	2.846	0,90%	406	0,13%	1.373	0,004
2015	148.936	47,33%	7.857	2,50%	156.793	49,83%	152.217	48,4%	3.606	1,15%	3.022	0,96%	583	0,19%	2.071	0,007
2016	145.729	46,31%	7.850	2,49%	153.579	48,80%	155.134	49,3%	3.719	1,18%	3.070	0,98%	649	0,21%	2.254	0,007
2017	138.891	44,14%	7.990	2,54%	146.881	46,68%	162.368	51,6%	4.006	1,27%	3.317	1,05%	689	0,22%	1.432	0,005
2018	137.832	43,80%	8.033	2,55%	145.865	46,35%	163.102	51,8%	3.985	1,27%	3.400	1,08%	586	0,19%	1.734	0,006

Fonte: Projeto Mapiomas (2020). Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE B – Subtração bi-temporal 1987-1984 da análise de mistura espectral de Canaã dos Carajás-PA

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE C – Subtração bi-temporal 1990-1987 da análise de mistura espectral de Canaã dos Carajás-PA

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE D – Subtração bi-temporal 1998-1990 da análise de mistura espectral de Canaã dos Carajás-PA

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE E – Subtração bi-temporal 2001-1998 da análise de mistura espectral de Canaã dos Carajás-PA

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE F – Subtração bi-temporal 2003-2001 da análise de mistura espectral de Canaã dos Carajás-PA

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE G – Subtração bi-temporal 2011-2003 da análise de mistura espectral de Canaã dos Carajás-PA

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE H – Subtração bi-temporal 2013-2011 da análise de mistura espectral de Canaã dos Carajás-PA

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE I – Subtração bi-temporal 2018-2013 da análise de mistura espectral de Canaã dos Carajás-PA

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE J – Subtração bi-temporal 2019-2018 da análise de mistura espectral de Canaã dos Carajás-PA

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE K – Tabela da Quilometragem de via implementada por classe e ano

	Sem data	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTAL DA CLASSE	
VP		37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,6	
VS		52,3	17,9	5,6	0,0	0,0	0,0	14,8	0,0	13,4	0,0	0,0	7,1	0,3	0,0	2,0	4,2	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	118,7
VE		10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	
VP, VS e VE		100,6	17,9	5,6	0,0	0,0	0,0	14,8	0,0	14,9	0,0	0,0	7,6	0,3	0,0	2,0	4,2	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	169,0
Rodovia Estadual		23,9	24,2	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,1	
Estrada da Mineração		13,2	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	23,1	10,7	0,0	0,0	0,0	83,5	
Ferrovia																																	56,4	0,0	0,0	56,4	
Linha de Transmissão	206,7																																			206,7	
Avenida		8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0		
Via sem classe ou nome		157,6	3,5	12,7	47,9	36,0	48,9	37,3	6,8	49,5	7,0	25,2	10,6	6,1	21,6	11,9	24,8	3,7	18,9	23,6	19,4	0,9	2,6	2,5	5,3	1,0	3,2	4,3	12,2	12,5	9,2	13,5	15,1	19,7	1,4	676,4	
Estrada de Serviço																				4,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,7	6,3	0,0	0,0	47,2	
Correia																																32,6	10,3	0,0	0,0	42,9	
Via Urbana																						4,8	5,0	0,0	1,6	4,7	2,7	0,0	1,8	1,0	2,0	6,4	13,2	0,0	0,0	43,2	
Pista de Pouso													1,1	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6		
TOTAL DO ANO	206,7	303,7	49,7	18,3	48,9	36,0	48,9	52,1	6,8	64,4	7,0	25,2	19,3	6,4	21,6	14,4	29,0	3,7	18,9	55,5	21,6	5,7	7,6	2,9	6,9	5,7	5,9	4,3	28,8	36,6	21,9	87,2	101,3	19,7	1,4	1.394,0	

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE L – Tabela do Percentual de via implementada por classe e ano

	Sem data	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTAL DA CLASSE
VE		3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	
VS		17,2	36,0	30,6	0,0	0,0	0,0	28,4	0,0	20,8	0,0	0,0	36,8	4,7	0,0	13,9	14,5	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5
VP		12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	
VE, VS e VP		33,1	36,0	30,6	0,0	0,0	0,0	28,4	0,0	23,1	0,0	0,0	39,4	4,7	0,0	13,9	14,5	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1
Rodovia Estadual		7,9	48,7	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	
Estrada da Mineração		4,3	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,4	63,1	48,9	0,0	0,0	0,0	6,0
Ferrovia		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,7	0,0	0,0	4,0	
Linha de Transmissão	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	
Avenida		2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	
Via sem classe ou nome		51,9	7,0	69,4	98,0	100,0	100,0	71,6	100,0	76,9	100,0	100,0	54,9	95,3	100,0	82,6	85,5	100,0	100,0	42,5	89,8	15,8	34,2	86,2	76,8	17,5	54,2	100,0	42,4	34,2	42,0	15,5	14,9	100,0	100,0	48,5
Estrada de Serviço		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,8	6,2	0,0	0,0	3,4
Correia		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,4	10,2	0,0	0,0	3,1	
Via Urbana		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	84,2	65,8	0,0	23,2	82,5	45,8	0,0	6,3	2,7	9,1	7,3	13,0	0,0	0,0	3,1
Pista de Pouso		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	
TOTAL DO ANO	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE M – Tabela de participação das vias estruturantes e derivadas (1984-2017)

	Vias estruturantes (km)	Vias estruturantes (%)	Vias derivadas (km)	Vias derivadas (%)	TOTAL DO ANO
1984	146,1	48	157,6	52	303,7
1985	192,3	54	161,1	46	353,4
1986	197,9	53	173,8	47	371,7
1987	198,9	47	221,7	53	420,6
1988	198,9	44	257,7	56	456,6
1989	198,9	39	306,6	61	505,5
1990	213,7	38	343,9	62	557,6
1991	213,7	38	350,7	62	564,4
1992	228,6	36	400,2	64	628,8
1993	228,6	36	407,2	64	635,8
1994	228,6	35	432,4	65	661,0
1995	236,2	35	444,1	65	680,3
1996	236,5	34	450,2	66	686,7
1997	236,5	33	471,8	67	708,3
1998	238,5	33	484,2	67	722,7
1999	242,7	32	509,0	68	751,7
2000	242,7	32	512,7	68	755,4
2001	242,7	31	531,6	69	774,3
2002	270,6	33	559,2	67	829,8
2003	270,6	32	580,8	68	851,4
2004	270,6	32	586,5	68	857,1
2005	270,6	31	594,1	69	864,7
2006	271,0	31	596,6	69	867,6
2007	271,0	31	603,5	69	874,5
2008	271,0	31	609,2	69	880,2
2009	271,0	31	615,1	69	886,1
2010	271,0	30	619,4	70	890,4
2011	285,8	31	633,4	69	919,2
2012	308,9	32	646,9	68	955,8
2013	319,6	33	658,1	67	977,7
2014	319,6	30	745,3	70	1.064,9
2015	376,0	32	790,2	68	1.166,2
2016	376,0	32	809,9	68	1.185,9
2017	376,0	32	811,3	68	1.187,3
Sem data	582,7	42	811,3	58	1.394,0
Variação	390,4		650,2		
Mediana	242,7	33	531,6	67	774,3

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE N – Tabela de expansão da
malha viária e perda florestal

Ano	Vias sem classe ou nome (km)	Acumulado da malha (km)	Floresta (ha)
1985	161	353	257.766
1986	174	372	257.366
1987	222	421	247.801
1988	258	457	242.674
1989	307	506	234.650
1990	344	558	228.726
1991	351	564	222.713
1992	400	629	213.643
1993	407	636	209.800
1994	432	661	197.878
1995	443	680	188.717
1996	449	687	180.678
1997	471	708	171.742
1998	483	723	165.086
1999	507	752	163.069
2000	511	755	159.647
2001	530	774	157.557
2002	554	830	154.946
2003	573	851	152.804
2004	574	857	150.784
2005	577	865	149.704
2006	579	867	149.582
2007	584	874	149.708
2008	585	880	149.093
2009	589	886	148.568
2010	593	890	149.087
2011	605	919	149.915
2012	618	956	148.671
2013	627	978	150.742
2014	640	1.065	149.942
2015	655	1.166	148.936
2016	675	1.186	145.729
2017	676	1.187	138.891
Variação absoluta	515	834	-118.875
Variação (%)	76,2	70,2	-85,6

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE O – Regionalização paisagística: Região 1 – N (Norte)

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE P – Regionalização paisagística: Região 2 – NE (Nordeste)

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE Q – Regionalização paisagística: Região 3 – L (Leste)

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE R – Regionalização paisagística: Região 4 – SE (Sudeste)

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE S – Regionalização paisagística: Região 5 – UR (Urbana e Suburbana)

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE T – Regionalização paisagística: Região 6 – CD (Núcleo CEDERE)

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE U – Regionalização paisagística: Região 7 – S(Sul)

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE V – Regionalização paisagística: Região 8 – SO (Sudoeste)

Elaborado por: Autor (2021).

APÊNDICE W – Regionalização paisagística: Região 9 – ZA (Sudoeste)

Elaborado por: Autor (2021).

Figura X – Regionalização paisagística: Região 10 – DO (Serra Dourada)

Elaborado por: Autor (2021).

Figura Y – Regionalização paisagística: Região 11 – CT (Central)

Elaborado por: Autor (2021).