

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - UFPR
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

ALEXIS DE SOUSA BASTOS

**ZONAS DE APTIDÃO AGRÍCOLA COMO SUBSÍDIO AO ORDENAMENTO
TERRITORIAL NO ENTORNO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA
AMAZÔNIA: O CASO DA FLORESTA NACIONAL DO JAMARI/RO.**

**Curitiba, PR
2015**

ALEXIS DE SOUSA BASTOS

**ZONAS DE APTIDÃO AGRÍCOLA COMO SUBSÍDIO AO ORDENAMENTO
TERRITORIAL NO ENTORNO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA
AMAZÔNIA: O CASO DA FLORESTA NACIONAL DO JAMARI/RO.**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná como requisito para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Everton Passos
Co-orientador: Prof. Dr. Vanderlei Maniesi

**Curitiba, PR
2015**

B327z

Bastos, Alexis de Sousa

Zonas de aptidão agrícola como subsídio ao ordenamento territorial no entorno de unidades de conservação da Amazônia : o caso da floresta nacional do Jamari/RO/ Alexis de Sousa Bastos. – Curitiba, 2015.

248 f. : il. color. ; 30 cm.

Tese - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-graduação em Geografia, 2015.

Orientador: Everton Passos – Co-orientador: Vanderlei Maniesi.

Bibliografia: p. 219-248.

1. Geologia - Floresta Nacional do Jamari (RO). 2. Geomorfologia. 3. Solos - Propriedades físico-químicas. 4. Solos - Erosão. 5. Aptidão agrícola do solo. I. Universidade Federal do Paraná. II. Passos, Everton. III. Maniesi, Vanderlei. IV. Título.

CDD: 333.76



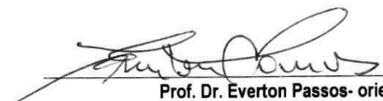
ATA DE DEFESA DE TESE

Aos nove dias do mês de outubro do ano de dois mil e quinze, na sala 109, foi avaliada pela Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo relacionados, a Tese de Doutorado do aluno ALEXIS DE SOUSA BASTOS intitulada "ZONAS DE APTIDÃO AGRÍCOLA COMO SUBSÍDIO AO ORDENAMENTO TERRITORIAL NO ENTORNO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA AMAZÔNIA: O CASO DA FLORESTA NACIONAL DO JAMARI/RO", que obteve como resultado final: APROVAÇÃO.

(RES. 65/09 CEPE Art. 69. Os examinadores avaliarão a dissertação ou a tese considerando o conteúdo, a forma, a redação, a apresentação e a defesa do trabalho, decidindo pela aprovação, ou reprovação do trabalho de conclusão do aluno. Parágrafo único. A ata da sessão pública da defesa de dissertação ou tese indicará apenas a condição de aprovado ou reprovado.

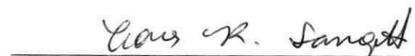
OBS: este documento tem a validade de 60 dias a contar desta data.

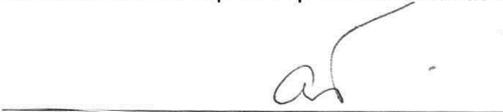
Nome e assinatura da Banca Examinadora:

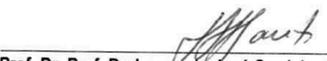

Prof. Dr. Everton Passos - orientador


Prof. Dr. Vanderlei Maniesi - Co-orientador - UNIR


Prof. Dr. Marciel Lohmann - UEL


Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta - Depto Ciências Florestais/UFPR


Prof. Dr. Ana Maria Muratori - UFPR


Prof. Dr. Prof. Dr. Leonardo José Cordeiro Santos - PPGGEO/UFPR

AGRADECIMENTOS

Aos meus filhos, Maria Isabela e Pedro, que mesmo sem saber são minhas forças e incentivo para continuar a estudar;

À minha companheira de vida Fabiana, pelo amor, carinho, compreensão nas horas difíceis;

Ao meu irmão Fred e minha mãe Darci, pelo apoio e amor incondicional;

Ao meu orientador Everton Passos pelos ensinamentos e por me aceitar como orientando, mesmo sem me conhecer. Obrigado pela confiança;

Ao meu grande amigo e co-orientador, Vanderlei Maniesi, com quem tanto aprendi durante a vida universitária e pelo qual nutro profunda admiração e respeito;

Aos amigos e amigas da Universidade Federal de Rondônia e da Universidade Federal do Paraná, especialmente os professores Josué Costa e Francisco Mendonça, que trabalharam pela realização do Dinter, sem o qual eu não teria essa oportunidade;

Aos amigos e amigas do Centro de Estudos Rioterra pelo apoio e por aguentarem meu mau humor no trabalho após os estudos madrugadas a dentro;

Obrigado especial aos amigos Uéliton Pinheiro que tantas vezes foi a campo comigo para coletar solos e medir compactação e Abimael Ribeiro, incansável no apoio na parte de geotecnologia;

Aos amigos do Setor de Responsabilidade Social da Petrobras, Rosane Aguiar, Gislaine Garberline, Leyla Maciel, Marcelo Pinheiro, Ana Balogh, Adriana Oliveira pela confiança que sempre depositaram em nós. Obrigado pelo carinho e confiança, pois essa tese, também é fruto de nossos trabalhos em prol de uma Amazônia socialmente mais justa;

Aos professores e professoras da Universidade Federal de Rondônia, amigos de longa jornada, que em diferentes momentos participaram de minha formação e me proporcionaram ótimas discussões socioambientais. Vocês colaboraram para meu amadurecimento e desejo em seguir aprendendo;

Ao amigo Afonso N. dos Santos pela dedicação nas análises mineralógicas;

À amiga Marilía Locatelli pelo empréstimo dos livros sobre fertilidade e conversas de incentivo;

E às pessoas que eu esqueci, mas que sabem que colaboraram comigo de alguma forma nessa tese. Sintam-se lembrados, abraçados e recebam meu mais profundo obrigado! Sonho realizado.

RESUMO

Floresta Nacional (Flona) do Jamari foi a primeira unidade de conservação federal do país a passar pelo processo de concessão florestal. Adequa-se a categoria de uso sustentável, representando um fragmento de 461.772 hectares do ambiente sudoeste da floresta amazônica, com espécies nativas adaptadas às condições climáticas e naturais do solo, possuindo como função, além daqueles sociais, ambientais e econômicos para as quais foi criada, servir como barreira ao avanço das frentes de desmatamento que vem se intensificando desde 1984, ano de sua criação. As relações sociedade e natureza em seu entorno mostraram evidências da urgente necessidade de ordenar as atuais formas de uso de seus recursos naturais para melhorar aspectos ligados a sua conservação devido aos impactos causados pela agropecuária extensiva praticada em seu entorno. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi compreender as dinâmicas socioambientais de uso e ocupação dos solos da Flona do Jamari e de seu entorno a partir de características do meio físico que identificassem relações e impactos sobre a aptidão agrícola como meio para compatibilizar conservação e produção de forma a subsidiar a implementação de políticas de ordenamento territorial para unidades de conservação na Amazônia. A análise interdisciplinar de atributos ambientais do meio físico possibilitou a identificação limites espaciais e permitiu a delimitação de cinco zonas ambientais diferenciadas a partir de características de aptidão agrícola para uso e conservação, bem como identificação necessária de redirecionamentos da zona de amortecimento. As zonas identificadas possuem baixíssima aptidão agrícola e baixa capacidade de suporte para atividades intensivas no uso de seus recursos naturais e baixa capacidade de resiliência. Há sinais de degradação não apenas do solo, mas do ambiente em função da bovinocultura, principal atividade econômica verificada na região. Foram constatadas fragmentações de ambientes que favorecem a alteração dos índices de vulnerabilidade natural à erosão mensurados, tornando-os mais vulneráveis, quando relacionados ao modo de ocupação do entorno da Flona do Jamari. Os resultados de zoneamento apresentados demonstraram que o método proposto se constitui em uma forma viável de subsídio ao planejamento em lugares como a Amazônia, pois possibilita adaptações de acordo com a disponibilidade de instrumentos de apoio e profissionais para orientar o uso e ocupação do solo tanto para fins produtivos como de conservação no entorno de unidades de conservação.

PALAVRAS-CHAVE: Geologia; Geomorfologia; propriedades físico-químicas dos solos; vulnerabilidade natural à erosão; aptidão agrícola.

ABSTRACT

Jamari National Forest was the first federal conservation unit which passed through a timber exploration concession process. It is categorized as a sustainable conservation unit, representing a forest fragment of 461.772 hectares of the southwest Amazon forest, with native species adapted to its climate and natural soil conditions. The function of Jamari National Forest, besides the social, environmental and economic aspect for what it was created for, is serve as barrier to the advance of deforestation fronts, which are intensifying since 1984, year of its creation. The relations between society and nature on Jamari National Forest and its surrounding areas show evidences of urgent land use planning to the actual forms of use of (the) natural resources to improve aspects connected to conservation, due to impacts caused by extensive agriculture and cattle ranching. Thus, the objective of this research was to comprehend the social environmental dynamics of the soils use and occupation in Jamari National Forest and its surrounding areas from physical characteristics that allow to identify relations and impacts on the agricultural suitability as a way to harmonize conservation and forms of production to subsidize the implementation of land use planning politics for the conservation units in Amazon. The interdisciplinary analyses of the physical environmental attributes made possible to identify spatial limits and allowed the delimitation of five environmental areas differentiated from agricultural suitability characteristics for use and conservation, as well as identification required of the buffer zone redirects. The identified areas have very low agricultural potential and low carrying capacity for intensive activities in the use of its natural resources and low resilience. There are signs of degradation, not only on soils, but in the environment due to cattle ranching, the main economic activity observed in the region. Environment fragmentations were found favoring the change of natural vulnerability to erosion indices measured, making them more vulnerable when related to land use and occupation in the Jamari National Forest surrounding areas.

KEY WORDS: Geology; Geomorphology; soil physical and chemical properties; natural vulnerability to erosion; agricultural suitability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.....	18
Figura 2. Exemplos dos ajustes realizados para estabelecimento das zonas ambientais através do uso de imagens Shuttle Radar Topography Mision/SRTM.....	30
Figura 3. Mapa de localização da área com pontos de controle e coleta de solos e rochas.....	32
Figura 4. Quadro da escala adotada de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas.....	42
Figura 5. Mapa geológico da área de estudo.....	64
Figura 6. Mapa geomorfológico da área de estudo.....	69
Figura 7. Mapa da rede de drenagem e elevação da área de estudo.....	71
Figura 8. Mapa de distribuição da precipitação na área de estudo.....	74
Figura 9. Mapa de solos da área de estudo.....	76
Figura 10. Mapa de vegetação da área de estudo e áreas antropizadas.....	79
Figura 11. Carta imagem da Flona do Jamari e sua área de entorno no ano de 1984.....	120
Figura 12. Imagem de satélite no ano de 1994 com a representação do incremento do último decênio e valores absolutos de desmatamento até o ano da imagem.....	122
Figura 13. Índice de desmatamento cumulativo e decenal na Flona do Jamari e seu entorno entre 1984 e 1994.....	123
Figura 14. Imagem de satélite no ano de 2004 com a representação do incremento do último decênio e valores absolutos de desmatamento até o ano da imagem.....	125
Figura 15. Índice de desmatamento cumulativo e decenal na Flona do Jamari e seu entorno entre 1994 e 2004.....	126
Figura 16. Imagem de satélite no ano de 2013 com a representação do incremento do último decênio e valores absolutos de desmatamento até o ano da imagem.....	128
Figura 17. Índice de desmatamento cumulativo e decenal na Flona do Jamari e seu entorno entre 2004 e 2013.....	129

Figura 18. Mapa da área e estudo com os polígonos de desmatamento representados a cada década de ocupação a partir de 1984, ano de criação da Flona do Jamari.....	130
Figura 19. Mapa das zonas ambientais com os pontos de coleta e controle.....	133
Figura 20. Fotos (A e B) de rios assoreados localizado nas porções sul e oeste da área de estudo, respectivamente.....	134
Figura 21. Zona Ambiental Jacundá. Relevo com dissecação média com baixa a média densidade de ruptura de declives.....	135
Figura 22. Fotos da granulometria e fotomicrografia referentes a Zona Ambiental Jacundá.....	137
Figura 23. Linha de pedra formada por seixos arredondados de quartzo e laterita em solos coluvionais e saprólito de granitóide deformado da Suíte Granítica Serra da Providência.....	138
Figura 24. Variação da média de resistência a penetração em solos florestados (ZAJ) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade.....	142
Figura 25. Variação da média de resistência à penetração em solos sob pastagem (ZAJ) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade.....	144
Figura 26. Mapa de vulnerabilidade natural à erosão da Zona Ambiental Jacundá.....	146
Figura 27. Paisagem associada a Zona Ambiental Itapuã.....	148
Figura 28. Cristais de quartzo monominerálicos predominando nas frações areia fina (A) e areia grossa (B).....	150
Figura 29. Variação da média de resistência a penetração em solos florestados (ZAI) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade.....	155
Figura 30. Variação da média de resistência a penetração em solos sob pastagem (ZAI) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade.....	157
Figura 31. Mapa de vulnerabilidade natural à erosão da Zona ambiental Itapuã.....	160
Figura 32. Frente de lavra paleoaluvionar da Zona Ambiental Nascente, interior da Floresta Nacional do Jamari, fevereiro/2014.....	162

Figura 33. Variação da média de resistência à penetração em solos sob floresta (ZAN) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade.....	167
Figura 34. Variação da média de resistência à penetração em solos sob pastagem (ZAN) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade.....	169
Figura 35. Mapa de vulnerabilidade natural à erosão da Zona Ambiental Nascente.....	171
Figura 36. Aspectos geomorfológicos da Zona Ambiental Laterita.....	172
Figura 37. Material laterítico coeso.....	174
Figura 38. Enriquecimento de minerais opacos e empobrecimento de fragmentos lateríticos nas frações mais finas do material laterítico incoeso.....	177
Figura 39. Material laterítico incoeso.....	177
Figura 40. Variação da média de resistência a penetração em solos sob floresta (ZALt) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade.....	182
Figura 41. Variação da média de resistência à penetração em solos sob pastagem (ZALt) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade.....	184
Figura 42. Mapa de vulnerabilidade natural à erosão da Zona Ambiental Laterita.....	187
Figura 43. Paisagem associada a Zona Ambiental Cujubim.....	189
Figura 44. Relevo associado à Zona Ambiental Cujubim (CJr) levemente ondulado com dissecação baixa a média e manto de intemperismo pouco espesso, estando presentes hillrocks, tors e campos de matações.....	190
Figura 45. Variação da média de resistência à penetração em solos sob floresta (ZAC) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade.....	196
Figura 46. Variação da média de resistência à penetração em solos sob pastagem (ZAC) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade.....	199
Figura 47. Mapa de vulnerabilidade natural à erosão da Zona Ambiental Cujubim.....	201

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Graus de limitação referentes à disponibilidade de nutrientes.....	38
Tabela 2. Graus de limitação referentes à toxicidade por alumínio (Al^{3+}).....	39
Tabela 3. Valores paramétricos indicados para acidez.....	40
Tabela 4. Valores paramétricos para concentração de fósforo trocável.....	41
Tabela 5. Avaliação da vulnerabilidade das unidades de paisagem natural com base em Tricart.....	42
Tabela 6. Critérios para atribuição de valores na escala de vulnerabilidade natural à erosão.....	43
Tabela 7. Valores atribuídos às unidades de cada tema referentes a vulnerabilidade natural à erosão.....	43
Tabela 8. Perdas de solo em toneladas por ha/ano para diferentes culturas.....	99
Tabela 9. Distribuição das frações areia e silte+argila e estimativas em porcentagem em volume dos minerais da fração areia na Zona Ambiental Jacundá.....	136
Tabela 10. Resultados dos pontos medidos quanto a resistência à penetração em ambientes de floresta e pastagem (ZAJ).....	143
Tabela 11. Estimativa granulométrica referente aos intervalos de 0-20 cm e 20-40 cm do solo coletado em floresta.....	145
Tabela 12. Estimativa de porcentagem em volume dos minerais da fração areia ZAJ.....	145
Tabela 13. Estimativa macroscópica de porcentagem em volume dos minerais da fração areia na Zona Ambiental Itapuã.....	150
Tabela 14. Resultados dos pontos medidos quanto a resistência à penetração em ambientes de floresta e pastagem (ZAI).....	156
Tabela 15. Estimativa granulométrica referente aos intervalos de 0-20 cm e 20-40 cm do solo coletado nos pontos em pastagem floresta.....	158
Tabela 16. Estimativa macroscópica de porcentagem em volume dos minerais da fração areia na Zona Ambiental Nascente.....	161
Tabela 17. Estimativa granulométrica referente aos intervalos de 0-20 cm e 20-40 cm do solo coletado no ponto FJ-30, em pastagem.....	168
Tabela 18. Resultados dos pontos medidos quanto a resistência à penetração em ambientes de floresta e pastagem (ZAN).....	168

Tabela 19. Distribuição granulométrica em porcentagem em peso das frações seixo, grânulo, areia, silte e argila e estimativa em porcentagem em volume dos minerais das frações seixo, grânulo e areia (ZALt).....	176
Tabela 20. Distribuição granulométrica em porcentagem em peso das frações seixo, grânulo, areia, silte e argila e estimativa em porcentagem em volume dos minerais das frações seixo, grânulo e areia (ZALt).....	176
Tabela 21. Resultados dos pontos medidos quanto a resistência à penetração em ambientes de floresta e pastagem (ZALt).....	183
Tabela 22. Estimativa granulométrica referente aos intervalos de 0-20 cm e 20-40 cm do solo coletado em floresta e pastagem (ZALt).....	185
Tabela 23. Estimativa granulométrica referente aos intervalos de 0-20 cm e 20-40 cm do solo coletado em floresta e pastagem (ZAC).....	197
Tabela 24. Resultados dos pontos medidos quanto a resistência à penetração em ambientes de floresta e pastagem (ZAC).....	198

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	17
2. SELEÇÃO DO TEMA E DELIMITAÇÃO DA ABRANGÊNCIA DO ESTUDO.....	19
3. HIPÓTESES.....	22
4. OBJETIVOS.....	22
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
6. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	45
6.1. A OCUPAÇÃO DO ESPAÇO EM RONDÔNIA.....	45
6.2. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E A FLORESTA NACIONAL DO JAMARI.....	56
6.3. ZONAS DE AMORTECIMENTO, FUNÇÃO E IMPACTOS DE SUA FRAGMENTAÇÃO.....	58
6.4. CARACTERIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS QUE ABRANGEM A ÁREA DA FLORESTA NACIONAL DO JAMARI.....	60
6.5. O MEIO FÍSICO DA FLORESTA NACIONAL DO JAMARI E SEU CONTEXTO REGIONAL.....	62
6.5.1. Geologia.....	62
6.5.2. Geomorfologia.....	67
6.5.3. Clima.....	73
6.5.4. Solos.....	75
6.5.5. Vegetação.....	78
6.6. APTIDÃO AGRÍCOLA – IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO DO ORDENAMENTO TERRITORIAL.....	80
6.7. HISTÓRICO SOBRE ESTUDOS DE APTIDÃO AGRÍCOLA NO BRASIL.....	82
6.8. FATORES LIMITANTES.....	84
6.8.1. Deficiência de fertilidade com base na disponibilidade de nutrientes (K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺).....	85
6.8.2. Toxidade por Alumínio.....	87
6.8.3. Acidez dos solos.....	88
6.8.4. Fósforo trocável.....	89
6.9. VULNERABILIDADE NATURAL À EROSÃO - PROCESSOS EROSIVOS ACELERADOS.....	90
6.10. FATORES QUE INFLUENCIAM NOS PROCESSOS EROSIVOS ACELERADOS.....	91
6.11. ZONEAMENTO AMBIENTAL E SUA IMPORTÂNCIA PARA O ORDENAMENTO TERRITORIAL.....	99
6.12. HISTÓRICO DO ZONEAMENTO NO BRASIL E SEUS MARCOS LEGAIS.....	101
6.13. ZONEAMENTO, CAPACIDADE DE SUPORTE E SUSTENTABILIDADE.....	106

6.14. AGRICULTURA E PECUÁRIA NA AMAZÔNIA E EM RONDÔNIA.....	108
6.14.1. Queimadas – Uso e Impactos.....	111
6.14.2. Compactação dos Solos.....	114
7. RESULTADOS.....	118
7.1. DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS NA FLONA JAMARI-RO E SEU ENTORNO.....	118
7.1.1. Desmatamento da área de estudo até 1984.....	118
7.1.2. Desmatamento da área de estudo entre 1984 e 1994.....	121
7.1.3. Desmatamento da área de estudo entre 1994 e 2004.....	124
7.1.4. Desmatamento da área de estudo entre 2004 e 2013.....	127
7.2. ZONAS AMBIENTAIS DA FLONA JAMARI E ENTORNO.....	131
7.2.1. Zona Ambiental Jacundá.....	135
7.2.2. Zona Ambiental Itapuã.....	148
7.2.3. Zona Ambiental Nascente.....	161
7.2.4. Zona Ambiental Laterita.....	172
7.2.5. Zona Ambiental Cujubim.....	188
8. DISCUSSÕES.....	202
CONCLUSÕES.....	216
REFERÊNCIAS.....	219

INTRODUÇÃO

O Brasil é conhecido mundialmente por abrigar uma das maiores biodiversidades do mundo, da qual grande parte está na Amazônia. Além da biodiversidade a região abriga o maior número de unidades de conservação e a maior extensão de áreas protegidas do país, espaços que cumprem importantes funções sociais, ambientais e econômicas.

Entretanto, este cenário de aparente equilíbrio tem sido cada vez mais impactado por efeitos de fragmentação florestal decorrentes das formas de uso e ocupação dos solos nos seus entornos. Esta relação conflituosa entre conservação e ocupação é uma realidade vivida na maioria dos entornos das áreas protegidas da Amazônia. Dentre os principais vetores de desmatamento estão as práticas agrícolas provenientes de assentamentos da reforma agrária e outras categorias de propriedades rurais, em sua maioria oriundas de programas governamentais. Entre as décadas de 1960 e 1990 muitos programas e planos governamentais foram realizados na Amazônia para fins de colonização e de 1990 até hoje, para fins de integração econômica da região ao mercado global. O período de 1960 aos dias atuais foi o recorte temporal utilizado nesta pesquisa.

Planos governamentais distributivistas, voltados à colonização, pintaram a Amazônia como o lugar do acesso à terra, um “el dorado” da expansão agrícola. Esta propaganda foi apoiada por documentos produzidos por cooperação internacional entre Brasil, Organização para Alimentação e Agricultura das Nações Unidas - FAO e Agência Americana de Desenvolvimento Internacional - USAID nos anos de 1970. Essa publicidade sobre a Amazônia, mesmo não sendo mais a tônica dos dias de hoje, foi responsável pelo movimento que mais deixou marcas impressas na paisagem regional. Não só pelo desmatamento, mas pelo modelo que foi incutido nos moradores voltado ao desenvolvimento agropecuário extensivo, de exploração irrestrita dos recursos naturais, sendo a floresta um obstáculo a ser removido a qualquer custo. Foi dito que a Amazônia poderia suportar, com aplicação de insumos, uma população no Brasil de mais de 7 bilhões de pessoas (FAO, 1984).

Isso não é verdade, pois os solos amazônicos possuem, em sua maioria, fortes limitações às atividades agropecuárias por serem deficientes em termos de nutrientes. Esse fator por si, já seria um relevante atributo a ser considerado para tomada de decisões sobre o valor da floresta dentro das políticas de colonização devido ao perfil do público que se desejava atingir, descapitalizado e de conhecimento técnico insuficiente para tratar de questões de toxidade, acidez e fertilidade dos solos.

As ocupações no entorno de unidades de conservação, conforme avançam para seus limites, tendem a causar uma série de impactos devido a efeitos produzidos pela fragmentação florestal. Como resultado temos áreas protegidas altamente pressionadas, seja pelos impactos ambientais gerados em seus limites ou pelo contexto socioeconômico no qual está inserida.

Assim sendo, esta pesquisa é proposta como meio para compatibilizar conservação e produção cujo a origem esteja em propriedades da agricultura familiar situadas no entorno de unidades de conservação da Amazônia. A Floresta Nacional (Flona) do Jamari está inserida na porção oeste do “Arco do Desmatamento”, fronteira agrícola responsável por 80% dos desmatamentos na Amazônia (FEARNSIDE, 2009).

A agricultura e a pecuária realizadas nos municípios do entorno são do tipo extensivo. Excetuando-se os limites da Flona, a pecuária bovina é a atividade econômica que ocupa maior parte das áreas na região, 96 % das terras em Itapuã do Oeste e 94% em Cujubim (ALMEIDA SILVA et al., 2009).

O cenário de ocupação, desregulação e conflitos vivido no entorno imediato da maioria das unidades de conservação na Amazônia, inclua-se a Flona do Jamari, foi fator decisivo na escolha do tema e da área, respectivamente, para o desenvolvimento desta tese. É justamente o que acontece fora de seus limites, no entorno, o que motiva a investigação. Por isso, a abrangência da pesquisa não se limita espacialmente à demarcação da Floresta Nacional do Jamari.

De acordo com definição de Ab’Saber (1989) esta unidade se configura como uma área crítica, devido ao complexo contexto histórico e geográfico que a circunda: estradas não oficiais, assentamentos desassistidos pelo governo no seu entorno, uso intensivo e extensivo dos recursos naturais decorrentes das principais atividades econômicas exercidas na região, pecuária e soja, que retroalimentam e aceleram os processos de desmatamento, degradação ambiental (FEARNSIDE, 1983, 1989, 1993) e pobreza na região.

Assim sendo, foi levantada como hipótese se a compreensão das características do meio físico a partir da análise interdisciplinar de atributos ambientais, particularmente relacionados a fatores físico e químicos dos solos e suas relações com o uso e ocupação da terra pode servir para subsidiar políticas de ordenamento territorial a partir de critérios técnicos que sustentem as relações sociedade e natureza para manutenção e/ou melhora das condições de uso dos recursos naturais em propriedades rurais situadas no entorno de unidades de conservação.

Adicionalmente, se a forma de ocupação do entorno da Flona do Jamari e as práticas culturais de manejo dos solos resultaram na manutenção das condições de fertilidade natural em decorrência dos processos de uso e ocupação dos solos, uma vez que não tiveram suas características físicas e químicas significativamente alteradas.

A partir destas hipóteses, compreender a dinâmica socioambiental da ocupação da Floresta Nacional do Jamari e de seu entorno a partir de características do meio físico que identifiquem as relações e impactos de uso e ocupação dos solos sobre a aptidão agrícola da área como forma de gerar subsídios para políticas de ordenamento territorial no entorno de unidades de conservação na Amazônia tornou-se o objetivo da tese para que pudéssemos responder a tais questionamentos.

Para que as unidades possam cumprir suas funções sociais, econômicas e ambientais se faz necessário assegurar condições mínimas de conservação e isso inclui trabalhar com o entorno destas áreas, por vezes esquecidos. Essa não pode ser apenas uma questão de extensão de área, há a necessidade de se desenvolver subsídios que possam orientar a tomada de decisões, inclusive no quanto a essas variáveis.

As atividades a serem desenvolvidas em seus entornos, principalmente as agropecuárias, devem observar aspectos de aptidão agrícola, inclusive no momento de avaliação sobre o custo de oportunidade de se manter a floresta ou derrubá-la uma vez que áreas com significativas limitações quanto a fertilidade, vulnerabilidade natural à erosão, baixa capacidade de suporte e resiliência cumprem importante papel ecológico no tocante a oferta de serviços ambientais.

Para compreensão da dinâmica ambiental e determinação da aptidão agrícola da área utilizou-se como base o método de Ramalho Filho & Beek (1995) pelo caráter interdisciplinar e por ser amplamente usado no país. A escolha se também se deu por ser um método maleável, que permite modificar, atualizar, incorporar e/ou excluir atributos de análise. No caso, foram analisados aspectos de deficiência de fertilidade natural e vulnerabilidade à erosão, sendo para este último atributo utilizado o método de Crepani et al. (2001).

A tese foi dividida em oito capítulos apresentados a seguir: 1. Localização da Área de Estudos - contextualiza o leitor em termos espaciais quanto ao posicionamento da área de estudo na Amazônia e permite visualizar seus acessos. 2. Seleção do Tema e Delimitação da Abrangência do Estudo – apresenta os motivos que levaram a escolha do local, do tema e do método, através de informações sobre a espacialidade do local.

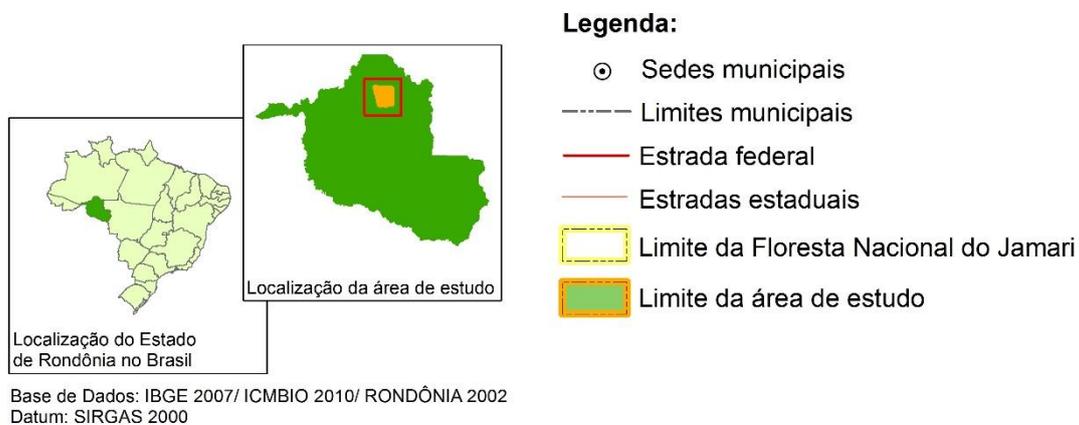
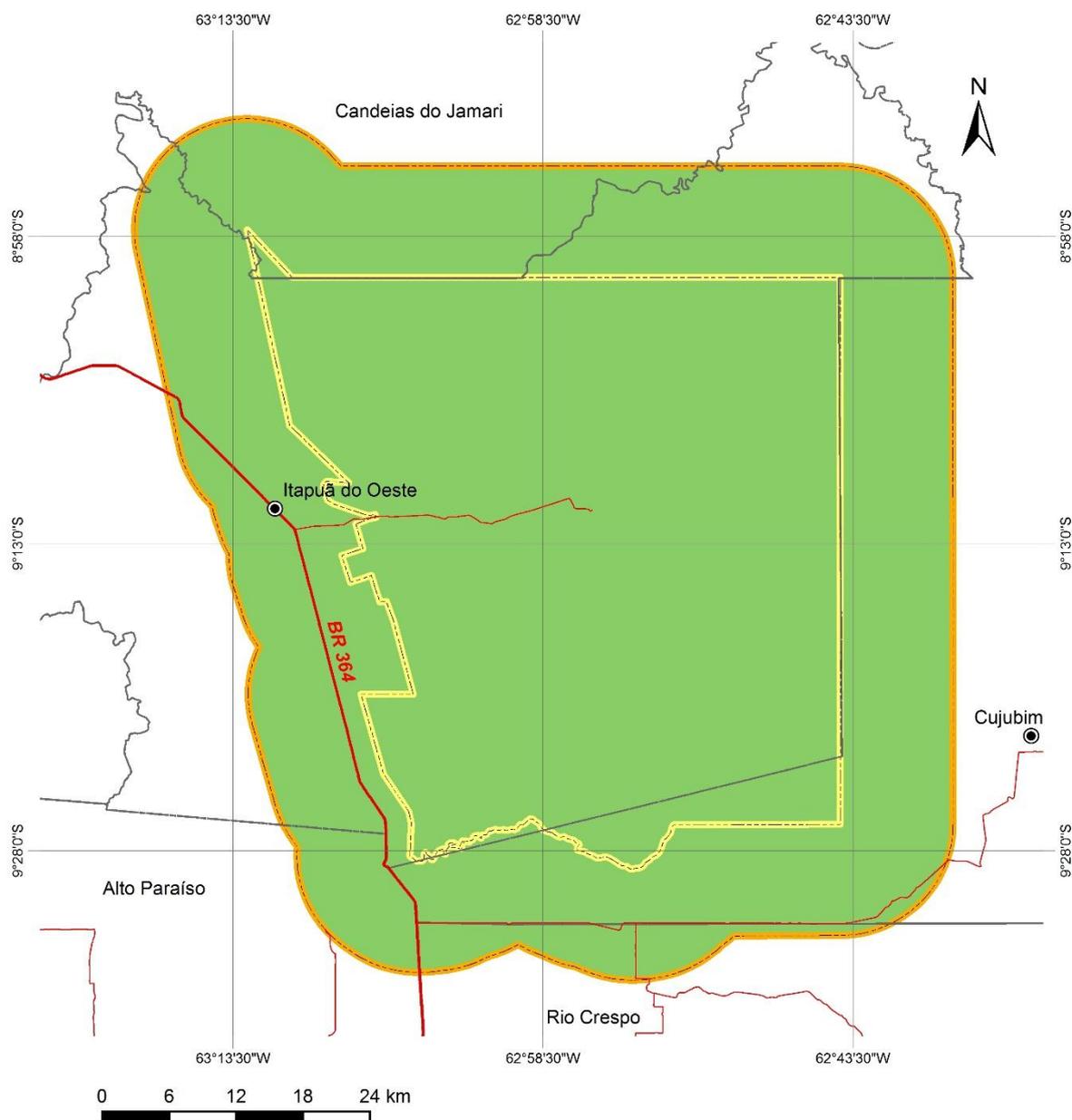
Em seguida são apresentadas as hipóteses, os objetivos e os materiais e métodos utilizados na tese. No capítulo 6, Fundamentação Teórica, é feita uma relação entre assuntos pertinentes ao aprofundamento de questões levantadas para a tese que vão desde o contexto histórico de ocupação de Rondônia, o que são e os distintos papéis de unidades de conservação, caracterização dos municípios que abrangem a Flona do Jamari, aspectos físicos, instrumentos de gestão como estudos de aptidão agrícola e zoneamento ambiental, findando com referenciais sobre agricultura e pecuária para a região.

No capítulo 7 são expostos os resultados divididos entre questões de uso e ocupação dos solos, aspectos de fertilidade natural e vulnerabilidade natural à erosão. Os resultados são apresentados sob a perspectiva de zonas ambientais e de suas características. Por fim, no último capítulo, são feitas discussões acerca de questões sociais, ambientais e econômicas da “área crítica”.

1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a Floresta Nacional (Flona) do Jamari e uma faixa de 10 quilômetros em seu entorno, contados a partir da linha demarcatória oficial decretada pelo governo federal (BRASIL, 2000), totalizando 461.772 hectares. A Flona do Jamari localiza-se no norte rondoniense (Figura 1). Está compreendida entre as longitudes 62°44'05" e 63°16'54" W e latitudes 9°00'00" e 9°30'00" S. Possui 223.086,27 hectares e foi criada pelo Decreto nº 90.224, de 25.09.1984 (BRASIL, 1984). Está inserida na subzona 3.1 do Zoneamento Socioeconômico e Ecológico de Rondônia, áreas constituídas por unidades de conservação de uso sustentável (BATISTA & MATRICARDI, 2002). Limita-se ao norte com a Estação Ecológica (ESEC) de Samuel (abrange os municípios de Itapuã do Oeste e Candeias do Jamari), a leste com o município de Cujubim, ao sul com Itapuã do Oeste e Cujubim, a oeste com Candeias do Jamari, Itapuã do Oeste e ESEC de Samuel.

A Flona do Jamari possui cerca de 95% de sua área no município de Itapuã do Oeste e 5% em Cujubim. Em relação as sedes administrativas dos municípios próximos, os principais acessos à Flona são realizados a partir de Porto Velho e Candeias do Jamari, 110 km e 90 km de distância, respectivamente, feitos por via terrestre pela BR 364 e de Cujubim, 128 km de distância pela rodovia estadual RO-452.



Elaborado por: Bastos, A. S.; Souza, A. R.

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo que engloba a Flona do Jamari e um raio de 10 km em seu entorno delimitada a partir da linha de demarcação oficial (BRASIL, 2000).

2. SELEÇÃO DO TEMA E DELIMITAÇÃO DA ABRANGÊNCIA DO ESTUDO

As ações de planejamento para uso do espaço na Amazônia sempre foram pautadas principalmente em decisões políticas (FEARNSIDE & LAURANCE, 2012; MELLO, 2006; THÉRY, 2005), ficando as técnicas e científicas a reboque daquelas.

A partir da década de 1960 até os dias atuais, recorte temporal desta tese, tornou-se comum formatar a região através de planos e/ou programas governamentais (KOHLHEPP, 2002; FERREIRA & SALATI, 2005). Eles se sucedem e trazem sempre como discurso principal para legitimação das estratégias governamentais, o desenvolvimento.

Outra marca destes planos ou programas, é que plano após plano agravam-se os problemas socioambientais na Amazônia, como a pobreza (ESPÍNOLA & ZIMMERMANN, 2012) e o desmatamento ilegal (SANTOS, 2002). Amplia-se o abismo das desigualdades sociais e os conflitos decorrentes deste processo como disputas por terras e grilagem (BRASIL, 2006; ESTERCI & SCHWEICKARDT, 2010). Valiosos recursos, como biodiversidade e estocagem de carbono, são perdidos (FEARNSIDE, 1993, 2006; FEARNSIDE & LEAL FILHO, 2001; KOHLHEPP, 2002) para dar lugar a produções extensivas, como pecuária e soja, pouco intensivas em mão de obra (SACHS, 2008). Estas por sua vez, tornam a retroalimentar os problemas sociais e ambientais (DREW, 1986).

Fica evidente a necessidade de adoção de novas práticas de gestão que considerem aspectos técnicos e não apenas políticos. Becker (2010) aponta para a necessidade de não mais tratar a Amazônia como uma macrorregião e sim, desenvolver políticas sociais e ambientais adequadas à realidade de cada território. Faz-se necessária a elaboração de instrumentos que possam subsidiar tomadas de decisões para uso e ocupação dos solos a partir de suas aptidões físicas e capacidade de suporte (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995; FEARNSIDE, 1993, JIMÉNEZ-RUEDA et al., 1993, OHARA et al., 1996; ROSS, 1994, SPÖRL & ROSS, 2004).

Não se trata de voltar a velha geografia determinista (SANTOS, 2004), mas sim compreender o espaço amazônico para que seja possível a proposição de modelos que permitam formas sustentáveis de ocupação aos que lá desejam permanecer (ROSS, 2009).

A visão circulante entre a sociedade é a de que a Amazônia é homogênea (AB'SABER, 2004). Isso não é verdade. No começo dos anos 70, foi falado que a

Amazônia poderia suportar, com aplicação de insumos, uma população no Brasil de mais de 7 bilhões de pessoas (FAO, 1984).

Essa previsão baseava-se no fato de que a Amazônia era um ambiente excelente para mecanização e que suas terras eram todas igualmente férteis como as inicialmente ocupadas (FEARNSIDE, 1997). Contudo, as melhores terras são as primeiras a serem ocupadas (FEARNSIDE & LEAL FILHO, 2001) e esse não poderia ser um parâmetro para todo o resto. Na Amazônia, calcula-se que apenas 15% dos solos são eutróficos (LEPSCH, 2011).

Aqueles que para cá migraram vieram com o sonho de se tornarem “proprietários de terras” (FEARNSIDE, 1989) tiveram a incumbência de alterar a paisagem do lugar (PEDLOWSKY et al., 2005). O objetivo era remover a cobertura florestal e convertê-la para fins produtivos. Nesse contexto de produção, solo e água deveriam representar um papel central neste processo. Entretanto, o que se observou foram processos erosivos acelerados, e significativo número de mananciais assoreados.

Com relação as formas de uso e ocupação dos solos, e seu respectivo manejo, pouco mudou do período de colonização até os dias atuais. A produção agropecuária continua sendo a força motriz da Amazônia e da área de estudo (SCHNEIDER et al., 2000).

Esta pesquisa foi proposta para a região da Flona do Jamari e seu entorno, pois a área representa estudo expressivo de caso para questão de uso e ocupação dos solos na Amazônia. Uma unidade de conservação com recursos sendo pressionados devido a matriz do seu entorno, onde grassa a produção agropecuária extensiva, que também é intensiva no uso de recursos naturais.

Há a necessidade real de se reunir informações para ampliar as bases de informações e perspectivas de planejamento para uso da paisagem na Amazônia devido as crescentes transformações e dinâmicas em curso na região. Tais atividades devem privilegiar atividades integradas às características ambientais frente a necessidade de conservação e a quantidade de UCs criadas na região (MELLO, 2006; MELLO-THÉRY, 2011). As formas atuais de uso e ocupação dos solos nem sempre estão de acordo com a aptidão e limites do meio físico.

A ausência desses estudos e de orientações técnicas aumenta os impactos ambientais negativos (DREW, 1986) como erosão, degradação do solo, poluição e assoreamento dos corpos d'água e perda de biodiversidade, bem como acirra conflitos sobre o uso destes recursos (LEONEL, 1998). Como consequência, interferem diretamente

na produtividade, renda e qualidade de vida das famílias estabelecidas nessas áreas, aumentando as assimetrias sociais (MARTINS, 2012; FERREIRA & SALATI, 2005).

Foi adotada a proposta de Santos et al. (1995) de estudos semidetalhados para aptidão de solos. Também foi adotado o conceito “áreas críticas” (AB’SABER, 1989), no qual ele além de observar o aspecto da extensão, se considera também os fenômenos socioambientais presentes num dado lugar.

O desenvolvimento de atividades socioeconômicas intensivas no uso de recursos naturais *versus* a conservação destes, são questões que compõem preocupações sobre as quais a sociedade contemporânea se debruça (TRICART, 1977; SOTCHAVA, 1977; DREW, 1986; ROSS, 1994, 2009). Compreender essa dinâmica mostra-se fundamental, não apenas para área de estudo, mas na Amazônia como um todo, dado que esta região consolida-se como fronteira agrícola. Ou seja, há uma dependência das condições de solo e disponibilidade de água para tais atividades (GUERRA & MENDONÇA, 2004).

Tornam-se previsíveis problemas como desmatamentos, conflitos sociais, perda de biodiversidade, exclusão de povos tradicionais, aumento da pobreza, destruição de recursos que poderiam se tornar ativos econômicos (FEARNSIDE, 2008b). Tudo isso devido, principalmente, as práticas de uso empregadas para manejo dos solos (VOLK et al., 2004; BERTOL et al., 2007), principal motivo de erosão acelerada na região (OSTERKAMP et al., 2012, GUERRA, 2005a; GUERRA & MENDONÇA, 2004).

São necessárias não apenas novas perspectivas de ordenar o espaço, mas de gerar subsídios para dialogar sobre a forma desejada de desenvolvimento a fim de possibilitar maior justiça social e conservação dos recursos naturais.

3. HIPÓTESES

A pesquisa proposta apresenta as seguintes hipóteses:

- a) A compreensão das características do meio físico a partir da análise interdisciplinar de atributos ambientais, particularmente relacionados a fatores físico e químicos dos solos e suas relações com o uso e ocupação da terra pode servir para subsidiar políticas de ordenamento territorial a partir de critérios técnicos e que sustentem as relações sociedade e natureza para manutenção e/ou melhoria das condições de uso dos recursos naturais em propriedades rurais situadas no entorno de unidades de conservação.

- b) A forma de ocupação do entorno da Flona do Jamari e as práticas culturais de manejo dos solos resultaram na manutenção das condições de fertilidade natural em decorrência dos processos de uso e ocupação dos solos, uma vez que não tiveram suas características físicas e químicas significativamente alteradas.

4. OBJETIVOS

Geral

Compreender a dinâmica socioambiental da ocupação da Floresta Nacional do Jamari e de seu entorno a partir de características do meio físico que identifiquem as relações e impactos de uso e ocupação dos solos sobre a aptidão agrícola da área como forma de gerar subsídios para políticas de ordenamento territorial no entorno de unidades de conservação na Amazônia.

Específicos

- Analisar aspectos físicos e químicos dos solos do entorno da Floresta Nacional do Jamari para compreensão de fatores relacionados à capacidade de suporte dos ambientes, no tocante a fertilidade natural e vulnerabilidade natural à erosão;
- Delimitar zonas ambientais com base na análise interdisciplinar a partir de dados geomorfológicos, geológicos e pedológicos;
- Quantificar os macronutrientes existentes nos solos de cada zona ambiental identificada sob diferentes formas de uso e ocupação (florestas primárias e pastagens); e
- Analisar o processo de uso e ocupação dos solos e suas consequências ambientais para o entorno.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Com relação a escala temporal utiliza-se na tese o recorte histórico-geográfico (SOJA, 1993) da década de 1960 até os dias atuais, uma vez que este é considerado o período de intensas transformações sociais, econômica e ambientais da região (KOHLHEPP, 2002; BECKER, 2005). Este espaço de tempo permite avaliar as transformações ocorridas no espaço a partir de como a sociedade se articulou com a natureza, mediante os planos governamentais, suas culturas e imposições do ambiente.

Foram combinadas a proposta de Santos et al. (1995) para estudos semidetalhados (1:100.000) e a proposta de Ab'Saber (1989) que combina ordens de grandeza a partir de uma adaptação do método de Callieux & Tricart (1965) para a Amazônia.

De acordo Ab'Saber (1989) a área de pesquisa situa-se no sudoeste da Amazônia, área considerada de 3ª ordem, inserida em uma unidade de 2ª ordem intitulada “Rondônia”. Neste método além de se observar o aspecto da extensão, forma considerados também os fenômenos socioambientais presentes no lugar, chamados de “áreas críticas”.

Cabe destacar que “área crítica” é uma expressão genérica cunhada por Ab'Saber (1989), designa espaços regionais com diferentes graus de criticidade ou potencialidade para fins de uso e ocupação dos solos. Constituem tais espaços áreas descontínuas e restritas. Caracterizam-se por uma área nuclear no indefinido setor crítico. A Flona do Jamari, cercada por diferentes formas de ocupações que variam da agricultura familiar à mineração intensiva, representa bem esta definição.

Para compreensão da dinâmica ambiental e determinação da aptidão agrícola da área utilizou-se como base o método de Ramalho Filho & Beek (1995) pelo caráter interdisciplinar. Este método foi escolhido por ser amplamente usado no país (PEREIRA & LOMBARDI NETO, 2004; PEREIRA et al., 2006; SILVA et al., 1999b). Também por ser um método que permite modificação, atualização, incorporação e/ou exclusão de fatores limitantes (BARBOSA NETO, 2011). Foram analisados aspectos de deficiência de fertilidade natural e vulnerabilidade à erosão. Para vulnerabilidade natural à erosão foi utilizado o método de Crepani et al. (2001).

Para análise da totalidade da área foi estudada a compartimentação em zonas de aptidão agrícola (ROSS, 1994; SHIMBO & JIMÉNEZ-RUEDA, 2007; JIMÉNEZ-RUEDA & MATTOS, 1992). Estas zonas foram representadas em um mapa sob a denominação de zonas ambientais.

Após a delimitação as zonas ambientais foram estudadas individualmente a partir de seus atributos físicos e das características de seus solos, físicas e químicas, para indicação de suas aptidões agrícolas (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995; PEREIRA & LOMBARDI NETO, 2004). As análises foram feitas através da comparação entre os atributos e características dos solos em floresta e pastagem de uma dada zona ambiental.

Após o exame individual de cada zona, as mesmas foram analisadas de forma integrada e interagindo entre si, vindo a compor um conjunto inter-relacionado que passa a fazer sentido para explicação da totalidade (SANTOS, 2012). A totalidade é entendida aqui como a soma de todas as zonas ambientais identificadas da área de estudo, suas inter-relações e processos decorrentes destas. Esta forma de trabalho permite a identificação de suscetibilidades e vocações dos fatores ambientais relacionados à capacidade de suporte do meio, considerando suas vocações e limites a partir de diferentes perspectivas de ocupação.

Nesse sentido autores que trabalharam com aptidão agrícola (TOMASI & RAMALHO FILHO, 1971; RAMALHO FILHO & BEEK, 1995, RAMALHO FILHO et al., 1978; RAMALHO FILHO & PEREIRA, 1978; GUIMARÃES et al., 1979; RAMALHO FILHO et al., 1979; PEREIRA et al., 1979; MONTEIRO & RAMALHO FILHO, 1979; GUIMARÃES et al., 1980; MONTEIRO et al., 1980; RAUEN et al., 1976; CAMARGO et al., 1975; PEREIRA & LOMBARDI NETO, 2004; MENDONÇA-SANTOS & SANTOS, 2003; VIEIRA et al., 2011; PEDRON, et al., 2006; ASSUNÇÃO et al., 1990) e com zoneamento (SILVA & SANTOS, 2004; VEDOVELLO & MATTOS, 1993; SANTOS et al., 2007; SHIMBO & JIMÉNEZ-RUEDA, 2007; GUIMARÃES, 2001; EGLER et al., 2003; BECKER & EGLER, 1996; ROSS, 1994; MONTAÑO et al., 2007) apontam que a identificação de zonas ambientais (finalidades diversas) pode servir de subsídio para orientar ocupações e usos mais adequados de ambientes, inclusive servindo para tal fim no entorno de unidades de conservação, compatibilizando produção e conservação por apresentar abrangência interdisciplinar.

Estes métodos foram integrados pelo fato de poderem indicar a partir de características do meio físico, melhores condições para implementação de atividades produtivas e de conservação de recursos em busca de sustentabilidade socioeconômica e ambiental (ROBAINA et al., 2009; SPÖRL & ROSS, 2004; MONTAÑO et al., 2007).

O desenvolvimento da pesquisa foi dividido em quatro etapas na busca da aquisição de dados. Abaixo os procedimentos específicos são detalhados, conforme segue:

Primeira etapa

- Levantamento bibliográfico, análise e elaboração de mapas temáticos

Para a elaboração dos mapas visando a interpretação dos dados do meio físico, foram utilizadas bases de dados do PLANAFLORO (RONDÔNIA, 2002), na escala de 1:250.000 em formato “shapefile”, disponibilizados pelo Centro Técnico e Operacional de Porto Velho do Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM, projeto RADAMBRASIL (1978) e do Serviço Geológico do Brasil - CPRM na escala de 1:1.000.000 (QUADROS & RIZZOTTO, 2007). A partir da disponibilidade estes dados foram utilizados os softwares TerraView, ArcGis para visualização dos temas e SPRING para fins de elaboração de modelo numérico de terreno, erosão natural à vulnerabilidade (CREPANI et al., 1996; 2001), pois o programa permitiu trabalhar em escalas distintas e administrar dados vetoriais e matrizes. Para a elaboração dos mapas temáticos foi utilizado o software ArcGIS. Foram gerados mapas de Geologia, Geomorfologia, Clima, Vegetação e Pedologia.

Concomitante aos trabalhos de elaboração dos mapas foram realizados levantamentos bibliográficos nas bibliotecas do Serviço Geológico do Brasil - CPRM/ Porto Velho, Secretaria de Desenvolvimento Ambiental do Estado de Rondônia - SEDAM, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE/ Porto Velho, biblioteca das Universidade Federais do Paraná - UFPR e da Universidade Federal de Rondônia - UNIR, biblioteca do Centro de Estudos Rioterra e sítios eletrônicos acadêmicos.

- Procedimentos de Intrepretação, Processamento e Análise de Imagens

As fotografias aéreas foram disponibilizadas pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, oriundas do IBGE (1979), na escala de trabalho 1:100.000, cobertura fotográfica Projeto POLO 7/14, articulação 09°00’ a 09°30’; 62°30’ a 63°00’.

Com as fotografias aéreas as zonas foram delimitadas a partir de elementos naturais homólogos da paisagem. Para essa análise utilizou-se fotos pancromáticas interpretadas a partir do método lógico de fotointerpretação por dedução, indução e comparação proposto por Soares & Fiori (1976). Foi utilizado estereoscópio de reflexão, marca Geoscope, modelo Stereo Aids.

Procurou-se identificar aspectos geológicos e geomorfológicos como formas do relevo salientes destacadas na paisagem em função da maior resistência do material à erosão (rupturas positivas), bem como inversamente as rupturas negativas, sendo possível identificar a organização dos elementos texturais e delimitar zonas diferentes propriedades de textura e estrutura do relevo.

A resolução e escala das fotografias aéreas e o estereoscópio de reflexão foram fundamentais para interpretação visual e auxiliaram na identificação de anomalias da rede de drenagem, como as quebras positivas e negativas (SOARES & FIORI, 1976). O trabalho de interpretação nas fotografias foi posteriormente vetorizado em mesa digitalizadora no laboratório de geotecnologia da CPRM/Porto Velho, onde foi gerado um arquivo do tipo “shapefile” manuseável em diferentes programas.

O trabalho de fotointerpretação consistiu nas seguintes etapas, conforme estudos de Abarca (2005), Demattê & Demétrio (1995) e Ohara et al. (2003): 1) preparação; 2) interpretação preliminar; 3) reconhecimento preliminar em campo; 4) reinterpretção e novas verificações de campo; e 5) fechamento e edição do mapa de zonas ambientais.

- Sensoriamento remoto

Devido as dimensões da Flona do Jamari o emprego desta tecnologia foi útil como suporte a este trabalho, pelo fato de proporcionar uma visão sinótica (FLORENZANO, 2002) da área e apresentar informações morfoesculturais (ROSS, 2009).

Através das imagens de satélite e de imagens de radar foi possível melhorar as informações obtidas a partir da fotointerpretação. O “shapefile” das zonas ambientais foi sobreposto a imagem da LANDSAT da área. Com a sobreposição foi possível identificar visualmente áreas, como afloramentos rochosos, que pertenciam a uma determinada zona mas não haviam sido incorporadas.

A partir deste método o mapa de zonas ambientais foi ajustado. Além da análise visual foi realizada a comparação entre “pixels”, textura e cores (PERROTTA, 2005), que permitiu a extração de informações sobre a Geologia como identificação dos limites das áreas com rochas graníticas. Permitiu obter informações sobre a Geomorfologia como rugosidade das redes de drenagem e da vegetação, áreas florestadas e não florestadas (CAMARGO et al., 2004). Também serviu como uma base de comparação para corroborar informações obtidas a partir da fotointerpretação e impactos antrópicos verificados em campo, como desmatamentos.

As imagens também possibilitaram a realização do acompanhamento multitemporal (1984, 1994, 2004 e 2013) em imagens (ALVES et al., 1996) desde o início da ocupação do entorno da Flona em 1984. Nesta ação foi utilizado o método de comparação de “pixels” por máxima verossimilhança (SMIATEK, 1995) na obtenção de dados sobre desmatamentos, acúmulo decenal, e suas quantificações através de tratamentos estatísticos realizados através do programa Envi 4.7.

Todas as imagens, exceto a referente ao ano de 2013, foram obtidas gratuitamente na Divisão de Geração de Imagens – DGI/INPE, no endereço <http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/index_pt.php>. Foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 5 da cena correspondente a órbita e linha 232-66, do sensor Thematic Mapper – TM, com resolução espectral variando no intervalo de 0.45 a 0.90 μm , resolução espacial de 30 metros e resolução temporal de 16 dias.

Para os estudos referentes ao ano de 2013 foram adquiridas imagens gratuitas no site <<http://earthexplorer.usgs.gov>> do Serviço Geológico dos EUA (USGS), do satélite LANDSAT 8, da cena correspondente a órbita e linha 232-66, do sensor Operacional Terra Imager (OLI), com intervalo espectral de 0.45 a 0.88 μm , com resolução espacial de 30 metros e resolução temporal de 16 dias.

Tratamento de imagens: o primeiro tratamento consistiu no registro das cenas – método utilizado para corrigir as coordenadas de uma imagem de satélite através de locação de pontos de controle – onde foram usadas referências com coordenadas conhecidas e transferidas a uma cena não registrada (PERROTTA, 2005). O método utilizou as cena do ano de 2013 como referência para o registro das demais, considerando que a mesma é registrada. Para isto utilizou-se o sistema de processamento de imagens ENVI 4.7.

Após registro, foram selecionadas as bandas 5(R), 4(G) e 3(B) de cada cena dos anos de 1984, 1994 e 2004 (ALVES et al., 1996; SHIMABUKURO et al., 1999) e bandas 6, 5 e 4 do ano de 2013 para composição colorida através do processo denominado de “Layer Stacking” (empilhamento de bandas) e resultou em uma composição utilizada para análise de vegetação e desmatamento (OLIVEIRA, 1999; PERROTTA, 2005). Nenhum contraste foi efetuado na imagem original.

Por consequência da divisão entre as bandas, após composição colorida foi necessário junta-las por um processo denominado Mosaico de Cenas (CREPANI et al., 2002), que possibilitou a cobertura total da área da pesquisa.

Análise e interpretação das imagens de satélite: as imagens foram usadas para identificar os vetores de antropização, quantificar a perda de cobertura florestal entre 1984 e 2013 e para fins de apoio e verificação dos limites das zonas ambientais.

O método adotado para a análise dos vetores de antropização foi o de interpretação visual das imagens de satélite (FLORENZANO, 2002), série histórica entre 1984 e 2013. O objetivo foi quantificar a perda de cobertura florestal por desmatamento e alagamentos (hidrelétricas e piscicultura).

Para obtenção de dados sobre perda de cobertura florestal da área de estudo o método escolhido foi o denominado classificação supervisionada de imagens através do algoritmo de classificação Maximum Likelihood (SMIATEK, 1995; ORTIZ & FREITAS, 2005) ou Máxima Verossimilhança, que consiste no cálculo probabilístico de um determinado pixel pertencer a uma determinada classe. Foram definidas as seguintes classes: a) desflorestamento; b) floresta; c) água; e d) afloramento rochoso.

Na definição das classes foi necessária a definição de “Regions of Interest– ROI“, Regiões de Interesse ou Área de Treinamento (PAL & PAL, 1993). Este procedimento consiste na seleção visual de áreas para definição das classes, cuja separabilidade deve ser superior a 1.85, podendo chegar a 2.00 (92,5% de acurácia). Levou-se em consideração elementos como forma, tamanho, cor e padrões de “pixels” para identificar diferenças nas imagens. Após treinamento e execução do algoritmo, o produto gerado passou por processo de pós-classificação submetendo a classificação obtida ao tratamento do algoritmo “Majority Analysis“ (PASSO et al., 2013) que consiste em encontrar pixels de uma classe erroneamente classificado dentro de uma grande classe. A partir das classificações foram gerados vetores para cada classe definida e consecutivamente exportados em formato “Shapefile“ (shp) para fins de manuseio.

Tais diferenças permitiram análises que resultaram no entendimento sobre a dinâmica dos processos de ocupação da área, que podem ser evidenciados e realçados através de diferentes combinações das bandas das imagens de satélite já mencionadas. Esse método possibilitou identificar como os movimentos colonizatórios avançaram sobre a região ao longo dos anos, através da verificação da instalação de estradas, das características das áreas desmatadas, de como e onde ocorrem concentrações de ocupação e onde se localizaram e localizam-se os maiores vetores de pressão sobre a unidade atualmente. Também permitiu identificar perda florestal por alagamento, hidrelétrica e piscicultura.

Finalmente, para o apoio a verificação dos limites das zonas ambientais identificadas preliminarmente com as fotos aéreas, o “shape file” gerado na mesa digitalizadora (SILVA et al., 2007). Este arquivo vetorizado em formato shapefile foi obtido com a digitalização das quebras positivas e negativas marcadas em “layer” de papel vegetal usado para cobrir a aerofotografia, escala 1:100.000, cobertura fotográfica Projeto POLO 7/14, articulação 09°00’ a 09°30’; 62°30’ a 63°00’, analisada através de técnicas estereoscópicas.

Após a digitalização o arquivo digital pode ser sobreposto à imagem de satélite do ano de 2013 das zonas delimitadas. Este procedimento consistiu na análise visual de áreas, sendo considerados elementos como forma, tamanho, cor e padrões de “pixels” para identificar possíveis diferenças entre a imagem e as zonas identificadas para ajustes e reedição do “shape” das zonas e de elementos texturais da imagem, como afloramentos rochosos e áreas alagadas.

Imagens de Radar: foram utilizados ainda dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto “Shuttle Radar Topography Mission”/NASA (RABUS et al., 2003; MICELI et al., 2011), banda C, disponível em <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download>> e dados do projeto TOPODATA (RECH et al., 2011; VALERIANO, 2005) disponível na base de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>>.

Este trabalho consistiu em sobrepor o “shape file” gerado na mesa digitalizadora para fins de comparação visual das áreas delimitadas com as informações dos dados de radar (Figura 2). Foram identificadas áreas para ajustes e reeditado o shape das zonas com os ajustes realizados.

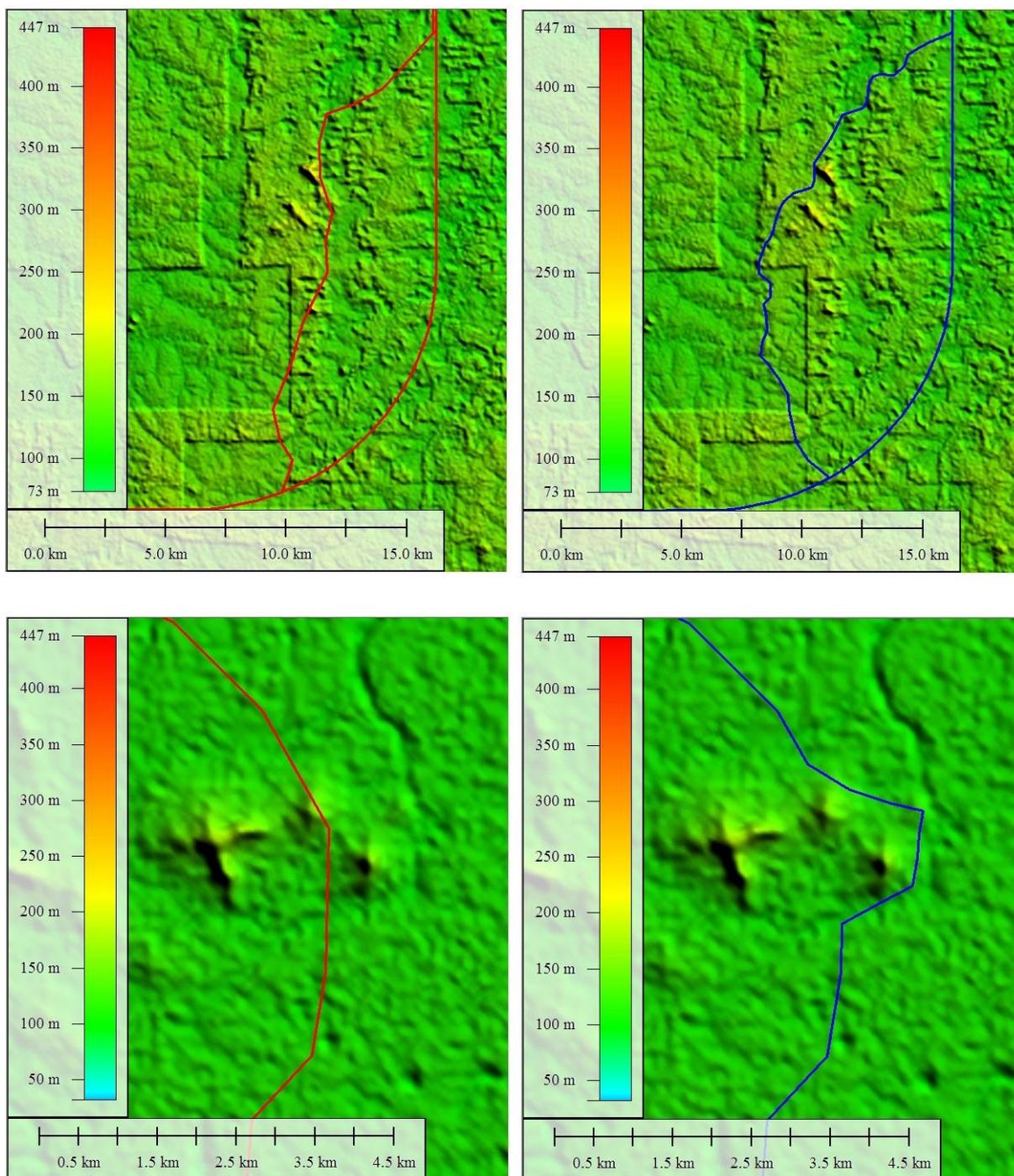


Figura 2. Exemplos dos ajustes realizados para estabelecimento das zonas ambientais através do uso de imagens Shuttle Radar Topography Mission/SRTM (2000).

Segunda etapa

- Trabalhos de campo

Esta atividade teve como objetivo o reconhecimento da área, verificar os tipos de uso e ocupação do solo, detectar tipos de degradação ambiental e processos de erosão acelerados, medir a resistência dos solos à penetração e verificar “in loco” aspectos

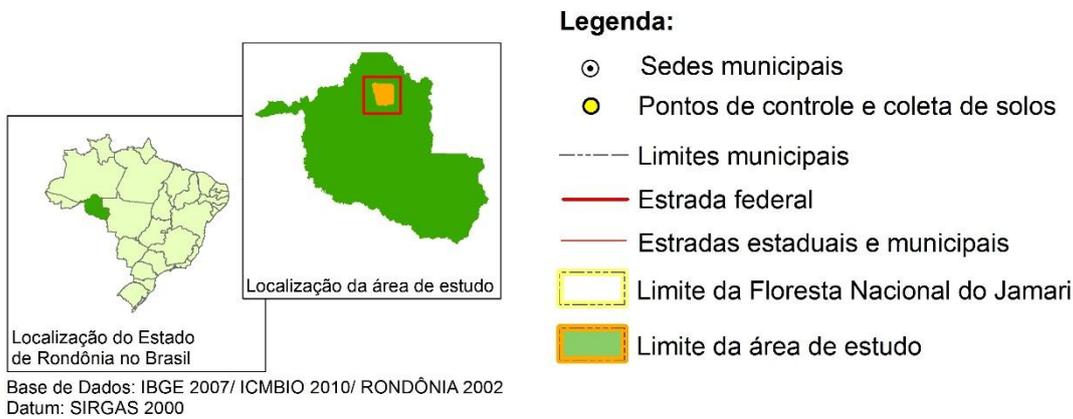
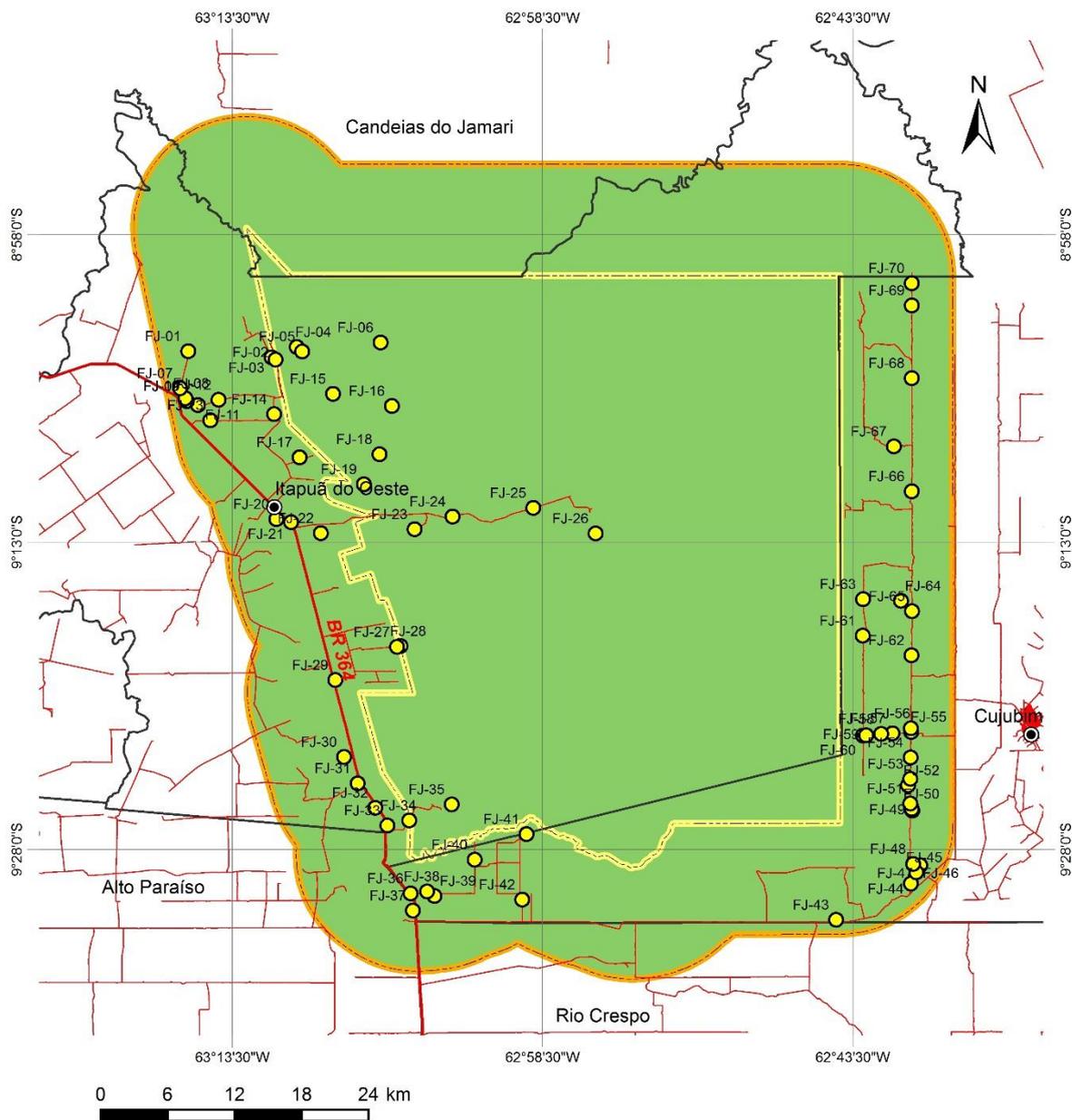
paisagísticos associadas às zonas ambientais delimitadas no tocante a características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e ocupação.

Para tanto, foi realizada uma série de visitas a campo. Estas atividades foram orientadas para reconhecimento do ambiente, coleta de solos e rochas. Em seguida houve retorno para validação de informações levantadas a partir da interpretação de fotografias aéreas, imagens de satélite, mapas temáticos disponíveis, coletas de amostras de solos e rochas e ajustes ao mapa temático de zonas ambientais. Outras visitas foram realizadas para coleta de solos destinados às análises de fertilidade natural e medidas de resistência a penetração em ambientes florestais e pastagens para fins de comparação (IMHOFF et al., 2000; GAGGERO et al., 2002; CORREA & REICHARDT, 1995).

Ao todo foram realizadas coletas de informações em 70 pontos, conforme Figura 3, sendo 15 no interior da Floresta Nacional do Jamari e 55 em seu entorno. Foi utilizado o método de transeção em linha (SANTOS et al., 1995), no qual observações e/ou coletas eram efetuadas todas as vezes que se percebia mudanças no ambiente ou notava-se alguma característica ambiental considerada importante.

Do total de pontos visitados (70 pontos) em 20 deles foram coletadas amostras para fins de análises de fertilidade natural, outros 20 pontos foram escolhidos casualmente para medidas de resistência à penetração. No restante foram realizadas coletas de solos e rochas para análises granulométricas, mineralógicas e petrográficas, bem como para fotos e marcação de pontos de controle. Estes pontos foram organizados alfanumericamente sob o título “FJ” e numerados de 1 a 70.

Com relação as coletas para fins de fertilidade, estas foram compostas por 15 subamostras cada (IAPAR, 1996; MENDES & RICCI, 1997) e identificadas quanto a profundidade e ambiente, floresta ou pastagem. As coletas de solos para fertilidade natural foram realizadas de forma casual em cada ponto selecionado para verificação dos macronutrientes.



Elaborado por: Bastos, A. S.; Souza, A. R.

Figura 3. Mapa de localização da área de estudo com pontos de controle e coleta de solos e rochas.

Cada subamostra foi coletada nas profundidades de 0-20 cm, para fins de fertilidade natural (LEMOS & SANTOS, 1996) e entre 20-40 cm para avaliação da acidez do subsolo, uma vez que este é um fator limitante ao crescimento de raízes (RAIJ et al., 1997), totalizando 600 coletas realizadas nas cinco zonas ambientais.

As amostras de fertilidade foram coletadas em cada uma das zonas ambientais definidas e sempre em dois ambientes distintos: os antropizados, em áreas utilizadas para pastagens e em ponto adjacentes cobertos por floresta.

A análise da natureza dos materiais dos pontos visitados ocorreu através de observações diretas no campo com o auxílio de lupa de bolso, aumento 20 vezes, e com trabalhos complementares em laboratório, envolvendo avaliações granulométricas, mineralógicas e petrográficas a seguir descritos.

- Uso e Ocupação da Área – medidas de resistência à penetração no solo

Foram realizadas 100 medições de resistência à penetração, expressas em quilos pascais (KPa), entre 0 e 40 centímetros de profundidade, com registro a cada centímetro utilizando-se o medidor eletrônico de compactação, modelo PLG 1020, marca Falker, com haste cônica de 12,83mm de diâmetro, inserida manualmente de forma perpendicular ao solo. Foram realizadas em cada zona ambiental 20 medições aleatórias, com no mínimo 10 metros de distância entre cada medição em 4 pontos distintos, igualmente divididos entre floresta e pastagem.

A definição das áreas de amostragem para florestas teve como requisito principal o fato de serem primárias e as pastagens haverem sido formadas e utilizadas há 10 anos ou mais. Não foram consideradas questões relativas a rotatividade, lotação de animais por área, tempo de pastejo e/ou época do ano de maior utilização, dentre outras questões referentes ao manejo da pastagem. Todas as medidas foram realizadas no mês de janeiro, período em que se verificam os maiores índices pluviométricos anuais da região.

Foram utilizadas as leituras realizadas dentro dos padrões de velocidade de inserção da haste. As leituras que excederam esta velocidade foram descartadas. Foram utilizadas para fins de representação as médias entre os seguintes intervalos em cada medição: 0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-25; 25-30; 30-35 e 35-40 centímetros. Posteriormente, foram analisadas as médias integradas de cada ponto de medição gerando um gráfico de tendência referente a este resultado comparando as diferenças de resistência a penetração (RP) entre solos florestais e solos sob pastagem.

A comparação em cada intervalo de profundidade foi feita entre o solo que apresentou o maior valor de compactação em floresta com os solos sob pastagem.

Terceira etapa

- Trabalhos no laboratório e em escritório

A análise da natureza dos materiais ocorreu através de observações diretas no campo e trabalhos complementares de laboratório com análises físicas (granulométricas, petrográficas) e químicas (mineralógicas, fertilidade natural, macro nutrientes – Ca, Mg, P, K, Al – matéria orgânica no solo e pH).

- Análises físicas – granulometria e petrografia

a) Granulometria

As análises granulométricas identificaram as diferentes proporções entre areia, silte e argila dos materiais coletados em 18 amostras selecionadas. Para fins de separação destas frações utilizou-se mesa agitadora para as frações dos grãos de areia (DOURADO et al., 2012; SOUZA et al., 2003; SANCHEZ et al., 2009) e difratometria a laser (SCHNEIDER & SOUZA, 2004; BEUSELINCK et al., 1998) para silte e argila. Para seleção da fração areia as amostras foram trabalhadas através de peneiramento utilizando séries padronizadas de peneiras sobrepostas da maior para a menor malha com diâmetros de abertura de suas malhas de 5, 10, 20, 40, 60, 100 e 150 mesh.

O resultado obtido representa a frequência relativa com que os diferentes tamanhos entre um limite superior e um limite inferior estão presentes na população de partículas. Após o peneiramento estas foram secadas em estufa de circulação de ar forçado para definição de pesos e representação em cada amostra, conforme trabalhos de Nascimento et al. (2012), Santos (2010) e Gomes (2009). Para frações silte e argila foi utilizado granulômetro a laser Cilas 1064. Utilizou-se o método de Wentworth (1922) para peneiramento para classificação das diferentes frações granulométricas.

b) Petrografia

Inicialmente esta etapa de trabalho foi direcionada para a descrição e análises petrográficas mesoscópicas, a fim de selecionar amostras para o posterior exame microscópico (amostras FJ-10 e FJ-66) com o objetivo de conhecer a natureza do embasamento rochoso das zonas ambientais a partir da confecção de seções delgadas.

A preparação inicial da elaboração de seções delgadas foi realizada no Serviço Geológico do Brasil - CPRM/Porto Velho, com cortes na rocha em fatias, com a menor espessura possível e tamanhos próximos a 2 x 4 cm. Para a etapa seguinte, as fatias de rocha foram encaminhadas ao Serviço Geológico do Brasil – CPRM/Manaus para desbastamento da amostra com pó abrasivo na politriz até o seu rebaixamento a uma espessura na ordem de 0,03 mm, verificada na cor de interferência de grãos de quartzo.

As seções delgadas foram examinadas no Serviço Geológico do Brasil - CPRM/Porto Velho, com auxílio de um microscópio petrográfico binocular Carl Zeiss, sob luz polarizada. Esses estudos permitem a caracterização microscópica dos minerais, feições texturais e estruturais das rochas e lateritas, com a obtenção de fotomicrofotografias como estudado por Maniesi (1997), Maniesi & Oliveira (1997), Maniesi & Oliveira (2002) e Nascimento et al. (2012), além da identificação dos constituintes detríticos e autigênicos, no caso de rochas sedimentares, bem como a avaliação dos percentuais modais de seus minerais constituintes.

- Análises químicas do solo – mineralogia, macro nutrientes, toxicidade e pH

a) Mineralogia

Estas análises foram realizadas no laboratório da Universidade Federal do Paraná, responsável pela análise qualitativa de minerais e argilo minerais através do pó total prensado com emprego de difratometria de raio x (CAMPOS et al., 2013) e no laboratório de Geociências da Universidade Federal de Rondônia, responsável pela quantificação mineral da amostra no intervalo granulométrico da fração areia (WENTWORTH, 1922), com o auxílio de em lupa binocular em 18 amostras previamente selecionadas.

Para cada classe granulométrica, desde areia muito grossa a areia muito fina, levou-se em conta as características dos grãos e o grau de arredondamento, bem como para

determinação mineral a partir de suas propriedades como: cor, brilho, clivagem, magnetismo, traço, dureza e transparência.

b) macro nutrientes, toxidade e pH

Foram realizadas coletas em 29 pontos. Estes foram casualmente definidos, sendo realizadas no mínimo 4 coletas válidas em cada zona ambiental estabelecida (Jacundá, Itapuã, Nascente, Laterita e Cujubim). Sua seleção foi tomada com base no relevo, preferencialmente em divisores de águas e áreas de baixio, próximas aos cursos dos rios (LEPSCH, 2011), grau de antropização da área, distância do embasamento rochoso, representatividade da zona ambiental. Foram utilizadas as coletas realizadas em 20 pontos, igualmente retiradas de solos sob floresta ou pastagem. Nove coletas em solos sob pastagem foram descartadas por suspeita de utilização de calcário para fins de correção dos solos.

Para fins de determinação dos macro nutrientes, elementos tóxicos e pH utilizou-se coletas com trado e cavadeiras para obtenção de amostras compostas retiradas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm em cada zona ambiental. Cada amostra foi composta por 15 subamostras (SANTOS et al., 1995; RAIJ et al., 1997; IAPAR, 1996), retiradas aleatoriamente, com cerca de 10 metros de distância uma da outra, totalizando 600 coletas. Estas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e enviadas para análise no Laboratório de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias/EMBRAPA de Porto Velho.

Quarta etapa

- Análise de aptidão das zonas ambientais

Os fatores limitantes (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995) considerados para análise foram a deficiência de fertilidade e vulnerabilidade natural à erosão (CREPANI et al., 1996, 2001). Esses dois fatores foram selecionados não só por representarem as propriedades físico-químicas dos solos encontrados nas zonas ambientais estudadas, mas pela possibilidade de aquisição de dados quantitativos e qualitativos (MENDONÇA-SANTOS & SANTOS, 2003). Entretanto, aspectos relacionados à textura, estrutura, profundidade efetiva e teor de matéria orgânica também foram considerados para fins de análise e complementação dos demais fatores limitantes.

A análise das condições agrícolas das terras (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995) toma como referência valores paramétricos de um solo que não apresente problema de fertilidade (RONQUIN, 2010), deficiência de água ou excesso e que não seja suscetível naturalmente a erosão (CREPANI et al., 1996, 2001).

A aptidão é obtida em função do grau limitativo mais forte, referente a qualquer um dos fatores que influenciam a sua utilização agrícola acima mencionados (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995).

Para fins de representação destas zonas foi elaborado o mapa das zonas ambientais da Floresta Nacional do Jamari e seu entorno, como forma de espacializar estas informações. Apesar de ser uma simplificação da realidade, e mesmo que preliminarmente, os dados levantados fornecem importantes subsídios para identificação de áreas potenciais para ocupação, para diferentes atores sociais, com diferentes capacidades e interesses econômicos (MENDONÇA-SANTOS & SANTOS, 2003; RAMALHO FILHO & BEEK, 1995).

- Deficiência de Fertilidade

Os seguintes atributos diagnóstico foram analisados para definição do fator deficiência de fertilidade. Esta forma foi modificada da proposta original (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995) para facilitar a identificação do eventual atributo de maior limitação. Os atributos diagnósticos considerados foram: a) disponibilidade de nutrientes; b) toxicidade por alumínio; c) potencial hidrogeniônico (pH); e d) fósforo

a) Disponibilidade de nutrientes

O critério do estudo de Oliveira & Berg (1985) foi adotado para determinar os graus de limitação referentes à disponibilidade de nutrientes das zonas ambientais. Este método relaciona a saturação por bases (V%) com a capacidade de troca catiônica (CTC). De acordo com Oliveira & Berg (1985) este critério reflete melhor o grau de trofismo, ressaltando que em dois solos com a mesma saturação por bases, o que tiver CTC mais elevada apresenta maior reserva de nutrientes (RONQUIN, 2010).

Também, solos com CTC muito baixa, mesmo apresentando V% em torno de 50, foram considerados como tendo limitação forte, no tocante à disponibilidade de nutrientes (Tabela 1).

Tabela 1. Graus de limitação referentes à disponibilidade de nutrientes.

Saturação por Bases (V %)	Capacidade de Troca de Cátions (CTC em $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)		
	> 5	3 – 5	2 – 3
	Graus de limitação *		
50 – 100	0	1	2
25 – 50	1	2	3
10 – 25	3	3	4
0 - 10	4	4	4

Fonte: Oliveira & Berg, 1985.

* Graus de limitação: 0 = nulo; 1 = ligeiro; 2 = Moderado; 3 = Forte; 4 = Muito Forte.

Graus de Limitação

- 0: Nulo - terras que possuem elevadas reservas de nutrientes (constituídas por solos eutróficos), que apresentam pelo menos até 80 cm de profundidade uma saturação por bases (V%) superior a 50%, conjugada a uma capacidade de troca de cátion (CTC) superior a $5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Praticamente não respondem à adubação e apresentam ótimos rendimentos durante muitos anos.
- 1: Ligeiro – terras com boa reserva de nutrientes, devendo apresentar pelo menos até 50 cm de profundidade uma saturação por bases (V%) maior que 50% (solos eutróficos), quando associada à moderada CTC ($3-5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Ou, saturação por bases variando entre 25 a 50%, quando associada à CTC mais elevadas ($>5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Essas terras têm capacidade de manter boas colheitas durante vários anos, com pequena exigência de fertilizantes para manutenção de seu estado de produção.
- 2: Moderado – terras com limitadas reservas de nutrientes (solos distróficos), que apresentam pelo menos até 50 cm de profundidade uma saturação por bases variando entre 25 a 50%, quando associada a valores de CTC de $3-5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Ou, com saturação por bases variando entre 50 a 100%, quando conjugada com valores de CTC de $2-3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Terras que nos primeiros anos de utilização permitem bons rendimentos, seguindo-se um rápido declínio na produção.
- 3: Forte – terras com reservas de nutrientes muito limitadas (solos distróficos), que apresentam saturação por bases entre 10 e 25% até pelo menos 50 cm de profundidade, associada a valores de CTC $3-5$ ou $> 5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Ou, com saturação por bases variando entre 25-50%, associada a valores muito baixos de CTC ($2-3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$).
- 4: Muito Forte - terras extremamente pobres em nutrientes (distróficos), que apresentam saturação por bases muito baixa ($< 10\%$) até pelo menos 50 cm de profundidade, ainda

que associada a valores de CTC superiores a $5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; ou com V% entre 10 e 25% e CTC de $2-3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

b) Toxicidade por alumínio

Na avaliação do atributo toxicidade por alumínio, Oliveira & Berg (1985) introduziram, além do índice “m%” (saturação por alumínio), valores de CTC. Segundo esses autores, um solo com CTC mais elevada apresentará, para um mesmo valor de m%, maior reserva de alumínio trocável e, conseqüentemente, exigirá maior quantidade de corretivo para eliminar ou reduzir a concentração de alumínio. Com isto, além da indicação mais precisa sobre a intensidade da limitação, este critério auxilia numa melhor discriminação de unidades de manejo (Tabela 2).

Tabela 2. Graus de limitação referentes à toxicidade por alumínio (Al^{3+})

Saturação por Alumínio (m %)	Capacidade de Troca de Cátions (CTC em $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	
	5 - 10	1 - 5
	Graus de limitação *	
0 - 10	0	0
10 - 30	1	1
30 - 50	2	1
50 - 70	3	2
70 - 100	4	3

Fonte: Oliveira & Berg, 1985.

* Graus de limitação: 0 = nulo; 1 = ligeiro; 2 = Moderado; 3 = Forte; 4 = Muito Forte.

Graus de Limitação

- 0: Nulo - terras não álicas, com saturação por alumínio inferior a 10% na camada arável, conjugado com capacidade de troca catiônica (CTC) de até $10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.
- 1: Ligeiro – terras não álicas, com saturação por alumínio podendo variar de 10 a 50 %, quando associada à baixa CTC ($1-5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), ou com saturação por alumínio variando de 10-30%, quando a CTC assume valores mais elevados ($5-10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$).
- 2: Moderado – terras não álicas, com saturação por alumínio variando de 30 a 50%, quando associadas a CTC de $5-10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Ou, terras álicas com saturação de alumínio variando entre 50 e 70%, porém, deve estar conjugada com baixos valores de CTC ($1-5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$).
- 3: Forte – terras álicas, com saturação por alumínio variando entre 50 e 70%, associada à CTC com valores mais elevados ($5-10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Ou, terras álicas com elevada saturação por alumínio (70-100%), mas associada a valores mais baixos de CTC ($1-5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$).

- 4: Muito Forte - terras álicas, com elevada saturação por alumínio (70-100%), associada a CTC com valores variando de 5 a 10 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$.

c) Potencial Hidrogeniônico (pH)

Para a avaliação dos graus de limitação por excesso de íons de H^+ adotou-se as classes de acidez de solos proposta por Raij et al. (1997) combinadas com saturação de bases (V%), Tabela 3.

Tabela 3. Valores paramétricos indicados para acidez, adaptado de Raij et al. (1997).

Acidez	Valor de pH	V%
Acidez Muito Alta	< 4,3	< 25%
Acidez Alta	4,4 – 5,0	26 a 50%
Acidez Média	5,1 – 5,5	51 a 70%
Acidez Baixa	5,6 – 6,0	71 a 90%
Acidez Muito Baixa	6,1 – 7,0	> 90
Neutro	7,0	-
Alcalino	> 7,0	-

Graus de Limitação

- 0: Nulo - terras acidez muito baixa, onde praticamente não se necessita calagem, com pH entre 6,1 e 7,0. Nível de saturação de base acima de 90%.
- 1: Ligeiro – terras de baixa acidez, com pH entre 5,6 e 5,5. Ações corretivas são praticamente desnecessárias. Níveis de saturação de bases variando entre 90% e 71%.
- 2: Moderado – terras de acidez mediana, com o pH situado na faixa de 5,1 a 5,5 e saturação de bases entre 70% e 51%.
- 3: Forte – terras com características de acidez elevada, com pH entre 4,4 e 5,0. Percentual de saturação de bases entre 50 e 26%.
- 4: Muito Forte - terras de acidez muito alta, com pH abaixo de 4,3 e saturação de bases $\leq 26\%$.

d) Fósforo

Para avaliação do grau de limitação deste parâmetro foi adaptada a proposta de Ramalho Filho & Beek (1995) que considera a disponibilidade de fósforo assimilável no ambiente. A mudança se deu na unidade de medida, originalmente apresentada em partes por milhão. Como forma de atualizar o método (LEPSCH, 2011; RAIJ et al., 1997) e manter os padrões atuais de apresentação da informação pela Embrapa, adotou-se mg/dm^{-3} .

Tabela 4. Valores paramétricos para concentração de fósforo trocável.

Faixa de fertilidade	Valor de P (mg/dm³)
Muito Baixa	< 5,0
Baixa	5,1 – 9,99
Média	10 – 19,99
Alta	20 – 29,99
Muito Alta	> 30

Fonte: adaptado de Ramalho Filho & Beek (1995).

Graus de Limitação

- 0: Nulo - terras com exigências mínimas relacionadas ao elemento fertilizante (P) para manutenção de sua capacidade nutricional. Os valores de P estão acima de 30 mg/dm³.
- 1: Ligeiro – terras com baixa exigência de P para manutenção e/ou correção do estado nutricional. Os valores de P estão entre 20 e 30 mg/dm³.
- 2: Moderado – terras com moderada exigência de P para manutenção e/ou correção do estado nutricional. Os valores de P estão entre 10 e 19,99 mg/dm³.
- 3: Forte – terras com alta exigência de P para manutenção e/ou correção do estado nutricional. Os valores de P estão entre 5,1 e 9,99 mg/dm³.
- 4: Muito Forte - terras com altíssima exigência de P para manutenção e/ou correção do estado nutricional. Os valores de P estão abaixo de 5,0 mg/dm³.

VULNERABILIDADE NATURAL À EROSÃO - PROCESSOS EROSIVOS ACELERADOS

Para o estudo da vulnerabilidade natural à erosão foi utilizado o método proposto por Crepani et al. (2001). Neste método o ambiente é analisado a partir de informações temáticas de geologia, geomorfologia, vegetação, pedologia e clima. Uma classificação do grau de vulnerabilidade de cada unidade territorial é realizada baseada nos princípios de ecodinâmica de Tricart (1977), referente aos processos de pedogênese e morfogênese. Nesta dinâmica quando predomina a morfogênese prevalecem os processos erosivos, modificadores das formas de relevo, e quando predomina a pedogênese prevalecem os processos formadores de solos.

A vulnerabilidade natural à erosão é expressa por uma pontuação para cada tema que varia de 1 a 3, sendo que quanto mais próximo a 1 será maior a estabilidade do sistema e quanto mais próximo a 3 maior será a vulnerabilidade natural à erosão (Tabela 5 e Figura 4).

Todas essas informações temáticas foram analisadas conjuntamente através do sistema Legal/Spring, gerando um modelo numérico de terreno (MNT) que gradua territorialmente os índices de vulnerabilidade do espaço através da Álgebra de Mapas, como propõe Barbosa (1997) em um Sistema de Informação Geográfica – SIG. Foi gerado o mapa de vulnerabilidade natural à erosão representado em 21 classes. Após essa operação o MNT foi reclassificado em 5 classes para fins de representação: vulnerável, moderadamente vulnerável, medianamente estável-vulnerável, moderadamente estável e estável, conforme Tabela 5.

Tabela 5. Avaliação da vulnerabilidade das unidades de paisagem natural com base em Tricart (1977). Fonte: Crepani et al. (1996).

UNIDADE	RELAÇÃO PEDOGÊNESE/MORFOGÊNESE	VALOR
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

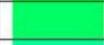
Classe	Escala de vulnerabilidade			Grau de vulnerabilidade	Cor
C1		3,0		VULNERÁVEL (Morfogênese)	
C2		2,9			
C3		2,8			
C4	V	2,7			
C5	U	2,6			
C6	L	2,5	E	MODERADAMENTE VULNERÁVEL	
C7	N	2,4	S		
C8	E	2,3	T		
C9	R	2,2	A	MEDIANAMENTE ESTÁVEL/ VULNERÁVEL (Morfogênese/Pedogênese)	
C10	A	2,1	B		
C11	B	2,0	I		
C12	I	1,9	L		
C13	L	1,8	I		
C14	I	1,7	D	MODERADAMENTE ESTÁVEL	
C15	D	1,6	A		
C16	A	1,5	D		
C17	D	1,4	E	ESTÁVEL (Pedogênese)	
C18	E	1,3			
C19		1,2			
C20		1,1			
C21		1,0			

Figura 4. Quadro da escala adotada de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas. (Fonte: modificado de Crepani et al., 1996).

Assim sendo, foram atribuídos valores de vulnerabilidade natural à erosão para cada unidade de cada tema analisado, considerando as características que influenciam os processos de perda de solos Tabelas 6 e 7.

Tabela 6. Critérios para atribuição de valores na escala de vulnerabilidade natural à erosão na Floresta Nacional do Jamari e seu entorno de acordo com Crepani et al. (1996, 2001).

Tema	Critérios para atribuição de valores na escala de Vulnerabilidade
Geologia	Coesão das rochas
Geomorfologia	Dissecação do relevo
Pedologia	Grau de desenvolvimento dos solos
Vegetação	Densidade da cobertura vegetal
Clima	Pluviosidade total e distribuição sazonal

Tabela 7. Valores atribuídos as unidades de cada tema referente a vulnerabilidade natural à erosão encontrado na Flona do Jamari e seu entorno.

Vegetação	EV	Geomorfologia	EV	Solos	EV	Geologia	EV	Clima¹ (mm/ano)	EV
Floresta Ombrófila Aberta Submontana	1,2	Planícies Aluviais e Depressões	3,0	Latossolos Amarelos Distróficos	1,0	Complexo Jamari	1,3	2100 (283,78 mm/mês)	2,0
Floresta Ombrófila de Terras Baixas	1,2	Planícies Aluviais e Depressões com depósitos sedimentares	3,0	Latossolos Vermelhos Distróficos	1,0	Suíte Intrusiva Serra da Providência	1,4	2200 (297,29 mm/mês)	2,0
Floresta Ombrófila Densa	1,0	Planícies inundáveis (Áreas Alagadas)	3,0	Latossolos Amarelos Eutróficos	1,0	Suíte Intrusiva Santa Clara	1,3	2300 (310,81 mm/mês)	2,1
Floresta Ombrófila Aberta Aluvial	1,4	Terraços fluviais	1,2	Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos	1,0	Granitos Jovens de Rondônia	1,2	2400 (324,32 mm/mês)	2,1
Formações Pioneiras sob Influência Fluvial Arbustiva	2,3	Superfícies de Aplainamento com Dissecação Baixa	1,6	Argissolos Distróficos	2,0	Lateritas	2,0	2500 (337,83 mm/mês)	2,2
Formações Pioneiras sob Influência Fluvial Herbácea	2,7	Superfícies de Aplainamento c/ Dissecação Média	1,8	Gleissolos Distróficos	3,0	Coberturas Sedimentares Indiferenciadas	3,0	2600 (351,78 mm/mês)	2,3
Vegetação Secundária/ Áreas Antropizadas	3,0	Agrupamento de Morros e Colinas	2,4	Neossolos Distróficos	3,0	Terraços Fluviais Pleistocênicos	2,5		
		Superfícies Tabulares em Rochas Sedimentares	1,6	Solos Concrecionários/Plintossolos	3,0				

*EV – Escala de vulnerabilidade/ 1. Clima - precipitação expresso em mm/ano – valor de referência de 7,4 meses por ano, conforme Crepani et al. (2001).

Os valores atribuídos para cada tema foram analisados individualmente. Poderou-se sobre a pertinência de cada valor indicado no método proposto pelo autor, considerados em sua maioria adequados ao ambiente estudado, exceto os seguintes temas e atributos diagnósticos:

- a) Vegetação – Florestas Ombrófilas Abertas Aluviais receberam valor de 1,4, devido a sua maior instabilidade relativa, se comparada a terra firme. Vegetações Secundárias receberam o valor de 3,0. Estas poderiam ser caracterizados pela substituição de floresta por pastagem, vegetação introduzida que ocupa praticamente toda a área economicamente ativa do entorno da unidade de conservação. Crepani et al. (2001) pontua pastagem com valor relativo de 2,8. Contudo, devido as medidas realizadas de resistência à penetração em campo, que mostraram elevado grau de compactação dos solos, optou-se por um valor mais expressivo quanto a vulnerabilidade natural à erosão.
- b) Geomorfologia - Crepani et al. (2001) aponta que relevos ondulados e dissecados em colinas devem receber pontuação entre 1,7 e 2,3. Como as planícies de aplainamento de baixa dissecação foram pontuadas com o valor de 1,6, optou-se por destacar a maior dissecação relativa do terreno com uma pontuação ligeiramente maior quanto a vulnerabilidade natural à erosão
- c) Geologia – Influenciaram nos pesos atribuídos as rochas granitoides sua composição (riqueza em quartzo e materiais solúveis), tamanho dos grânulos, considerando aquelas de menor grânulos como mais resistentes e suas áreas de superfície específica, sendo aquelas com maior faturamento consideradas mais vulneráveis naturalmente à erosão.

Após a elaboração do modelo numérico de terreno/MNT foram realizadas atividades de campo com o enfoque principal na validação do mapa geoprocessado de vulnerabilidade natural à erosão, interpretação da dinâmica de processos erosivos induzidos face os modos de ocupação atual.

6. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

6.1. A OCUPAÇÃO DO ESPAÇO EM RONDÔNIA

A identificação do espaço amazônico como “fronteira” (BECKER, 2005; THERY, 2005) é percebida pelos governantes do país há décadas. Contudo, foi a partir da década de 1960 que as intervenções através de planos e programas passaram a ser uma constante na transformação e domínio do território (BECKER, 2007). A justificativa dos governos militares da época era que na Amazônia havia baixa densidade demográfica, a região era economicamente desintegrada do restante do país e suas fronteiras políticas frágeis. Seria feita uma transformação do espaço nacional com a conversão das áreas (ditas improdutivas), tornando-as passíveis de exploração e incorporando-as mercado.

Era necessário criar um pensamento ideológico de homogeneização que legitimasse a dominação do espaço, ignorando ou superando as formas construídas localmente e à revelia do próprio Estado (ESTERCI & SCHWEICKARDT, 2010). Institucionalizou-se o discurso dos “vazios demográficos”.

Dessa forma, as “agências de desenvolvimento” poderiam reordenar o território amazônico, tendo como pano de fundo abrir caminho para o desenvolvimento. Desenvolvimento este definido pelos militares do que eles entendiam ser este conceito (SCHWEICKARDT, 2003) e a partir de planos elaborados nos escritórios em Brasília sem respeito aos particularismo locais. Tratava-se de preparar as condições para empresas capitalistas (ESTERCI & SCHWEICKARDT, 2010).

Dentre as estratégias destacam-se duas por suas distintas características espaciais e temporais: a primeira, iniciada na década de 60, e que tinha como foco principal a defesa do território nacional e de seu patrimônio, tendo como aspecto político secundário a transferência de populações de regiões do centro-sul, marcadas por conflitos fundiários, visando alívio de tensões sociais e reequilíbrio nacional (FERREIRA & SALATI, 2005; QUINTSLR et al., 2011; KOHLHEPP, 2002); e a segunda estratégia, dos anos 90 até os dias atuais, um esforço para tornar a Amazônia competitiva e incluída nas perspectivas de mercado globalizado, tendo como foco a criação de grandes obras de infra-estrutura. Essa estratégia visa aumentar as exportações e possibilitar o crescimento do país, pautado na integração deste espaço com os grandes centros produtivos nacionais através de investimentos intensivos de capital e tecnologia, impulsionado a partir do programa Brasil em Ação (MELLO, 2006; MELLO-THÉRY, 2011).

Por se tratar de uma região de “fronteira” (BECKER, 2007), onde houve e até hoje há um processo de avanço sobre novas áreas de floresta, onde há apropriação de terras públicas para fins privados e uso indiscriminado de recursos (BECKER, 2005; MELLO-THÉRY, 2011; COSTA, 2005), na qual as relações sociais ainda não estão consolidadas há um aumento da probabilidade de eclodirem conflitos de diferentes ordens por diversos interesses sobre a região (QUINTSLTR et al., 2011).

Voltando ao passado, todas essas ações para atração de pessoas faziam parte de uma estratégia de ocupação da porção norte do país, chamados pelos administradores da época de “espaços retardados” (PINTO, 1993). Essa visão levou à política de criação de Territórios Federais, entregues à administrações militares, devido as condições consideradas inóspitas para os padrões da época. Iniciava-se a marcha para o oeste. Criou-se em setembro de 1943, os Territórios do Amapá, Guaporé, Rio Branco, Ponta Porã. Ainda de acordo com Pinto (1993), a ideia básica era preparar estas regiões periféricas para se incorporarem no futuro à União, na plenitude dos direitos dos demais estados membros. Em 1956 parte do Território do Guaporé passa a ser denominado de Território Federal de Rondônia como forma de homenagear o Marechal Cândido Mariano Rondon (BATISTA & MATRICARDI, 2002).

A partir de então o espaço hoje denominado Estado de Rondônia era preparado para atender aos desígnios de ocupação almejados pelo governo como fronteira produtiva capaz de atrair pessoas de outras partes do Brasil. A região consolidaria cada vez mais a sua posição de “Portal da Amazônia” (FEARNSIDE & SALATI, 1985). Não mais pelo ouro ou pela borracha, mas sim, pela grande quantidade de áreas verdes disponíveis à ocupação.

Com relação as estratégias governamentais para ocupação dos “vazios demográficos”, era necessário dotar o espaço com estruturas de acesso, principalmente estradas. Nos primeiros anos da década de 1960, inicia-se a abertura da estrada BR-364, que “rasga” o então Território de sudoeste a noroeste (RUFINO, 2004). A inspiração para tais projetos surgira sob o discurso da “integração” uma vez que esta era fundamental para a segurança nacional.

O Estado direcionou investimentos em parceria com o “capital internacional”, para a instalação de empreendimentos que iam desde estruturas para extração mineral a extensos estabelecimentos agro-pecuários industriais e madeireiros (SANTOS, 2007). De acordo com documentos oficiais (RADAMBRASIL, 1978) foi a descoberta de minérios no Território Federal de Rondônia que acarretou a necessidade de novas vias de acesso à área,

levando a abertura de novas estradas, ano de implantação da BR-364 fazendo a ligação Porto Velho-Cuiabá.

Os incentivos para a exploração e implantação de infraestruturas destinadas a exploração mineral foram fundamentais para a atração de mineradoras na década de 1960 (SANTOS, 2002; MONTEIRO, 2004, 2005a, 2005b).

Além de ampliar o uso de recursos na região através da mineração os investimentos e incentivos tinham como objetivos na época: criar estruturas populacionais na região; ampliar e melhorar a oferta de serviços a estas pessoas para que tivessem maiores condições de permanecer na área propiciando entre outras ações, crescimento econômico, principalmente a partir do uso de recursos para agricultura.

Assim, abriu-se uma nova fase na colonização da região através do setor sul, estimulando o crescimento de antigos povoados e permitindo a criação de outros novos. Promoveu-se a abertura de diversas vias de penetração, criando incentivos fiscais e estimulando a migração em massa, deflagrando vários projetos de colonização em Rondônia. Muitos destes serviram, inclusive, para receber pessoas que abandonaram os projetos de colonização planejados para a Transamazônica. Esse fator também colaborou para que as famílias alia assentadas se dirigissem para lugares com maior assistência governamental, no caso Rondônia (D'ANTONA et al., 2011; MARTINE, 1990). Isto veio assegurar a ocupação do espaço geográfico, através da interiorização da população.

No ano de 1970, surgiu o Programa de Integração Nacional – PIN, visando estender a malha rodoviária e implantar projetos de colonização oficiais (MELLO, 2006). Rompe-se a tradição latifundiária e privilegia-se o pequeno produtor rural. Para implementar o projeto foi criado o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA. A necessidade de vultosos aportes de recursos de todos os tipos por parte do governo para fornecer títulos, créditos rurais e assistência técnica adequada, combinados com um quadro técnico deficitário, estradas precárias e solos inadequados para a agricultura praticada na época, levaram o PIN ao fracasso (SANTOS, 2007).

Em mais uma tentativa de ocupação, apoiados sobre uma nova fase de investimentos em pontos seletivos da Amazônia, criou-se em 1974, o Programa de Pólos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia – POLAMAZÔNIA. Este programa tinha um caráter privado, aportando com maior rapidez e menores ônus para o governo, os recursos necessários aos investimentos de infra-estrutura regionais, privilegiando setores da agropecuária e de mineração (SANTOS, 2007).

No final da década de 1970, a participação do Banco Mundial no processo de desenvolvimento de Rondônia passou ser determinante para as transformações da paisagem. O Banco interviu abertamente, ditando diretrizes para corrigir problemas crônicos como os de infra-estrutura, recursos humanos e tecnologias para a ocupação da região. Essas áreas deveriam ser foco de ações como condição para aporte de recursos (PEDLOWSKY et al., 1999; FEARNSIDE & SALATI, 1985; FEARNSIDE, 1989)

Apesar do insucesso dos planos deste período, os projetos de colonização iniciados na década de 1970 criaram alicerces para a implantação dos assentamentos na Amazônia. Foi também nesta década que a mineração Santa Bárbara, localizada onde hoje está a Floresta Nacional do Jamari foi inaugurada. Proibiu-se a garimpagem e firmou-se contrato com um empresa de capital internacional, a Brascan Brasil Ltda (ALMEIDA SILVA et al., 2009) para exploração da jazida de cassiterita, em 1974.

Com poucos resultados satisfatórios, em comparação aos pretendidos com tantos projetos, criou-se, em 27 de maio de 1981, pelo Decreto Federal nº 86.029, através de empréstimo do Banco Mundial, mais um programa: o Programa de Desenvolvimento Integrado para o Noroeste do Brasil – POLONOROESTE (BRASIL, 1981a), com a intenção de instalar comunidades de pequenos produtores, baseadas na agricultura auto-sustentada, com atendimento básico de saúde, educação e escoamento da produção, respeitando a floresta e as comunidades indígenas. O programa contava com recursos da ordem de US\$ 1.288.000.000,00 dos quais aproximadamente 60% destinavam-se a infra-estrutura de transporte que incluía a reconstrução e pavimentação da BR-364, entre Cuiabá e Porto Velho. Para as questões relativas à proteção de reservas apenas 2,1% foi destinado (WORLD BANK, 1992) demonstrando a “importância” desse componente no conjunto do programa.

Deparado com grandes dificuldades técnicas, financeiras e institucionais desde seu começo, o programa foi duramente criticado por ter apenas a pavimentação da BR-364 efetivada, em 1984, o que acelerou diversos processos de degradação socioambiental e por ter provocado um efeito marginal na reversão da degradação ambiental da década passada, tendo investido para tal, aproximadamente um bilhão e meio de dólares. O Banco Mundial foi cobrado por financiar um programa que contrariava suas próprias políticas ambientais, provocando a devastação de florestas e ameaçando a sobrevivência de diversos grupos indígenas e populações tradicionais (WORLD BANK, 1992).

Foi durante o POLONOROESTE que se instalou o modelo de “floresta como empecilho à produção e ao desenvolvimento” tão arraigados nos produtores até hoje. Esse

programa distribuiu gratuitamente lotes, desde que o ocupante ou beneficiário desmatasse ao menos 50% de sua propriedade, para “garantir” a posse da terra. Durante as vistorias técnicas do INCRA os lotes que ainda estavam cobertos por vegetação nativa eram considerados abandonados e os relatórios informavam a necessidade de serem retomados e destinados a novos pretendentes (ESTERCI & SCHWEICKARDT, 2010).

Com a distribuição de terras Rondônia recebeu uma leva enorme de imigrantes de outros estados brasileiros, principalmente do sul do Brasil. Nas décadas de 1980 e 1990, o estado brasileiro de Rondônia, foi a destinação de milhares de migrantes rurais, vindos das regiões do sul do Brasil, através de projetos governamentais de colonização massivos para a área (PEDLOWSKI et al., 2005).

Foi neste cenário de profundas mudanças sociais, ambientais e econômicas que foi criada em 1984 (mesmo ano de finalização do asfaltamento da BR-364) a Floresta Nacional do Jamari, através do Decreto nº 90.224 de 25 de setembro de 1984 (BRASIL, 1984), situada as margens da BR-364, com intensa atividade minerária em seu interior e elevada pressão de garimpeiros. Pela localização geográfica e conturbações intensas causadas pelos programas de colonização do governo federal, aponta-se inclusive, que um dos motivos para a criação da unidade era evitar invasões e assegurar a exploração da área por empresas multinacionais que já possuíam contratos com o governo (ALMEIDA SILVA et al., 2009).

A quantidade de pessoas que chegaram e o projeto distributivista foram os principais responsáveis pela atual configuração espacial (D’ANTONA et al., 2011), com o adensamento populacional no eixo da BR-364. Contudo, mesmo após muitos programas e planos de ocupação, os erros continuavam a se repetir. Faltavam estudos aprofundados do Estado, principalmente sobre o meio físico. Os problemas pareciam ser ignorados e não tardaram a aparecer: vários terrenos eram impróprios para a agricultura, seus solos eram litólicos, ácidos e de baixa fertilidade natural (FEARNSIDE & LEAL FILHO, 2001), ou seja, necessitavam de consideráveis investimentos em insumos e tecnologia de produção. Como o foco era “produção agropecuária”, havia a necessidade de se estudar o ambiente para aplicar os insumos corretos e nas quantidades desejáveis.

Para se ter uma ideia, os projetos de colonização “antigos” (década de 1970) tinham 42% dos seus solos classificados pelo mapeamento da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias/Embrapa, como sendo “bons para agricultura com insumos baixos ou médios”; nos projetos “novos” (década de 1980), este percentual caiu para 15%;

e nos projetos planejados, não ultrapassavam ao insignificante 0,13% (FEARNSIDE, 1989; 1997).

O próprio Banco Mundial (WORLD BANK, 1992), em documento interno, reconhecia a inaptidão agrícola do estado. Apontava que 63% dos solos de Rondônia eram considerados de fertilidade extremamente baixa, sem vocação para qualquer tipo de agricultura. Complementa afirmando que deveriam ser permanentemente preservados com cobertura florestal nativa.

Mas não foi o que aconteceu. Junto com os migrantes, vieram as práticas agrícolas que eles conheciam. Em sua imensa maioria inadequadas à capacidade de suporte e aptidão da região (FEARNSIDE, 1997). Para piorar o cenário, não havia técnicos para orientar os agricultores sobre formas de minimizar seus problemas produtivos ou indicar culturas aptas a região.

Todos esses fatores resultaram na não fixação de diversas famílias, que sem oportunidades de desenvolvimento de suas terras as abandonaram e foram para os núcleos urbanos instalados ao longo da rodovia (FERREIRA & SALATI, 2005; BECKER, 2005). Esse modelo de ocupação do ainda Território de Rondônia, teve uma repercussão internacional ruim. Houve uma forte pressão para melhorar a condução dos processos de ocupação da região, uma vez que havia muitos povos indígenas e populações tradicionais sendo desterritorializadas (HAESBAERT, 2006). Os índices de desmatamento explodiram, passando de 8.000 km² no início do programa para mais de 40.000 km² próximo de sua finalização, em 1987 (MALINGREAU & TUCKER, 1988).

Como o POLONOROESTE não tinha como foco principal questões socioeconômicas e ambientais, pois estas eram vistas meramente como atividades compensatórias, criou-se então o Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia - PLANAFLORO, mais um projeto “exógeno” (OTT, 2002) com a pretensão de minimizar os erros cometidos pelo projeto anterior. O sentido de culpa do Banco Mundial com relação ao POLONOROESTE era patente. O PLANAFLORO foi financiado como uma tentativa para desfazer parte dos danos causados pelo empréstimo anterior (FEARNSIDE, 2005).

Durante a década de noventa, investiu-se principalmente em infra-estrutura e planejamento. Novos olhares foram trazidos para o programa. Unidades de conservação foram demarcadas (SEDAM, 1996). As populações tradicionais e indígenas, duramente impactadas pelas mudanças em seus territórios foram contempladas por subprogramas. Deveriam ser beneficiados 6.000 indígenas, 2.400 famílias de seringueiros e extrativistas,

900 famílias de pescadores e ribeirinhos e 52.000 famílias de agricultores familiares (WORLD BANK, 1992).

Além destes investimentos, muito se discutiu sobre as formas de como ocupar o espaço. Discussões sobre Zoneamento Ecológico e Econômico (ZEE) ganharam destaque como uma importante ferramenta de gestão capaz de subsidiar as políticas públicas voltadas ao desenvolvimento “sustentável” da Amazônia (MELLO, 2006). Durante a execução do PLANAFLORO fez-se o atual Zoneamento Sócio Econômico e Ecológico (ZSEE) de Rondônia, na escala de 1:250.000, que tinha como objetivo o conhecimento das potencialidades do estado.

O ZSEE deveria ter entrado para a história como um instrumento de gestão que permitisse orientar a ocupação e o uso do solo através da definição de áreas destinadas às diversas atividades, tanto econômicas como outras, e também, como um pré-requisito para formulação da política florestal que contemplasse os diversos atores sociais envolvidos nos diferentes processos (BECKER & EGLER, 1996; MELLO, 2006).

Neste contexto, a demarcação de unidades de conservação representou outra grande intervenção na dinâmica de ocupação do Estado, funcionando como áreas limite à antropização (FERREIRA et al., 2005), principalmente, para aquelas situadas próximas ao eixo da BR-364, como a Floresta Nacional do Jamari.

Contudo, apesar de haver unidades de conservação (UC) demarcadas, havia um paradoxo. Projetavam-se assentamentos e estradas para os limites destas áreas. Ou seja, projetavam área de conservação situadas ao lado de áreas de uso intensivo, nas quais um dos primeiros passos de cada ocupante seria desmatar 50% de suas propriedades como forma de demonstrar posse (PEDLOWSKY et al., 2005).

Sabia-se que tais ocupações e infraestruturas contribuiriam para pressionar os recursos no interior destas UCs e acelerariam os processos de desmatamento, 1984). As estradas vicinais, a localização e o modo de planejar os assentamentos geravam uma ocupação e abertura da floresta que ficou conhecida na época como “espinha de peixe”. Esse modelo era caracterizado por estradas secundárias alinhadas ortogonalmente ao eixo de uma estrada principal, modelo que propiciava a interiorização das frentes pioneiras (GRAÇA et al., 2007).

Esse tipo de ocupação espacial acirrou os conflitos com o asfaltamento da BR-364. Em suas imediações passou a ocorrer uma intensa ocupação e especulação imobiliária das propriedades rurais. Os “beneficiados” pelo INCRA sofriam com a falta de recursos de toda ordem. Eles eram pressionados por fazendeiros com melhores condições financeiras a

venderem suas terras e, por vezes, expulsos por grileiros (BRASIL, 2006). Assim sendo, os primeiros habitantes situados as margens desse eixo rodoviário foram forçados a interiorizarem-se na região, incrementando assim, os processos de devastação da floresta (SANTOS, 1991).

Os fatores acima descritos, juntamente com a falta de pessoal, estrutura dos órgãos imbuídos em fiscalizar e interesses políticos contribuíram de sobre maneira para que estas áreas nunca tenham se consolidado de fato e para que seus instrumentos jurídicos de criação não garantissem sua integridade (PEDLOWSKY et al., 1999; FEARNSIDE & SALATI, 1985; FEARNSIDE & FERREIRA, 1984). A maioria delas é alvo de invasões e não cumprem os papéis sociais, ambientais e econômicos para as quais foram criadas (MARTINS, 2012; MELLO, 2006).

O PLANAFLORO não foi eficiente na contenção do desmatamento e não gerou os efeitos que se esperavam sobre planejadores, instrumentos de planejamento e políticas de planejamento. Entre as diferentes causas que podem se apontadas para o insucesso deste programa está a construção duplamente exógena: primeiro, pelo caráter ideológico, dado que foi concebido e implementado pelo “andar de cima”, sem qualquer negociação com o “andar de baixo”, ou seja, com aqueles que sofreriam mais diretamente os seus impactos e consequências (OTT, 2002). Ainda de acordo com o autor, pelo caráter espacial, pois os projetos foram elaborados de fora para dentro, de fora de Rondônia e de fora do Brasil, para atender a interesses distintos aos dos atores locais. Havia a pretensão de que seria possível iniciar do exterior, mudanças na dinâmica social dos grupos humanos em função de objetivos setoriais.

Some-se a isso os diferentes interesses políticos, eventos esdrúxulos eleitoreiros, falta de capacidade técnica em comunicar aos governantes e a sociedade em formação a real necessidade de se ordenar o uso e ocupação do espaço. Esses fatores contribuíram para os resultados ou a falta destes durante a execução do programa. Isso pode ser medido através dos índices de desmatamento, um dos indicadores escolhidos para avaliação do sucesso do programa (MELLO, 2006).

Desde a vigência do POLONOROESTE as taxas de desmatamento cresciam a cada ano, e continuaram crescendo por uma série de fatores sobre os quais o PLANAFLORO não poderia intervir na formação de latifúndios e a intensa pecuarização. Em outras palavras, o sucesso do projeto estava amarrado a uma variável independente do mesmo e sobre o qual ele não poderia exercer qualquer influência (OTT, 2002).

Intencionais ou não estas eram consequências do processo de ocupação regional. Quando novas atividades se criam em um lugar, ou quando uma atividade já existente aí se estabelece como a agropecuária emergente em Rondônia, nas décadas de 1970 e 1980, o valor desse lugar muda; e assim os valores de todos os lugares também mudam, pois o lugar atingido fica com condições de exercer uma nova função que outros não dispõem e, através desse fato, ganha uma exclusividade que é sinônimo de dominação; ou, modificando a sua própria maneira de exercer uma atividade preexistente, cria, no conjunto das localidades que também a exercem, um desequilíbrio quantitativo e qualitativo que leva a uma nova hierarquia ou, em todo caso, a uma nova significação para cada um que neles vivem (SANTOS, 2005).

Os aspectos ligados as mudanças das formas, funções, estruturas e processos tornaram-se evidentes em Rondônia. O sistema de “latifundiarização”, “dominação” e “pecuarização” foi estrategicamente acoplado às políticas de atração de famílias para o local na época (ESTERCI & SCHWEICKARDT, 2010). A vinda destas famílias significava adição de capital ao espaço (SANTOS, 2008a). Nos assentamentos, sem condições para produzir, os lotes eram abandonados e incorporados às propriedades que possuíam mais condições de manter pastagens de baixa produtividade (D’ANTONA et al., 2011; FEARNSSIDE, 1997). Sem posse da terra, restava aos pequenos assentados utilizar o único recurso que havia disponível para empregar, sua mão de obra (MARX, 2010). Formavam-se “exércitos” de mão-de-obra com baixa qualificação (HARVEY, 2006) e logicamente, de baixa remuneração e facilmente substituível. Desta forma se retroalimentava o processo de dominação por aqueles que possuem os meios de produção, no caso a terra.

Estudos realizados por Harrison et al. (2014), Arantes et al. (2014), Bartnik et al. (2014) e Damasceno et al. (2014) mostram que os assentamentos da reforma agrária foram apontados como locais de “extrema pobreza”, caracterizados por moradias precárias, falta de saneamento e água, inexistência de escolas e apoio produtivo, acessos inacessíveis boa parte do ano o que não permite escoar a pouca produção. Ou seja, a política de acesso à terra, que deveria servir para melhorar as condições sociais dos atores ligados à agricultura familiar serviram e tem servido para ampliar as desigualdades e gerar pobreza.

A Amazônia surge como o “*el dorado*” (KOHLHEPP, 2002). A pecuária passa a ser a principal força motriz de desenvolvimento dada a extensão de áreas e custo de oportunidade (CAVALCANTI, 2012; HOMMA, 2005) uma vez que as condições locais,

principalmente nas décadas de 80 e 90 permitiam uma melhor remuneração por hectare para pecuária que para a soja (DOMINGUES & BERMANN, 2012).

Os autores (DOMINGUES & BERMANN, 2012) apontam, entretanto, que a soja tem, recentemente, causado elevada reconversão produtiva de pastagens para produção de grãos e empurrando para os limites das fronteiras agrícolas a produção pecuária devido a evolução das tecnologias, infraestruturas, genética e disponibilidade de aquisição de terras a um baixo custo, fato corroborado pelo IBGE (2010). Essa expansão do cultivo do Centro-Oeste para o Norte nas última décadas é facilmente percebido.

Destaca-se que mesmo com a reconversão de áreas de pecuária para soja, principalmente no sul do estado, a bovinocultura em Rondônia continuam a crescer¹. Como a tônica do modelo não é intensificar a produção a partir de melhores tecnologias para incrementar a produção em espaços menores, novas áreas são necessárias para sustentar os crescentes rebanhos.

Da década de 1990 até os dias atuais o que se vê é a preparação do espaço amazônico para atender não mais o processo de ocupação e colonização, no sentido estrito da palavra, mas sim, de preparar o espaço para que se integrasse a economia nacional, sul-americana e global (THÉRY, 2005). Ou melhor, preparar o espaço para que seja usado por atores que possuem capacidade de atuar nessa escala (SANTOS, 2008b).

Como dito, estas ações datam da década de 1990, a partir dos programas neoliberais implementadas pelo governo Fernando Henrique Cardoso. Uma característica marcante desses programas de “desenvolvimento” foram os investimentos em infraestrutura e não mais na colonização. Para a Amazônia estava claro o objetivo de dotar o espaço com rodovias pavimentadas, hidrovias, gasodutos e hidrelétricas, criando um cenário que permitisse o escoamento de produtos, em sua grande parte *commodities* (leia-se soja), bem como acesso a novas áreas produtivas e uso de recursos naturais (FEARNSIDE & LAURANCE, 2002; FEARNSIDE, 2001b). Destacam-se neste contexto os Programas “Brasil em Ação” (1996-1999) e “Avança Brasil” cujo as ações, apesar de planejadas para o período de 2000 a 2007, duraram até o fim do mandato do presidente Fernando Henrique Cardoso em janeiro de 2003 (THÉRY, 2005; FEARNSIDE, 2001a).

¹ Rondônia possui mais de 11,5 milhões de bovinos e bubalinos, sendo o sétimo maior rebanho nacional, conta com 17 frigoríficos com inspeção federal e 05 com estadual, sendo eles responsáveis pelo abate de mais de 02 milhões de animais por ano. São quase um bilhão de litros de leite processados anualmente em cerca de 50 laticínios com inspeção oficial em todo o Estado. Rondônia é hoje o sétimo maior exportador de carnes e a oitava maior bacia leiteira no Brasil, sendo a maior da região Norte (IDARON, 2014).

Após a entrada de Luís Inácio da Silva no governo, viu-se um aumento dos investimentos do Estado para consolidação deste modelo de desenvolvimento econômico. Muitas das ações previstas no Programa Avança Brasil foram seguidas, entretanto sob o nome “Plano Plurianual”. No segundo mandato do presidente Lula viria a receber o nome de “Programa de Aceleração do Crescimento – PAC”.

Como o nome diz este programa tinha como viés alavancar o crescimento econômico do país a partir de produção de *commodities* e energia. Foi responsável entre outras obras, pelos investimentos vultosos na construção de hidrelétricas como Jirau e Santo Antônio, situadas no rio Madeira (RO) e Belo Monte (PA). Além das usinas, previu-se a construção de linhas de transmissão destinadas a abastecer regiões do país industrializadas e com uso intensivo deste recurso (QUINTSLR et al., 2011). Também estavam previstas hidrovias, investimentos em portos e asfaltamento de estradas como a BR-319 (Manaus-Porto Velho) e BR-163 (Cuiabá-Santarém) sempre associados a instalação de “fixos” e “fluxos” (SANTOS, 2008b) ligados ao agronegócio. Essa política de desenvolvimento, materializada no “Programa de Aceleração do Crescimento 2” continua a ser seguida até hoje (FEARNSIDE & LAURANCE, 2012) pela presidente Dilma Rouseff.

Esses “projetos externos” geraram e continuam a gerar profundas consequências locais, principalmente nas populações de agricultores familiares (incluem-se aqui pequenos produtores, quilombolas, pescadores, ribeirinhos, indígenas e extrativistas), incapazes de acompanhar estas dinâmicas de ocupação de seus territórios (DIEGUES, 2002; HAESBAERT, 2006).

Esse modelo excludente, apesar de gerar benefícios para determinados segmentos da população local, aprofunda as diferenças sociais, a troca da miséria de muitos e de acentuados danos ao meio ambiente (NEPSTAD et al., 1999; LAURENCE et al., 2001; FEARNSIDE, 2008a). Porém, não apenas danos ambientais são gerados. Problemas de outras ordens, como as culturais, sociais e econômicas foram expostos em nossa região (DOMINGUES & BERMAN, 2012). Esses problemas parecem estar em ebulição até hoje e certamente serão herdados pelas próximas gerações (SANTOS, 1991).

Os resultados, criadores de distorções e desigualdades em todos os lugares, impõem a cada local combinações específicas de complexidade da vida social. O problema, portanto, consiste em reconhecer o efeito dessas superposições sobre a existência de cada sociedade. Pode-se dizer a respeito dessas novas realidades que tais espacializações na utilização do território – sejam elas originalmente naturais ou culturais,

ou provenham de intervenções políticas e técnicas – significam uma verdadeira redescoberta da Natureza ou pelo menos uma revalorização total, na qual cada parte, isto é, cada lugar, recebe um novo papel, ganha um novo valor (SANTOS, 2008a).

Na verdade na Amazônia vive-se desde as décadas de 1960 até os dias atuais (para ficar apenas nas discussões sobre o recorte temporal desta pesquisa), sob o regime de conflitos para dominação do território. Respira-se um ar de colônia (HARVEY, 2011a). Sobre a Amazônia atuam os projetos nacionais e internacionais e distintos interesses (QUINTSLR et al., 2011). Timidamente ou de forma incipiente, vê-se o projeto regional e perde-se de vista o projeto local. Contudo, o projeto local é de extrema importância num mundo que a cada dia mais se homogeneiza. Justamente esta pode ser a força da Amazônia para manter sua riqueza cultural e biodiversidade, o local.

Na Amazônia como em todos os demais lugares do planeta, o conceito de território também se define pelo exercício do poder (RAFFESTIN, 1993). Entretanto, aqui, o “território” ganha os contornos do simbólico, da relação sagrada com a terra, das expressões culturais e das relações entre os diferentes grupos sociais que se intitulam povos da floresta. O vínculo deste povos supera a objetividade material. A floresta faz parte da sua cosmologia, da sua simbologia e de todos os reflexos que estas interações e percepções produzem em sua cultura, sociedade e espaço (DIEGUES, 2002).

A floresta e seus recursos são importantes não apenas para estes povos, mas como patrimônio nacional, ainda a ser conhecido com relação as suas potencialidades. Novas perspectivas de uso e ocupação dos solos e da Amazônia desafiam a sociedade nacional a adotar práticas que permitam aliar conservação e desenvolvimento. É necessário que se possa compreender suas aptidões e seus limites físicos. Ordenamento e gestão do território precisam fazer parte das discussões não apenas ambientais, mas sociais e econômicas do país.

Neste contexto, as unidades de conservação desempenham um papel fundamental na manutenção de recursos, não apenas pelo caráter ambiental, mas social e econômico que precisam ser apropriadas pelas sociedades que as cercam.

6.2. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E A FLORESTA NACIONAL DO JAMARI

Unidades de conservação são áreas delimitadas do território nacional, que contém recursos naturais de importância ecológica ou ambiental e, por isso, são especialmente

protegidas por lei. A partir de então, são observadas suas características naturais e estabelecidos os principais objetivos de conservação e o grau de restrição à intervenção humana.

A Lei 9.985 (BRASIL, 2000) que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação/SNUC dividiu as unidades de conservação em dois grandes grupos (art.7º): as unidades de proteção integral (Estações Ecológicas, Parques e Reservas Biológicas), nas quais são permitidas apenas atividades de uso indireto, como pesquisas e visitas educacionais; e as unidades de uso sustentável (Áreas de Proteção Ambiental, Florestas Estaduais de Rendimento Sustentado, as Florestas Nacionais e as Reservas Extrativistas) nas quais são permitidos usos diretos dos recursos.

De acordo com o Brasil (2000), as Florestas Nacionais (Flonas) são áreas de conservação que se adequam à categoria de uso sustentável. Isto significa dizer que são áreas de posse e domínios públicos cuja a cobertura vegetal nativa ou plantada pode ser explorada economicamente desde que garantida a proteção dos recursos hídricos, belezas cênicas e dos sítios históricos e arqueológicos nela contidos. Nas Flonas também se realizam pesquisas científicas, educação ambiental e atividades de recreação, lazer e turismo. As populações tradicionais que já habitavam a área de uma Flona à época de sua criação podem permanecer em seu interior.

A criação da Floresta Nacional do Jamari se deu durante o governo militar através do Decreto nº 90.224 de 25 de setembro de 1984, destacando-se uma área de 223.086,27 hectares (BRASIL, 1984). Em seu interior realizam-se atividades de extração de cassiterita desde 1963. Porém, em 1971 a garimpagem foi proibida e em 1974 concedido o direito de minerar a empresa Brascan Brasil Ltda, que apesar do nome possui origem canadense. Em 2005 a concessão para exploração mineral passou a pertencer a Estanho de Rondônia S.A., subsidiária da Companhia Siderúrgica Nacional/CSN que faz a exploração até os dias atuais (ALMEIDA SILVA et al., 2009).

A unidade de conservação também foi a primeira do país a passar por um processo de concessão florestal federal após a aprovação da Lei nº 11.284/2006 ou Lei de Gestão de Florestas Públicas (BRASIL, 2006). Há em seu interior três áreas destinadas a este uso econômico, denominadas unidades de manejo florestal ou UMFs, que somadas totalizam 96.000 hectares, sendo: UMF I - 17.178,172 ha explorada por uma empresa local, a MadeFlona, UMF II – 32.998,118 que teve como vencedora da licitação a empresa Sakura, também local, que atualmente não está mais explorando a área e UMF III – 46.184,253, concedida à Amata, empresa com sede em São Paulo, conforme homologação

de licitação pública publicada no Diário Oficial da União em 28 e 29 de agosto de 2008. As empresas poderão explorar durante 40 anos estes recursos.

Destaca-se, ainda, na Floresta Nacional do Jamari haver uma família extrativista, considerada tradicional, habitando seu interior, chamada de “Benjamins” (BRASIL, 2005). Esta família possui o título de “Concessão Real de Uso”, de uma área de 1.851 ha. Este documento lhes permite utilizar esse espaço para fins de subsistência e reprodução cultural, podendo para isso utilizar os recursos naturais da unidade (BRASIL, 2000).

6.3. ZONAS DE AMORTECIMENTO, FUNÇÃO E IMPACTOS DE SUA FRAGMENTAÇÃO

Segundo o SNUC (BRASIL, 2000), em seu art. 2º, XVIII, todas as UCs terão zonas de amortecimento e todas as atividades humanas localizada nestas zonas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade.

A Resolução nº 13 de dezembro de 1990, do Conselho Nacional de Meio Ambiente/CONAMA, em seu art. 2º definia que nas áreas circundantes das Unidades de Conservação, num raio de dez quilômetros, qualquer atividade que pudesse afetar a biota, deveria ser obrigatoriamente licenciada pelo órgão ambiental competente.

Há uma resolução mais recente, Resolução nº 428 de 17 de dezembro de 2010, que altera o artigo segundo da Resolução nº 13/1990 do CONAMA. De acordo com a nova resolução nos casos de empreendimentos de significativo impacto ambiental nas zonas de amortecimento de UC sem plano de manejo somente será obrigatório a manifestação do órgão competente (por gerir a unidade) se o empreendimento planejado estiver num raio de 3 mil metros a contar do limite da área da UC e não mais de 10 km, como anteriormente.

Isso deverá ser fundamento pelo estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental (EIA/Rima). Nos casos de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA/Rima, a zona de amortecimento a ser considerada, é de 2 mil metros. Estudos do Plano de Manejo de Uso Múltiplo podem definir a necessidade de áreas maiores.

A manutenção desta faixa de floresta possui importante função ecológica para conservação da biodiversidade e manutenção de serviços ambientais. Sua fragmentação pelo desmatamento e seu respectivo avanço junto aos limites das unidades de conservação na Amazônia podem causar seríssimos impactos sobre a biota, como alterar a diversidade e

a composição das comunidades e mudar processos ecológicos como polinização e ciclagem de nutrientes (VASCONCELOS & LAURANCE, 2009).

Estudo realizado por Skole & Tucker (1993) mostrou que as áreas de floresta na Amazônia brasileira que estavam fragmentadas e impactadas por efeitos de borda eram 150% maiores que a área efetivamente desmatada.

Essas mudanças de cobertura podem causar efeitos de área, distância, borda e matriz. O impacto desses efeitos leva, geralmente, a perda de biodiversidade como observado por diferentes autores (NASCIMENTO & LAURANCE, 2006; TERBORGH et al., 1997; TIMAN et al. 1994). Ferraz et al. (2003) identificaram na Amazônia central que fragmentos com menos de 100 ha perderam metade das espécies de aves de sub-bosque em 15 anos. Esse fator é especialmente dependente do tamanho do fragmento. Áreas maiores tendem a ser menos impactadas negativamente por tais efeitos.

A distância entre os fragmentos também pode influenciar na composição dos habitats, devido a cessação do deslocamento de animais e menor dispersão de propágulos vegetais (VASCONCELOS & LAURANCE, 2009). Mesmo faixas de 15 a 100 metros de distância entre fragmentos podem impedir o fluxo de espécies, funcionando como barreira para animais como mamíferos arbóreos (GILBERT & SETZ, 2001), besouros (KLEIN, 1989) e abelhas do tipo Euglossinae (POWEL & POWEL, 1987).

Nas áreas de borda Laurance et al. (2002), estimaram entre 10 e 400m a distância de penetração dos impactos, dependendo do tipo de efeito. Um dos mais expressivos nesta faixa é o aumento da mortalidade de árvores, que por consequência aumenta as clareiras e a incidência de luz solar. A vegetação fica mais seca e assim, aumenta-se a flamabilidade (NEPSTAD et al., 1999). Com maior potencial de flamabilidade, amplia-se o perigo do fogo e as possibilidades de emissão de carbono para atmosfera (NOBRE & NOBRE, 2002).

O mosaico de ambientes modificados no entorno de fragmento florestais, chamados matrizes, também influenciam nos demais efeitos descritos, fazendo com que estes sejam mais ou menos acentuados (GASCON et al., 1999). Por exemplo, a matriz está intrinsecamente ligada ao fluxo entre fragmentos florestais. Ela é determinante para conectividade entre populações e pela forma como uma comunidade se liga genética e demograficamente com a outra (NASCIMENTO & LAURANCE, 2006; VASCONCELOS & LAURANCE, 2009).

Stouffer et al. (2006) mostraram que a matriz é tão importante quanto os demais efeitos. Estudos realizados na Amazônia central, em floresta de terra firme, mostrou que

fragmentos florestais circundados por uma faixa de apenas 100m de pastagens, mesmo em um ambiente onde na paisagem local predominam florestas primárias e antigas capoeiras em estado avançado de regeneração, houve uma redução de abundância de 95% de aves insetívoras.

Esses efeitos explicam a importância das normas de uso especial e necessidade de pesquisas que proporcionem o desenvolvimento de tecnologias, inclusive sociais, para um uso equilibrado e sustentável de ambientes que circundam áreas florestadas, evitado assim, maiores impactos às unidades de conservação.

6.4. CARACTERIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS QUE ABRANGEM A ÁREA DA FLORESTA NACIONAL DO JAMARI

A unidade localiza-se nos municípios de Itapuã do Oeste e Cujubim, ambos classificados como rurais. A maior parte da Flona, cerca de 95%, situa-se em Itapuã do Oeste e o restante em Cujubim (BRASIL, 2005).

Itapuã do Oeste

O povoado de Itapuã do Oeste remonta a época de descoberta de minérios na região, na década de 1960, quando os primeiros garimpeiros fixaram-se na então recém aberta BR-364 (BRASIL, 2005; ALMEIDA SILVA et al., 2009). Em 1992, obteve sua autonomia administrativa através da Lei Estadual nº 364, datada de 13 de fevereiro a partir do desmembramento de áreas de Porto Velho e Ariquemes (SILVA FILHO, 1995). Seu nome origina-se na língua Tupi, significa “pedra bonita”.

Itapuã do Oeste possui uma área de 4.081,58 km², limita-se ao norte com Candeias do Jamari, ao oeste com Alta Floresta e sul e leste com Cujubim (RONDÔNIA, 2002).

A população de Itapuã do Oeste é de 8.566 pessoas (IBGE, 2010). Destas, 60,96% (5.222) habitam a área urbana e 39,04% (3.344) a área rural. Está dividida entre 5.565 homens e 4001 mulheres. Houve, nos dez anos de intervalo entre os censos estatísticos, um aumento populacional significativo, de aproximadamente 25% de pessoas que migraram principalmente para área urbana. Em 2000, segundo o IBGE, o número de habitantes do município era de 6.822 pessoas, das quais 53,89% (3.677) residiam na área urbana e 46,10% (3.145) na área rural.

O município conta com rede de ensino público voltado para formação de 1º e 2º graus. Cerca de 77% dos habitantes são alfabetizados (IBGE, 2010). Entretanto, os cursos superiores são restritos a aulas não presenciais. Na área de saúde há dois postos de atendimento básico. Situações de maior gravidade devem ser encaminhadas para capital.

Sua economia é baseada em atividades agrícolas, principalmente pecuária, que ocupa cerca de 96% das áreas economicamente ativas (ALMEIDA SILVA et al., 2009), mineração e exploração florestal, realizadas no interior da Floresta Nacional do Jamari sob forma de concessão.

A pecuária bovina abriga o segundo menor rebanho do Estado, com 75.702 cabeças responsáveis por uma produção de leite de 3.412.000 litros. A produção de madeira em tora foi responsável por um volume de 20.408 metros cúbicos (IBGE, 2013a). Não há aproveitamento de resíduos florestais no município. A soja surge como nova opção de geração de renda com uma área já plantada de 390 hectares (IBGE, 2013a) e em expansão.

Cujubim

O município nasceu em decorrência das ações governamentais de colonização através das estratégias dirigidas para a região na década de 1980, tendo permanecido com o mesmo nome do seu Projeto de Assentamento Cujubim (BRASIL, 2005). Juntamente com Itapuã do Oeste, alcançou sua autonomia política através da Lei Estadual nº 568, de 22 de junho de 1994, a partir de áreas desmembradas dos municípios de Rio Crespo e Itapuã do Oeste.

Possui área de 3.864,07 km² (IBGE, 2010). O nome Cujubim tem origem indígena. Este é o nome de uma ave, que para muitos povos amazônicos é sagrada e representa a “mãe da raça” (SILVA FILHO, 1995).

A população de Cujubim é de 15.854 pessoas (IBGE, 2010). Destas, 69,65% (11.043) habitam a área urbana e 30,34% (4.811) a área rural. É composta por 8.456 homens e 7.398 mulheres. Houve em Cujubim uma grande atração das frentes de extração vegetal entre os anos de 2000 e 2010, período de intervalo entre os censos estatísticos realizados pelo IBGE. A população residente passou em dez anos de 6.536 habitantes (IBGE, 2000) para 15.854, o que corresponde a um aumento populacional de 242,56%.

O município conta com rede de ensino público voltado para formação de 1º e 2º graus. Cerca de 76,85% dos habitantes são alfabetizados (IBGE, 2010). Na área de saúde

conta com apenas um estabelecimento de saúde para atendimentos básicos. Assim como em Itapuã do Oeste, situações de maior gravidade devem ser encaminhadas para capital.

Sua economia é baseada em atividades de extração vegetal e agrícolas. Dentre as atividades agrícolas a pecuária bovina é a principal, com um rebanho de 146.686 cabeças, responsáveis por uma produção de leite da ordem de 8.553.000 de litros em 2013, seguida da aquicultura, responsável por 671.000 quilos de pescado (IBGE, 2013b).

A produção madeireira é fortemente ligada a ilegalidades, o que torna os dados pouco confiáveis. De acordo com IBGE (2013b) a extração de madeira em tora foi responsável por um volume de 354.418 metros cúbicos. Almeida Silva et al. (2009) verificou a existência de mais de 65 serrarias instaladas no município.

6.5. O MEIO FÍSICO DA FLORESTA NACIONAL DO JAMARI E SEU CONTEXTO REGIONAL

6.5.1. GEOLOGIA

A Floresta Nacional do Jamari está inserida na unidade estrutural cratônica (QUADROS et al., 2011) Sul-Amazônica da Plataforma Sul Americana, em região estabilizada geotectonicamente no Neoproterozóico (PIRES, 2009). A morfologia exprime, em virtude dessa idade, superfícies de aplanamento oriundas do retrabalhamento das rochas pré-existent, com uma configuração especial marcada por eventos morfoclimáticos, baixa dissecação (ADAMY, 2002; RADAMBRASIL 1978).

Dados geológicos de Scandola et al. (1999) e Quadros (2010) evidenciam que a área está assentada em sua totalidade porção sobre rochas Paleoproterozóicas do Complexo Jamari. Possui áreas ao nordeste com formações Mesoproterozóicas da Suíte Intrusiva Serra da Providência e Neoproterozóicas dos Granitos Jovens de Rondônia com maior evidência na parte sudeste da área. Também pode-se notar a presença de coberturas constituídas por sedimentos indiferenciados Cenozóicos (Figura 5).

Complexo Jamari

O complexo Jamari representa, em termos de área aflorante, a maior unidade geológica registrada na área. A terminologia foi proposta por Isotta et al. (1978) a partir da associação heterogênea de rochas polideformadas e metamorfizadas, constituída por gnaisses, migmatitos, granitos, anfíbolitos e granulitos. O avanço no conhecimento

geológico regional e os novos dados geocronológicos e de cartografia geológica permitiram a redefinição da unidade como composta por ortognaisses (SCANDOLARA et al., 1999). Assim as rochas paraderivadas passaram a constituir outra unidade litoestratigráfica descrita como Suíte Metamórfica Quatro Cachoeiras. Embora haja a predominância das rochas ortoderivadas alguns litótipos de paraderivação que carecem de dados geológicos conclusivos, continuem fazendo parte do complexo.

As rochas do Complexo Jamari tem ampla distribuição na porção centro-oriental de Rondônia, de Ariquemes a Ji-Paraná, e no extremo Oeste do Estado, divisa com o Acre. As melhores exposições ocorrem ao longo do curso médio do Rio Jamari a na foz do Rio Massangana.

As relações de contato entre os diferentes litótipos do Complexo Jamari não são claras devido ao manto de intemperismo, embora ocorra contato por falhas de mergulho acentuado. Os granitos da suíte intrusiva Serra da Providência exibem contatos intrusivos com as rochas do Complexo Jamari, como pode ser visto ao sul da área de estudo.

Os ortognaisses tonalíticos e quartzo-dioríticos raramente sustentam relevo positivo e os afloramentos são, em geral, na forma de lajeados. Já os paragnaisses sustentam cristas e morros alongados.

A deformação e o metamorfismo são vinculados a idades entre 1,35 a 1,33 bilhões de anos antes do presente. Contudo, há episódios magmáticos mais antigos em Rondônia registrados nos ortognaisses tonalíticos, quartzo-dioríticos e enderbíticos, com idade U-Pb de 1750 ± 24 Ma (PAYOLLA et al., 2002).

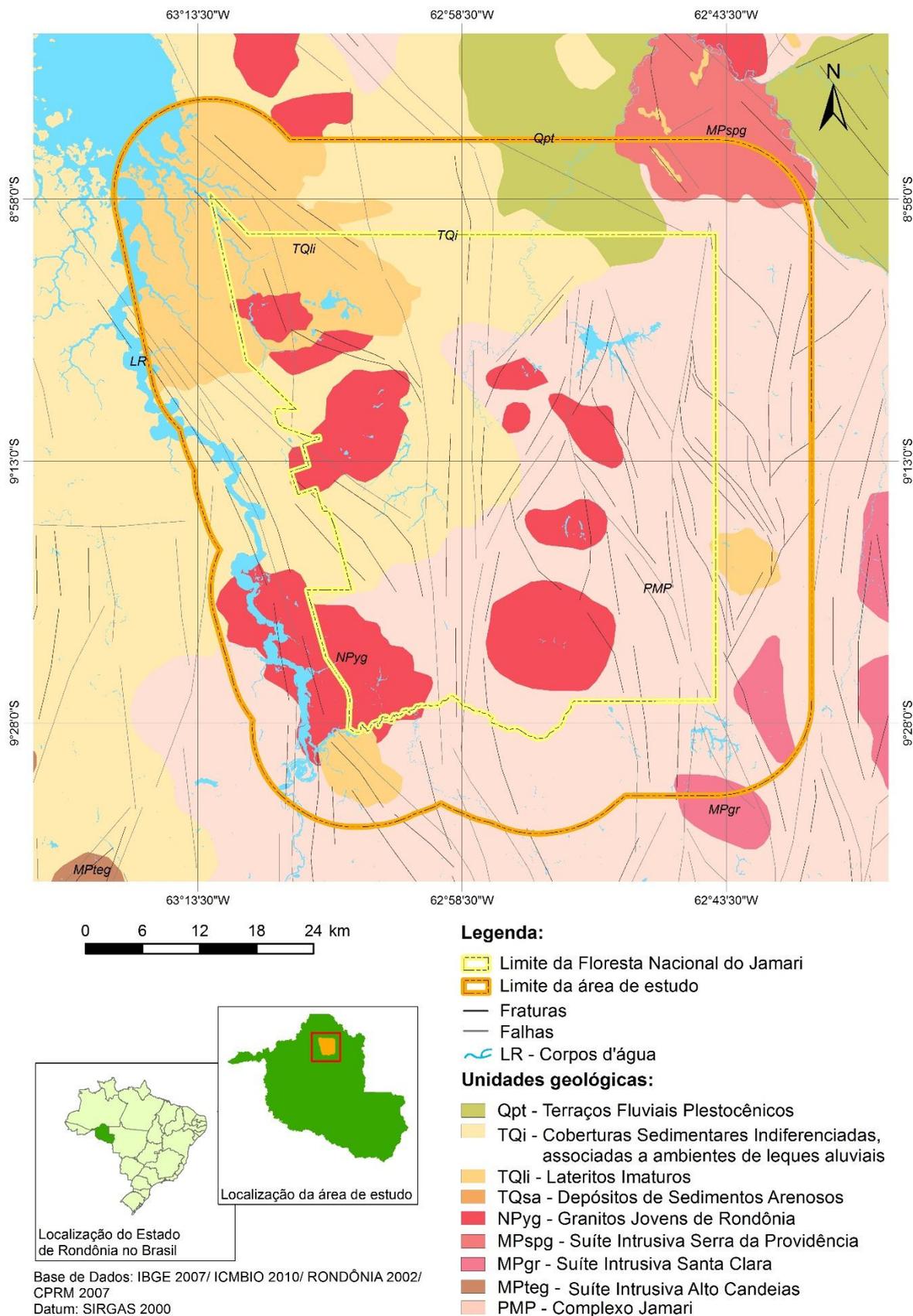


Figura 5. Mapa geológico da área de estudo.

Suíte Intrusiva Serra da Providência

A formalização do Granito Serra da Providência como unidade estratigráfica deve-se a Leal et al. (1976) para intrusões com textura rapakivi que afloram na serra homônima.

As rochas da suíte têm ampla distribuição na porção centro-norte de Rondônia, principalmente entre o médio curso do rio Machado, a leste da área. Compõem um batólito que sustenta a serra, bem como da região de Machadinho d'Oeste e Ouro Preto d'Oeste e como vários *stocks* isolados a leste e a oeste da Serra da Providência. O Batólito Serra da Providência possui 140 km x 40 km e se destaca em imagens de satélite por elevações morfoestruturais salientes na paisagem. Na área de estudo elas podem ser vistas nas porções sudoeste e central, intrusivas no embasamento regional Jamari (QUADROS & RIZZOTO, 2007). Entretanto são raras as exposições de contato direto. Elas podem ser observadas a partir de fotos aéreas e imagens de satélite pois tornam-se evidentes por um conjunto de elevações que se sobressaem em relevo arrasado do Complexo Jamari, como nas áreas mencionadas da pesquisa.

Os dados geoquímicos mostram que as rochas desta suíte possuem de 68% a 72% de SiO₂ (RIZZOTTO et al., 1995). São pobres em MgO (< 0,5%), Al₂O₃(<14%) e Sr (< 120 ppm). Assim, a suíte granítica se assemelha aos granitos rapakivi e sua assinatura geoquímica e compatível com granitos do tipo A.

O magmatismo Serra da Providência foi episódico e possivelmente perdurou por período superior a 50 Ma. A fase mais antiga tem idade U-Pb de 1606 ± 24 Ma, segundo Bettencourt et al. (1999). Entretanto, a idade desta suíte varia de 1,76 a 1,89 Ga. (SCANDOLARA et al., 1999).

Suíte Intrusiva Santa Clara

Há no sudoeste da área um corpo granítico de natureza vulcano-plutônica com dimensões de 8-10 km (KLOOSTERMAN, 1968) que sustenta a serra homônima. Bettencourt et al. (1999), com base em dados geocronológicos, agrupou uma série de maciços graníticos (Santa Clara, Oriente Velho, Oriente Novo e Manteiga) sob um único nome, Suíte Intrusiva Santa Clara.

Os maciços da suíte ocorrem ao longo da bacia hidrográfica dos rios Machadinho e Preto, rios que cortam o sul da área de estudo. Ele também é intrusivo em rochas do Complexo Jamari.

Os dados geoquímicos segundo Bettencourt et al. (1997), indicam que as rochas da suíte possuem teores de SiO₂ entre 63 a 75. Exibem alto conteúdo de Zr, Y, Nb, Rb, F, Elementos Terras Raras/ETR e elevadas razões de Ga/Al. Esses dados sugerem compatibilidade com os granitos subalcalinos do tipo A. As rochas da suíte são predominantemente maciças, afetadas somente por falhas normais de direção predominante N10E. Dados isotópicos U-Pb em zircão obtidos por Bettencourt et al. (1999) indicaram que a idade do maciço Santa Clara de 1081 ± 50 Ma.

Diferentes estilos de mineralizações e elementos associados ocorrem nos granitos da suíte e compreendem minerais de valor econômico dentre eles quartzos, topázio e cassiterita.

Suíte Intrusiva Rondônia/Granitos Jovens de Rondônia

Essa unidade foi descrita por Kloosterman (1968) como *Younger Granites of Rondônia* e sua localidade-tipo situada nas cabeceiras do rio Candeias. Bettencourt et al. (1997) mantiveram a denominação de Kloosterman, mas englobaram na mesma somente os granitos com idades U-Pb de zircão entre 998 a 991 Ma, representados pelos maciços graníticos Ariquemes, Massangana, São Carlos, Caritianas, Pedra Branca, Santa Barbara e Jacundá. Durante a elaboração do Mapa Geológico da Folha Porto Velho (SC.20) ao Milionésimo, Rizzotto et al. (2004) agruparam esses maciços na Suíte Intrusiva Rondônia, com ampla distribuição no centro-norte de Rondônia, área compreendida pela pesquisa.

Os maciços ocorrem como batólitos e stocks multifásicos e epizonais, alojados segundo estruturas N-S e NE-SW. São subcirculares, com 2 km a 25 km de diâmetro, possuem características subvulcânicas e são intrusivos nas rochas do Complexo Jamari e da Suíte Serra da Providência. Os contatos são irregulares, abruptos, com presença esporádica de enclaves das encaixantes estruturas vulcânicas e subvulcânicas. De acordo com as características petrográficas e químicas, as rochas da suíte compreendem dois tipos principais, isto é, subsolvus subalcalinas e hipersolvus alcalinas. As relações de campo sugerem que as últimas são mais jovens que as subalcalinas adjacentes.

De acordo com Bettencourt et al. (1997) os dois grupos de granitos exibem padrão geoquímico distinto, mas em geral possuem de SiO₂ entre 71% e 76%. Ambos os tipos são ricos em Ga, Rb, Zr, Y, F e Elementos Terras Raras/ETR e possuem características semelhantes aos granitos do tipo A. Esses maciços foram datados por Bettencourt et al. (1999) pelo método U-Pb em zircão e apresentou idade de 998 ± 5 Ma.

6.5.2. GEOMORFOLOGIA

Na área de estudo são identificados dois dentre os três principais ambientes geomorfológicos de abrangência regional (ADAMY, 2002; RONDÔNIA, 2002), são eles: (a) áreas de domínio de superfícies regionais de aplanamento e (b) domínio do sistema fluvial do rio Madeira (Figura 6).

a) Domínio de superfícies regionais de aplanamento - está presente também em grande parte do estado, sendo caracterizado por áreas de arrasamento em rochas antigas e cobertas por estruturas sedimentares do Terciário-Quaternário. Nestas superfícies ocorre grande quantidade de inselbergs, indicando forte ação de intemperismo, após um tempo geológico considerável.

b) Domínio do Sistema Fluvial do Rio Madeira - este domínio é caracterizado por uma grande complexidade geomorfológica, formado por planícies aluviais, terraços aluviais, áreas alagadas, lagos, leques inativos, áreas de escoamento superficial impedido e outros.

Domínios das Superfícies Regionais de Aplanamento

Praticamente toda a área de estudo está situada no Domínio das Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia. Este, constitui o mais extenso domínio geomorfológico do Estado de Rondônia, estendendo-se em larga medida, pelos Estados de Mato Grosso e Amazonas. Ocupa toda a porção central do Estado de Rondônia, estendendo-se para noroeste até a Ponta do Abunã-Extrema-Nova Califórnia.

Essas extensas áreas são derivadas de prolongados eventos erosivos generalizados ao longo do Terciário tardio, 23-1.6 milhões de anos, (SALGADO-LABORIAU, 1994). Também se caracterizam por notável estabilidade tectônica em escala regional (ADAMY & DANTAS, 2010). Apresentam cotas que variam entre 100 e 300 m e notabilizam-se pela ocorrência de extensas áreas aplainadas, levemente entalhadas pela rede de drenagem (RADAMBRASIL, 1978), estando frequentemente recobertas por coberturas detritolateríticas parcialmente desnudadas, gerando baixos platôs lateríticos (ADAMY, 2002) como pode ser visto nas porções oeste e nordeste da área.

Outra característica deste domínio de aplanamento regional é que por extensas áreas esta paisagem de superfícies aplainadas é interrompida e apresenta relevo do tipo colinoso de baixa amplitude que expõe um significativo número de feições residuais em meio às superfícies aplainadas, tais como *inselbergs* e pequenas cristas ou baixos

alinhamentos de morrotes (ADAMY & DANTAS, 2010). Frequentemente, as superfícies aplainadas e o relevo colinoso associado apresentam, na superfície, vastas áreas de blocos rochosos *in situ*, em especial, sobre rochas graníticas, denominadas, regionalmente, “caos de blocos”. Inselbergs, hillocks, tors e “caos de blocos” são elementos comuns na paisagem geomorfológicas dessas superfícies aplainadas. São materiais relíctos mais resistentes que o entorno arrasado, que configuram as colinas e morros (VITULICH, 1998). Essas características tornam-se evidentes na porção sudeste da área pesquisada.

De acordo com Adamy (2002) e Adamy & Dantas (2010) o substrato rochoso que aflora nesse domínio geomorfológico é bastante heterogêneo e apresenta diferentes resistências. Compreende um embasamento de rochas metamórficas de idade paleoproterozoica (ortognaisses, migmatitos, paragnaisses, xistos e rochas calcissilicáticas) no caso da área de estudo basicamente do Complexo Jamari e um denso arranjo de plútons ígneos, por vezes submetidos a processos de metamorfismo, de idade mesoproterozoica a neoproterozoica (granitos, inclusive os Granitos Jovens de Rondônia ou granitos rondonianos, charnockitos, granulitos e gnaisses granulitos) das suítes intrusivas Serra da Providência (porção centro leste) e Santa Clara (porção sudeste).

O piso regional do relevo, por sua vez, caracteriza-se por extensas superfícies planas a suavemente onduladas, que apresentam, em geral, espessos mantos de intemperismo, marcadas por incipiente entalhamento fluvial moderno, por vezes, mais ou menos expressivo. Melo et al. (1978) conferem idade neopleistocênica à referida superfície.

Entretanto, mesmo os relevos residuais rochosos, ao longo do tempo geológico, tendem a ser desmantelados e ajustados ao nível de base das superfícies aplainadas, caso não ocorra novo movimento tectônico. Esse processo de desmonte e arrasamento dos relevos residuais é claramente visível em campo, distinguindo-se fases distintas de evolução, conforme as dimensões e características dos relevos remanescentes, tendo como produto final do processo de desmonte dos relevos residuais (arrasamento dos inslbergs →hillrocks→ tors), a formação dos chamados “caos de blocos” (DANTAS & ADAMY, 2005).

Assim como nos tabuleiros, presentes na porção norte e nordeste da área (ADAMY, 2002; ADAMY & DANTAS, 2010), os solos desenvolvidos das superfícies aplainadas presentes na área de estudo são, em geral, espessos e pobres, bem drenados, ocupados por mata de terra firme, sob clima equatorial a subequatorial úmido.

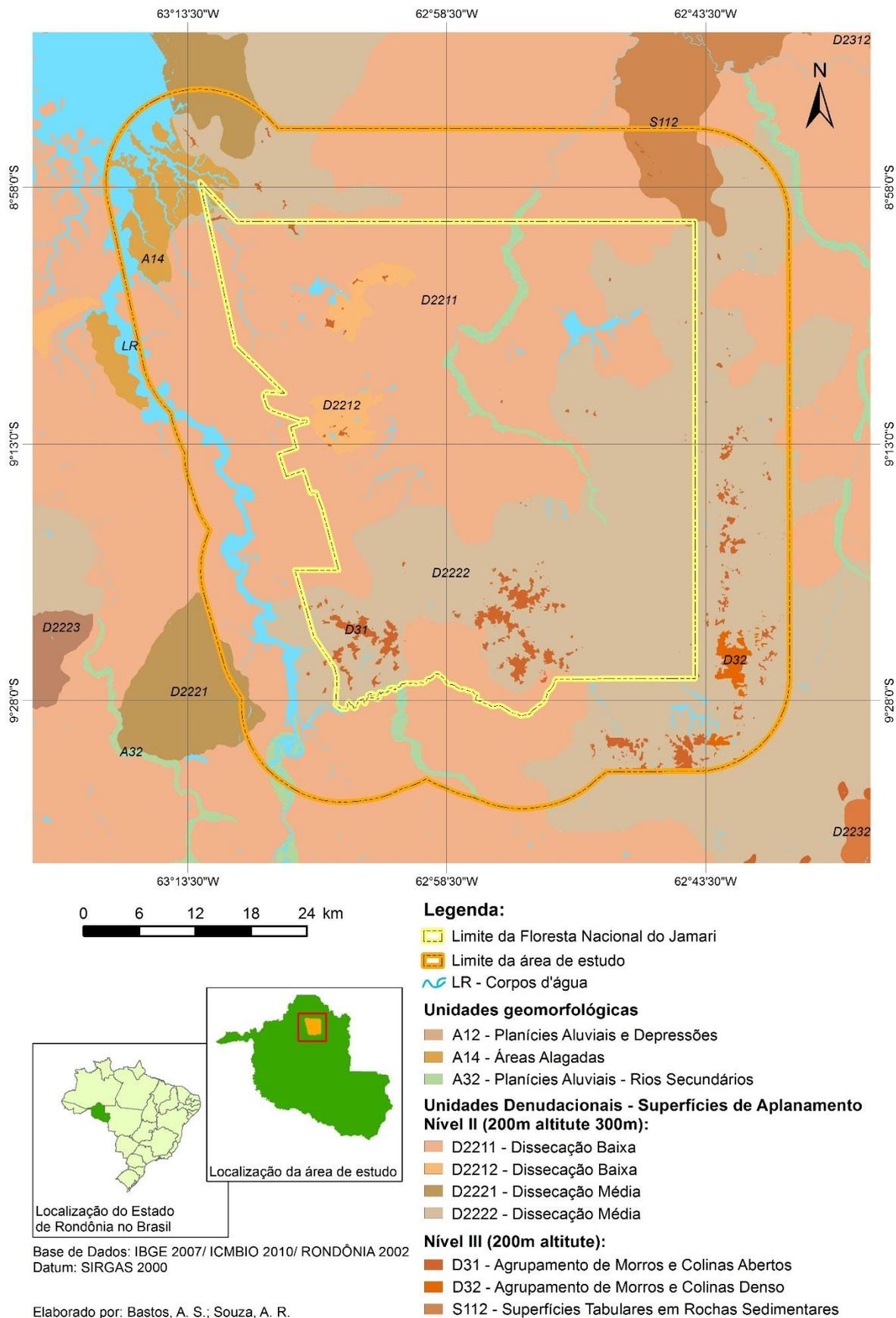


Figura 6. Mapa geomorfológico da área de estudo

Domínio do Sistema Fluvial do Rio Madeira

Rondônia apresenta uma característica peculiar com relação suas bacias hidrográficas. Todos rios que passam pelo estado, sem exceção, drenam suas águas para o rio Madeira, constituindo assim, o chamado Domínio do Sistema Fluvial do Rio Madeira (ADAMY, 2002).

A área de estudo abrange duas das principais bacias hidrográficas do Estado, a bacia do Jamari e do Machado (Figura 7). Ambos são rios de domínio estadual, pois nascem e possuem suas fozes totalmente em território rondoniense. Os dois apresentam canais com características meândricas (ADAMY & DANTAS, 2010; RADAMBRASIL 1978).

As nascentes do rio Jamari localizam-se na serra de Pacaás Novos, na porção centro-oeste do estado. Dentre seus afluentes destaca-se o rio Preto do Crespo, localizado na parte sul da área de estudo (KUNZLER & BARBOSA, 2010).

De acordo com a Agência Nacional de Águas – ANA (2010) seu regime hídrico apresenta o mês de março como auge das cheias, de abril a agosto período de vazante, tendo no mês de setembro a máxima amplitude registrada e os meses seguintes, correspondentes ao movimento de cheias.

Já o rio Machado possui sua nascente no sul do estado, próximo a Vilhena. Percorre cerca de 800km até desaguar no baixo rio Madeira, próximo ao distrito de Calama. Destaca-se como um dos principais afluentes o rio Jacundá, que está presente na área de estudo na porção leste e drena cerca de 80% dos rios localizados na unidade (KUNZLER & BARBOSA, 2010).

Seu regime hídrico é similar ao apresentado pelo rio Jamari, contudo, há uma notável diferença entre as médias mínimas de vazão registradas no período de setembro sendo esta de 7,96 m³/s no rio Jamari e de 263 m³/s no rio Machado (ANA, 2010).

Diferente do rio Madeira, que possui origem nos Andes onde processos erosivos se manifestam intensamente a rede de drenagem tributária do rio Madeira no estado de Rondônia não apresenta expressiva sedimentação aluvial, exibindo apenas exíguas planícies de inundação não mapeáveis em escala regional.

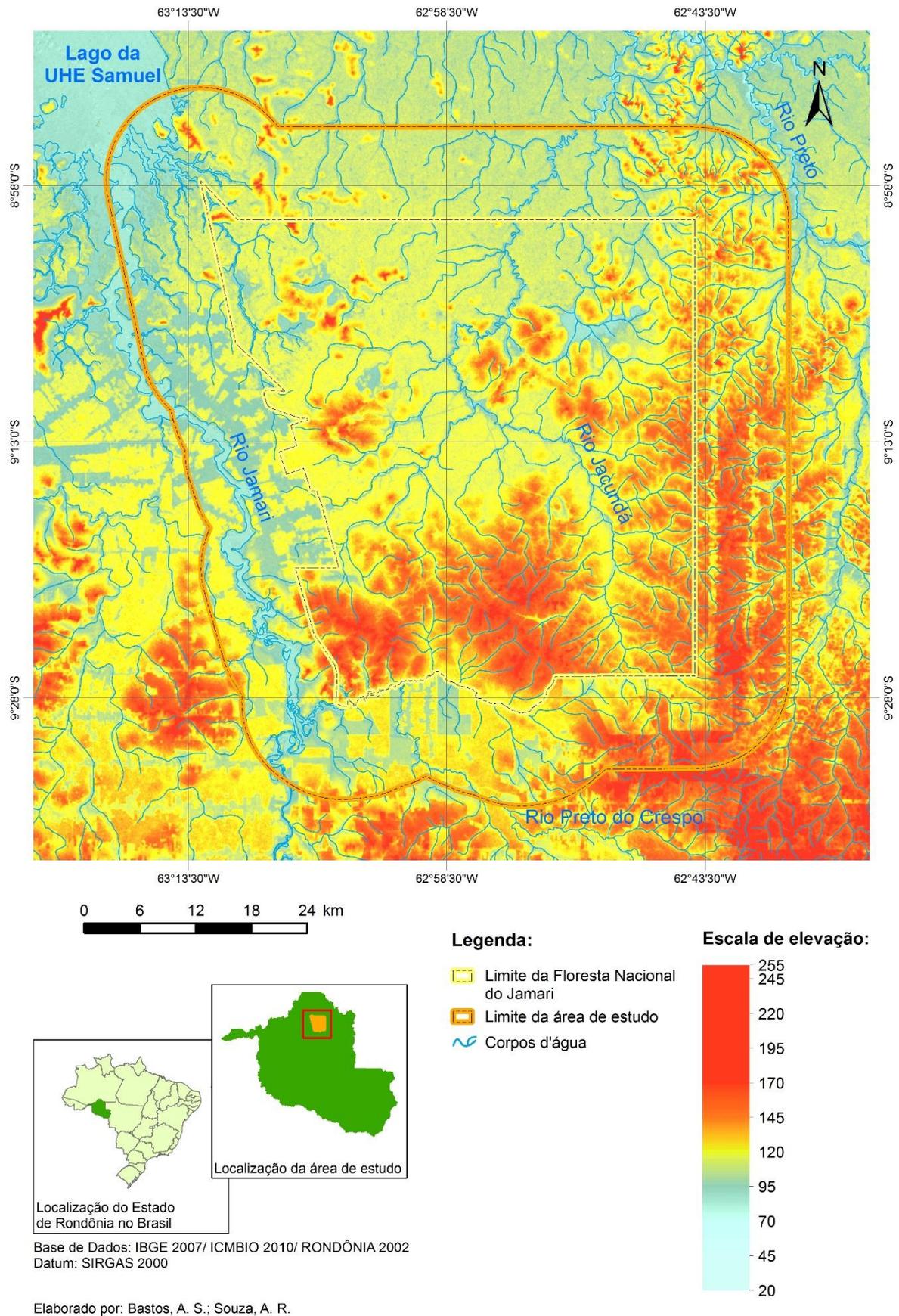


Figura 7. Mapa da rede de drenagem e elevação da área de estudo.

Tabuleiros da Amazônia Centro-Occidental

Ainda com relação a área estudada, verifica-se a presença dos chamados Tabuleiros da Amazônia Centro-Occidental, outrora denominados Planalto Rebaixado da Amazônia Occidental (MAURO et al., 1978).

O domínio é delimitado ao Sul e Sudeste, pelas Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia. A Represa de Samuel, ao norte da área de estudo, está no limite entre esses tabuleiros e as superfícies aplainadas do Sul da Amazônia.

São exclusivamente representados por extensos tabuleiros de baixa amplitude de relevo, inferiores a 30 m, estando frequentemente recobertos por coberturas detritolateríticas parcialmente desnudadas, gerando baixos platôs lateríticos. Esse conjunto de tabuleiros encontra-se sulcados por rios meândricos, compreendendo na área de estudo os baixos cursos dos rios Jamari e Machado (ADAMY, 2002; ADAMY & DANTAS, 2010). Apresentam cotas que variam entre 90 e 120 m.

Esses sedimentos, de idade pleistocênica, consistem de arenitos pouco consolidados a inconsolidados, de origem fluvial, sendo que os tabuleiros tendem a ser pouco dissecados sobre solos arenosos, com pode ser notado na parte nordeste da área. Sobre esses terrenos, desenvolvem-se na Amazônia as chamadas florestas de terras firmes, ocupando solos drenados, espessos e lixiviados, onde predominam Latossolos Amarelos distróficos (SHINZATO et al., 2010).

6.5.3. CLIMA

O clima de Rondônia é caracterizado por apresentar homogeneidade espacial e sazonal de temperatura média do ar. Na área de estudo há uma relação entre a média mínima e máxima de apenas 2°C, sendo a média em sua porção norte de 25 a 26°C e na parte sul de 24 a 25°C (GAMA, 2002). Entretanto, no contexto regional, o mesmo não ocorre com relação aos índices pluviométricos, que apresentam variabilidade temporal, e em menor escala, variabilidade espacial. A área da Flona e seu entorno figuram entre as maiores médias pluviométricas do estado, entre 2.400/2.600 mm/ano (GAMA, 2002), conforme Figura 7. Por essas características o clima definido como Tropical Chuvoso, do tipo Aw, quente e úmido segundo a classificação de Koppen.

Os períodos de maior abundância de chuvas são entre os meses de novembro e maio, com picos nos meses de janeiro e fevereiro. Os decréscimos dos índices pluviométricos acontecem no final de maio, com menor intensidade registrada nos meses de junho, julho e agosto, podendo chegar a menos de 20 mm/mês.

Com relação a umidade relativa do ar nos índices variam de 80 a 90% no verão e em torno de 75% no inverno (GAMA, 2002).

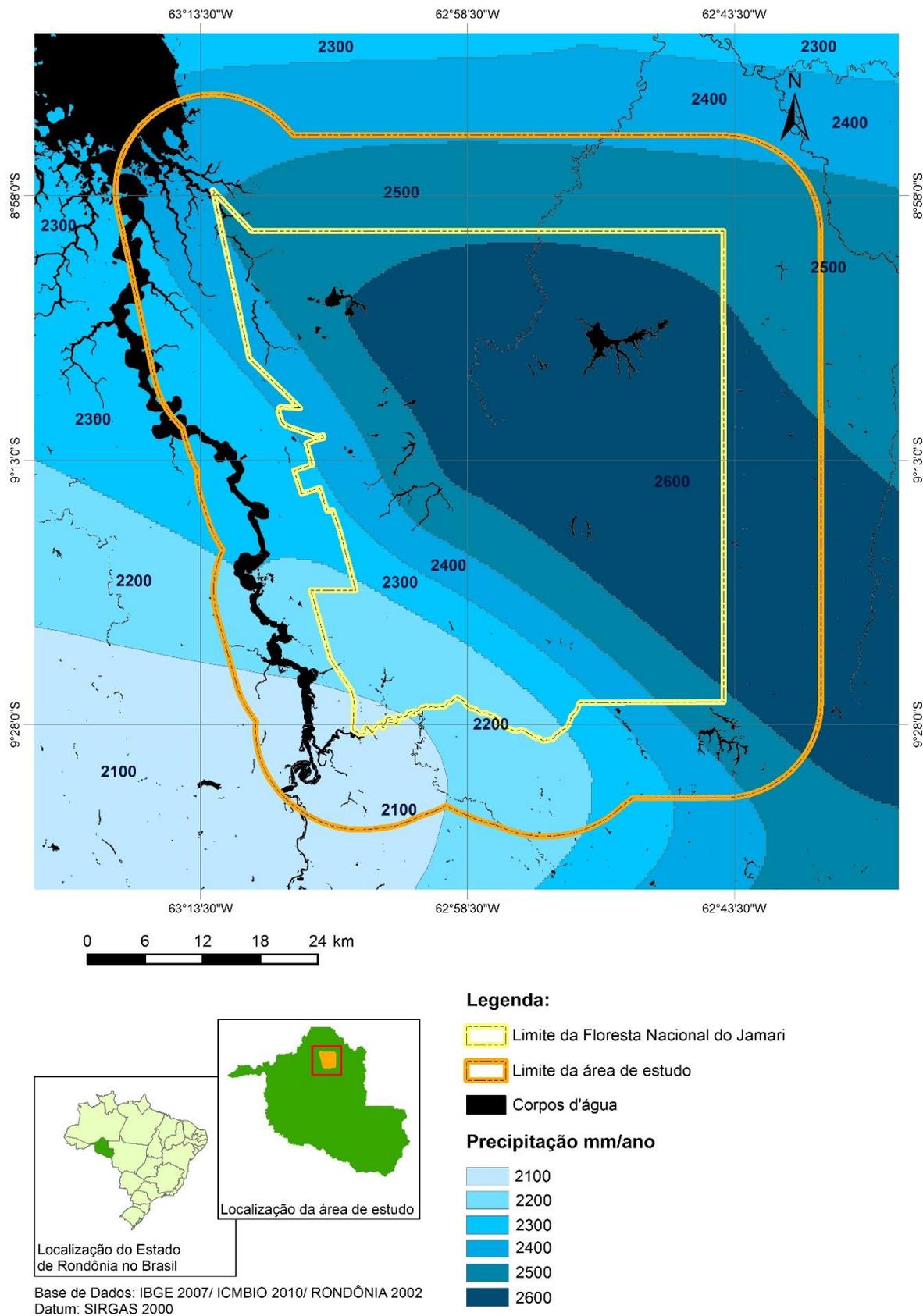


Figura 8. Mapa de distribuição da precipitação na área de estudo.

6.5.4. SOLOS

Todos os mapeamentos disponíveis para o Estado concordam amplamente com relação as tipologias de solos existentes na área de estudo, independente das escalas. RADAMBRASIL (1978) e Shinzano et al. (2010) 1:1.000.000 e RONDÔNIA (2002) 1:250.000 apontam para a predominância quase total de latossolos (Figura 8). Dentre este há também concordância com os tipos de latossolos presentes, sendo o de maior abrangência da área o latossolo amarelo distrófico e secundariamente latossolo vermelho amarelo distrófico (RADAMBRASIL, 1978; RONDÔNIA, 2002).

As exceções ficam por conta de RADAMBRASIL (1978) que aponta a existência de Argissolos hidromórficos ricos em areias quartzosas álicas na parte centro-oeste da área estudada e Rondônia (2002) que descreve manchas de Neossolos distróficos no centro da unidade de conservação.

Latossolos

De acordo com Shinzato et al. (2010) os latossolos representam a principal ordem de solos existente em Rondônia. Corresponde a cerca de 37% do total da área de Rondônia.

Ocorre sobre as unidades geomorfológicas Tabuleiros da Amazônia Centro-Ocidental, na parte norte-nordeste da área de estudos e nas superfícies aplainadas do Sul da Amazônia, domínio que constitui-se na maior porção geomorfológica estudada.

Apesar de todos os mapeamentos para a área concordarem com relação a sua presença, eles diferem com relação a abrangência das subordens. RADAMBRASIL (1978) aponta que os latossolos amarelos representam a porção situada do centro ao norte da área e que o restante é constituído de latossolos vermelho-amarelos. Rondônia (2002) aponta que há a existência de latossolos amarelos na parte oeste da área, latossolos vermelhos na parte leste e que entre estes há a presença de latossolos vermelho amarelos.

Independente das subordens, são solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultados de enérgicas transformações do material constitutivo. Os solos são virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo (EMBRAPA, 2006).

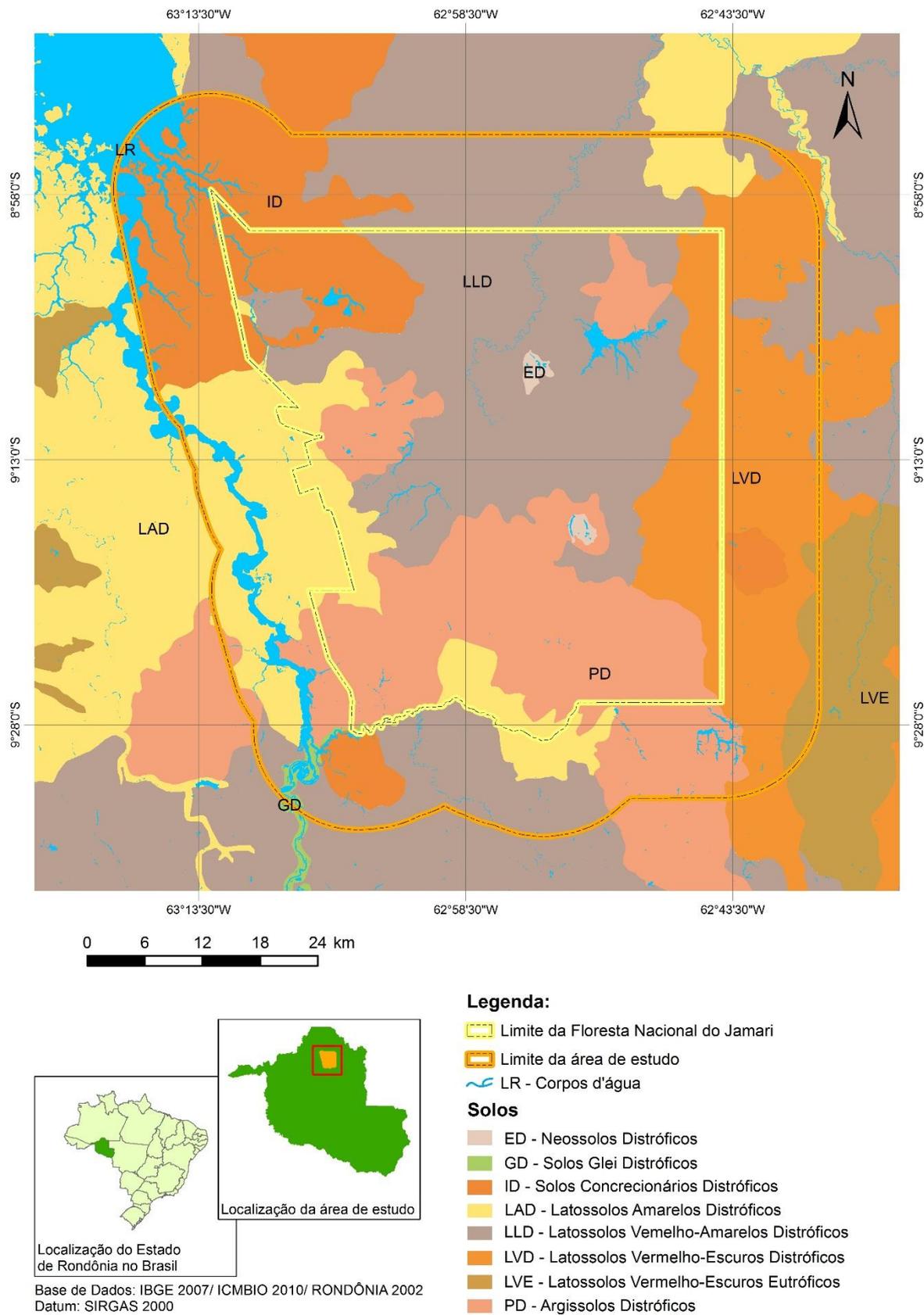


Figura 9. Mapa de solos da Floresta Nacional do Jamari e seu entorno.

São caracterizados em geral por um horizonte B de elevado grau de intemperismo, resultado das trocas energéticas entre seus materiais constitutivos. Predominam em sua fração argila, minerais nos estágios finais de intemperismo, como óxidos de ferro e alumínio, sendo sua fração areia composta por minerais altamente resistentes ao intemperismo, formado principalmente por quartzo (SHINZATO et al., 2010). São comumente profundos, atingindo vários metros de espessura e apresentando homogeneidade vertical.

Em geral, são solos fortemente ácidos, distróficos ou alumínicos (MENDES, 2002). São típicos das regiões equatoriais e tropicais (FEARNSIDE & LEAL FILHO, 2001). Também ocorrem em zonas subtropicais, distribuídos, sobre-tudo, por amplas e antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais antigos, normalmente em relevos planos e suave ondulados, como os encontrados na área, embora possam ocorrer em áreas mais acidentadas. São originados à partir das mais diversas espécies de rochas e sedimentos, sob condição de clima e tipos de vegetação os mais diversos (EMBRAPA, 2006).

Apresentam elevada porosidade e permeabilidade interna, com drenagem excessiva ou muito rápida, garantindo maior resistência aos processos erosivos em relação às outras classes de solos mapeadas (SHINZATO et al., 2010; MENDES, 2002; SILVA et al., 2000). Este dado é corroborado pelos estudos que definem o solo da Flona do Jamari como de baixa vulnerabilidade à erosão (BRASIL, 2002b), confirmando os dados de fragilidade ambiental relacionados a erosão natural a partir do emprego do método de Crepani et al. (2001) para a área. Em condições naturais ou de bom manejo, apresentam pouca erosão superficial devido as suas características físicas (resistência, aeração, permeabilidade), que impedem a formação de enxurradas na superfície destes solos (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

Por serem ácidos e distróficos, esses solos requerem sempre correção de acidez e fertilização. A ausência de elementos, tanto os considerados macros quanto os micronutrientes, é uma constante nesses solos (FEARNSIDE & LEAL FILHO, 2001; SHINZATO et al., 2010; MENDES, 2002).

6.5.5. VEGETAÇÃO

Rondônia tem um posicionamento geográfico privilegiado, no que diz respeito a biodiversidade. Está situado entre dois dos domínios morfoclimáticos mais ricos em vida do planeta, a Floresta Amazônica e o Cerrado, além de representar o segmento sudoeste Amazônico do maior sistema de rios e florestas tropicais do mundo (BARTHERM & GOULDING, 1997). As fitofisionomias representadas na Figura 9 são encontradas na Floresta Nacional do Jamari conforme segue.

Floresta Ombrófila Aberta

Tipo dominante no estado ocupando cerca de 55% de sua área (SILVA & VINHA, 2002) é a fitofisionomia dominante na Flona do Jamari (RADAMBRASIL, 1978), ocupa 95% da unidade (BRASIL, 2005). Esta vegetação caracteriza-se pela descontinuidade de dossel, com indivíduos arbóreos espaçados e frequentes agrupamentos de palmeiras (SILVA et al., 1978), permitindo luz no sub-bosque, o que favorece processos de regeneração (SILVA & VINHA, 2002). Conhecida até recentemente como "área de transição climática" pode, pela fisionomia, pela estrutura e pelo frequente gregarismo de determinadas espécies com alguns gêneros endêmicos, ser classificada como uma nova região fitoecológica brasileira da Amazônia (IBGE, 1989).

Em decorrência de sua composição (SILVA & VINHA, 2002), estas florestas apresentam ainda as seguintes características na Flona do Jamari conforme apontado no Plano de Manejo de Uso Múltiplo da Unidade (BRASIL, 2005):

Floresta ombrófila aberta submontana: encontra-se geralmente em relevos ondulados associada aos latossolos, nas partes leste e sul da unidade, em altitudes de 100 a 160 m.

Floresta ombrófila aberta de terras baixas: aparece nos relevos aplanados, de 70 a 100 m de altitude nas porções centro, norte e oeste da Flona. Por vezes encontra-se em locais de concreções lateríticas e matacões no entorno da UC.

Floresta ombrófila aberta aluvial: recobre as áreas inundadas sazonalmente pelos rios e igarapés, por aproximadamente 1 a 4 meses, como na planície de inundação do rio Jacundá, ao norte da área.

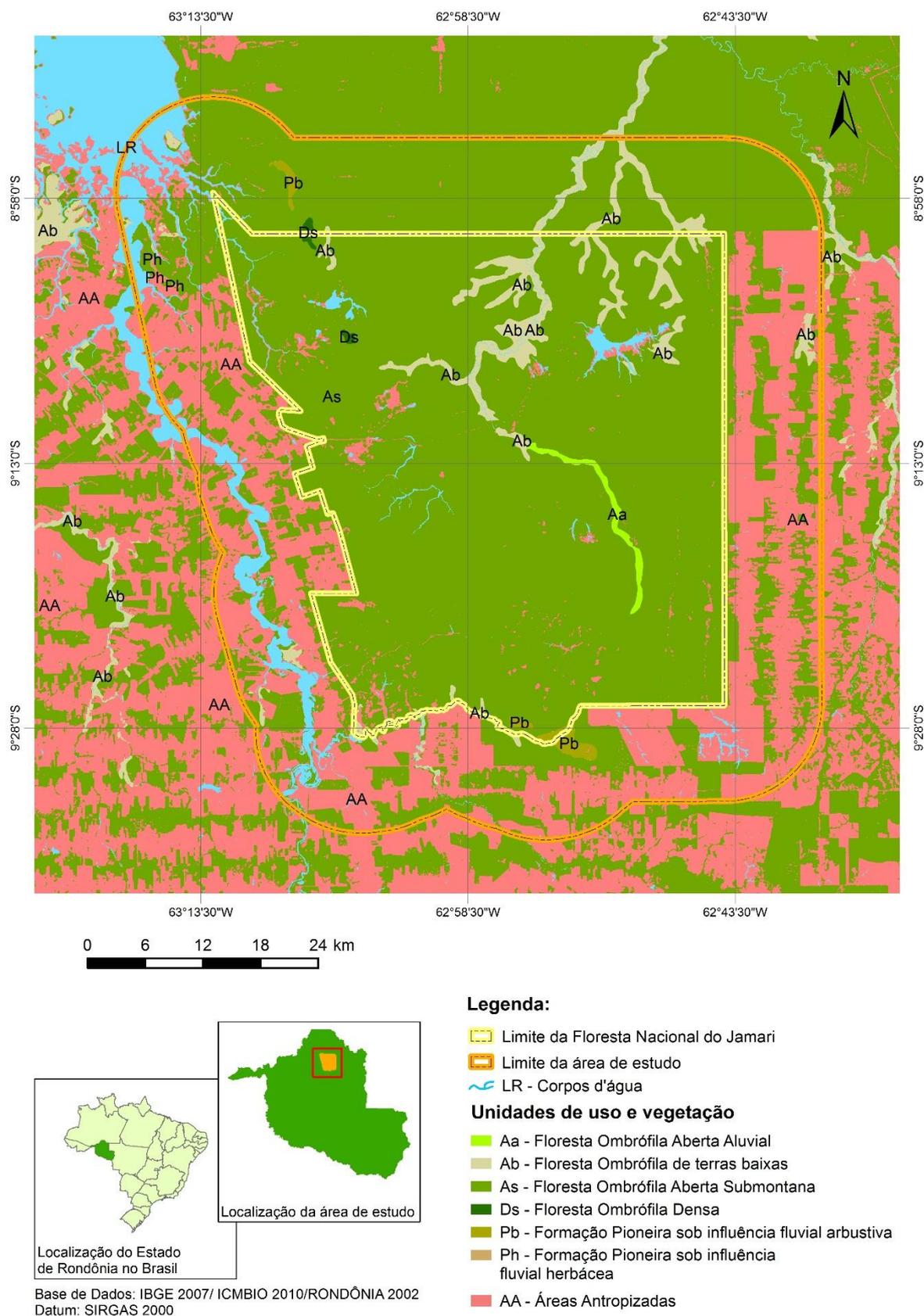


Figura 10. Mapa de vegetação da área de estudo e áreas antropizadas.

Floresta Ombrófila Densa

De acordo com Rondônia (2002), há a presença dessa fitofisionomia em uma pequena porção, se comparada a fitofisionomia de floresta ombrófila aberta, a noroeste da área. É caracterizada por ter um dossel contínuo e fechado por indivíduos de grande porte e alto valor econômico (SILVA & VINHA, 2002). Essa informação difere de RADAMBRASIL (1978) que aponta apenas a presença de Floresta Ombrófila Aberta na área estudada.

Esta vegetação densa possui como característica a multiestratificação. Via de regra, o primeiro estrato é de árvores emergentes que sobressaem por cima da floresta, estando em exposição completa. O segundo é o dossel propriamente dito constituído por árvores quase todas de mesma altura, o que se considera como cobertura uniforme. O terceiro, da chamada submata, é formado por plantas de regeneração natural, e o quarto, por baixo do anterior, é composto por arbustos, subarbustos e ervas mais altas, formando o andar arbustivo-herbáceo (SILVA et al., 1978).

O plano de manejo da Unidade (BRASIL, 2005) registra ainda a presença de formações aluviais, ou “buritizais”, localizadas em lençóis superficiais, próximo as nascentes de rios e depressões encharcadas. Merece destaque o buritizal situado na porção sul do limite oeste, com mais de 16 km de extensão.

6.6. APTIDÃO AGRÍCOLA – IMPORTÂNCIA NO CONTEXTO DO ORDENAMENTO TERRITORIAL

Nos últimos 100 anos, a população mundial e os níveis de consumo cresceram em um ritmo considerável (PIMENTEL et al., 1999). Esse movimento promoveu concentração urbana, aumentou a complexidade das relações e promoveu incremento sobre a demanda por alimentos (FUENTE & SUÁREZ, 2008).

Essa tendência impulsionou a expansão da agricultura e a intensificação por unidade de área. A atividade ocupa hoje uma grande porção da superfície do planeta. Até o ano de 2050 a população mundial atingirá aproximadamente 12 bilhões de pessoas, mantida a taxa de crescimento atual de 1,4% ao ano (PIMENTEL et al., 1999; COHEN, 1995). Um aumento previsto na produção de alimentos é esperado para alimentar este crescente número de pessoas (FAO, 2009). Entretanto, ao passo em que os habitantes se multiplicam, milhares de hectares de áreas cultiváveis são perdidas todos os anos,

principalmente por processos erosivos decorrentes de formas inadequadas de manejo (PIMENTEL & PIMENTEL, 2003; PIMENTEL & KOUNANG, 1998; PIMENTEL et al., 1997). A deterioração dos recursos naturais é uma marca desse processo de crescimento (RAMALHO FILHO & PEREIRA, 1999).

Diante deste cenário de crescimento da população mundial, novas áreas de cultivo serão necessárias para ampliação da demanda de alimentos, pois 99% dos alimentos consumidos mundialmente são oriundos de ambientes terrestres e apenas 1 % provêm dos oceanos e outros ecossistemas aquáticos (PIMENTEL et al., 1999). Esse padrão degradador, não poderá ser mantido indefinidamente. Será necessário usar os antigos espaços produtivos, melhorar ainda mais os níveis tecnológicos para aumento da produção por unidade de área (FUENTE & SUAREZ, 2008), desenvolver tecnologias compatíveis com ambientes tidos hoje como inaptos para produção, bem como ampliar as pesquisas para recuperação de áreas consideradas degradadas (HOMMA, 2005).

O componente ambiental, parte fundamental da produção, passa a ter importância capital no processo. Não apenas do ponto de vista da conservação, mas da relação econômica e social, principalmente nos trópicos, onde se espera um grande aumento produtivo (RONQUIM, 2010).

A FAO (2009) aponta que nesta região do planeta, mais de 120 milhões de hectares de terra serão necessários para suprir essa demanda por alimentos. Nos trópicos a expansão dependerá essencialmente dos cultivos em solos já desgastados, ou seja, solos expostos a intempéries durante muitos anos e que, conseqüentemente, perderam nutrientes (RONQUIM, 2010).

Além da perda de nutrientes por intemperismo (SCOONES & TOULMIN, 1999), os solos tropicais possuem como características (SZOTT et al., 1991; KAMPRATH, 1967; SANCHEZ, 1985), maior acidez, baixa fertilidade nutricional (PIGNATARO NETO et al., 2009) e/ou problemas de déficit hídrico. Deve-se considerar ainda dentre estas variáveis, que solos cultivados são limitantes para a produção de alimentos, pois tendem a diminuir sua fertilidade natural (MACHADO, 2001; RONQUIM, 2010).

Some-se a isso o fato de que cerca de 80% da dieta mundial provir de lavouras (PIMENTEL et al., 1995), as formas de cultivos mais exigentes com relação a nutrientes (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995). Ou seja, há uma demanda por alimentos com alta exigência de nutrientes em solos com baixa capacidade de oferta-los em sistemas de manejo da terra dos mais variados (LEPSCH, 2011), muitos de uso intensivo (LAMBIN et

al., 2001) e que pouco atentam para práticas de conservação do recurso (PIMENTEL & KOUNANG, 1998).

Para o restante das florestas tropicais, inclusive a Amazônia, este cenário traz consigo uma certeza: maior pressão sobre seus recursos e novos desmatamentos para abrigar novas áreas destinadas à produção de alimentos (PIMENTEL & PIMENTEL, 2003). Mais de 15 milhões de hectares de florestas ao redor do mundo tem sido convertidos anualmente para fins produtivos (PIMENTEL et al., 1999; PIMENTEL et al., 1994). Estima-se que essa conversão de floresta para áreas agricultáveis responda hoje por 60% dos desmatamentos no mundo (MYERS, 1990). Na Amazônia, 80% dos desmatamentos ocorreram na fronteira agrícola conhecida por “Arco do Desmatamento (FEARNSIDE, 2009)

Isso permite inferir que ações de planejamento pautados em estudos de aptidão agrícola são essenciais não apenas para identificar o potencial produtivo de determinadas áreas (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995), como para se manter ou melhorar a capacidade de produção de solos já cultivados, evitar perda de áreas florestadas e evitar problema como os de erosão acelerada (PEREIRA et al., 2006; PEREIRA & LOMBARDI NETO, 2004; PEDRON et al., 2006; ASSUNÇÃO et al., 1990; GUERRA, 1990).

6.7. HISTÓRICO SOBRE ESTUDOS DE APTIDÃO AGRÍCOLA NO BRASIL

Os estudos de aptidão agrícola no Brasil remontam a década de 60 (RAMALHO FILHO & PEREIRA, 1999), numa tentativa de classificação do potencial das terras para desenvolvimento da agricultura nos trópicos (PEREIRA & LOMBARDI NETO, 2004).

O trabalho de Bennema et al. (1964) “Um Sistema de Classificação de Capacidade de Uso da Terra para Levantamento de Reconhecimento de Solos”, publicado pela Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, do Ministério da Agricultura, constitui-se como um marco dos trabalhos sistemáticos para fins de levantamento de solos no Brasil (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995).

Sua base consistia em definir quatro classes de aptidão para uso em lavouras de ciclos curtos e longos, sob diferentes formas de manejo (BENEMMA et al., 1964). Esta publicação serviu de base para outro importante trabalho: “A Framework for Land Evaluation” publicado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO, em 1976, em seu 32º boletim de solos.

Entretanto, este método publicado pela FAO mostrou-se inadequado ao Brasil, uma vez que pressupunha níveis de manejo que exigiam altas tecnologias. Foi necessário desenvolver um método em que se considera diferentes níveis de tecnologia e capital para que atenda a realidade dos agricultores brasileiros (LEPSCH, 2011).

A partir de um convênio do governo brasileiro com a United States Agency for International Development – USAID (Project Agreement 512-15-120-249) o método foi aplicado com algumas modificações (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995) para estudos no que chamaram de “Mapa Esquemático dos Solos das Regiões Norte, Meio-Norte e Centro-Oeste”. O objetivo deste trabalho era localizar e identificar zonas mais promissoras para ocupação agrícola permanente, em função da maior frequência de solos de maior potencial agrícola (CAMARGO et al., 1975).

Outro importante trabalho que contribuiu para evolução do método foi o Levantamento de Solos do Sul do Mato Grosso, realizado em 1971 pelo Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária, coordenador por Tomasi & Ramalho Filho (1971). Esta foi uma das primeiras vezes em que o método, que serviu de base para o publicado por Ramalho Filho & Beek (1995) foi aplicado.

Na década de 1970 muitos estados realizaram estudos de aptidão de suas terras (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995) como, por exemplo, Rio de Janeiro (RAMALHO FILHO et al., 1979), Rio Grande do Norte do Norte (RAMALHO FILHO & PEREIRA, 1978; SILVA et al., 1973), Maranhão (GUIMARÃES et al., 1979), Espírito Santo (PANOSO & GOMES, 1976), Amazonas (LEONARDO et al., 1979) e Ceará (MONTEIRO & RAMALHO FILHO, 1979).

O projeto RADAMBRASIL (1978) também utilizou esta metodologia para levantamentos de solos na Amazônia, apesar de usar símbolos diferentes (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995) para representação das informações. O RADAMBRASIL foi, nos anos 80, o principal instrumento técnico para subsidiar as ações governamentais de planejamento para a Amazônia (FEARNSIDE & LEAL FILHO, 2001).

Nos anos 1980, estados como Rondônia (GUIMARÃES et al., 1980), Roraima (MONTEIRO et al., 1980) realizou seus levantamentos de aptidão agrícola. O Paraná, que até então havia realizado estudos em determinadas partes do estado, como no sudoeste (RAUEN et al., 1976), realiza seu primeiro levantamento de abrangência estadual (LEONARDO & RAMALHO FILHO, 1981).

Desta época até os dias atuais o método foi sendo modificado. Dentre as alterações a inclusão de maior número de alternativas de classificação, mediante

introdução de outras categorias permitiu que este continuasse atual e pudesse ser adaptado a diferentes objetivos (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995).

Houve a incorporação de um número maior de categorias de manejo, antes limitadas apenas a pouco desenvolvidas ou desenvolvidas (RAUEN et al., 1976), mais grupos de aptidão (culturas), antes nomeadas apenas como culturas de ciclo curto e culturas de ciclo longo (CAMARGO et al., 1975).

Levantamentos de aptidão agrícola continuam a ser importantes para fins de planejamento e continuam a ser realizados com base neste método (PEREIRA & LOMBARDI NETO, 2004), porém com maior nível de detalhe, graças aos recursos e avanços tecnológicos disponíveis (MENDONÇA-SANTOS & SANTOS, 2003; VIEIRA et al., 2011; PEDRON et al., 2006; ASSUNÇÃO et al., 1990).

Estes estudos permitem minorar as possibilidades de fracasso (FEARNSIDE & LEAL FILHO, 2001; FEARNSIDE, 1997) e ampliar as chances de sucesso para diferentes formas de uso dos solos, sob distintas formas de manejo e para diversas condições sociais de uso da terra, seu principal objetivo (CAMARGO et al., 1975; RAUEN et al., 1976).

6.8. FATORES LIMITANTES

Definir “limites” é sempre algo difícil, principalmente quando o tema que possibilita muitas interpretações (FEARNSIDE, 1997) e há aspectos empíricos envolvidos (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995) a exemplo de levantamentos de aptidão agrícola que busquem sustentabilidade do sistema produtivo (ASSUNÇÃO et al., 1990; BACANI & LUCHIARI, 2014).

Outra dificuldade está em buscar diretrizes que promovam um desenvolvimento para a Amazônia que se pautem não apenas nos interesses econômicos das forças de mercado, que em sua maioria buscam retornos imediatos (SCHNEIDER et al., 2000), mas que também atenda a interesse de populações tradicionais e de conservação (FEARNSIDE & LEAL FILHO, 2001).

Esta é uma busca mediada pela inteligência humana, por mecanismos de planejamento dos quais o levantamento de aptidão dos solos e o zoneamento fazem parte, e por uma variedade de fatores limitantes ambientais, culturais, econômicos e políticos (FEARNSIDE, 1997).

Este é um processo interpretativo, de caráter temporal. A conjugação dos métodos propostos pode e deve ser alterado conforme haja evolução da tecnologia e novos recursos estejam disponíveis (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995).

O que se propõe é a criação de zonas (CAMARGO et al., 1975) orientadas para a obtenção do máximo de benefícios que as terras podem gerar a partir de um perfil de ocupante, no caso agricultores familiares, numa relação custo/benefício que possa ser utilizado para o planejamento regional (PEDRON et al., 2006; SILVA et al., 1999b; SILVA et al., 1999a; REATTO et al., 2002) e que conduzam para a percepção de valores para tomada de decisões sobre cortar ou não a floresta para fins agrícolas (FEARNSIDE, 1997; FEARNSIDE, 2008a; FEARNSIDE, 1999).

Foram observados os seguintes fatores limitantes neste trabalho: deficiência de fertilidade com base na disponibilidade de nutrientes (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}); toxicidade por alumínio; acidez dos solos (potencial hidrogeniônico – pH); fósforo assimilável e vulnerabilidade natural a erosão.

6.8.1. DEFICIÊNCIA DE FERTILIDADE COM BASE NA DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})

A fertilidade de um solo depende, principalmente, de disponibilidade de macronutrientes (P, K, Mg e Ca) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn), bem como da ausência ou presença de substâncias tóxicas solúveis como alumínio (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995; LEPSCH, 2011). Nesta pesquisa não foram utilizados os micronutrientes, mas os macronutrientes, restringindo ainda as bases trocáveis (K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}), por serem consideradas “principais” à nutrição das plantas (RONQUIM, 2010). O nutriente fósforo será discutido como um fator limitante separado dos demais (RAIJ et al., 1997).

A saturação de bases, segundo Ronquim (2010), constitui-se em um bom indicativo das condições de fertilidade de um solo. Os níveis de saturação de bases (soma dos cátions trocáveis no solo, exceto H^+ e Al^{3+}) permite por si, que estes sejam classificados como:

- a) eutróficos ou férteis, quando o valor da saturação de bases (V%) é ≥ 50 . Ou seja, a maior parte destes nutrientes encontram-se proporcionalmente ao seu volume numa dada superfície disponível para a trocas; e

- b) distróficos ou pouco férteis, $V\% \leq 50\%$. Isso significa que há pequena quantidade de cátions não tóxicos saturando as cargas negativas dos coloides e que a maior parte delas está sendo neutralizada por H^+ e Al^{3+} .

Solos distróficos provavelmente serão ácidos, com elevados níveis de alumínio. São solos comuns em regiões tropicais, onde os solos são arenosos e lixiviados (SANCHEZ, 1985; KAMPRATH, 1967; SZOTT et al., 1991) a exemplo dos latossolos amazônicos.

O potássio ativa grande quantidade de enzimas nas plantas, responsáveis pelo metabolismo energético e de açúcares, bem como pela fotossíntese. Ele também reduz a perda de água dos estômatos das folhas e permite que as raízes absorvam mais água do solo, sendo fundamental para ajudar as plantas a suportarem estresses ambientais (BRADY & WEIL, 2013) e ataque de pragas e doenças, comuns na Amazônia (FEARNSIDE, 1997).

Dentre os principais problemas sobre o potássio estão sua grande quantidade relativamente indisponível para as plantas superiores, por ocorrer principalmente em estado mineral e não orgânico; possui maior mobilidade se comparado ao fósforo, estando sujeito a lixiviação (LEPSCH, 2011); e sua remoção pelas plantas é alta, principalmente se há abundância do elemento disponível (BRADY & WEIL, 2013). Isso pode fazer com que as plantas absorvam muito deste elemento e assim, deprimam a absorção de Ca^{2+} e Mg^{2+} causando desequilíbrios nutricionais, complementam os autores.

O cálcio é um macronutriente essencial para todas as plantas e sua abundância e distribuição nos solos influencia diretamente na composição de espécies e produtividade dos ecossistemas terrestres (BRADY & WEIL, 2013). Na Amazônia, cujo solos são ácidos (SANCHEZ, 1985), a relação e uso e ocupação das terras, principalmente para fins agrícolas, deve ser pensada, uma vez que esta condição se dá principalmente pela ausência do elemento, o que torna os ambientes tóxicos para maioria das plantas (FEARNSIDE & LEAL FILHO, 2001).

Outro problema relacionado ao cálcio é sua mobilidade (BRADY & WEIL, 2013). O elemento é facilmente lixiviado (RONQUIM, 2010). Assim, fatores como elevados índices pluviométricos, combinado com solos arenosos, desmatamentos e cultivos sem cobertura de solo provocam a perda do nutriente (MACHADO, 2001), acidificando os solos (LOPES & GUILHERME, 1994). Esse processo também impacta o funcionamento ecológico das florestas (BRADY & WEIL, 2013) e empobrece ainda mais os solos, inclusive com depleção dos teores associados de magnésio, tornando mais oneroso o processo produtivo, quando reversível (FEARNSIDE, 1997; 1998).

A necessidade de se estabelecer determinada relação entre os teores de Ca/Mg nos solos tem gerado polêmica (RAIJ et al., 1997). Hernandez & Silveira (1998) apontaram significativas diferenças no crescimento e produção de plantas quando submetidas a maiores concentrações de Ca/Mg, corroborando os dados de outros pesquisadores (VELOSO et al., 2001; ANDREOTTI et al., 2001). Entretanto, Raij et al. (1997) e Rosolem et al. (1984) apontam que, se não houver teores deficientes nos solos de nenhum dos elementos (Ca/Mg), as culturas não serão afetadas e essa relação não é preponderante para o desenvolvimento dos cultivos. A maioria das culturas apresenta boa produtividade em solos com saturação de bases entre 50 e 80% (RONQUIM, 2010).

6.8.2. TOXIDADE POR ALUMÍNIO

O alumínio no solo é considerado o inimigo número um de todas as culturas (RONQUIM, 2010). Ele afeta não apenas as plantas, mas bactérias, como as responsáveis pelas transformações no ciclo do nitrogênio (BRADY & WEIL, 2013).

De acordo com Kamprath (1967) ele é um dos maiores limitantes ao crescimento das plantas, afetando não apenas as culturas de ciclo curto (CAMARGO et al., 1975; RAUEN et al., 1976), mas as de ciclo longo que necessitam absorver nutrientes em profundidades maiores dos solos (RAIJ et al., 1997).

O teor de alumínio (Al^{3+}) no solo influencia as taxas de absorção de cálcio (Ca^{2+}) e fósforo pelas plantas (VALLADARES et al., 2011). Uma vez que o alumínio solubilizado ocupa um número elevado dos poucos sítios de ligação que existem nos componentes dos solos (FEARNSIDE & LEAL FILHO, 2001). O Al^{3+} também acumula-se nas raízes, danificando as membranas de suas células e restringindo sua capacidade de expansão (BRADY & WEIL, 2013). Isso impede a absorção e translocação de P e Ca^{2+} para as partes aéreas das plantas (SANCHEZ, 1985).

O teor de alumínio guarda estreita relação com a quantidade de matéria orgânica contida no solo. A presença de íons de alumínio diminui à medida em que a matéria orgânica aumenta (LOPES & GUILHERME, 1994; RONQUIM, 2010). Por isso, as práticas de manejo em solos tropicais devem ser enfatizadas, uma vez que são responsáveis por melhor estruturação e estabilidade dos agregados dos solos (GUERRA, 1990), o que evita erosão, imobilização e liberação de nutrientes, oferta de sítios de troca catiônica e estocagem de carbono (CRASWELL & LEFROY, 2001).

Ambientes tropicais onde há intensa remoção das bases, faz com que os íons de alumínio sejam liberados, aumentando os valores de saturação, ou seja aumentando a quantidade de alumínio em relação as bases (RONQUIM, 2010). Fearnside & Leal Filho (2001) e Ronquim (2010) apontam que a melhor forma de se avaliar corretamente a toxidez deste elemento seja através de sua saturação (m%). Pereira & Lombardi Neto (2004) utilizam um fator adicional, que é a capacidade de troca catiônica (CTC), pois consideram este critério complementar que auxilia as interpretações sobre as limitações dos solos, sendo de grande importância para estudos de fertilidade e nutrição de plantas (REICHARDT, 1985).

6.8.3. ACIDEZ DOS SOLOS

Pode-se dizer que a acidez dos solos é um processo natural, decorrente de seu material de origem, pobre em bases ou do seu “envelhecimento” (LOPES et al., 1991). Os solos também podem ter sua acidez aumentada por fatores antrópicos (RONQUIM, 2010).

A acidificação pode ocorrer por fatores climáticos ou pelo uso agrícola. Nos trópicos esse é um processo intenso e característico da maioria dos solos (LEPSCH, 2011). Conforme aumentam a radiação solar e os índices de precipitação, os solos tendem a se acidificar, devido ao incremento da percolação, causando lixiviação dos cátions básicos (SANCHEZ, 1985; SZOTT et al., 1991).

Nas áreas agricultadas dois fatores contribuem. Os solos ficam geralmente mais expostos ao intemperismo, devido a diminuição da cobertura vegetal, causando um pronunciado aumento da lixiviação. Outro motivo é que as plantas absorvem os cátions básicos da solução do solo em suas raízes, não os repondo, uma vez que são retiradas nas colheitas (LEPSCH, 2011). O emprego de técnicas de manejo para cobertura dos solos a fim de evitar incidência direta de radiação e precipitação, como a “palhagem”, pode ajudar a evitar esse processo (RUBIO, 2010; GONÇALVES et al., 2003; VOLK et al., 2004; GUERRA & BOTELHO, 1996).

De acordo com Lopes et al. (1991) um solo ácido ($\text{pH} < 7$) indica que há uma elevada quantidade íons de hidrogênio (H^+) existentes no solo e poucos íons de cálcio, magnésio e potássio adsorvidos em seus complexos coloidais de troca (RONQUIM, 2010). Essa relação oferece informações sobre condições químicas do solo, como pobreza em cálcio e magnésio, elevado teor de alumínio tóxico, excesso de manganês e alta fixação de fósforo nos coloides do solo (LOPES & GUILHERME, 1994).

A acidez é uma das características contantes na maioria dos solos da Amazônia (KAMPRATH, 1967; SANCHEZ, 1985). Calcula-se que apenas 15% dos solos amazônicos sejam eutróficos (LEPSCH, 2011).

Para fins agrícolas o problema da acidez pode ser corrigido com a calagem (RONQUIM, 2010). Assim, haverá diminuição dos íons de hidrogênio e alumínio trocáveis pela saturação do complexo de troca, aumento do pH e também do número de sítios negativos. Mais cátions estarão disponíveis para serem adsorvidos (LOPES et al., 1991; LOPES & GUILHERME, 1994).

Portanto, com a aplicação do calcário ocorre a neutralização do alumínio trocável, aumentando a saturação por bases (V%). Com a neutralização de parte do hidrogênio adsorvido, há a elevação do pH no solo. A calagem proporciona diversos benefícios como a elevação do pH, neutralização do alumínio, aumento dos teores de cálcio e magnésio, da disponibilidade de fósforo e da atividade de microrganismos, podendo inclusive, melhorar propriedades físicas de alguns solos (RONQUIM, 2010).

Outra forma comumente usada por agricultores familiares para diminuição da acidez dos solos são as queimadas. De acordo com Spera et al. (2000) e Fearnside (1986;1998) as queimadas aumentam o pH do solos e a disponibilização de nutrientes, mesmo que temporariamente.

6.8.4. FÓSFORO TROCÁVEL

O fósforo trocável é o elemento cuja a carência mais limita a produção agrícola, principalmente de culturas anuais (MALAVOLTA, 1980). Ele é responsável por processos fundamentais da fotossíntese, pela fixação de nitrogênio, floração, frutificação e maturação. É ele quem controla o armazenamento de energia e sintetiza as proteínas nas plantas (BRADY & WEIL, 2013).

As regiões tropicais possuem de modo geral, solos pobres em fósforo (PEREIRA & LOMBARDI NETO, 2004). Na Amazônia, estes teores são baixos em praticamente todos os solos (FEARNSIDE, 1998; SANCHEZ, 1985). Um dos motivos apontados por Kamprath (1967) e Valladares et al. (2011) é que o P existente se encontra em compostos altamente insolúveis de ferro e alumínio.

A correção da escassez de fósforo torna-se um problema adicional devido a alta capacidade de fixação dos solos tropicais (VALLADARES et al., 2011). Solos tropicais apresentam alta capacidade de "fixação" por possuírem elevados teores de ferro, alumínio,

manganês e cargas positivas que vão reter fortemente o fósforo (LOPES & GUILHERME, 1994), sendo estas taxas ligadas às características dos solos com relação a acidez e quantidade de matéria orgânica (FEARNSIDE, 1998) e os valores de pH situados abaixo de 5,5 são geralmente associados à diminuição do nutriente e favorecem sua fixação. Além disso, Frota (1973) aponta para valores de fixação do fósforo de até 90%, podendo chegar na Amazônia a 95% (FALCÃO & SILVA, 2004).

Com o exposto, se comparado a outros macronutrientes, sua concentração na solução solo é baixa, variando de 0,001 mg/L, em solos de baixa fertilidade a aproximadamente 1mg/L em solos férteis (BRADY & WEIL, 2013).

A textura dos solos também influencia na adsorção do fósforo (REICHARDT, 1985). Solos argilosos tendem a adsorver mais fósforo (VALLADARES et al., 2003) que os solos arenosos (THOMAZI et al., 1990).

6.9. VULNERABILIDADE NATURAL À EROSÃO - PROCESSOS EROSIVOS ACELERADOS

A erosão representa hoje um dos maiores problemas a ser enfrentado atualmente no mundo, uma vez que implica em questões ambientais, econômicas e sociais (GUERRA, 2005a; BERTOL et al., 2007; ROOSE, 2010). Calcula-se que hoje, a erosão acelerada de solos, tanto pelas águas como pelo vento, seja responsável por 56% e 28%, respectivamente da degradação no mundo (BOARDMAN, 1999). Isso significa um impacto de 5 a 10 milhões de hectares atingidos por erosão acelerada por ano (KERR, 1998). No Brasil, estima-se que o impacto da erosão ocasionado pelo uso agrícola das terras no Brasil é da ordem de R\$ 9,3 bilhões anuais (SBPC, 2011).

Esse dado é ainda mais relevante para os países em desenvolvimento, pois são os que mais impactam o meio (GUERRA, 1990, 2005b), são os que menos possuem condições de implementar tecnologias de conservação acessíveis à agricultura familiar e são extremamente dependentes do solo para produção de alimentos, sejam para troca mercantil ou subsistência (SABOURIN, 2009).

Os processos erosivos estão ligados a uma série de fatores como clima, textura dos solos, relevo, drenagem, cobertura vegetal e formas de manejo dos solos (GUERRA, 1990; GONÇALVES et al., 2003; BIGARELLA et al., 2007).

No Brasil, segundo Gonçalves et al. (2003), os processos erosivos acelerados estão intimamente ligados ao desmatamento, manejos inadequados, como uso de queima de floresta e resíduos vegetais em áreas de fronteiras.

Por isso, é um difícil problema a ser resolvido uma vez que decorre da integração de inúmeros fatores do meio físico e da complexidade de organização das populações (ROOSE, 2010). Os processos erosivos possuem distintas escalas temporais e espaciais. Pode resultar em consequências diretas no ambiente onde são produzidos – *on site* - como perda de solos, ravinamento e voçorocamento (GUERRA, 1990), como podem impactar áreas a diferentes distâncias a exemplo do assoreamento e poluição de corpos hídricos, chamados de impactos *off site* (GUERRA & MENDONÇA, 2004; ROOSE, 2010).

Ainda sobre os impactos, estão intimamente ligados à transferência de populações, sendo apontado como um dos principais motivos para migrações no mundo hoje (WRIGHT, 2012). Geram diminuição da capacidade produtiva dos solos (GUADAGNIN et al., 2005; GONÇALVES et al., 2003) e emitem carbono para atmosfera (FEARNSIDE, 2008b, 2010; OSTERKAMP et al., 2012; RUBIO, 2010).

6.10. FATORES QUE INFLUENCIAM NOS PROCESSOS EROSIVOS ACELERADOS

Os fatores controladores dos processos erosivos são aqueles que determinam as variações nas taxas de erosão - clima, geologia, relevo, solos, cobertura vegetal e uso do solo (BIGARELLA et al., 2007; GUERRA, 1990). É por causa da interação desses fatores que certas áreas erodem mais que outras. A intervenção do homem pode alterar esses fatores e conseqüentemente, apressar ou retardar os processos erosivos (TRICART, 1977).

Dessa forma, para encontrar soluções adequadas ao problema da erosão, é necessário pesquisar as inter-relações dos fatores contribuintes, pois ainda que alguns não possam ser modificados diretamente, todos podem ser controlados, compreendendo-se bem a forma como atuam (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005; ARAÚJO et al., 2007).

Nesta perspectiva, o estudo do meio físico pode subsidiar planejamentos que incorporem o componente da capacidade de suporte a fim de se evitar ou amenizar a atuação de processos degradantes como a erosão acelerada superficial (MAFRA, 2005; CUNHA & GUERRA, 2006; BOTELHO, 2005).

No caso da Amazônia, o processo erosivo hídrico deve ser visto com especial atenção dada sua posição no trópico onde os índices pluviométricos são bem mais elevados que em outras regiões do planeta (TOLEDO & MATTOS, 2003) e a energia aplicada sobre o solo pode acarretar substanciais perdas de solo (MAFRA, 2005).

O volume e a velocidade da enxurrada dependem da intensidade, duração e frequência das chuvas, (LOMBARDI NETO & MORDENHAUER, 1992), bem como da cobertura do solo, declividade e manejo sob os quais ele está submetido (GUADAGNIN, et al., 2005; TOLEDO & MATTOS, 2003). Com relação a precipitação (BIGARELLA et al., 2007), a intensidade é o fator pluviométrico mais importante na erosão (BERTOL et al., 2007; LOMBARDI NETO & MORDENHAUER, 1992).

As gotas de chuva que caem sobre o solo contribuem para o processo erosivo pelo menos por três formas: (a) desprendem partículas de solo no local que sofre o impacto; (b) transportam, por salpicamento, as partículas desprendidas; (c) imprimem energia, em forma de turbulência, à água superficial (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

Os ventos também contribuem no processo de erosão. Eles alteram o ângulo de queda das gotas de água das chuvas contra a superfície do terreno, imprimindo-lhes maior velocidade, aumentando o seu poder desagregador, além de influenciar a evaporação da água (ASSIS, 1980; GUERRA, 2005b; LAL, 1994).

A temperatura influi sobre o grau de umidade do solo, sendo alta favorece a evaporação e a transpiração, deixando o solo mais seco e com maior capacidade de absorver água. Sendo baixa inverte-se a situação. Esse fator tem maior ou menor importância nos processos erosivos dependendo de outras variáveis como as propriedades do solo, a saber: densidade, porosidade, teor de matéria orgânica, estabilidade dos agregados e textura (GUERRA, 1990; GUERRA & BOTELHO, 1996).

Por isso, a vegetação, não apenas no solo, mas sobre o solo, bem como manejos adequados em áreas que foram desflorestadas são fundamentais para evitar a perda de massa, nutrientes e água no perfil (BIGARELLA et al., 2007; VOLK et al., 2004; RUBIO, 2010; GONÇALVES et al., 2003; GUERRA, 1990; GUERRA & BOTELHO, 1996).

A floresta cumpre as funções de evitar o impacto direto sobre os solos, diminuindo o efeito energético das gotas de chuva (ARAÚJO et al., 2007; GUERRA, 1990), como também contribui para que o escoamento seja mais lento, permitindo ao solo melhor absorção do volume de água sobre sua superfície (GUERRA & MENDONÇA, 2004; GUERRA & BOTELHO, 1996; GUADAGNIN et al., 2005).

Com água no sistema disponível por mais tempo e menor perda, há mais umidade relacionada, maior deterioração de matéria orgânica no solo (MOS), aumento da MOS e de microrganismos no solo, melhoras na sua aeração (LUIZÃO, 2007; PIMENTEL et al., 1995), tanto pela fauna quanto pelo perfil heterogêneo estratificado das raízes, beneficiando, conseqüentemente, o processo de infiltração, disponibilidade de água, inclusive nos mananciais, estabilidade de agregados (GUERRA, 1990) e a retroalimentação deste ciclo (GONÇALVES et al., 2003).

Ou seja, em locais onde as características físicas e químicas dos solos mostram-se extremamente limitantes para a agricultura, como no caso da Amazônia (FEARNSIDE, 1993, 1997; FEARNSIDE & LEAL FILHO, 2001) a manutenção da floresta e de seus serviços ambientais tornam-se ainda mais importantes frente as formas de uso e ocupação pensadas para a região, pois esta se constitui não apenas na melhor forma de evitar a erosão, mas de manter o equilíbrio do ambiente (ROOSE, 2010; RUBIO, 2010; OSTERKAMP et al., 2012).

Outros fatores determinantes são os geológicos (COSTA & NUNES, 2007). A decomposição e desintegração da rocha matriz fornece matéria prima para a formação dos solos. Os solos serão expressão das características das rochas que o originaram e do tempo de sua formação (GUERRA & BOTELHO, 1996). Isso significa que o mesmo tipo de material sob condições intempéricas diferentes pode originar diferentes tipos de solos.

Deve-se também observar o estado de tensão. A diminuição do peso da cobertura sobre as rochas tende a aliviar a pressão exercida, causando desagregação do material. A forma e intensidade variam de acordo com a composição destes (MIOTO & COELHO, 1998).

Esse fator terá grande importância em diferentes escalas, exercendo diferentes influências desde a morfoestrutura até os menores táxons (ROSS, 2009). Refletirá desde a inomogeneidade morfoestrutural (MIOTO & COELHO, 1998) que por sua vez influenciará na morfoescultura, modelado, formas individualizadas, partes destas formas e processo atuais, inclusive antrópicos (ROSS, 2009).

Ainda sobre a relação cobertura/geologia, esta exerce um outro papel importante, uma vez que a resistência das rochas à erosão é consequência da sua natureza mineral e estrutura submetida a processos intempéricos em duas situações distintas (SKINNER et al., 2004; TOLEDO et al., 2009). A primeira quando se encontra coberta pela camada de solo. A segunda quando, por algum motivo, ela aflora na superfície e passa a sofrer o impacto direto das águas da chuva e da ação do vento, entre outros agentes intempéricos

(CARVALHO, 1994). Quando aflora, ela passa a sofrer uma ação desgastadora mais intensiva do que quando se encontra sob o solo (BIGARELLA et al., 2007).

Carvalho (1994) aponta que a taxa de erosão desse tipo de material é muito variável, tanto quando se encontra coberto como quando se encontra descoberto. Depende da composição química e da consistência dos materiais, do comportamento na infiltração e no escoamento da água, da espessura da camada de rocha, da declividade e das fraturas existentes, além das características dos agentes intempéricos do local.

Segundo Crepani et al. (2001), o grau de coesão das rochas é um fator da participação da geologia nos processos controladores, uma vez que em rochas pouco coesas prevalecem os processos modificadores das formas de relevo, enquanto que nas rochas bastante coesas prevalecem os processos de formação de solos.

A influência do relevo nos processos erosivos superficiais está diretamente relacionada ao ângulo da encosta, seu comprimento e sua forma (GUERRA, 2005b; ARAÚJO et al., 2007; GUERRA & BOTELHO, 1996; ROOSE, 2010). Estes fatores devem ser analisados sempre em conjunto. Mas não se pode deixar de mencionar que as formas de relevo são indicadoras das variações dos atributos dos solos, pois essa variabilidade é causada em função de alterações do declive, que por sua vez, afetam os processos de formação dos solos, bem como o transporte e o armazenamento de água no perfil de solo (SANCHEZ et al., 2009).

O tamanho e a quantidade do material em suspensão arrastado pela água dependem, da velocidade com que ela escorre, e essa velocidade é uma resultante do comprimento do lançante e do grau de declividade do terreno. Entretanto, a medida que a declividade aumenta, diminui a densidade de ravinas e o processo de transporte de materiais (GOVERS & POESEN, 1988). Pelo fato das chuvas serem grandes agentes causadores de erosão, solos de granulometria fina a média, desprovidos de vegetação em ambientes secos estão sujeitos a maior influência da gravidade, pois tendem a perder coesão, desagregando material superficial (SANCHEZ et al., 2009). Este material torna-se mais suscetível a erosão eólica e hídrica (ARAÚJO et al., 2007)

Outro fator importante é a capacidade de infiltração do solo, uma vez que excedida esta capacidade e a depender da intensidade e temporalidade das chuvas implicará em transporte de água na superfície e na espessura desta lâmina (BIGARELLA et al., 2007). É também em função da forma, a inclinação e o tamanho da rampa que se definirá quanta água infiltra-se no solo (TOLEDO et al., 2009).

O comprimento de rampa não é menos importante que o declive, pois à medida que o caminho percorrido vai aumentando, não somente as águas vão se avolumando proporcionalmente como, também, a sua velocidade de escoamento vai aumentando progressivamente. Em princípio, quanto maior for o comprimento da rampa, mais enxurrada se acumula e a maior energia resultante se traduz por uma erosão mais intensa (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

A forma das encostas é outro fator que tem papel importante na erodibilidade dos solos. Roose (2010) aponta que este é o principal fator a ser considerado em avaliações sobre perda de solos. Tais estudos são fundamentais, pois entendimento das formas da paisagem podem subsidiar a identificação preferencial dos fluxos de água, bem como apoiar a compreensão sobre os fatores formadores de solos e suas propriedades (SOUZA et al., 2003; SANCHEZ et al., 2009) a partir de sua deposição (OSTERKAMP et al., 2012).

Morgan (1986) e Toledo et al. (2009) destacam a importância das cristas longas, mas com encostas curtas convexo-côncavas, como sendo características morfológicas que propiciam à erosão dos solos. Ainda de acordo com Morgan (1986), em encostas muito íngremes, a erosão pode diminuir devido ao decréscimo de material disponível.

O aspecto das formas é fundamental, entretanto não pode ser parâmetro único, analisado isoladamente. Deve ser integrado ao todo, declividade, composição do solo e sua profundidade, vegetação, matéria orgânica, capacidade de infiltração e retenção de água como fatores atuando de forma complexa e interdependentes. Mudanças em apenas uma destas variáveis podem impactar e alterar um dos demais componentes do sistema ou todos (PIMENTEL et al., 1995).

Falar em erosão superficial acelerada nos trópicos certamente leva a se falar dos solos. Por isso as condições físicas de superfície desempenham um papel primordial dificultando ou facilitando a remoção de partículas (VOLK et al., 2004). A resistência do solo ao processo de erosão e consequência do tipo de solo e de suas características físicas, tais como, textura, estrutura, porosidade, permeabilidade, profundidade, e teor de matéria orgânica (GUERRA, 1990; ROOSE, 2010; RUBIO, 2010, PIMENTEL et al., 1995; BARTHES et al., 1999).

A erosão atua de maneira diferenciada em solos com características físicas e químicas distintas (GUERRA & BOTELHO, 1996). As propriedades físicas, principalmente estrutura, textura, permeabilidade e densidade, assim como as características químicas e biológicas do solo exercem diferentes influências na erosão (GONÇALVES et al., 2003; PIMENTEL & KOUNANG, 1998). Suas condições físicas e

químicas, ao conferir maior ou menor resistência à ação das águas, tipificam o comportamento de cada solo exposto a condições semelhantes de topografia, chuva e cobertura vegetal (SANCHEZ et al., 2009).

Assim sendo, o solo é a principal fonte de produção de alimentos no mundo. Contudo a erosão constitui-se no maior problema ambiental e agrícola no mundo hoje. Ao passo em que 1 tonelada de solo por hectare demora para ser formado 1000 anos, atualmente a taxa média de perda de solos por erosão no mundo é de 17 toneladas por hectare/ano (PIMENTEL et al., 1995).

Lal & Stuart (1990) estimaram as perdas de solos na Índia em cerca 6,6 bilhões de toneladas por ano. Wen (1993) fez o cálculo para a China e chegou a 5,5 bilhões de toneladas de solos cultiváveis perdidos todos os anos. Bertoni & Lombardi Neto (2005) calculam que São Paulo, estado brasileiro com, teoricamente, maior nível de desenvolvimento sócio-técnico-cultural perca anualmente mais de 130 milhões de toneladas de solos agrícolas. O Brasil gasta todos os anos mais de R\$ 9 bilhões com problemas ocasionados por erosão em terras agrícolas (SBPC, 2011). Barbosa & Fearnside (2000) obtiveram valores de perda de solos para estudo no norte da Amazônia de 1.128 kg/ha/ano em pastagem, valor 750% maior se comparado com a perda de solos em floresta primária, de 150 kg/ha/ano.

Dentre estes fatores as mais importantes são aquelas que determinam a qualidade estrutural, ou qualidade do espaço poroso do solo notadamente a agregação e estabilidade dos agregados e a porosidade total e distribuição do tamanho dos poros (VOLK et al., 2004). Assim sendo, granulometria (SOUZA et al., 2003; SANCHEZ et al., 2009), mineralogia e a relação de matéria orgânica oferecem excelentes indicativos sobre o potencial de erosividade de um solo (GUERRA, 1990; RUBIO, 2010; PIMENTEL & KOUNANG, 1998).

A textura, ou seja, o tamanho das partículas é um dos fatores que influem na maior ou menor quantidade de solo arrastado pela erosão (VOLK et al., 2004; SANCHEZ et al., 2009). Assim por exemplo, o solo arenoso, com espaços porosos grandes, durante uma chuva de pouca intensidade, pode absorver toda água, não havendo, portanto, nenhum dano. Entretanto como possui baixa proporção de partículas argilosas que atuam como um agregador entre as partículas grandes, pequena quantidade de enxurrada que escorre na sua superfície pode arrastar grande quantidade de solo. Solos com granulometria arenosa tendem a ser mais suscetíveis a erosão (BIGARELLA et al., 2007). Já no solo argiloso, com espaços porosos bem menores, a penetração da água é reduzida, escorrendo mais na

superfície, mas a força de coesão das partículas é maior, o que faz aumentar a resistência à erosão (GUERRA, 2005b).

A estrutura, ou seja, o modo como se arranjam às partículas de solo, também é de grande importância na quantidade de solo arrastado pela erosão. Há dois aspectos de estrutura do solo a serem considerados: a propriedade físico-química da argila que faz com que os agregados permaneçam estáveis em presença da água e a propriedade biológica causada pela abundância de matéria orgânica (GUERRA, 1990, 2005b; GUERRA & BOTELHO, 1996).

A quantidade de matéria orgânica no solo é de grande importância no controle da erosão (RUBIO, 2010; PIMENTEL et al., 1995; PIMENTEL & KOUNANG, 1998). Nos solos argilosos, modifica-lhes a estrutura, melhorando as condições de arejamento, infiltração e de retenção de água. Isso é explicado pelas expansões e contrações alternadas que redundam de seu umedecimento, firmando a estrutura e diminuindo o tamanho dos poros. Esse processo aumenta a capacidade de retenção da água, aumentando assim a infiltração, que resulta em diminuição nas perdas por erosão (GUERRA, 2005b).

Um estudo realizado por Bertoni et al., (1972) mostrou o efeito do tipo de solo nas perdas por erosão, com médias na base de 1.300 mm de chuva e declives entre 8,5 e 12,8% onde o solo arenoso teve perda de solo de 21,1 t/ha e 5,7% de água, o solo argiloso teve perda de solo de 16,6 t/ha e 9,6% de água e o solo de terra roxa teve perda de solo de 9,5 t/ha e 3,3% de água.

A cobertura vegetal, como já dito, é a defesa natural de um terreno contra erosão. O efeito da vegetação pode exercer uma proteção direta contra o impacto das gotas da chuva (OSTERKAMP et al., 2012; BIGARELLA et al., 2007; TOLEDO & MATOS, 2003; PIMENTEL et al., 1995; PIMENTEL & KOUNANG, 1998).

A decomposição das raízes das plantas formam canalículos no solo, aumentam a infiltração da água, melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água e diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície (GUERRA, 2005a; GONÇALVES et al., 2003).

O fator mais importante na velocidade da infiltração é a cobertura vegetal que está no solo durante a chuva. Se uma chuva intensa cai quando o solo não está protegido pela cobertura vegetal ou pela cobertura morta, sua camada superficial fica comprimida pelo impacto das gotas de chuva e a infiltração é reduzida. Porém, se essa chuva cai quando há boa cobertura vegetal, o solo permanece como boa permeabilidade e terá maior velocidade

de infiltração (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005; LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER, 1992; GUADAGNIN et al., 2005).

Somados aos demais fatores, estão as atividades antrópicas (ROSS, 2009). Os usos do solo devem ser fortemente considerados como fatores que influenciam processos erosivos, pois interferem de modo significativo na condição de erosividade dos solos (GUADAGNIN et al., 2005; ROOSE, 2010; VOLK et al., 2004; BECKER & EGLER, 1996).

O manejo do solo é consequência da atividade do homem na sua forma de conduzir a exploração agrícola, como por exemplo, sistema de preparo, de plantio e de condução das culturas. Portanto, o efeito do uso do solo sobre a erosão é uma consequência da combinação de todas as relações das variáveis citadas anteriormente e manejo do solo (COSTA & NUNES, 2007; ARAÚJO et al., 2007; TOLEDO et al., 2009; TRICART, 1977).

No uso contínuo do solo, sem práticas conservacionistas, as condições físicas dos solos alteram-se com a desestruturação do solo, seja pela desagregação superficial ou pela compactação subsuperficial, reduzindo drasticamente as condições de infiltração e incrementando a erosão (BIGARELLA & MAZUCHOWSKI, 1985; VOLK et al., 2004).

As diferenças em erodibilidade do solo sugerem que suas propriedades e as práticas ocasionadas pelo uso do solo, especialmente o cultivo, são da maior importância no processo de erosão pela água (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005). Submetido à agricultura o solo passa a comportar-se de modo diferente sofrendo desgaste e empobrecimento causado pela retirada de nutrientes pela colheita, lixiviação e erosão (ASSIS, 1980).

As atividades humanas, especialmente a agricultura, tendem a provocar mudanças no teor de matéria orgânica do solo (RUBIO, 2010; PIMENTEL et al., 1995; PIMENTEL & KOUNANG, 1998; GUERRA, 1990, 2005a; GUERRA & BOTELHO, 1996). Essas atividades, sem suprimentos de fertilizantes, geralmente levam à redução de matéria orgânica, que, em consequência provoca mudança em outras propriedades do solo. O decréscimo de matéria orgânica possui várias implicações nos processos mecânicos da erosão (GUERRA & CUNHA, 2006).

As formas de erosão relacionam-se igualmente ao uso do solo, envolvendo muitas vezes, perdas significativas de solos, como por exemplo, em solos de florestas queimadas ou submetidas ao pastoreio, podem produzir escoamento superficial em declives e entupimento dos poros por partículas finas provocado pela energia da gota d'água

(SOARES, 2004). Outro exemplo relacionado a perda de solos pode ser dado com a plantação de algodão com estimativas de perdas de 26,6 toneladas por hectare/ano, contrapondo a mata virgem com apenas 0,004 toneladas por hectare/ano (Tabela 8).

Tabela 8. Perdas de solo em toneladas por ha/ano para diferentes culturas. Fonte: adaptado de Bertoni et al. (1972).

Tipo de exploração	Perdas de solo t/ha/ano
Mata nativa	0,004
Reflorestamento	0,04
Pastagem formada	0,4
Cafezal 4x4 m	0,9
Algodão	26,6
Feijão	38,1

6.11. ZONEAMENTO AMBIENTAL E SUA IMPORTÂNCIA PARA O ORDENAMENTO TERRITORIAL

Há muito tempo a sociedade busca conhecer e selecionar áreas para definir onde desenvolverá suas ações produtivas, implantará infra-estruturas e onde fará suas reservas (FRITZONS & CORREA, 2009). Ou seja, há tempos nosso conhecimento é usado de diferentes formas e a partir de interesses distintos (SANTOS, 2008b) a depender no nível de desenvolvimento tecnológico de cada sociedade para planejar e fazer a gestão do seu Território. Território é entendido aqui não apenas como espaço de relação de poder, mas espaço necessário a transmissão cultural no qual os participantes possuem elos de identidade e de sentimento de pertencimento a um dado lugar (HAESBAERT, 2006).

O planejamento de um dado território poderá ser melhor sucedido a depender das possibilidades de levantamento de informações, cruzamento e interdisciplinaridade envolvidos (BECKER & EGLER, 1996) e novamente, interesses daqueles que detêm o poder sobre um dado Território. Conhecer seus limites, aptidões, saber planejar estrategicamente onde os fixos serão instalados, não apenas como forma de minimizar impactos positivos, mas principalmente poder arranjar espacialmente as formas para que os fluxos circulem e permitam que as estruturas cumpram suas funções. Estas são questões fundamentais da sociedade atual para gerar os processos previamente pensados posto que não há natureza/espaço sem intencionalidade (SANTOS, 2007, 2008b).

Ainda sobre a importância de tais estudos, com efeito a gestão dos recursos naturais e as intervenções humanas, é necessário que possamos determinar as taxas aceitáveis de extração de recursos sem degradação dos ecossistemas ou determinar quais as medidas a serem tomadas para permitir a máxima extração sem degrada-lo

(VALLADARES et al., 2011). Para isso é necessário conhecer um dado ambiente e seu funcionamento (TRICART, 1977). A eficiência da gestão ambiental de um território depende em grande parte de levantamentos e estudos sistemáticos prévios sobre os principais elementos e condicionantes do meio físico (OHARA et al., 1996, 2003; JIMÉNEZ-RUEDA et al., 1993, SANTOS et al., 2007).

Uma das várias formas desenvolvidas socialmente para compreensão do meio ambiente (a sociedade, incluída e indissociável) e, principalmente, em como utilizar seus recursos a partir de análises que considerem o passado e sua evolução até o presente, momento diagnóstico para prognosticar usos futuros são os zoneamentos (ROSS, 2009; BACANI & LUCHIARI, 2014). Há um crescente número de trabalhos de zoneamentos que buscam oferecer novas soluções metodológicas em relação ao planejamento e gestão ambiental no sentido de compreender e mitigar as influências antrópicas sobre os processos naturais (FRITZSONS & CORREA, 2009).

Sobre os zoneamentos, verifica-se na literatura a existência de diversas metodologias através de análises do meio físico aplicadas ao planejamento territorial e/ou ambiental (SILVA & SANTOS, 2004; PIRES NETO, 1995).

Dentre estas se destacam a aplicação de diferentes técnicas para fins de zoneamento com base no meio físico realizadas por Ohara et al. (1996), Rodrigues (2000), Santos et al., (2007), Silva & Maniesi (2005), Della Justina (2009), Lisboa (2001) e de desenvolvimento de vários métodos, como o Zoneamento Geotécnico (VEDOVELLO, 1993), Zoneamento Agroecológico proposto por Silva et al. (1993), Zoneamento Pedoclimático desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA (1999), Zoneamento Socioeconômico e Ecológico para Amazônia Legal, desenvolvido pela Secretaria de Assuntos Estratégicos (BECKER & EGLER, 1996), Zoneamento Ambiental a partir de uso de sensoriamento remoto, proposto por Crepani et al. (1996; 2001) e Zoneamento Ambiental, método proposto por Jimenez-Rueda (1991).

A antropização também é um fator que deve ser fortemente considerado neste processo, pois pode acelerar ou mesmo modificar ambientes de tal forma que predominem dinâmicas morfogenéticas e não pedogenéticas (TRICART, 1977). Nesta dinâmica quando predomina a morfogênese prevalecem os processos erosivos, modificadores das formas de relevo, e quando predomina a pedogênese prevalecem os processos formadores de solos. Essas alterações ou interferências humanas podem tornar ambientes produtivos em degradados segundo o autor. Pesquisas desenvolvidas em Rondônia demonstram exemplos

disso, como pode visto em Lisboa (2001), Guimarães (2001), Gomes (2009), Silva & Maniesi (2005).

Como proposta de apoio metodológico para ações de planejamento o zoneamento ambiental, elaborado a partir de estudos integrados do meio físico, pode subsidiar formas de ordenamento territorial que orientem o uso de acordo com limites e aptidões de cada ambiente (BACANI & LUCHIARI, 2014) levando em consideração aspectos econômicos e culturais (GUIMARÃES, 2001).

O zoneamento permite esta interdisciplinaridade e uma abordagem complexa (MORIN, 2004, 2008; VITTE, 2007a; VITTE, 2007b) que prime não apenas pela análise das partes, mas dos elementos integrados e interagindo entre si. Esta abordagem nos permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade da análise – inerente a própria ciência e seus métodos de investigação – e a necessidade, contrária, de uma visão de conjunto, mais pertinente ao se falar em meio ambiente (TRICART, 1977). O cruzamento das informações geológicas, geomorfológicas resultarão na evidência de fatores e propriedades que definem as unidades homólogas (JIMÉNEZ-RUEDA & MATTOS, 1992).

No caso em questão, a compreensão das zonas ambientais orientará uma proposta de planejamento do uso e ocupação no entorno da Flona que poderá auxiliar na prevenção e mitigação de impactos ambientais de retroalimentação positiva e indicar ambientes propícios as muitas necessidade das populações, tais como: i) deposição de resíduos ou instalação de fossas, a fim de evitar a contaminação de aquíferos superficiais e profundos; ii) alteração de ambientes naturalmente mais suscetíveis à erosão, iii) práticas agropecuárias itinerantes pelo esgotamentos e/ou empobrecimento dos recursos; iv) desmatamento de zonas ripárias em bacias em processo avançado de degradação com indicação de áreas prioritárias para recuperação ou proteção ambiental (OHARA, 1995).

O zoneamento ambiental no entorno da Floresta Nacional do Jamari pode contribuir para o estabelecimento de parâmetros que minimizem os problemas de ocupação dos entornos de UCs, principalmente na Amazônia por fornecer subsídios ao planejamento de práticas adequadas ao meio.

6.12. HISTÓRICO DO ZONEAMENTO NO BRASIL E SEUS MARCOS LEGAIS

Talvez não por acaso os trabalhos de zoneamento e os processos de ocupação da Amazônia tenham início na década de 1960. Desde dessa época, o Brasil vem se utilizando

deste método para auxiliar ações de prospecção, conhecimento do território e planejamento. Mesmo que não tivesse o nome de zoneamento ambiental ou zoneamento econômico e ecológico e que o objetivo fosse identificar zonas do país com características homogêneas do ponto de vista socioeconômico, principalmente no tocante a estrutura agrária, o termo foi utilizado na década de 1960 para fins de reforma agrária como pode ser notado na Lei nº 4.504 de novembro de 1964 (BRASIL, 1964). Deveriam ser identificadas:

I – regiões críticas que estão exigindo reforma agrária com progressiva eliminação dos minifúndios e latifúndios;

II – as regiões com estágio mais avançado de desenvolvimento social e econômico, em que não ocorram tensões nas estruturas demográficas e agrárias;

III – as regiões economicamente ocupadas em que predomine a economia de subsistência e cujos lavradores e pecuaristas careçam de assistência adequada;

IV – regiões ainda em fase de ocupação econômica, carentes de programa de desbravamento, povoamento e colonização de áreas pioneiras.

O próprio código florestal (BRASIL, 1965) também traz nuances de zoneamento ao definir áreas de preservação permanente e reservas legais.

Entretanto foi a partir da Conferência de Estocolmo, em 1972, que não apenas o Brasil, mas o mundo passou a aceitar a ideia da finitude dos recursos (CECHIN, 2010; CMMAD, 1988) e degradação ambiental. Novos conceitos como desenvolvimento sustentável surgiram e passaram a fazer parte, ao menos dos discursos, de todos os países. Novos códigos de conduta foram propostos. Os temas “meio ambiente” e “planejamento ambiental” passaram a ser pauta cada vez mais importante nas discussões de desenvolvimento. Todo esse movimento, mesmo que de forma lenta, influenciou a política brasileira.

Na década de 70, a fim de conhecer e espacializar dados sobre aspectos físicos na Amazônia (geologia, geomorfologia, solos, clima e vegetação), principalmente na área de influência da rodovia Transamazônica, foi realizado o Projeto Radar na Amazônia, também chamado de projeto RADAMBRASIL. Através dele foi possível montar uma base de informações sistematizada na escala de 1:1.000.000, sendo referência até os dias atuais (GUTBERLET, 2002). De acordo com o autor, o projeto RADAMBRASIL foi uma das iniciativas do Estado e da elite política e econômica para conhecer as potencialidades do território e então, poder implementar suas estratégias de dominação e reprodução de modelo.

Não se pensava em conservação de recursos, mas em conhecer e utilizar. Com esta mentalidade ainda na década de 1970, zoneamentos específicos (FRITZSONS & CORREA, 2009) e diagnósticos, passam ser valorizados por investidores, em sua maioria bancos que apoiam atividades agropecuárias, uma vez que eram entendidos como instrumento de apoio ao planejamento (MELLO, 2006), estritamente focados em aspectos físicos. Não se dava atenção aos aspectos humanos (GUTBERLET, 2002).

Um exemplo dessa ação pôde ser visto na Lei nº 6.151 de dezembro de 1974, que aprovou o II Plano Nacional de Desenvolvimento (BRASIL, 1974). Nela o zoneamento foi proposto com o objetivo de controlar a poluição nas cidades, trazendo em seu bojo a necessidade de zonedar áreas para implantação dos parques industriais na zonas urbanas (FERREIRA, 2011).

No início dos anos 80 os impactos do crescimento econômico sobre o meio ambiente reacende no Brasil as discussões sobre sustentabilidade. Métodos que tinham como perspectiva uma abordagem sistêmica (BERTRAND, 2004; TRICART, 1977), pautada na multidisciplinaridade de saberes na busca por entender o espaço com a perspectiva de criar zonas ganha força. Pela primeira vez o aspecto produtivo seria pensado juntamente com as preocupações de conhecer as restrições e limitações para uso e ocupação dos solos (FRITZSONS & CORREA, 2009).

Em 1981, no governo do presidente João Batista Figueiredo, o meio ambiente passa a ser considerado patrimônio público. É promulgada Política Nacional de Meio Ambiente, Lei nº 6.938 em agosto de 1981, cujo objetivo é a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e a proteção da dignidade da vida humana (BRASIL, 1981b).

Dentre os instrumentos para da Política Nacional de Meio Ambiente, estava o zoneamento, até aquela data chamado “zoneamento ambiental”, conforme Art. 9º, II, da referida Lei. Entretanto este instrumento da gestão ambiental só viria a ser regulamentado 20 anos após sua criação, com a publicação do Decreto Presidencial nº 4.297, de julho de 2002 (BRASIL, 2002a).

Ainda nos anos 80, em 27 de maio de 1981, pelo Decreto Federal nº 86.029, foi criado o Programa de Desenvolvimento Integrado para o Noroeste do Brasil – POLONOROESTE, com a intenção de instalar comunidade de pequenos produtores, baseadas na agricultura auto-sustentada, com atendimento básico de saúde, educação e escoamento da produção, respeitando a floresta e as comunidades indígenas (SANTOS,

2007) e mitigar os impactos socioambientais decorrentes da construção da BR-364 (GUTBERLET, 2002). Esse programa previu entre seus objetivos realizar o zoneamento do estado de Rondônia na escala de 1:1.000.000 a fim de averiguar indicativos estratégicos de uso do território e buscar ser um instrumento par definição de prioridades em planejamento territorial e gestão de ecossistemas (BRASIL, 2002a).

Com os estudos de Rondônia em curso e o assunto sendo debatido socialmente, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE publica em 1986, “Proposta para um Plano de Zoneamento Ecológico e Econômico do Brasil” uma sugestão de método cujo intuito era tornar-se a referência para tais trabalhos aplicados no país (IBGE, 1986). Essa publicação foi importante, pois representou uma guinada conceitual sobre zoneamentos, passando a uma abordagem não meramente determinista e calcada apenas em dados biofísicos, mas em aspectos sociais e econômicos (BECKER & EGLER, 1996; FERREIRA, 2011). O termo Zoneamento Econômico e Ecológico passa a ser utilizado.

No ano de 1988 é lançado o Programa Nossa Natureza. Nele há a proposição de se realizar um zoneamento para todo Território Nacional, com destacado enfoque para a Amazônia Legal.

Discussões sobre Zoneamento Ecológico e Econômico ganham destaque como uma importante ferramenta de gestão capaz de subsidiar as políticas públicas voltadas ao desenvolvimento “sustentável” da Amazônia (MELLO, 2006). Para a Amazônia aquele momento deveria representar o fim do modelo desenvolvimentista caracterizado por forte ação governamental centralizada e de retomada do planejamento sob novos termos. Tratava-se de reconhecer a inadequação do modelo de ocupação a Amazônia das últimas décadas, com impactos negativos sociais e ambientais (BECKER & EGLER, 1996).

Como o POLONOROESTE não conseguiu ser esta ferramenta e houve tantos impactos, criou-se então o Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia – PLANAFLORO. Havia um sentimento de culpa do Banco Mundial em relação aos resultados do POLONOROESTE. O PLANAFLORO foi financiado como uma tentativa para desfazer parte dos danos causados pelo empréstimo anterior (OTT, 2002).

Durante a execução do PLANAFLORO fez-se o atual Zoneamento Sócio Econômico e Ecológico (ZEE) de Rondônia, iniciativa inédita no Brasil, uma vez que foi o primeiro em escala regional, 1:250.000 (BRASIL, 2002a). Um instrumento de gestão para orientar a ocupação e o uso do solo através da definição de áreas destinadas às diversas atividades, tanto econômicas como outras, e também, como um pré-requisito para

formulação da política florestal que contemplasse os diversos atores sociais envolvidos nos diferentes processos (MELLO, 2006).

Este Zoneamento seguiu a proposta metodológica de Becker & Egler (1996). Pela proposta dos autores o ZEE não deveria ser um fim em si, nem mera divisão física. Tampouco deveria visar a criação de zonas homogêneas e estáticas cristalizadas em mapas. Tratava-se sim, de um instrumento técnico e político do planejamento das diferenças, segundo critérios de sustentabilidade, de absorção e conflitos, e de temporalidade, que lhe atribuissem o caráter de processo dinâmico, que deveria periodicamente ser revisto e atualizado, capaz de agilizar a passagem para o novo padrão de desenvolvimento.

Finalizado em 2000, o ZEE de Rondônia deveria tornar-se o principal instrumento de ordenamento do crescimento do estado nos anos seguintes. Este documento entra para história como o maior legado do PLANAFORO, apesar de seus resultados serem duramente criticados até hoje. Contudo, a contribuição dada à sociedade rondoniense pela demarcação de terras indígenas e criação de unidades de conservação é inegável (FERREIRA et al., 2005).

Somente em 2005 o zoneamento econômico e ecológico do Estado de Rondônia foi reconhecido pelo governo federal através da Comissão Coordenadora do Zoneamento Ecológico e Econômico/CCZEE. Em 2002, Roraima também conclui o seu ZEE. Em 2007 o ZEE do Acre é reconhecido pelo governo federal através da CCZEE (BRASIL, 2007). O estado de Mato Grosso finaliza seu macro ZEE em 2008. A região oeste do estado do Pará, impactado pela BR-163 que liga Cuiabá a Santarém tem seu ZEE aprovado pelo CONAMA em 2009.

Outro fato considerado relevante foi a publicação do Decreto nº 7.378 em dezembro de 2010 que dispõe sobre a aprovação do Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia Legal – Macro ZEE como instrumento de orientação para a formulação e espacialização das políticas públicas de desenvolvimento, ordenamento territorial e meio ambiente, assim como para as decisões dos agentes privados (BRASIL, 2010). De acordo com o Decreto, o Macro ZEE da Amazônia Legal tem por objetivo assegurar a sustentabilidade do desenvolvimento regional, indicando estratégias produtivas e de gestão ambiental e territorial em conformidade com a diversidade ecológica, econômica, cultural e social da Amazônia.

6.13. ZONEAMENTO, CAPACIDADE DE SUPORTE E SUSTENTABILIDADE

Fearnside (1989) aponta que em Rondônia, de forma geral, a agricultura sempre foi itinerante, deixando áreas improdutivas e de baixa fertilidade a sua retaguarda, tendo uma característica migratória pelo excedente de terras. Os processos de ocupação de Rondônia caracterizavam-se por implementação de sistemas agrícolas imediatistas, decorrentes de estímulos econômicos e principalmente, políticos, que favoreceram a exploração cíclica e migratória indiscriminada, sem qualquer preocupação em salvaguardar a fonte produtora de bens, criando nos agricultores uma mentalidade voltada apenas para o hoje, sem qualquer preocupação conservacionista.

Hoje, porém, com a limitação dos espaços, pela privatização das propriedades e a criação de áreas protegidas, esse tipo de prática torna-se cada dia mais impraticável e menos aceitável, tornando-se imperativo que existam planejamentos de cunho econômico conservacionista, para que seja realizado o aproveitamento de espaços já degradados, que se utilizem técnicas para aumentar a produtividade por unidade de áreas (HOMMA, 2005; TRICART, 1977; CAVALCANTI, 2012).

Na Amazônia como em outras regiões do país, por exemplo o Paraná (BIGARELLA & MAZUCHOWSKI, 1985), repetiu-se o modelo de itinerância agrícola desmatando e ocupando os ambientes sem qualquer parâmetro técnico que lhes assegurasse o uso sustentável dos recursos, desrespeitando completamente a capacidade de suporte humano das áreas.

Fearnside (1993), define capacidade de suporte humano como sendo o número de pessoas que podem ser sustentadas, por prazo determinado, em uma área, dentro de um determinado padrão de vida, sem que ocorra degradação ambiental, dados pressupostos apropriados sobre a tecnologia utilizada e os hábitos de consumo.

Os solos amazônicos são notoriamente conhecidos pela falta de aptidão para agricultura em sua maioria (DREW, 1986; TRICART, 1977; FEARNSIDE & LEAL FILHO, 2001). Sabe-se já, há muito tempo, que a Floresta Amazônica é caracterizada por possuir solos pobres em mais de 85% de suas terras firmes (LEPSCH, 2011). Além disso, os solos amazônicos são extremamente sensíveis quanto às mudanças da cobertura vegetal (GOMES, 2009).

Ou seja, não bastassem as limitações ou uma baixa capacidade de suporte às atividades agropecuárias, há muitos outros limites que não são discutidos neste trabalho como os políticos, os institucionais, os de organização social (FEARNSIDE, 1997) apenas

para citarmos alguns. Embora nos atenhamos aos limites físicos, no tocante a aptidão agrícola e fragilidade dos ambientes (ROSS, 1994, 2009; SPÖRL & ROSS, 2004) os demais limites citados interferem em questões como as ora apresentadas e que impactam diretamente sobre a sustentabilidade dos ambientes ou recursos.

A ocupação do espaço e a utilização dos recursos naturais sem observar a capacidade de suporte e aptidões dos ambientes podem acarretar sérios problemas socioambientais. Por exemplo, estima-se que o impacto da erosão ocasionado pelo uso agrícola das terras no Brasil é da ordem de R\$ 9,3 bilhões anuais. Este valor poderia ser revertidos pelo uso de tecnologias conservacionistas e planejamento de uso da paisagem (SBPC, 2011).

De acordo com Ohara et al. (2003) o zoneamento ambiental possibilita estabelecer zonas (e subzonas) a partir do desenvolvimento de estudos específicos das deformações estruturais, em especial, a definição de altos e baixos e identificação de áreas com variação de tensões (lineamentos, falhas e juntas), que indicam assim, os locais com maiores e menores fragilidades de cada zona ambiental.

A compartimentação em zonas ambientais, definidas em função das limitações do meio físico, permite indicar as condições de usos mais sustentáveis para tais zonas (SHIMBO & JIMÉNEZ-RUEDA, 2007).

De acordo com Vedovello (1993) os zoneamentos são instrumentos técnico-políticos de planejamento ambiental, aplicados para disciplinar o uso do solo e dos recursos naturais de forma racional e sustentável. As informações ambientais são integradas e registradas em bases geográficas, o que favorece a análise global do território, a eficácia das decisões políticas e permite o desenvolvimento sustentável da área onde é realizado.

Essa compreensão ambiental de uma dada área expressa em um zoneamento pode variar. Ele é geralmente feita a partir dos parâmetros definidos por cada autor a depender de uma série de questões que variam desde o objetivos de cada zoneamento à disponibilidade de recursos (estruturais, humanos e financeiros).

Contudo, há o reconhecimento que o estudo das características físicas de determinada área é fundamental para analisar e estabelecer a dinâmica da paisagem e compreender as suas potencialidades, para que desta forma, se possa planejar as diversas formas de uso e ocupação em concordância com sua capacidade de suporte e aptidão (JIMÉNEZ-RUEDA et al., 1993). As discussões ficam em torno de quem planeja, como

planeja, de acordo com que interesses e para atender a quais grupos (MARTINS, 2012; GUTBERLET, 2002).

6.14. AGRICULTURA E PECUÁRIA NA AMAZÔNIA E EM RONDÔNIA

Dentre as atividades que mais impactam a floresta, está o desmatamento (BARRETO et al., 2005; ALENCAR et al., 2004). Dele cria-se um ciclo de acontecimentos irreversíveis, pois funciona como causa das atividades e consequência de deficiências socioeconômicas e ambientais. Causa por que se faz necessário desmatar para prática da agricultura e formação de pastagens. Consequências por que com o desmatamento, novas áreas são ocupadas, gerando mais devastação retroalimentando o ciclo de processos que afetam os serviços ambientais proporcionados pela floresta (NOGUEIRA et al., 2008; FEARNSSIDE, 2002).

Entretanto, a agricultura, inclusive para produção de pastagens, depende em boa parte dos solos para seu sucesso. Exames mais minuciosos mostram que os solos existentes na região são decorrentes de processos de arrasamento. São em sua maioria, como no caso da Flona do Jamari, latossolos. Os latossolos possuem como características a baixa fertilidade natural, pois tiveram os materiais desagregados transportados vertical ou horizontalmente devido a intensas precipitações da região (SANCHEZ, 1985; KAMPRATH, 1967; SZOTT et al., 1991).

Essa inaptidão era reconhecida em Rondônia pelo Banco Mundial, principal financiador das frentes de colonização entre as décadas de 1980 e 1990. Eles sabiam que o modelo de colonização se tornaria insustentável, pois a maior parte das terras para atividades agropecuárias, 63% de acordo com o próprio Banco Mundial (WORLD BANK, 1992) necessitaria de vultosos aportes financeiros para fertilização e aquisição de insumos importantes para possibilitar alguma produção em solos tão pobres e ácidos.

Houve uma série de impactos para a floresta gerados pela forma de uso e ocupação dos solos e processos de fragmentação. A baixa produção, a falta de assistência técnica e de insumos, associados à política de “beneficiamento da terra” na época, justificavam o desmatamento devido a abertura de novas áreas para produção (FEARNSSIDE, 1989). Havia baixo aproveitamento dos recursos naturais. O saldo demonstrado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2014) é um desmatamento acumulado na Amazônia Legal entre 1988 e 2014 de cerca de 407.511 km²,

o que corresponde a aproximadamente 8,12% de toda a área. Em Rondônia, no ano de 1978 a área desmatada correspondia a 4.200 km², aumentando para 30.000 km² em 1988, depois para 53.300 km², e em 1998 equivalia a um total de 67.744 km² em 2003, de acordo com Pedlowsky et al. (2005), o que corresponde a 27,82 % de sua área total.

Os processos de ocupação em Rondônia caracterizavam-se pela implementação de sistemas agrícolas imediatistas, decorrentes de estímulos econômicos e principalmente, políticos, que favoreceram a exploração cíclica e migratória indiscriminada, sem qualquer preocupação em salvaguardar a fonte produtora de bens (FEARNSIDE, 1989). Criou-se nos agricultores uma mentalidade voltada apenas para o hoje, sem qualquer preocupação conservacionista, que lhes assegurasse o uso sustentável dos recursos das áreas colonizadas (FEARNSIDE, 1993, 1999; FERREIRA & SALATI, 2005).

O aspecto de itinerância da agricultura faz com que novas áreas sejam desmatadas, aumentando a energia incidente sobre os solos. Como os solos amazônicos são extremamente sensíveis quanto às mudanças da cobertura vegetal (LEPSCH, 2011) iniciam-se os processos de erosão acelerada. Isso gera problemas de aumento no escoamento superficial, diminuição das áreas de recarga, conseqüentemente diminuição da oferta hídrica e empobrecimento rápido do solo (OSTERKAMP et al., 2012; TOLEDO & MATOS, 2003; PIMENTEL & KOUNANG, 1998).

O desmatamento causa a diminuição da quantidade de água subterrânea, devido aos escoamentos superficial e subterrâneo mais rápidos e maiores, que se refletem igualmente na produção agrícola e na disponibilidade de água para propriedades rurais e/ou bacia hidrográfica (BIGARELLA & MAZUCHOWSKI, 1985), como pode ser amplamente notado em toda a área da pesquisa.

Com relação a pecuária o desmatamento está rapidamente convertendo a floresta amazônica brasileira em pastagem de baixo valor e de poucas perspectivas de sustentabilidade (FEARNSIDE, 1997). A pastagem ocupa hoje o grosso das áreas desmatadas na Amazônia em rápida expansão (FEARNSIDE, 1989) e em Rondônia (PEDLOWSKY et al., 2005). A pecuária continua sendo a principal ocupação das áreas desmatadas na Amazônia, ocupando entre 75% e 81% do total desmatado entre 1990 e 2005 (BARRETO et al., 2008). Isso equivale a 30,6 milhões de hectares (INPE, 2007).

A pecuária também contribui para a problemática da ciclagem da água através do desmatamento das matas ciliares, vista pelos pecuaristas como um obstáculo ao livre acesso do gado à água (LIMA & ZAKIA, 2000). Muitas das propriedades no entorno da

Flona que trabalham com pecuária bovina possuem déficits de água ou já não possuem água disponível para o gado por causa do assoreamento dos mananciais (Figura 19).

Esse problema é agravado nas épocas de estiagem. Muitos dos rios perenes tornaram-se intermitentes, por causa da degradação causada pela atividade. Assim, nos meses de pouca ou nenhuma precipitação muitos rios secam ou tem seus volumes extremamente diminuídos, obrigando os produtores a cavar poços e construir bebedouros.

Dados obtidos por Fearnside (1993), em Rondônia, mostram que uma pastagem entre 8 e 12 anos produz cerca da metade da matéria seca por ano se comparada a uma pastagem com 3 anos, o que demonstra a perda de produtividade de tal cultura e a necessidade que os grandes produtores tem de arrecadar novas áreas.

A vida útil de produtividade dessas pastagens cultivadas na Amazônia é reduzida (FEARNSIDE, 1989) devido a implantação de espécies gramíneas inadequadas, à não fertilização dos solos e aos problemas de manejo dessas pastagens que degradam as propriedades físicas do solo, contribuindo significativamente para um maior escoamento superficial, compactação e empobrecimento do solo pela perda de nutrientes e, conseqüentemente, aumento da sua erosividade (CORRÊA et al., 2006) que pode ser até 10,8 vezes maior em áreas sob pastagem que em florestas de dossel fechado.

Os pequenos produtores utilizam a criação de gado como mecanismo de poupança e capitalização. Há ainda uma cadeia estabelecida e consolidada, que se organizou na região devido ao custo de oportunidade que exerce pressão para a produção de carne e leite (BARRETO et al., 2008; SCHNEIDER et al., 2000). Ou seja, a expansão da pecuária na Amazônia constitui-se como uma atividade econômica independente de incentivos fiscais (HOMMA, 2005).

Contudo, tanto pecuária como a agricultura, tem profunda dependência dos recursos solo e água (PIMENTEL et al., 1995). Há cada dia menos espaços livres para justificar a sustentabilidade econômica destas atividades pela manutenção do modelo extensivo e de produção marginal. Haverá uma adequação às novas necessidades e custos mais elevados que podem tornar a atividade menos atrativa e quem sabe, desencadear a abertura de novos mercados de remuneração por serviços ambientais (FEARNSIDE, 2008b).

6.14.1. QUEIMADAS – USO E IMPACTOS

Uma das primeiras fontes de energia a ser dominada pelos homens foi o fogo (SOARES, 1995). Não há consenso entre os autores sobre a negatividade ou positividade de seu uso (REDIN et al., 2011; SÁ et al., 2007). Na agricultura e pecuária praticadas hoje, muitas são as justificativas para seu uso pelos produtores. Dentre as mais comuns estão renovação e limpeza de pastagens, limpeza de áreas de capoeira, melhoria da forragem e sua palatabilidade (MULLER et al., 2001).

Dentre os impactos positivos apontados por alguns autores estão a rápida combustão de matéria orgânica, sua mineralização e disponibilização de nutrientes para as plantas (CARTER & FOSTER, 2004) e controle da invasão de plantas arbustivas indesejadas (BEHLING & PILLAR, 2007). Como pontos negativos, alterações na temperatura dos solos, diminuição do teor de umidade, macroporos e macrofauna, bem como disponibilidade de água e nutrientes para as plantas (REDIN et al., 2011; SÁ et al., 2007; MULLER et al., 2001).

Arruda (1988) aponta para dois problemas, os de erosão, devido ao consumo da vegetação e exposição do solo e a eliminação dos insetos que atuam como inimigos naturais de pragas.

Dick et al. (2008) chama a atenção para a frequência com a qual se realiza as queimadas, posto que a médio e longo prazo podem deteriorar as propriedades físicas e químicas dos solos e reduzir o potencial produtivo das áreas.

A redução da capacidade produtiva é uma das principais consequências das queimadas a ser enfrentado na Amazônia pelos agricultores que a praticam. Um fator interessante a ser analisado é a condição social destes grupos (FEARNSIDE, 1982). Por ter custo relativamente baixo a queimada é amplamente utilizada. Entretanto, sua prática diminui a produtividade dos solos, tornando necessário a aquisição de insumos para fertilização. Fertilização essa que não pode ser arcada pelos agricultores.

Com relação à floresta, a Amazônia possui a maior parte de sua extensão sobre áreas de terra firme de baixa fertilidade química natural, como já citado. Sua exuberância, sobrevivência e alta diversidade vegetal, se deve a composição de espécies nativas adaptadas às condições climáticas e nutricionais do solo (LEPSCH, 2011).

A ciclagem de matéria orgânica tem um papel fundamental na manutenção da floresta, sendo fortemente dependente da atividade biológica que, em condições naturais é favorecida pela temperatura e umidade apropriadas da região (LUIZÃO, 2007).

O uso de queimadas é um fator que contribui sensivelmente para os problemas ambientais relacionados a ciclagem de nutrientes na região. Mudanças do microclima e o aumento da densidade do solo, causados pela queima podem afetar a atividade microbiana, essencial para mineralização e consequente liberação de elementos minerais contidos na matéria orgânica (LUIZÃO & LUIZÃO, 1991). Esta é uma prática comum na Amazônia durante o preparo da terra para plantio.

Nobre (2001) estima que as emissões de CO₂, por mudanças dos usos da terra na Amazônia por si só são 2 ou 3 vezes maiores que a somatória de todas as emissões brasileiras de CO₂ por queima de combustíveis fósseis. O Brasil é o maior emissor de CO₂ proveniente de queimada de florestas do mundo (GUERRA & CUNHA, 2006).

A queimada impacta não apenas a ciclagem de nutrientes, mas influencia na formação de nuvens (ARTAXO et al., 2005), refertilização dos solos amazônicos, diminuição da macrofauna dos solos, diminuição dos macroporos, da taxa de infiltração, e consequentemente na umidade, aumento da resistência a penetração das raízes e densidade dos solos (REDIN et al., 2011) além de contribuir com a emissão de carbono para atmosfera e com os efeitos de aquecimento global (SALATI et al., 2006).

A liteira é o meio pelo qual há a maior entrada de matéria orgânica da parte aérea da vegetação para o solo (PINTO JÚNIOR et al., 2009). Nos trópicos, o padrão de ciclagem de nutrientes depende de várias adaptações e interações biológicas, inclusive mutualísticas entre microorganismos e plantas, que propiciam a conservação de nutrientes. O fogo compromete essa organizada estrutura biótica e implica na perda de nutrientes por lixiviação sob condições de altas temperaturas e chuvas intensas (FERREIRA et al., 2006). Por isso é tão importante manter a complexidade do ecossistema do solo em funcionamento nas zonas tropicais com solos pobres e ácidos (LUIZÃO, 2007).

Essa alteração da cobertura vegetal por fogo agrava-se nos períodos de estiagem. Em um comparativo sobre a variação da composição atmosférica amazônica entre os períodos de estiagem e chuva, na estação chuvosa, onde predominam as emissões naturais antrópicas, a concentração de partículas de aerossóis é da ordem de 10 a 15 $\mu\text{g cm}^{-3}$. Na estação seca, por causa das emissões de queimadas, a concentração de partículas sobe para 15.000 a 30.000 partículas por cm^{-3} (YAMASOE et al., 1999).

Essas partículas têm um tamanho da ordem do comprimento de onda da luz visível, diâmetros maiores que 2 μm , o que faz delas eficientes espalhadores de radiação solar, podendo afetar de modo significativo o balanço de radiação atmosférico e interferindo fortemente na produtividade primária da floresta e funcionamento do

ecossistema amazônico (ECK et al., 2003). São em sua maioria de origem orgânica. A maior parte delas contém traços de potássio, cálcio, magnésio, enxofre, fósforo, zinco e outros, substâncias solúveis em água. Por terem essa propriedade atuam eficientemente na nucleação de nuvens, ou seja, como núcleos de condensação das nuvens - NCN (ARTAXO et al., 2005).

Em ambientes poluídos os NCN crescem mais rapidamente, colidem com outras nuvens e caem em forma de chuva. A nuvem não tem muito tempo para crescer chegando ao máximo a alturas de 4 ou 5 km. Ou seja, essas nuvens viajam curtas distâncias e afetam outras áreas pela falta de chuvas. Esta supressão de precipitação pode ter impactos importantes no funcionamento do ecossistema Amazônico (ARTAXO et al., 2002).

Por exemplo, as características químicas e radiativas, emissões de precursores de O₃ (ozônio), gás formado através de reações fotoquímicas a partir de emissões de queimadas. As emissões de gases precursores da formação de ozônio pelas queimadas fazem com que as concentrações deste gás atinjam níveis que podem ser danosos à floresta não queimada, a milhares de quilômetros das áreas queimadas, pois o ozônio é fitotóxico, danificando os estômatos, estruturas celulares que têm a função de realizar trocas gasosas entre a planta e o meio ambiente, das folhas (ARTAXO et al., 2005).

Além disto, o transporte destas emissões de queimadas para regiões distantes das fontes emissoras e deposição seca e úmida durante esse transporte podem ao longo do tempo, produzir alterações nos ciclos biogeoquímicos naturais e da dinâmica de nutrientes, tanto das regiões emissoras quanto das regiões receptoras. Para se ter uma ideia do alcance destas emissões, elas podem atingir uma distribuição espacial da ordem de 4-5 milhões de km² (FREITAS et al., 2005).

Fogos em floresta, devido a alta densidade da biomassa sendo queimada e uma taxa de calor da ordem de 10GW durante algumas horas, conseguem injetar a fumaça diretamente na baixa e média troposfera (3 a 10 km de altura). Uma vez na troposfera, o transporte desses poluentes se dá de forma mais eficiente devido às velocidades maiores do fluxo de ar, transportando-os para regiões distantes dos locais de emissão, transformando o problema de escala local, para continental ou mesmo, global (FREITAS et al., 2005).

A alteração de ambientes por mudanças de origens antrópicas, principalmente por queimadas e desmatamentos pode contribuir para a desestabilização de carbono estocado nas florestas e solos, uma vez que diminui a área de floresta tropical, por consequência, a quantidade de água que retorna a atmosfera através da evapotranspiração, reduzindo a

precipitação. Esses processos conjugados afetam o ciclo da água, a carga de poluição da atmosfera e sua dinâmica de circulação (JOLY, 2007).

Com os aumentos de temperatura e a diminuição das chuvas, com cumulativas consequências nas épocas de secas, poderia haver uma seca severa a cada 20 ou 50 anos a qual mataria muitas espécies de árvores (FEARNSIDE, 1993). O resultado disso seria a substituição da floresta tropical por formas de vegetação arbustivas mais tolerantes à seca. Tal mudança geraria uma retroalimentação contribuindo para cada vez mais, estações de secas prolongadas e alteração da fitofisionomia, levando a processos como os de savanização e a maiores riscos de incêndios, dado o aumento da flamabilidade da floresta (NEPSTAD et al., 1999).

6.14.2. COMPACTAÇÃO DOS SOLOS

O problema de compactação dos solos devido a implantação de atividades agrícola e pecuária tem sido objeto de estudo de muitos autores (WEIRICH NETO et al., 2006; IMHOFF et al., 2001; MANTOVANI, 1986; MEDEIROS et al., 2005; SILVA et al., 2006; REICHERT et al., 2007; BENGOUGH & MULLINS, 1990; RICHART et al., 2005), devido, principalmente, a redução da capacidade produtiva dos solos nestas condições (GENRO JÚNIOR et al., 2004; ROSOLEM et al., 1999).

O termo compactação refere-se ao processo de diminuição do volume de solos não saturados quando uma determinada pressão externa é aplicada. Mantovani (1986) define compactação como sendo o momento em que a proporção do volume total de poros para o volume total de solo é inadequado para o máximo desenvolvimento de uma cultura. Para Camargo & Alleoni (1997) a compactação é toda e qualquer alteração no arranjo das partículas constituintes do solo.

Independente da definição a ser adotada, a compactação é hoje um dos principais agentes de degradação dos solos agrícolas (ROQUE et al., 2003). Dentre os impactos causados pela compactação estão o impedimento mecânico ao crescimento radicular (BENGOUGH & MULLINS, 1990), alteração da movimentação de água, nutrientes e oxigênio no solo (SILVA et al., 2006), aumento de fitotoxinas e acúmulo de CO₂, elevação da temperatura dos solos, magnificação dos processos erosivos (RICHART et al., 2005).

Os solos possuem diferentes características e com isso, diferentes potenciais à compactação (NORTCLIFF, 2002; SOJKA & UPCHURCH, 1999). Dentre os fatores que

influenciam o processo de compactação estão a textura e estrutura dos solos, densidade, umidade, teor de matéria orgânica, bem como a carga exercida sobre determinado terreno, que pode advir das chuvas, de máquinas ou do pisoteio animal.

A textura do solo é apontada por autores como Schoenholtz et al. (2000) como a principal característica qualitativa física a ser monitorada nos diferentes tipos de solos devido suas propriedades de controlar água, nutrientes e troca de gases, fatores que influenciam na maioria das outras propriedades e processos.

Esse fato é corroborado por Richart et al. (2005), pois de acordo com os autores a parte estrutural e textural são as mais impactadas ao se exercer pressão sobre o solo, ocorrendo um rearranjo e/ou acomodação das partículas, diminuindo os espaços porosos, aumentando a densidade e a resistência à penetração.

A resistência à penetração é um indicador que tem sido amplamente utilizado para medir os impactos de compactação nos solos por estar diretamente relacionado ao crescimento do sistema radicular das plantas (BENGOUGH & MULLINS, 1990; ROQUE et al., 2003).

Estudos de resistência à penetração tem mostrado que tais valores variam positivamente de acordo com o aumento da densidade (SILVA et al., 2006) e negativamente com o aumento de umidade (OLIVEIRA et al., 2007). Solos com maiores teores de argila tem demonstrado maiores valores de resistência à penetração, devido a coesão entre as partículas. Inversamente, solos com elevados teores de umidade tem demonstrado menores valores de resistência, mesmo com maiores densidades (LIMA et al., 2007). A água funciona com um lubrificante entre as partículas permitindo assim, seu deslocamento. A diminuição do contato entre as partículas reduz as forças de ligação entre elas permitindo maior movimentação e deformação (LIMA et al., 2006).

As questões de umidade são de extrema importância para a agricultura e pecuária na região estudada uma vez que os índices pluviométricos variam entre 2.100 e 2.600mm/ano e as atividades são intensivas no uso dos recursos naturais, podendo causar danos a estrutura física dos solos pelas condições ambientais em determinadas épocas do ano (OLIVEIRA et al., 2007).

Estudos realizados por Imhoff et al. (2000) demonstram que a variação do teor de umidade nos solos contribui significativamente para maior compactação dos solos sob pastagem, variando de acordo com a lotação, textura, tempo e período do ano ao qual o solo está submetido a atividade.

Dente os impactos da compactação das pastagens estão a redução da aeração, infiltração de água e aumento da resistência do solo a penetração das raízes, principalmente em solos argilosos, pois mostram-se mais propensos a compactação e restritivos ao crescimento de raízes que solos arenosos (ALBUQUERQUE et al., 2001).

Como consequência há um declínio da produtividade das pastagens, uma vez que além da fertilidade natural, depende de um sistema poroso adequado nas camadas onde as raízes se desenvolvem (CORREA & REICHARDT, 1995). Com a diminuição destes espaços há menor solubilização de nutrientes, menor circulação de solução nutritiva, maior dificuldade de crescimento das raízes e menor acesso aos nutrientes pelas raízes (REICHARDT, 1985).

Uma série de trabalhos tem sido feitos para avaliar os impactos da pecuária sobre a compactação dos solos e demonstrado que o pisoteio animal é um dos vetores de compressão (IMHOFF et al., 2000; GAGGERO et al., 2002; CORREA & REICHARDT, 1995) a partir da aferição da resistência à penetração.

Os trabalhos de resistência a penetração são medidos através de técnicas de penetrometria. A técnica é controversa, sendo de grande utilidade para determinados autores (BENGOUGH & MULLINS, 1990; SCHOENHOLTZ et al., 2000; ROQUE et al., 2003; BEUTLER et al., 2007) ou tida apenas como indicador secundário da condição do solo (MANTOVANI, 1986) não podendo ser considerado como uma medição física direta de qualquer condição do solo, pois sua aplicação deve estar sempre atrelada a técnicas principais de aferição de densidade e umidade.

O valor de 2 MPa tem sido utilizado como limitante ao crescimento radicular da maioria das culturas (ARSHAD et al., 1996; TAYLOR et al., 1966). Estes valores variam em função do tipo de cultura, textura e manejo do solo (LIMA et al., 2007), por isso torna-se difícil estabelecer um limite crítico de resistência para diferentes culturas (REICHERT et al., 2007).

Rosolem et al. (1999) em trabalhos com milho aponta que valores de 1,3MPa foram considerados restritivos ao crescimento radicular da cultura. Imhoff et al. (2000) em trabalho com pastagem de capim elefante concluiu que valores a partir de 2,5MPa foram considerados restritivos. Clark et al. (2003) definiu valores de 0.8 MPa como limitantes ao crescimento de ervilhas.

Bengough & Mullins (1990) elaboraram uma proposição de classes para aferição de resistência à penetração com os seguintes valores: < 0,01 MPa (extremamente baixa);

0,01-0,1 MPa (muito baixa); 0,1-1,0 MPa (baixa); 1,0-2,0 MPa (moderada); 2,0-4,0 MPa (alta); 4,0-8,0 MPa (muito alta); e $> 8,0$ MPa (extremamente alta).

Definir atributos para classificação de um solo é tarefa extremamente difícil, dadas as muitas variáveis envolvidas (SOJKA & UPCHURCH, 1999; SCHOENHOLTZ et al., 2000; ARSHAD & MARTIN, 2002). Contudo, faz-se necessário ampliar os estudos de impactos em diferentes ambientes e relaciona-los para o desenvolvimento de formas de manejo que sejam menos danosas aos solos e evitem a perda de áreas florestais devido a itinerância de atividades econômicas e a incapacidade social em lidar com tais complexidades.

7. RESULTADOS

7.1. DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS NA FLONA JAMARI-RO E SEU ENTORNO

A seguir são apresentados os dados obtidos a partir dos trabalhos realizados organizados da seguinte forma:

a) dados referentes a série histórica de uso e ocupação dos solos da área de estudo com análise decenal, entre os anos de 1984 e 2013, pautados em parâmetros quantitativos da perda de cobertura florestal por desmatamento e/ou alagamento; e

b) apresentação das zonas ambientais no tocante a suas formas, funções, estruturas e processos, já espacializadas e representadas cartograficamente, nas quais são apresentados os dados referentes aos fatores limitantes, impactos antrópicos da principal atividade econômica observada na área de estudo, aferidos através de medidas de resistência à penetração dos solos. Também são analisados os

atributos paramétricos para fertilidade natural (análises de solos realizadas na Embrapa Porto Velho, em anexo) e vulnerabilidade natural à erosão.

7.1.1. DESMATAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO ATÉ 1984

Em 1984, ano de criação da Floresta Nacional do Jamari, o entorno da unidade de conservação começava a ser ocupado por atividades que demandavam supressão florestal, como agricultura e pecuária. A mineração era praticada em seu interior. Em suas partes norte e leste, não havia sinais de ocupação, conforme Figura 11. Entretanto, na porção oeste, próxima a BR-364, há indícios de antropização, causados justamente pelo contato com a estrada. Nota-se que ao sul na divisa entre os municípios de Cujubim e Rio Crespo (até então inexistentes), há desmatamentos visíveis. A sudeste da área pode ser notado um grande desmatamento.

Outro fato importante que a imagem permite notar é a conexão entre estrada e desmatamento. A partir dela irradia-se o processo de ocupação. Sendo a BR-364 a única via de penetração terrestre no estado, as áreas próximas a ela foram as primeiras a receber fortes fluxos de imigrantes. Mesmo que em 1984 os índices de desmatamentos não fossem, relativamente, tão elevados para a área e ocorressem somente junto ao eixo da BR-364, a

forma de ocupação e seus vetores preconizavam um iminente avanço dos valores referentes a perda de cobertura florestal, como pode ser visto nos decênios seguintes.

Nota-se que o modelo de ocupação tipo “espinha de peixe” funciona no sentido de interiorizar cada vez mais as ações do desmatamento, pois favorece a ocupação e abertura de novas áreas, próximas das linhas, retroalimentando os processos de interiorização.

A estrada em frente aos lotes os valoriza. A estrada permite acesso, permite adentrar e explorar a floresta. Essa pode ser uma causa para que o ocupante desmate, seja para escoar sua produção ou apenas “valorizar” as terras, visando a titulação e uma venda futura, promovendo uma intensa especulação imobiliária. É possível constatar que na porção sul, onde parecia haver uma estrada ou acesso a lotes que chegam ao limite leste da Flona, há desmatamentos.

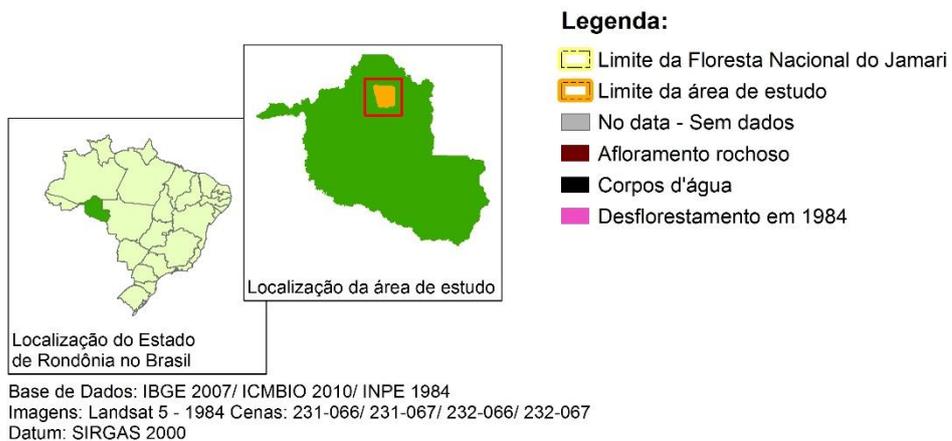
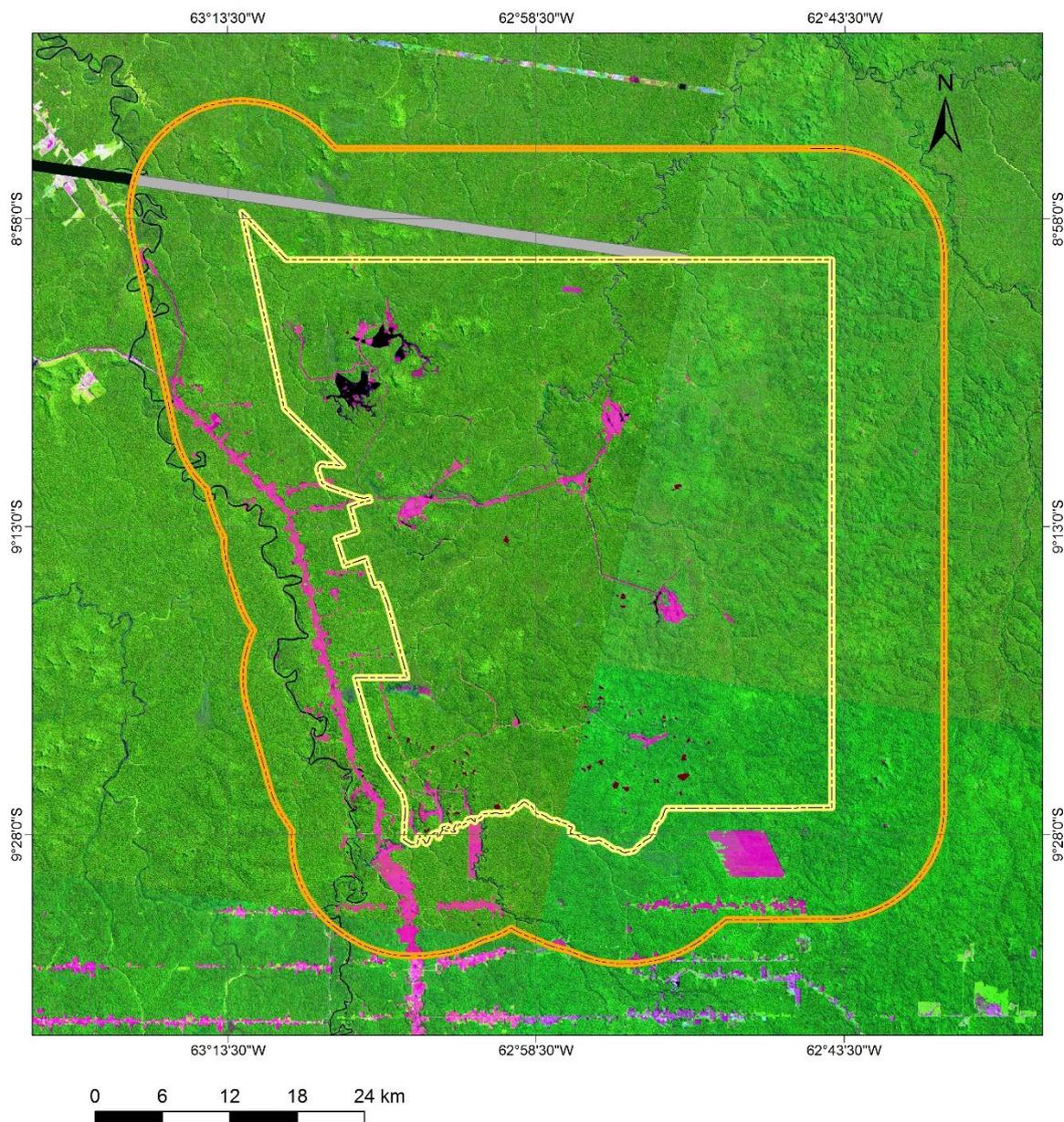
Esse modelo de ocupação ortogonal era agravado por dois fatores que causavam interiorização mais acentuada e desmatamentos recorrentes: a) na época, a disponibilidade de espaço permitia um modelo de assentamento, com grandes áreas contíguas e lotes com dimensões de mais de mil hectares destinados a um único assentado; e b) o indicador pelo INCRA para avaliar o uso da terra e titular os proprietários era o percentual de área desmatada (50% para demonstração de posse). Ou seja, em um lote de mil hectares era necessário retirar a cobertura vegetal nativa de pelo menos quinhentos hectares, mesmo que não houvesse utilização, nem apoio técnico para produção, nem implementação de estruturas que pudessem justificar tais exigências.

A imagem mostra que havia três grandes desmatamentos no interior da unidade realizados para fins de mineração. Um próximo ao limite norte, outro a oeste e um terceiro perto do centro da área, ligeiramente à sudeste. Em 1984 a porção oeste era a mais impactada por fragmentação florestal e seus efeitos.

Outros dois desmatamentos menores podem ser visualizados no sul da Flona e a sudoeste, próximo aos limites da unidade. Estes decorrem de atividades de garimpo. Aquele a sudoeste é chamado Cachoerinha, ativo até os dias atuais e considerado o foco de resistência dos garimpeiros.

Nesta época o lago da hidrelétrica de Samuel, no rio Jamari, a noroeste da área, ainda não estava formado. Entretanto, houve perda de cobertura florestal por alagamento na porção noroeste da área para fins minerários de 1.983 hectares.

Ao todo foram desmatados até 1984 aproximadamente 15.582 hectares.



Elaborado por: Bastos, A. S.; Souza, A. R.

Figura 11. Carta imagem da Flona do Jamari e sua área de entorno no ano de 1984.

7.1.2. DESMATAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO ENTRE 1984 E 1994

No ano de 1994, os avanços das frentes de colonização oriundas do processo de ocupação da região podem ser amplamente notados. Com exceção do limite ao norte, área destinada a criação da Estação Ecológica de Samuel, unidade de proteção integral criada para compensar os efeitos de implantação da Usina Hidrelétrica de Samuel (a noroeste da área). As porções oeste, sul, sudeste e leste passaram a ser intensamente ocupadas, Figura 12.

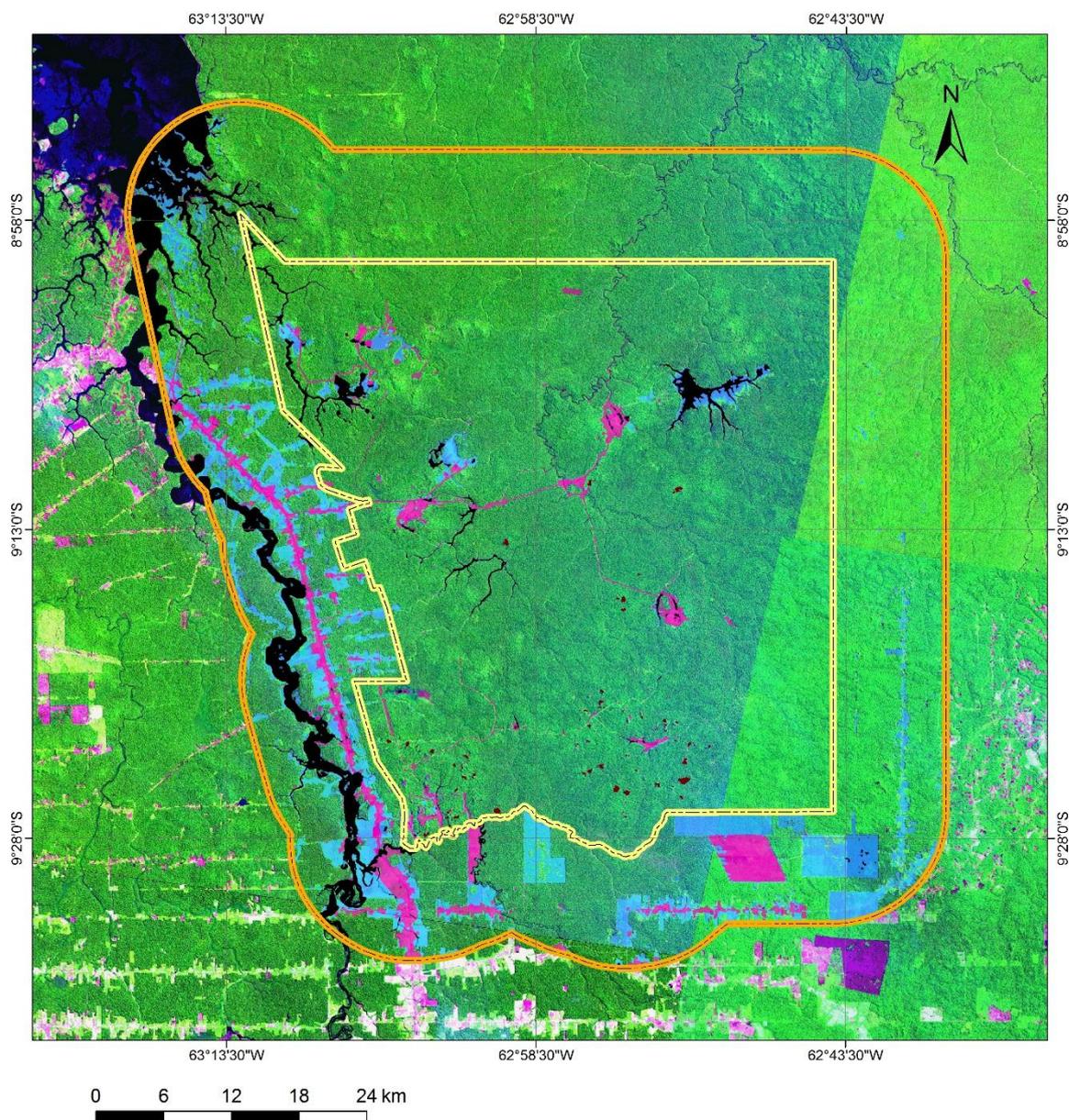
A unidade de conservação (UC) que deveria funcionar como um limitador às frentes de desmatamento não cumpre sua função. A área a sudeste da UC, onde havia o maior desmatamento contíguo em 1984, passa a ser significativamente ocupado e novas frentes de desmatamento avançam sobre os limites da área protegida.

No período do decênio que compreende os anos entre 1984 e 1994 os assentamentos criados a oeste, sul e leste da unidade, em Itapuã do Oeste, Projeto de Assentamento (PA) Vale do Jamari e Cujubim, PAs Cujubim I e II, Américo Ventura, Renascer e Agostinho Becker (INCRA, 2007) produziram os efeitos do modelo de ocupação alicerçado no desmatamento como forma de mostrar posse. Aliado a falta de tecnologia e conhecimento condizentes com as capacidades de suporte dos ambientes e potencialidades de produção da região impulsionaram os índices de desmatamentos em seu entorno.

Outro fato evidente na imagem é que a faixa que deveria funcionar como “zona de amortecimento” parece não existir para fins de planejamento e contenção de impactos sobre a unidade, sendo intensamente ocupada seja por atividades agropecuárias ou como parte do reservatório do lago da hidrelétrica.

A instalação da usina hidrelétrica de Samuel também colaborou para o aumento das ocupações. A perspectiva de energia atraía pessoas para as cercanias do empreendimento. Houve especulação por terras próximas ao reservatório, pois em uma região com grandes problemas de abastecimento elétrico, estar nas imediações da Usina significava maior chance de atendimento. Isso pode ser visto na imagem, ao redor do lago, houve uma intensa rede de ocupação do tipo “espinha de peixe”.

Além da perda de cobertura florestal por alagamento para usina hidrelétrica, é visível na porção nordeste ampliação de áreas alagadas para extração de minérios. Também nota-se no interior da UC a ampliação de áreas de mineração. Ao todo foram alagados 16.502,76 hectares.



Legenda:

- Limite da Floresta Nacional do Jamari
- Limite da área de estudo
- Afloramento rochoso
- Corpos d'água
- Desflorestamento de 1984 à 1994
- Desflorestamento em 1984

Base de Dados: IBGE 2007/ ICMBIO 2010/ INPE 1994
 Imagens: Landsat 5 - 1994 Cenas: 231-066/ 231-067/ 232-066/ 232-067
 Datum: SIRGAS 2000

Elaborado por: Bastos, A. S.; Souza, A. R.

Figura 12. Imagem de satélite no ano de 1994 com a representação do incremento do último decênio e valores absolutos de desmatamento até o ano da imagem.

As linhas da área protegida ficam mais evidentes com o crescimento dos vetores de antropização ao oeste, sul e a leste. As possibilidades de uso do espaço para produção através de expansão tornam-se cada dia mais restritivos. Em 1994, a UC funcionava como uma contenção aos avanços das frentes de desmatamento, mesmo tendo sido ilegalmente invadida na parte sudeste.

O simples fato de haver uma demarcação oficial, apesar da ausência do estado para fiscalizar as áreas, faz com que a maioria da população respeite seus limites. Esse dado é corroborado por Ferreira et al. (2005), que aponta não somente as unidades de conservação, mas também as terras indígenas como uma importante ferramenta para conter ou diminuir os processos de desmatamento na Amazônia.

Como pode ser visto na Figura 13 entre 1984 e 1994 houve um incremento de 30.140 hectares desmatados, totalizando 45.722 hectares desmatados em duas décadas.

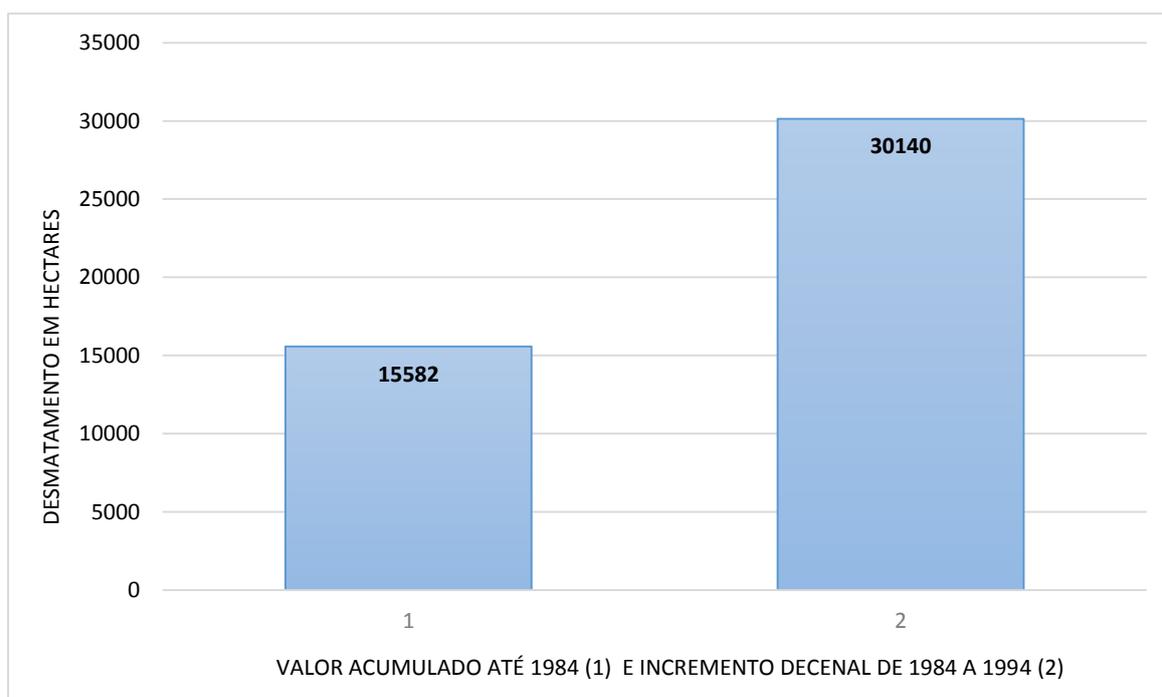


Figura 13. Índice de desmatamento cumulativo e decenal na Flona do Jamari e seu entorno entre 1984 e 1994.

7.1.3. DESMATAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO ENTRE 1994 E 2004

Entre os anos de 1994 e 2004 é possível visualizar os maiores avanços das frentes de desmatamento na região, Figura 14. Todo o entorno da unidade é cortado por propriedades rurais de diferentes tamanhos, mas em sua maioria de pequenos produtores, como pode ser observado pela textura da imagem e padrão de desmatamento das áreas.

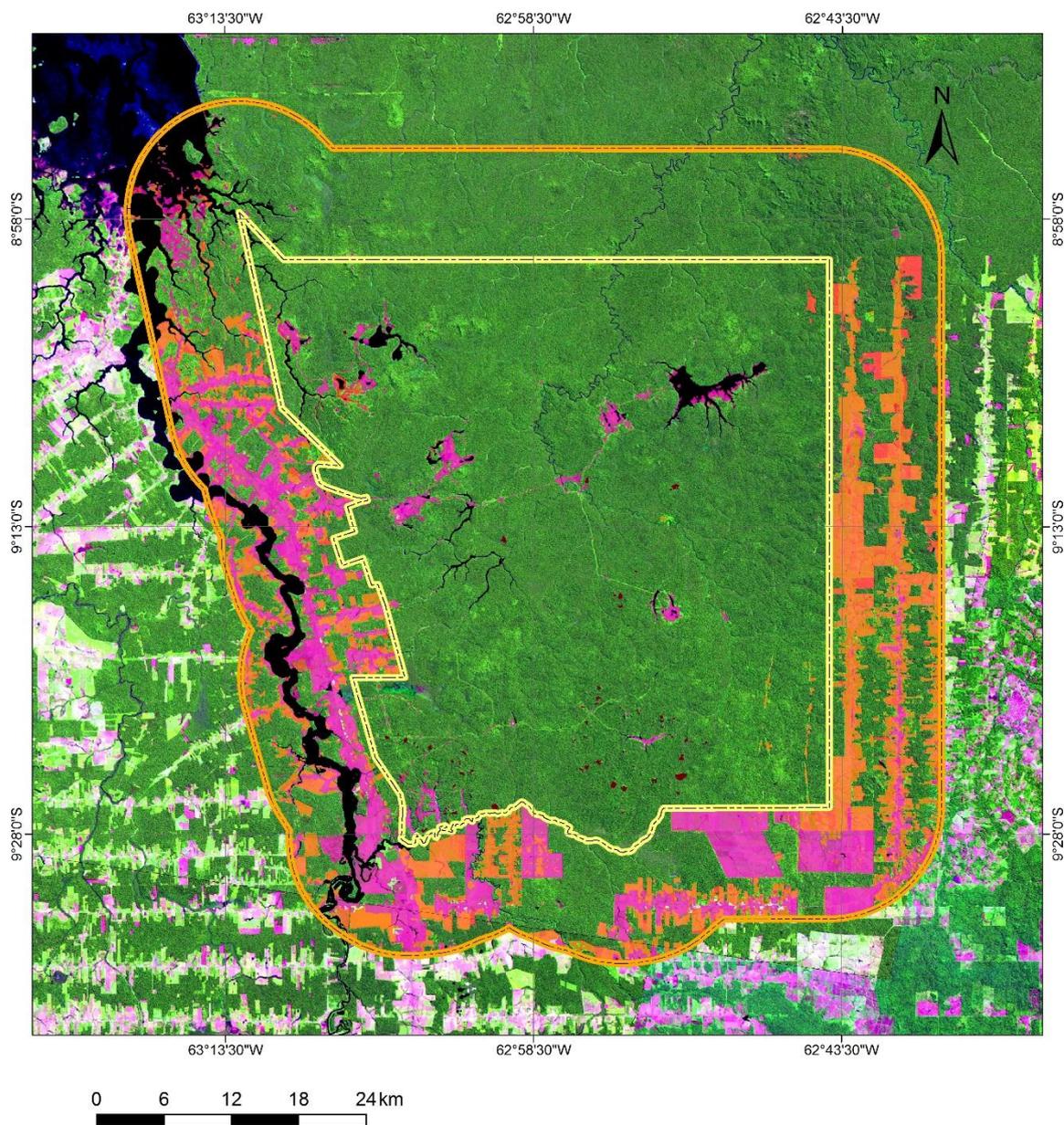
Toda a faixa de entorno da unidade é ocupada com exceção da porção norte, devido a existência da unidade de conservação de proteção integral, Estação Ecológica de Samuel. Nas demais áreas a oeste, sul e leste, há um intenso processo de uso e ocupação, principalmente para fins de pecuária bovina como constatado por Almeida Silva et al. (2009).

Outro fator extremamente importante para o contexto espaço-temporal que implica na transformação do ambiente, é que a região situa-se no limiar sudoeste do “Arco do Desmatamento”, responsável por 80% dos desmatamentos na Amazônia brasileira (FEARNSIDE, 2009).

No final dos anos 90, aquela região, mas principalmente Cujubim viria a se tornar um dos maiores produtores de madeira de Rondônia. A instalação de assentamentos e teoricamente “terras sendo beneficiadas”, a existência de unidades de conservação nas imediações e de terras devolutas funcionaram como fortes indutores para atração de frentes de exploração ilegal de madeira. Somado a isso, havia um forte processo de emigração no estado. Não mais de pessoas recém chegadas, mas de famílias se reorganizando internamente.

No início dos anos 2000 o município de Cujubim respondeu por mais da metade do volume de madeiras comercializado em Rondônia. Almeida Silva et al. (2009) contabilizou a existência de 88 serrarias na localidade.

Cujubim é um exemplo do que Schneider et al. (2000) chamaram de padrão “boom-colapso”. Um aumento a curto dos indicadores econômicos (Produto Interno Bruto - PIB e emprego) favorecido pela geração de renda e atração de imigrantes. Esse padrão também é caracterizado pelos elevados custos de degradação dos recursos naturais e aumento da violência. No longo prazo, as regiões muito desmatadas apresentam redução nas taxas de violência e indicadores socioeconômicos inferiores às regiões onde o desmatamento está acontecendo.



Localização do Estado
de Rondônia no Brasil

Localização da área de estudo

Base de Dados: IBGE 2007/ ICMBIO 2010/ INPE 1994
Imagens: Landsat 5 - 2004 Cenas: 231-066/ 231-067/ 232-066/ 232-067
Datum: SIRGAS 2000

Elaborado por: Bastos, A. S.; Souza, A. R.

Legenda:

- Limite da Floresta Nacional do Jamari
- Limite da área de estudo
- Afloramento rochoso
- Corpos d'água
- Desflorestamento de 1994 à 2004
- Desflorestamento de 1984 à 1994

Figura 14. Imagem de satélite no ano de 2004 com a representação do incremento do último decênio e valores absolutos de desmatamento até o ano da imagem.

Muitas das áreas no entorno da UC só não estão completamente desmatadas devido a necessidade da manutenção das reservas legais, conforme preceitua o Código Florestal.

Chama a atenção o fato de não haver expansão das áreas destinadas à mineração ou garimpagem no interior da Flona. Esse fator pode explicar a diminuição dos valores de perda de cobertura florestal por alagamento que em comparação com o período passado, 1984-1994, apresentou uma redução de 1,75%, equivalente a 288 hectares.

Contudo, entre os anos de 1994 e 2004 em que já se contabilizava 45.722 hectares desmatados, houve um incremento de desmatamento de 47.036 hectares aproximadamente. O decênio 1994-2004 foi o que mais desflorestamento produziu entre todos os analisados (Figura 15). Ou seja, desmatou-se mais em uma década que em toda a história regional anterior.

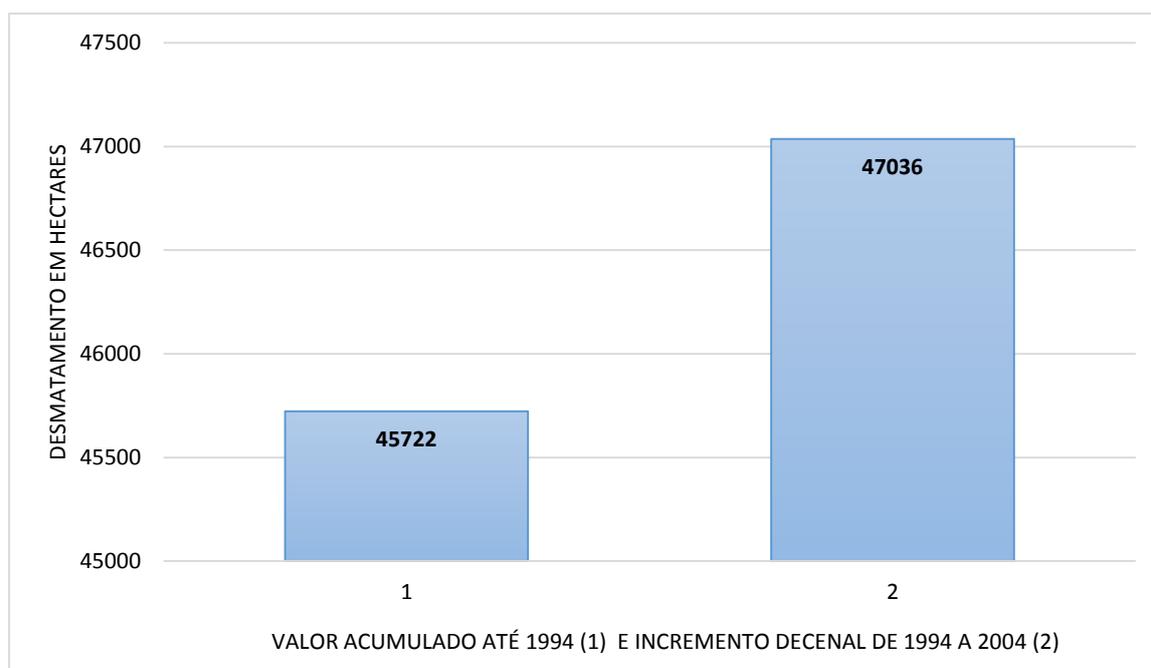


Figura 15. Índice de desmatamento cumulativo e decenal na Flona do Jamari e seu entorno entre 1994 e 2004.

7.1.4. DESMATAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO ENTRE 2004 E 2013

Durante os anos de 2004 e 2013 ocorreram as menores taxas relativas de desmatamento entre os decênios analisados referentes a formas de uso e ocupação dos solos no entorno da Flona do Jamari.

Nota-se poucos avanços das frentes de desmatamento no entorno da unidade de conservação, uma vez que a ocupação da região parece ter sido consolidada no final dos anos 90, início dos anos 2000, como pode ser notado na imagem de 2004, em que os índices de desmatamento para o período (47.036 hectares) foram maiores que todo o acumulado anterior (45.722 hectares).

Não há sinais de novas áreas destinadas à mineração no interior da UC ou locais impactados por garimpagem em seu entorno (Figura 16).

Contudo, é perceptível o aumento da perda de área por alagamento em toda a porção sul da área, devido a instalação de tanques escavados para piscicultura. Esta é a “mais nova” atividade econômica induzida por políticas públicas de crédito e preconizadas pelos governantes como a vocação da Amazônia e como alternativa aos pequenos proprietários frente a impossibilidade da pecuária. Durante este decênio (2004-2013) houve um aumento de 1.087 hectares se comparado com o anterior, totalizando 17.301 hectares alagados.

Muitos rios estão sendo barrados. Áreas com até 5 (cinco) hectares de lâmina de água são isentas de licenciamento ambiental. Licenças são expedidas facilmente para áreas maiores. Não há estudos sobre os impactos desta atividade sobre os recursos hídricos. Sua intensificação, mesmo que em menores áreas produtivas afetam a unidade e seu entorno.

A existência da unidade de conservação realmente funciona como um limitador as frentes de desmatamento. Os aspectos legais de necessidade de manutenção de reserva legal e os avanços tecnológicos para monitoramento exigem dos produtores, pequenos ou grandes, atenção a estas questões.

Mesmo estando em uma área voltada à produção mineral, florestal, agrícola e pecuária a Flona mantém a cobertura vegetal dentro de seus limites. Entretanto, a situação no entorno é de um ambiente altamente impactado, tendo perdido quase 50% de sua cobertura florestal por desmatamento para fins agrícolas ou, mais recentemente, por alagamento para piscicultura.

Ao todo, até o ano de 2013, 111.586 hectares foram desmatados na área de estudo, conforme Figura 17 e representação espacial do período de 1984 a 2013 (Figura 18). Cerca de 17.301 hectares de floresta foram impactados por alagamentos.

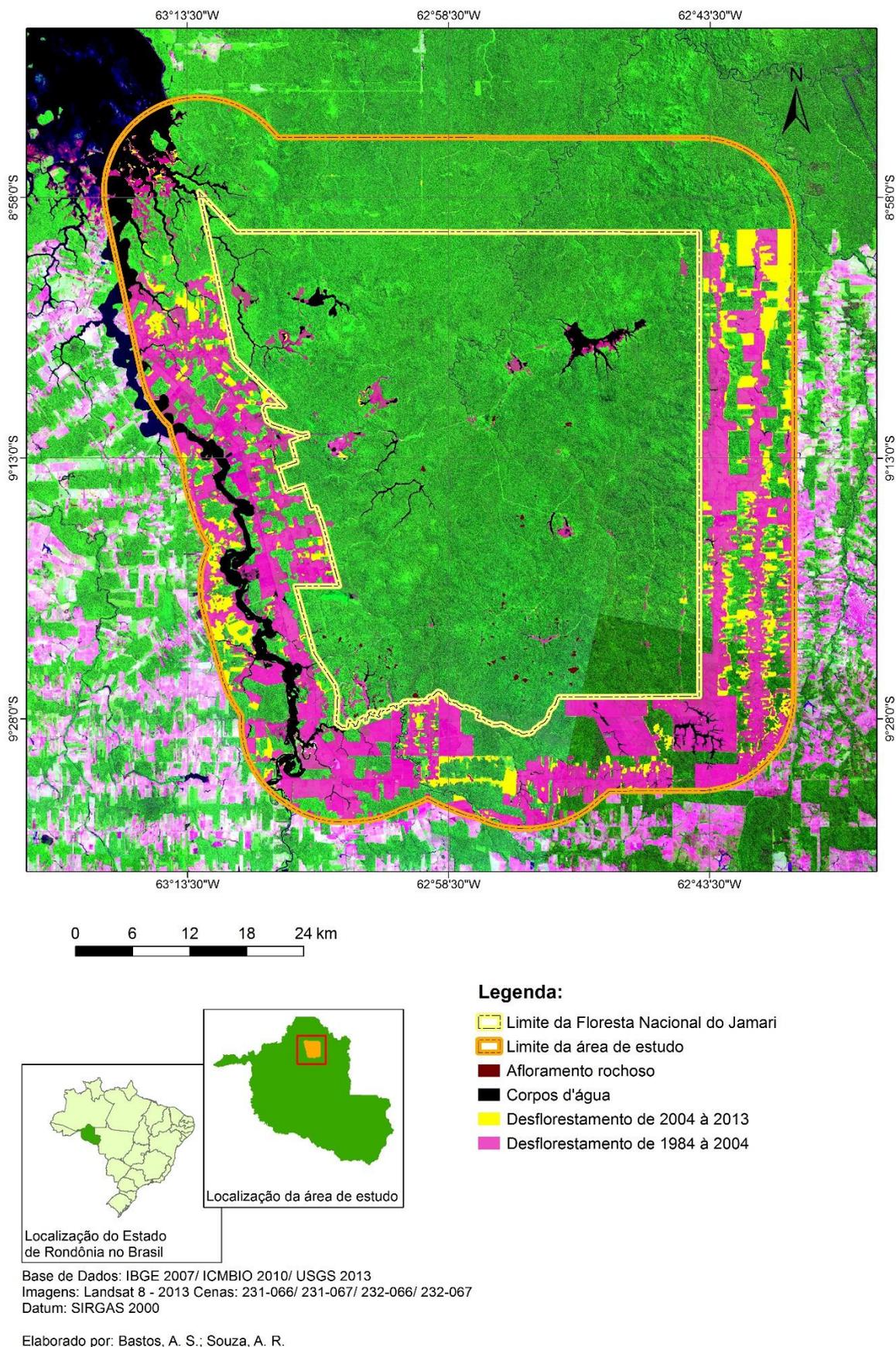


Figura 16. Imagem de satélite no ano de 2013 com a representação do incremento do último decênio e valores absolutos de desmatamento até o ano da imagem.

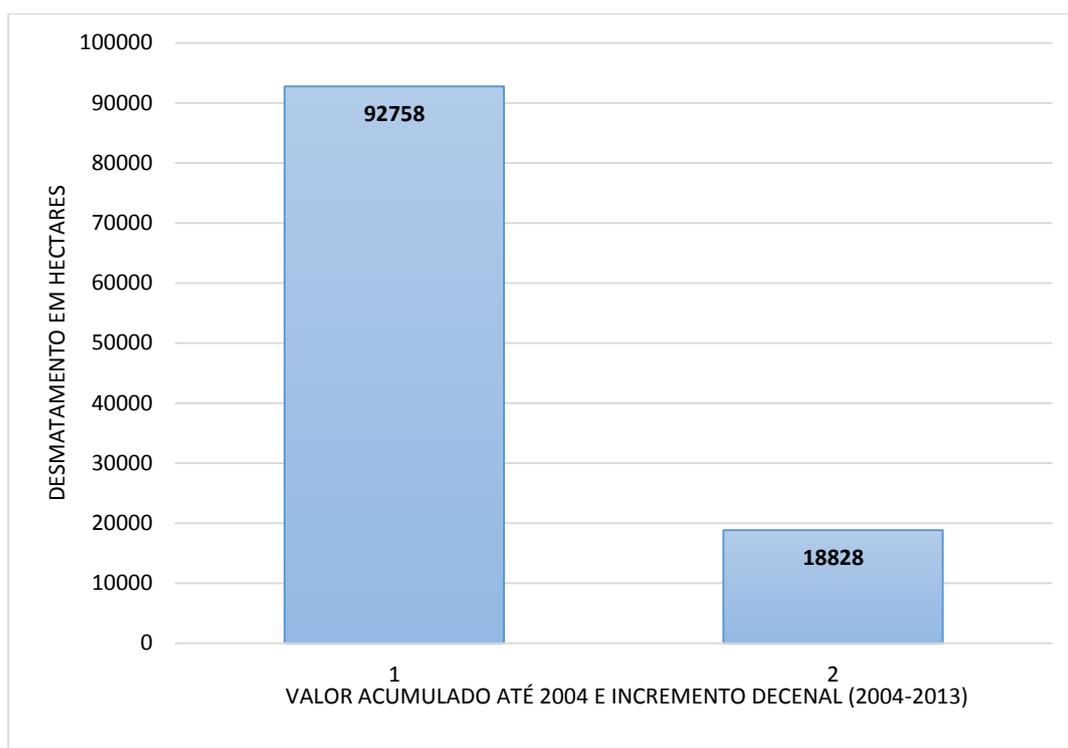
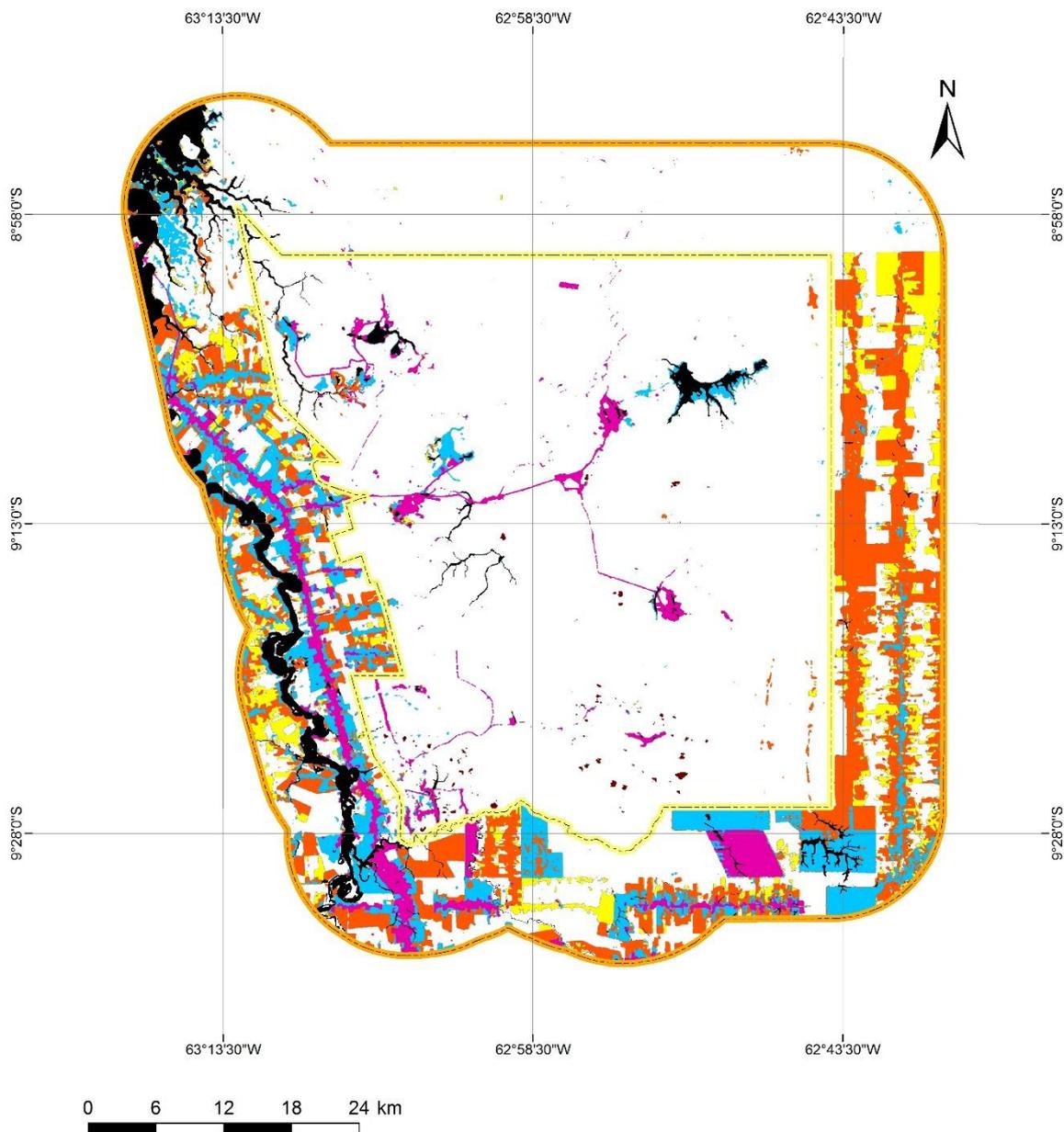


Figura 17. Índice de desmatamento cumulativo e decenal na Flona do Jamari e seu entorno entre 2004 e 2013.



Base de Dados: IBGE 2007/ ICMBIO 2010
Datum: SIRGAS 2000

Elaborado por: Bastos, A. S.; Souza, A. R.

Legenda:

- Limite da Floresta Nacional do Jamari
- Limite da área de estudo
- Afloramento rochoso
- Corpos d'água
- Desflorestamento de 2004 à 2013
- Desflorestamento de 1994 à 2004
- Desflorestamento de 1984 à 1994
- Desflorestamento em 1984

Figura 18. Área de estudo com os polígonos de desmatamento representados a cada década de ocupação a partir de 1984, ano de criação da Flona do Jamari, até 2013.

7.2. ZONAS AMBIENTAIS DA FLONA JAMARI E ENTORNO

Uma das características apresentadas pela área de estudo é sua heterogeneidade de paisagens. As zonas ambientais apresentadas a seguir são o resultado da subdivisão em parcelas mais homogêneas destas paisagens, que pudessem reduzir ao máximo, dentro da escala proposta, sua variabilidade em função dos parâmetros de classificação e das características utilizadas para distinção das zonas.

Essa classificação resultou na delimitação de cinco zonas (Figura 19): Jacundá (246.634,19 ha, 53,41%), Itapuã (71.971,09 ha, 15,58%), Nascente (68.211,93 ha, 14,77%), Laterita (65.295,46 ha, 14,14% ha) e Cujubim (9.659,24 ha, 2,09%). O estabelecimento de zonas permitiu que elas fossem representadas cartograficamente e que a distribuição espacial de suas aptidões pudesse ser visualizada em um único mapa. Esse mapa possibilita a visualização conjunta da área de estudo e suas zonas ambientais, fator viabiliza sua interpretação para que atividades de planejamento regionais sejam realizadas com maior integração entre as informações.

Com relação às formas, as zonas possuem relevos rebaixados com altitude inferiores a 200 metros, exceto em porções esporádicas do relevo residual colinoso no extremo sudeste do entorno da FLONA Jamari onde exhibe altitudes máximas próximas a 215 metros (Zona Ambiental Cujubim). Sendo assim, há um predomínio da superfície de aplanamento regional com relevos residuais colinosos isolados ou em agrupamento, sem controle estrutural.

Outra similaridade entre as zonas ambientais diz respeito a dinâmica hídrica que está comprometida com as intervenções socioeconômicas, nas áreas de pastagem, cultivos agrícolas e, mais recentemente, pela construção de tanques escavados para piscicultura. Essa “nova” atividade econômica juntamente com a pecuária tem afetado negativamente a rede de drenagem com intensificação de processos erosivos, conforme Figura 20.

Esses modos de ocupação estão diretamente associados a função da terra. Apesar da piscicultura ser uma atividade crescente, a grande força da região está na pecuária extensiva. Praticamente todas elas integram esta cadeia produtiva. Em Itapuã do Oeste 96% das áreas são usadas para este fim. Em Cujubim 94%. Ao converter floresta em pastagem, há o aumento do escoamento superficial, aumento do impacto das gotas de chuva com o solo, diminuição das taxas de infiltração, compactação por pisoteio do gado e devido ao emprego de máquinas e, conseqüentemente, instalação de processos de erosão acelerados.

O reflexo é o assoreamento intenso dos canais de drenagem, como registrado pelas fotografias apresentadas na Figura 20, redução da capacidade de transporte fluvial e perda da produtividade dos solos, proporcionando condições restritas para uma ocupação sustentável.

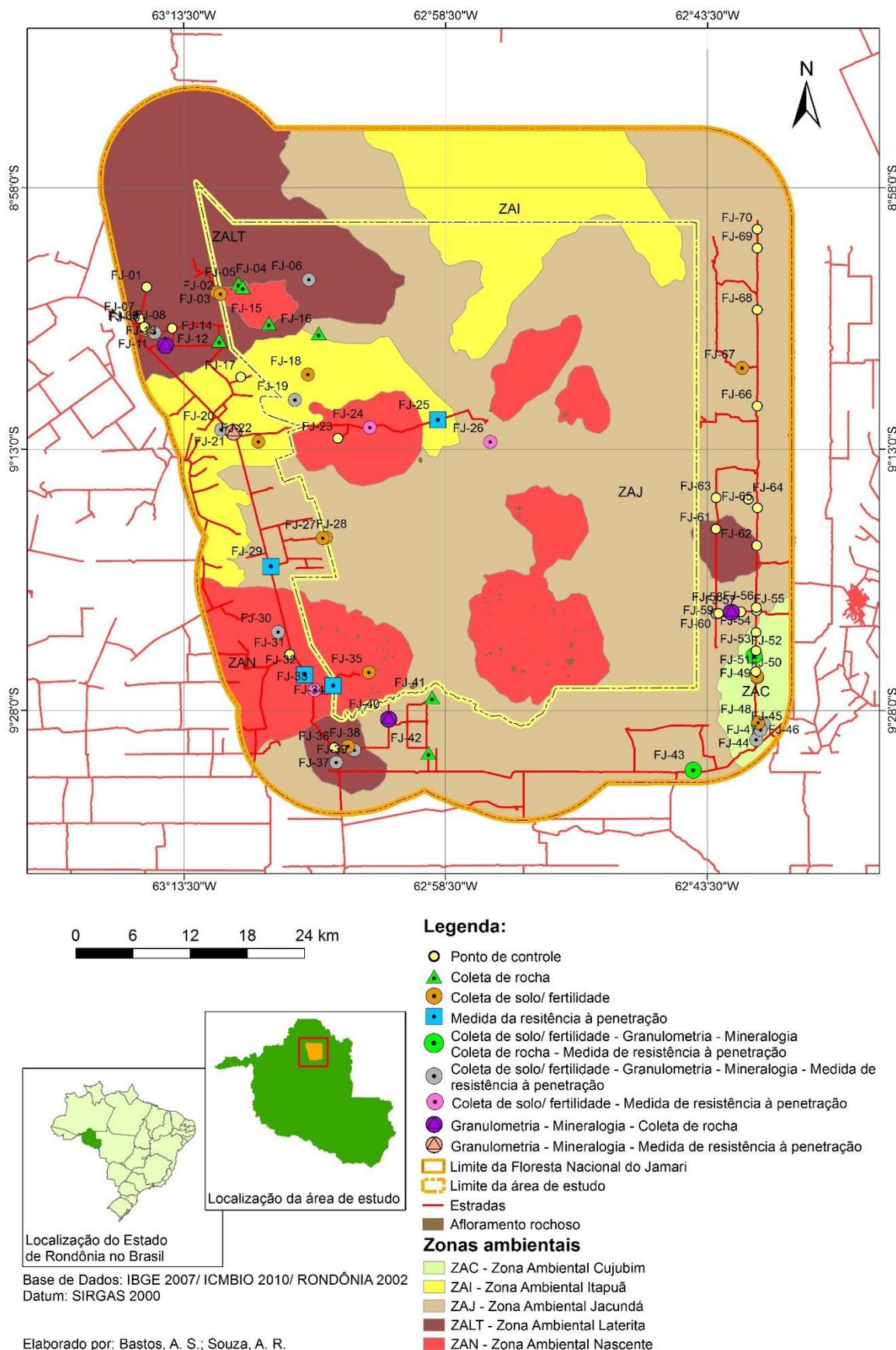


Figura 19. Mapa preliminar de zonas ambientais com os pontos de coleta e controle.

A



B



Figura 20. Fotografias (A e B) de rios assoreados localizado nas porções leste (FJ-105) e oeste (FJ-13) da área de estudo, respectivamente. Ambos fortemente impactados por assoreamento devido ao desmatamento das matas ciliares, fevereiro de 2014. Autor: Alexis de Sousa Bastos

7.2.1. ZONA AMBIENTAL JACUNDÁ

Trata-se da Zona Ambiental mais representativa ocupando 246.634,19 hectares, que correspondem a 53,41% da Flona Jamari e entorno (área de estudo). Caracteriza-se por interflúvios levemente ondulados em um relevo com dissecação média, incluindo eventuais hillocks e tors, e média densidade de ruptura de declives (Figura 21). Possui como substrato rochoso os gnaisses paleoproterozóicos do Complexo Jamari e granitos mesoproterozóicos da Suíte Intrusiva Serra da Providência.



Figura 21. Zona Ambiental Jacundá. Relevo com dissecação média com baixa a média densidade de ruptura de declives (Ponto FJ-66 em fevereiro/2014). Autor: Alexis de Sousa Bastos.

Os dados de campo e análises granulométricas e mineralógicas mostraram a ocorrência de solos eluviais imaturos na Zona Ambiental Jacundá por apresentarem espessuras inferiores a 1 metro, horizonte B ausente ou em início de formação e fragmentos líticos em quantidades significativas (38%). São solos litólicos avermelhados, exibindo frações areia e silte+argila com maior riqueza de grãos na fração areia, com predominância de quartzo (53%) em grãos mal selecionados (Tabela 9).

Os fragmentos líticos são de gnaisses do Complexo Jamari com dimensões menores que seixos e são encontrados em quantidades gradativamente, da maior para a menor proporção, nas frações granulométricas de areia da mais grossa para as mais finas (Tabela 9; Figuras 22A e 22B). Desta forma, a fração areia muito grossa exhibe teor de

51% de fragmentos líticos e nas frações areias grossa, média, fina e muito fina teores entre 5 e 10% (Tabela 9).

Os grãos de quartzo na fração areia ocorrem de três modos, em ordem crescente de quantidade: cristais monocristalinos brancos transparentes límpidos; grãos policristalinos brancos leitosos e grãos policristalinos castanhos e límpidos. São grãos que mostram manchas em fraturas e poros de cores avermelhadas de óxidos e hidróxidos de ferro de origem secundária.

A análise petrográfica em lâminas delgadas da rocha original, revelou uma composição mineralógica a base de quartzo (35%), ortopiroxênio (25%), granada (20%), hornblenda (15%), opacos (5%), além de traços de actinolita e biotita, havendo porfiroblastos de granada e quartzo de até 4 mm imersos em uma matriz granoblástica equigranular com tamanhos médios de 0,3 mm (Figura 21 C).

Tabela 9. Distribuição das frações areia e silte+argila e estimativas em porcentagem em volume dos minerais da fração areia na Zona Ambiental Jacundá. %areia + %silte + %argila = 100%. % areia grossa + % areia média + % areia fina + % areia muito fina = % fração areia (Ponto FJ-40).

CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	% PESO	MINERAIS (% em volume)						
		Quartzo	Feldspato	Mica	Opacos	Zircão	Fragmentos líticos	Óxido/Hidróxido de Fe
AREIA	51,2	53	2	< 1	2	< 1	38	5
areia muito grossa	44,5	46	-	-	< 1	-	51	3
areia grossa	14,6	83	1	-	2	-	10	4
areia média	10,2	82	1	-	6	-	7	4
areia fina	17,3	80	1	-	5	< 1	8	6
areia muito fina	13,4	86	-	< 1	7	-	5	2
SILTE+ARGILA	48,8							

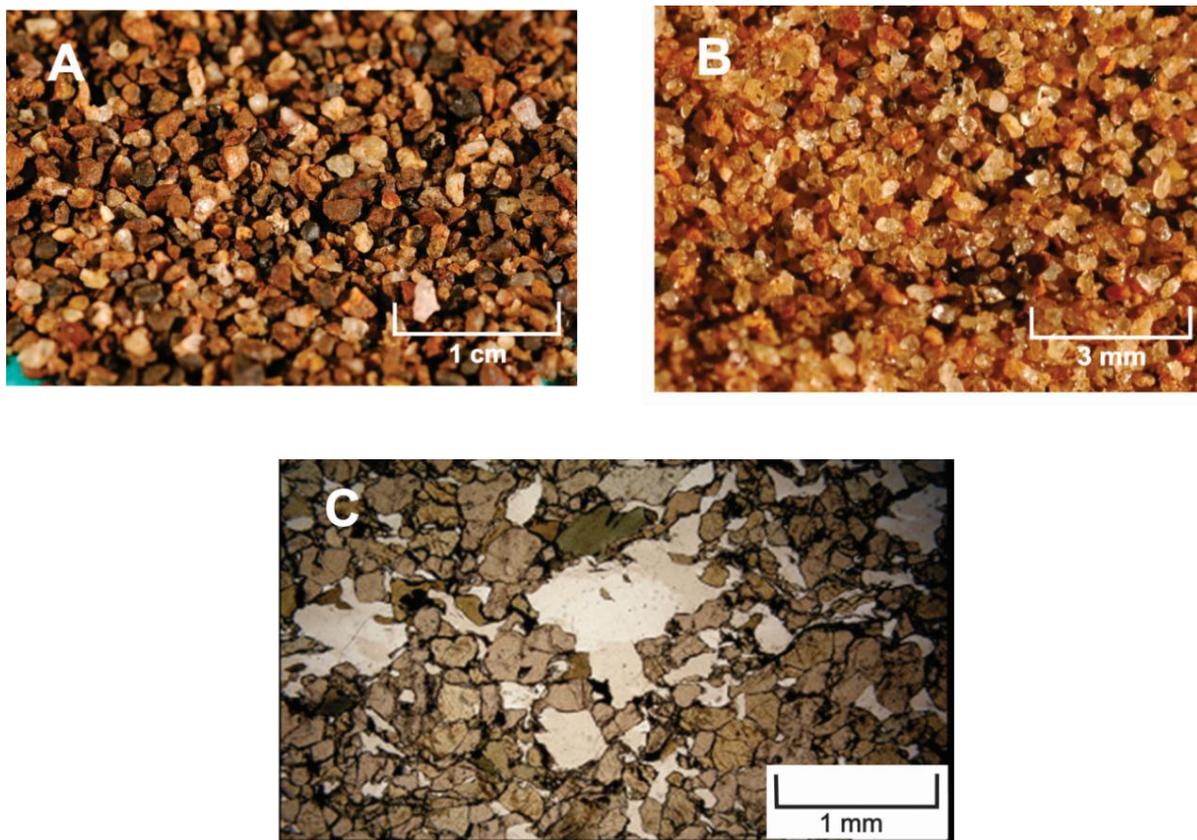


Figura 22. Fotos da granulometria e fotomicrografia referentes a Zona Ambiental Jacundá. (A) Grãos na fração areia grossa do solo constituídos de fragmentos líticos (51%) de gnaisses do Complexo Jamari e quartzo (46%). (B) Grãos na fração areia muito fina do solo constituído de fragmentos líticos (5%) de gnaisses do Complexo Jamari e quartzo (86%). (C) Fotomicrografia mostrando gnaisse do Complexo Jamari com microporfiroblatos de quartzo imersos em uma matriz granoblástica equigranular a base de quartzo, granada, hornblenda e opacos (Ponto FJ-40). Autor: Vanderlei Maniesi.

Além de solos eluviais ocorrem também solos coluvionais sobre os granitóides da Suíte Granítica Serra da Providência. São de pedogênese pouco evoluída evidenciada pelo desenvolvimento da estrutura do solo com horizonte B ausente ou incipiente e ausência de relação com o horizonte C (saprólito de granitóide deformado, Figura 23B).

Na fração areia o quartzo se comporta de modo ultra-estável em relação a dissolução por intemperismo de outras fases minerais (Figura 22B, acima). Com isso, durante a evolução do intemperismo e erosão os sedimentos são gradativamente enriquecidos em quartzo (46 a 86%) e empobrecidos em feldspatos (2 a 0%), e em outros minerais primários facilmente intemperizáveis, como no caso piroxênio, anfibólio e granada. Neste processo intempérico os minerais facilmente intemperizáveis são lixiviados, restando aqueles com menor mobilidade, argilominerais e soluções de óxido e hidróxidos de ferro, caracterizados com matizes avermelhadas.

São solos que apresentam linha de pedras (stone-lines) com espessura de 10 a 20 cm e profundidade de 1,5 a 2 m da superfície (Figura 23A), em meio a um solo com textura intermediária entre arenosa e siltico-argilosa. São formados por seixos arredondados de quartzo e laterita com diâmetro médio de 1 a 10 cm. Os solos que recobrem as linhas de pedras podem representar uma superfície do antigo chão pedregoso de uma paleopaisagem. O processo ativo de formação de chãos pedregosos relaciona-se a dependência da morfogênese de uma progressiva instalação de ações de intemperismo físico em um chão sub rochoso exposto (AB'SABER, 1969).

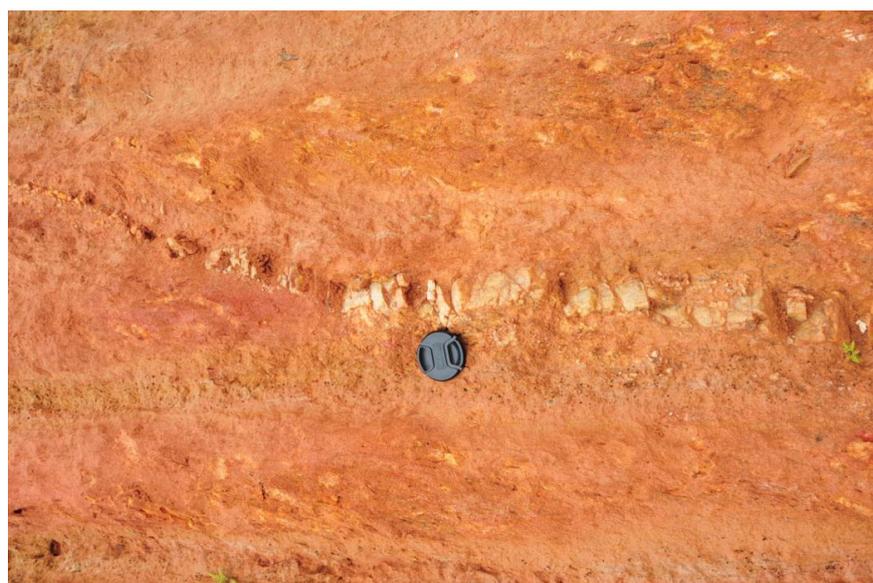
A**B**

Figura 23. (A) Linha de pedra formada por seixos arredondados de quartzo e laterita em solos coluvionais (destaque entre os traços em preto). (B) Saprólito de granitóide deformado da Suíte Granítica Serra da Providência. Ponto FJ-65 em fevereiro/2014. Autora: Fabiana Barbosa Gomes.

Esta zona também apresentou fortes graus de limitação, principalmente para fertilidade natural. Todos os atributos diagnóstico deste tema mostram-se deficientes.

Deficiência de Fertilidade

a) Disponibilidade de nutrientes

Potássio (K^+) – os valores apresentados para potássio presentes no solo são extremamente limitantes com relação a fertilidade natural tanto em solos sob floresta como pastagem. Correspondem a 0,06 e 0,08 $cmol_c/dm^3$ respectivamente em dois pontos de coleta para a parte superficial do solo (0-20cm) sob floresta, FJ-26 e FJ-27. Para solos sob pastagem os pontos FJ-28 e FJ-67 apresentaram valores de 0,06 e 0,05 $cmol_c/dm^3$. Conforme os parâmetros estabelecidos por RAIJ et al. (1997), estes situam-se na faixa de fertilidade muito baixa que estabelece valores $\leq 0,07$ $cmol_c/dm^3$. Os pontos sob floresta que apresentaram valores de K^+ relativamente mais enriquecidos, enquadra-se como de baixa fertilidade.

Para os solos coletados entre 20 e 40 cm, nestes mesmos pontos, os valores são ainda mais empobrecidos de 0,02 $cmol_c/dm^3$ tanto para solos sob floresta quanto pastagem. O ponto FJ-27, sob cobertura florestal, apresentou 0,03 $cmol_c/dm^3$.

Cálcio (Ca^{2+}) – Os teores de cálcio também apresentam baixa concentração para todos os pontos medidos, seja sob floresta ou pastagem, segundo os parâmetros de Silva et al. (1998) e Raij et al. (1997) na camada de 0-20 cm. Sob floresta os valores variaram de 0,02 a 0,27 $cmol_c/dm^3$. O valor de concentração de cálcio caracterizado como faixa de baixa fertilidade é de $\leq 1,5$ $cmol_c/dm^3$, conforme autores citados. Nas áreas sob pastagem na profundidade entre 0-20 cm houve uma variação de 0,02 a 0,56 $cmol_c/dm^3$.

Na faixa de 20 a 40 cm os valores foram de 0,01 e 0,04 $cmol_c/dm^3$ para solos sob floresta e 0,1 e 0,08 $cmol_c/dm^3$ para solos sob pastagem, todos considerados baixos.

Magnésio (Mg^{2+}) – a concentração de magnésio apresentou teores de 0,07 e 0,02 $cmol_c/dm^3$ sob solos florestais na parte superficial da coleta (0-20 cm) e 0,08 e 0,2 $cmol_c/dm^3$ para pastagem. A coleta de amostras entre 20 e 40 cm sob solos florestais apresentou valores maiores (0,05 e 0,04 $cmol_c/dm^3$) em relação a pastagem desta zona, que teve valores de 0,02 e 0,03 $cmol_c/dm^3$. Todos os teores para esta profundidade são considerados baixos, dados os parâmetros para o elemento que situa a faixa de baixa fertilidade em valores de $\leq 0,5$ $cmol_c/dm^3$.

Com relação a saturação de bases, soma de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ trocáveis, os valores corroboram a biodisponibilização dos nutrientes analisados individualmente, sendo considerados muito baixos. Os parâmetros de Silva et al. (1998) e Pereira & Lombardi Neto (2004) estabelecem valores para faixa de fertilidade muito baixa para concentrações $\leq 25\%$. Os solos sob floresta apresentaram valores de saturação de bases de 1 e 6% para profundidades de 0-20 cm e 2% para camada entre 20-40 cm. Na pastagem o resultado foi de 2 e 8% para a parte superficial (0-20 cm) e 1 e 2% para a mais profunda (20-40 cm).

Capacidade de Troca Catiônica (CTC) – A capacidade de troca catiônica mostrou-se para ambos os tipos de cobertura, floresta e pastagem, maior na parte superior dos solos (0-20 cm), com valores que variaram de 10,71, concentração mais alta obtida em solos florestais e 9,55 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, valor mais baixo, obtido em solos sob pastagem.

Na faixa de 20 a 40 cm de profundidade dos solos os valores decresceram, porém houve uma inversão. O menor valor para a profundidade foi de solos sob floresta 4,87 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ e a maior concentração sob pastagem 6,44 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$. Para fins de análise de fertilidade estes valores devem ser relativizados, observando-se sua relação com os valores apresentados na saturação de bases. De acordo com o método, valores $> 5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ (= 5 cmol_c/kg) são característicos de solos com menores limitações de fertilidade natural.

Ou seja, a Zona Ambiental Jacundá apresenta características de fertilidade natural cujo grau de limitação é muito forte. Seus solos são extremamente pobres em nutrientes (distróficos), com saturação por bases muito baixa, principalmente na parte com até 40 cm de profundidade, ainda que associada a valores de CTC superiores a 5 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

b) Toxicidade por alumínio

A Zona Ambiental Jacundá mostra um grau muito elevado de intoxicação por alumínio, com teores para saturação do elemento (m%) dos solos sob floresta entre 95 e 80% para as camadas de 0-20 cm e 96 e 95% para camada de 20-40 cm. Para pastagem os valores foram 95 e 62% para 0-20 cm e 98 e 93% para a faixa de 20-40 cm. Os valores médios foram de 87,5% e 78,5% para floresta e pastagem respectivamente, na profundidade mais superficial de análise, com uma tendência de aumento para partes mais profundas. De acordo com a Embrapa teores acima de 20% são considerados altos.

A relativização da saturação por alumínio com os resultados da CTC mostra que, com relação a este atributo diagnóstico, os solos desta zona enquadram-se na faixa de

limitação muito forte, característico de terras álicas, com elevada saturação por alumínio (70-100%), associada a CTC com valores variando de 5 a 10 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$.

c) Potencial hidrogeniônico (pH)

A acidez do solo é outro problema da Zona Ambiental Jacundá, que corrobora com os dados de elevada disponibilização de Al^{3+} e baixa saturação de bases, dados os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ . Os valores de acidez ficaram na faixa daqueles considerados muito altos. Sob floresta os valores foram de 3,7 e 4,7 para 0-20 cm e 4,2 e 4,6 para 20-40 cm. Em pastagem os valores foram de 3,8 e 4,8 para 0-20 cm e 4,3 e 4,4 para 20-40 cm.

Mesmo que trabalhado de forma relativa com a saturação e bases, os solos mostram-se com limitação muito forte, dado que a acidez variou de 3,7 a 4,8 parâmetros considerados de muito alta e alta acidez. Esse fator associado a saturação de bases $\leq 26\%$ fez com que este atributo diagnóstico obtivesse esse grau de limitação.

d) Fósforo trocável

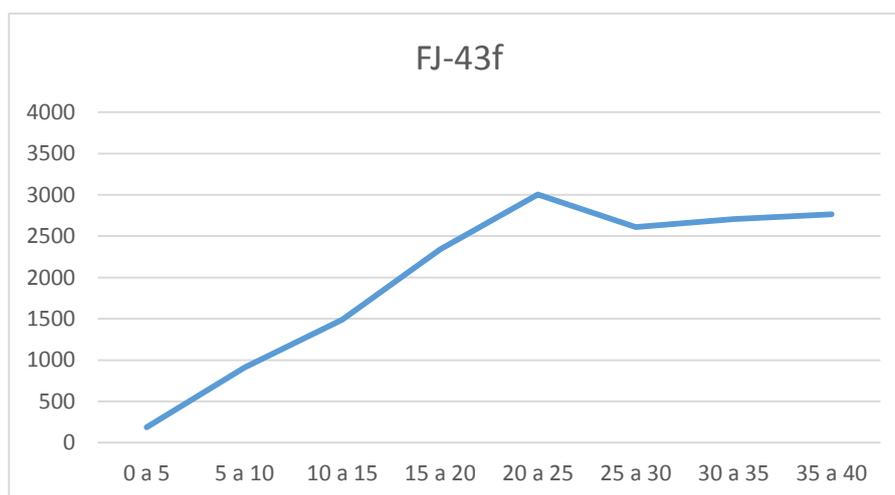
O teor de fósforo trocável existente nos solos desta zona é considerado baixo, como esperado para ambientes tropicais. Nas coletas de amostras de solos sob floresta, entre 0-20 cm foi de 2 mg/dm^3 . Entre 20 e 40 cm esse valor, já pobre, manteve-se em 2 mg/dm^3 ou caiu para metade, 1 mg/dm^3 . Nos solos sob pastagem os valores tiveram o mesmo comportamento. Ou mantiveram-se em 2 mg/dm^3 ou caíram ao aumentar a profundidade da coleta. Todos os pontos amostrados estão muito abaixo do limiar mínimo considerado por Silva et al. (1998), de 10 mg/dm^3 . Esses valores são considerados como muito baixos para qualquer cultura, sejam elas florestais, perenes, lavouras ou hortaliças (RAIJ et al., 1997).

Desta forma, a fertilidade natural trata-se de um significativo atributo diagnóstico com relação a limitação, considerado muito forte. A Zona Ambiental Jacundá possui terras com altíssima exigência de P para manutenção ou correção do estado nutricional, pois os valores estão abaixo de 5,0 mg/dm^3 .

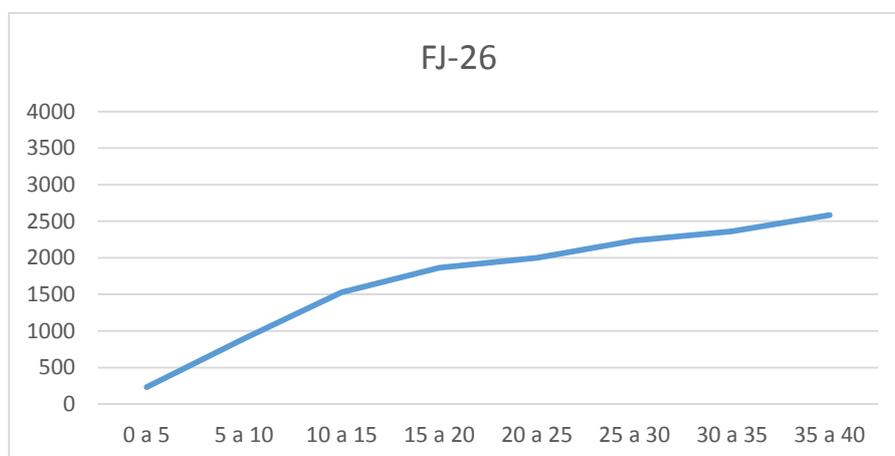
Resistência à Penetração – Zona Ambiental Jacundá

Os dados referentes à relação floresta e pastagem mostram significativas diferenças e mudanças decorrentes das formas de uso e ocupação dos solos desta zona. Nos ambientes florestais, pontos FJ-43f e FJ-26, Figuras 24A e 24B, percebe-se um aumento gradativo da resistência à penetração (RP) conforme aumenta-se a profundidade, devido ao aumento de densidade. As resistências averiguadas na camada do perfil próximos a 40 cm são de aproximadamente 2.500 KPa. Essa tendência é corroborada pelo enriquecimento de material silto-argiloso nas profundidades entre 20-40 cm e pela existência de material supérgeo com maiores teores de areia, fator que contribui para maior porosidade e menor densidade da camada do perfil entre 0-20 cm conforme dados granulométricos apresentados nas Figuras 24A e 24B.

A



B



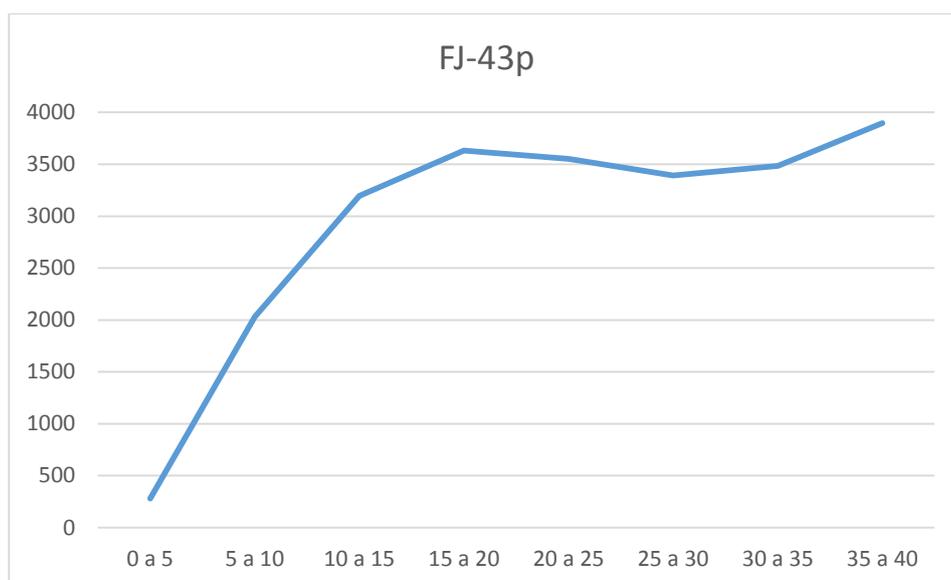
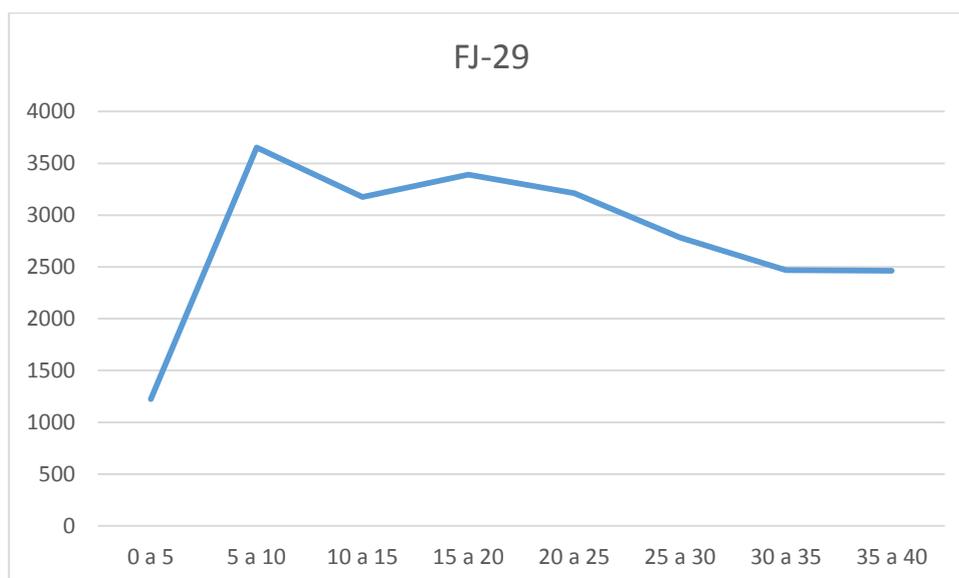
Figuras 24A e 24B. Variação da média de resistência a penetração em solos florestados (ZAJ) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade. Pontos FJ-43f (A) e FJ-26 (B).

Nos solos sob pastagem fica evidente a compressão na parte superior do solo, entre 0-20 cm, conforme Tabela 10 e gráficos das Figuras 25A e 25B. Comparando estes valores com os medidos em solos florestados às mesmas profundidades nota-se um estado de compressão na parte entre 0-5 cm até 527,80% maior e entre 5-10 cm até 402,10% mais comprimidos nas pastagens. Os valores máximos chegaram a 3632,6 KPa entre 15 e 20 cm em um dos pontos de pastagem medidos (ponto FJ-43p) e a 3653,6 entre 5-10 cm no ponto (FJ-29).

Nos intervalos do perfil próximos a 40 cm verifica-se que não há influência da pressão externa produzida pelo pisoteio do gado, uma vez que os valores tendem a aproximar-se daqueles encontrados as mesmas profundidades em solos sob floresta.

Tabela 10. Resultados dos pontos medidos quanto a resistência à penetração em ambientes de floresta (FJ43f e FJ-26) e pastagem (FJ-43p e FJ-29) e sua variação relativa de resistência à penetração (KPa) quando comparadas as medidas de pastagem e floresta no ponto de maior resistência medido neste ambiente na Zona Ambiental Jacundá.

MÉDIAS POR PROFUNDIDADE	FJ43f	FJ-26	FJ-43p	% compressão	FJ-29	% compressão
0 a 5	185,5	232	279,8	120%	1224,50	527,80%
5 a 10	908,6	895	2030,8	223,5%	3653,6	402,10%
10 a 15	1490,2	1526,4	3194,8	209,30%	3174,4	207,90%
15 a 20	2338,6	1863,4	3632,6	155,30%	3389,6	144,90%
20 a 25	3002,6	1998	3553,6	118,35%	3211,8	106,96%
25 a 30	2611	2233,8	3393,6	129,97%	2782,8	106,57%
30 a 35	2704,4	2363,6	3483,8	128,81%	2468,6	91,28%
35 a 40	2766	2585,8	3897,6	140,91%	2462,4	89,02%

A**B**

Figuras 25A e 25B. Variação da média de resistência a penetração em solos sob pastagem (ZAJ) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade. Pontos FJ-43p (A) e FJ-29 (B).

Verificou-se que há influência nas variações de compressão decorrentes da textura do solo desta zona. A parte superior do solo, camada de 0-20 cm, mostra valores maiores de materiais arenosos com relação a camada de 20-40cm (Tabelas 11 e 12). Devido a menor coesão relativa entre os materiais de cada camada, maior porosidade e capacidade de preenchimento por água e ar dos espaços esta camada ao ser exposta a maiores pressões

externas produz um rearranjo das partículas que pode tornar os solos mais comprimidos e aumentar a resistência à penetração.

Tabela 11. Estimativa granulométrica referente aos intervalos de 0-20 cm e 20-40 cm do solo coletado no ponto FJ-43f, em floresta. %cascalho+%areia + %silte+argila = 100%; % areia grossa + % areia média + % areia = % areia.

Classificação do Sedimento	FJ-43fA (%)	FJ-43fB (%)
CASCALHO	12,82	18,94
AREIA	66,76	48,53
grossa	54,93	43,79
média	6,33	4,71
fina	5,5	0,03
SILTE	13,53	20,53
ARGILA	6,9	12,01

Tabela 12. Estimativa de porcentagem em volume dos minerais da fração areia ZAJ. Amostra FJ-58. % areia + % silte+argila = 100%; % areia grossa + % areia média + % areia fina + % areia muito fina = % areia.

CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	% PESO	MINERAIS (% em volume)					Fragmentos lateríticos
		Quartzo	Feldspato	Mica	Opacos	Zircão	
AREIA	65,7	20	-	2	< 1	< 1	78
areia muito grossa	79	28	-	-	-	-	93
areia grossa	3,5	11	-	6	-	-	2
areia média	2,7	10	-	13	-	-	1
areia fina	6,7	22	-	40	-	-	2
areia muito fina	8,1	29	-	41	100	100	2
SILTE + ARGILA	34,3						

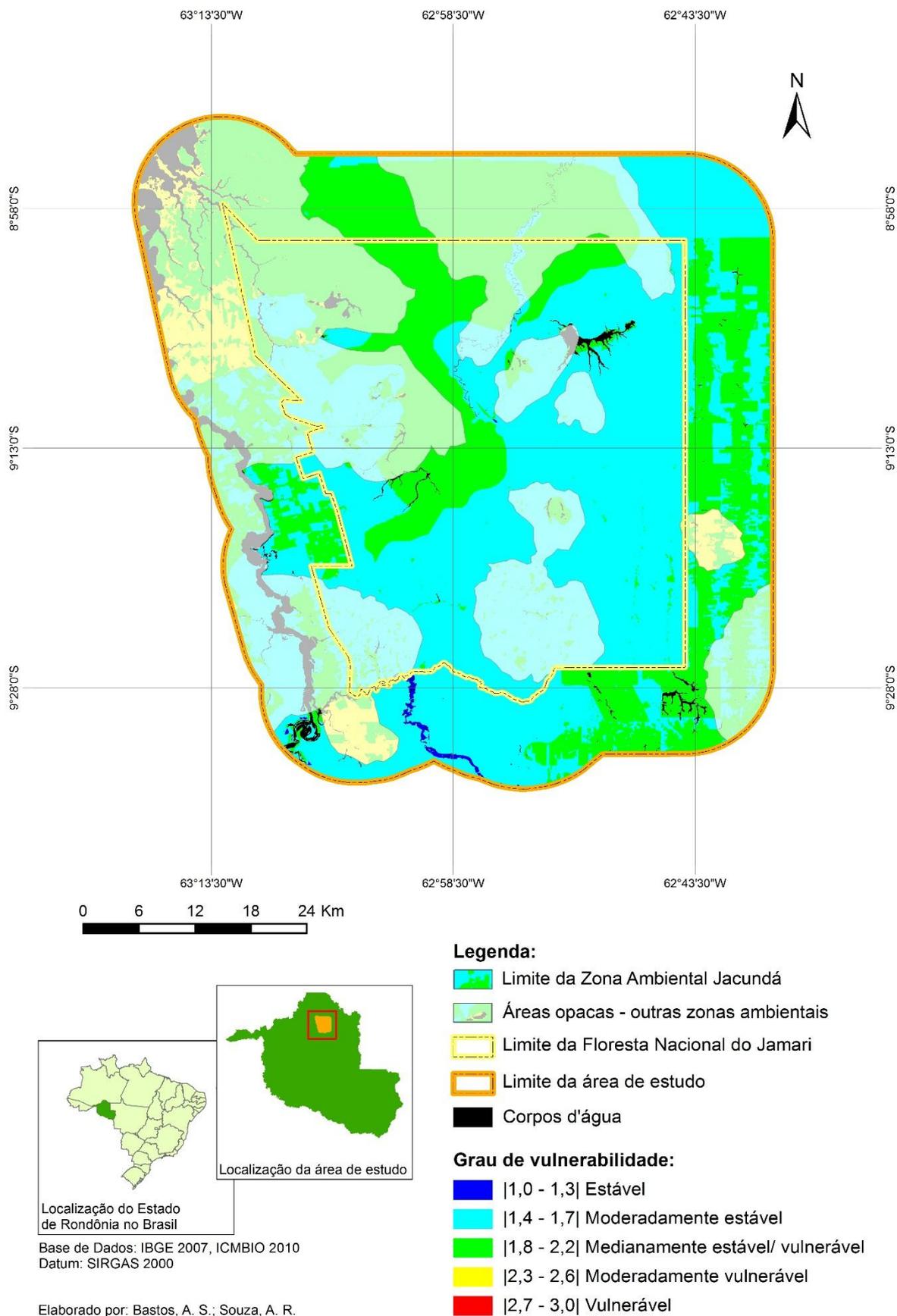


Figura 26. Mapa de vulnerabilidade natural à erosão da Zona Ambiental Jacundá.

A classe mais representativa desta zona é a moderadamente estável, com 160.760,47 ha (65,21%), seguida da medianamente estável/vulnerável, que representa 82.133,29 hectares (33,32%), conforme representação da Figura 26. As áreas que se apresentaram estáveis quanto à erosão somam 1.032,74 hectares (0,41%). A menor proporção foi de áreas moderadamente vulneráveis, apenas 34,61 hectares (0,01%). Nota-se nesta Zona a influência da cobertura florestal para manutenção de espaços de maior estabilidade. A leste, a alteração dos ambientes pelo desflorestamento foi responsável pela modificação do padrão de moderadamente estável para medianamente estável-vulnerável.

Observa-se que a alteração dos valores referentes a vulnerabilidade natural à erosão varia significativamente em todo o entorno, indicando aumento dos riscos relacionados ao surgimento de processos erosivos. Além do fator vegetação, este fato pode estar associado a diminuição da coesão do solo, devido a ocorrência de sedimentos indiferenciados com características marcadamente arenosas e quartzosas (Tabela 9).

Um grave problema associado aos processos erosivos acelerados e que não é perceptível nesta escala de trabalho é o assoreamento dos rios. Alterações para abertura de estradas e/ou retirada de cobertura florestal para conversão em pastagens poderão alterar a classificação dos polígonos de moderadamente estáveis para medianamente vulneráveis, requerendo, portanto, maiores cuidados em seu manejo. As atividades pecuárias e a supressão das matas ciliares, topos de morros e processos associados ao movimento de massas levaram ao assoreamento de rios verificados em toda faixa de entorno ocupada inerente a esta Zona Ambiental Jacundá.

A manutenção das unidades de paisagens naturais é de importância expressiva, pois os índices de vulnerabilidade dependem desse conjunto e devem ser conservadas de maneira que possam garantir que os processos naturais continuem se auto regulando, se ajustando e não avançando para classes mais vulneráveis quanto à erosão. Apesar de ser uma área com maior cobertura de classes moderadamente estáveis, a remoção da vegetação e as formas de manejo do solo com a pecuária bovina evidenciam na porção leste que esse padrão pode ser rapidamente alterado.

7.2.2. ZONA AMBIENTAL ITAPUÃ

A Zona Ambiental Itapuã é a segunda mais extensa, representa 15,58% da área de estudo (71.971,09 hectares). Abrange o centro urbano, proximidades de Itapuã do Oeste e a porção centro norte da Flona Jamari e entorno, banhada pelo igarapé Janipapo, afluente da margem esquerda do rio Jacundá. É definida por duas áreas respectivamente contínuas com baixa densidade das microfeições do relevo e de drenagem, obtidas pela densidade de textura em fotografias aéreas, em uma estrutura de primeira ordem, configurando características de alta capacidade de retenção de água e boa permeabilidade em um relevo com dissecação baixa (Figura 27).



Figura 27. Paisagem associada a Zona Ambiental Itapuã. Materiais sedimentares de coberturas cenozóicas com baixa densidade das microfeições do relevo e de drenagem e com intenso pisoteio de gado. Ponto FJ-22 em junho/2014. Autor: Alexis de Sousa Bastos.

Trata-se de uma zona Ambiental com uma ampla distribuição na porção oeste da FLONA Jamari e entorno, com materiais sedimentares de coberturas cenozóicas derivadas de leques aluviais, canais fluviais, planícies de inundação e lacustres de idade plio-pleistocênico com espessura geralmente inferior a 40 metros, segundo interpretação de Quadros & Rizzotto (2007).

Estão associados solos carentes de nutrientes essenciais e a luminosidade, temperatura e umidade constantemente elevada que refletem na vegetação natural. Os dados granulométricos e mineralógicos dos solos e sedimentos evidenciam que a maior parte dos nutrientes está contida na própria vegetação em processo de decomposição.

São nutrientes com quantidade o suficiente apenas para a denominada lei do mínimo, os quais estão sempre em eficiente ciclagem, estabelecendo em uma rápida decomposição dos restos vegetais, liberando nutrientes minerais e a reabsorção desses nutrientes pelas raízes.

Há gretas de contração no material compactado em função do intenso pisoteio de gado, porém sem atuação de processos erosivos lineares significativos. O material sedimentar é constituído por grãos de quartzo milimétricos a submilimétricos facetados e subarredondados, envoltos por uma matriz síltico argilosa de coloração cinza médio com porções argilosas ocre.

Na fração areia são identificados grãos com grau de arredondamento anguloso (47%), subanguloso (33%) e subarredondado (20%), constituídos por quartzo (94%), laterita (5%), opacos (1%) e feldspato (traços), Tabela 13.

Os grãos transparentes de quartzo sobrepõem em quantidade aos leitosos. Seu baixo grau de arredondamento e grãos achatados (oblatos) sugere sua forma original de material de preenchimento autógeno, agora desagregado. Estão eventualmente com manchas avermelhadas generalizada e possuem agregados pulverulentos lateríticos associados nos grãos das frações de areia muito grossa e grossa persistentes ao transporte (Figura 28).

Os opacos são representados em maior proporção pela ilmenita e de modo subordinado pela magnetita. Estão presentes como grãos isolados nas frações menores que 0,5 mm, ou como finas inclusões primárias em grãos de quartzo, ou mesmo como pontuações nos fragmentos lateríticos, juntamente com finos grãos arredondados de quartzo. A moscovita ocorre em frações mais finas que 0,25 mm como partículas laminares límpidas angulosas a subangulosas. São sedimentos possuem com predominância da fração areia (89,9%) em relação a silte+argila (10,1%). A mineralogia identificada na lupa binocular na fração areia a base de quartzo (94%), grãos de lateritos (5%), opacos (1%) e feldspato (traços).

Tabela 13. Estimativa macroscópica de porcentagem em volume dos minerais da fração areia na Zona Ambiental Itapuã. %areia + %silte+argila = 100%; % areia grossa + % areia média + % areia fina + % areia muito fina = % areia (Ponto FJ-17).

CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	% PESO	MINERAIS (% em volume)					
		Quartzo	Feldspato	Mica	Opacos	Turmalina	Fragmentos lateríticos
AREIA	89,9	94	< 1	-	1	< 1	5
areia muito grossa	6,8	95	-	-	-	-	5
areia grossa	37,7	98	-	-	-	-	2
areia média	35,2	95	-	-	2	-	3
areia fina	15,7	92	-	-	2	-	6
areia muito fina	4,6	76	-	< 1	6	-	18
SILTE+ARGILA	10,1						

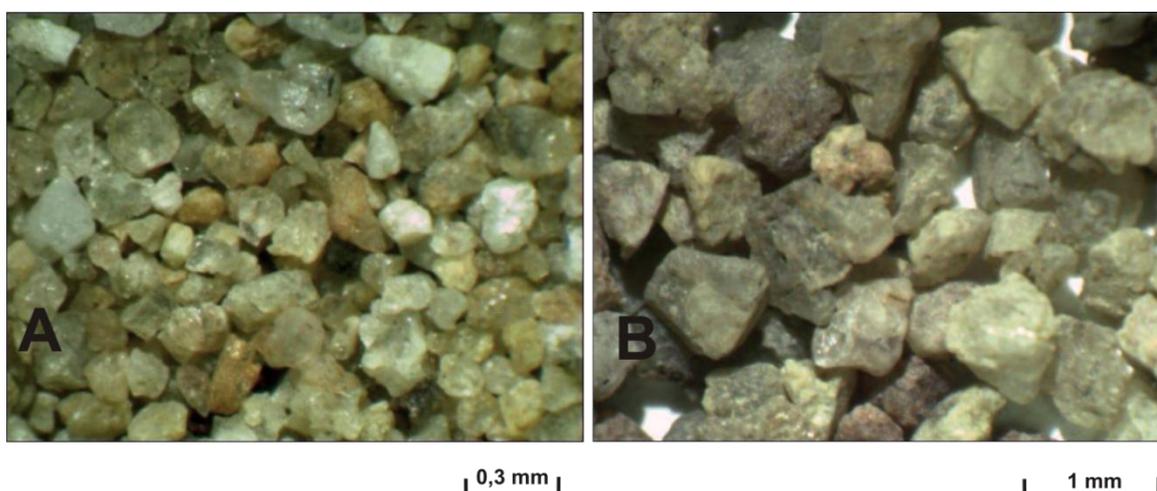


Figura 28. Cristais de quartzo monominerálicos predominando nas frações areia fina (A) e areia grossa (B). Ponto FJ-17. Autor: Vanderlei Maniesi.

O solo constitui-se de uma quantidade de nutrientes minerais biodisponibilizados como consequência das condições pedoambientais sob os quais são formados, e estão em contínua modificação em adequação às novas condições ambientais dominantes.

O rompimento desse ciclo com sua substituição por pastagem e/ou lavoura, como é o caso do entorno oeste da Flona Jamari, os raros nutrientes disponíveis do neossolo podem se perder em profundidade para o nível freático ou pela erosão. Desta forma, configuram áreas com restritas condições para a implantação de uma agricultura produtiva sustentável, além de apresentarem-se com intenso pisoteio de gado em função da construção de obras escavadas de modo semicircular com diâmetro próximo a 10 metros e profundidade próxima a 1,5 metros, para fins de reserva de água pluvial para o gado.

Deficiência de Fertilidade - Zona Ambiental Itapuã

a) Disponibilidade de nutrientes

Potássio (K^+) – os conteúdos de potássio presentes nas amostras coletadas são extremamente limitantes com relação à fertilidade natural nos solos sob floresta. Correspondem a $0,05 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, valor tido como muito baixo e $0,11 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ valor considerado baixo. Estes valores foram obtidos na parte superficial do solo (0-20cm), indicando nesta profundidade do perfil severas limitações (SILVA et al., 1998; RAIJ et al., 1997), uma vez que os valores estabelecidos para potássio assimilável são de $\leq 0,07 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, faixa de fertilidade muito baixa e entre $0,08$ e $0,15 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, baixa.

Sob pastagem os conteúdos de K^+ apresentados nesta profundidade foram de $0,11 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $0,27 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, melhores que os solos sob floresta. Estes valores fazem com estes solos sejam enquadrados como de baixa e média fertilidade, respectivamente. A maior diferença relativa foi medida no ponto FJ-21, que registrou uma variação de 245,45% com relação ao ponto mais enriquecido de potássio trocável em floresta. A faixa de média fertilidade situa-se entre $0,16$ e $0,30 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ (SILVA et al., 1998; RAIJ et al., 1997).

Para os solos coletados entre 20 e 40 cm os valores são inferiores, de $0,02$ e $0,07 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ sob floresta, pontos FJ-18 e FJ-19 respectivamente, e $0,05$ e $0,06 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ sob pastagem, pontos FJ-20 e FJ-21 respectivamente. No ponto FJ-21, onde houve a maior concentração do elemento, a perda de potássio com a variação de profundidade foi de 450%.

Cálcio (Ca^{2+}) – Os valores de cálcio apresentam baixa concentração segundo os parâmetros de Silva et al. (1998). Em solos cobertos por floresta correspondem a $0,04$ e $0,42 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ para floresta (pontos FJ-18 e FJ-19) e para pastagem $0,60$ e $0,40 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ (pontos FJ-20 e FJ-21, respectivamente).

Na faixa de 20 a 40 cm há um decréscimo com relação a parte superior (0-20 cm), exceto no ponto FJ-21, onde houve um enriquecimento relativo de 30% se comprado a faixa de 0-20 cm. Os teores obtidos são de $0,01$ e $0,55 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ para floresta, pontos FJ-18 e FJ-19, respectivamente, e $0,17$ e $0,13 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ para pastagem. Mesmo havendo diferença, estes valores de concentração de cálcio estão dentro da faixa de baixa fertilidade que estabelece valores $\leq 1,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ como limites.

Magnésio (Mg^{2+}) – a concentração de magnésio apresentou teores de 0,10 e 0,08 $cmol_c/dm^3$ em solos sob florestas na parte superficial da coleta (0-20 cm) e 0,26 e 0,16 $cmol_c/dm^3$ para amostras obtidas sob pastagem.

Na coleta entre 20 e 40 cm os solos sob floresta apresentaram valores menores que os sob pastagem. Em ambos os pontos de floresta os valores foram de 0,01 $cmol_c/dm^3$. Nas pastagens 0,05 e 0,03 $cmol_c/dm^3$, pontos FJ-20 e FJ-21, respectivamente. Mesmo assim, ambos são considerados baixos, dados os parâmetros para o elemento que situa a faixa de baixa fertilidade em valores de $\leq 0,5 cmol_c/dm^3$.

Com relação a saturação de bases, os valores corroboram a biodisponibilização dos nutrientes analisados individualmente, sendo considerados muito baixos. Embora solos sob pastagem tenham apresentado níveis melhores com relação aos sob floresta, estes permaneceram dentro dos parâmetros para faixa de fertilidade muito baixa, saturação $\leq 25\%$. Os solos sob floresta apresentaram valores de saturação de bases de 2 e 1% respectivamente para profundidades de 0-20 e 20-40 no ponto FJ-18 e 6 e 9% no FJ-19. Nos solos sob pastagem o resultado foi de 13 e 5% e 11 e 4% FJ-20 e FJ-21, respectivamente, para as mesmas profundidades.

Capacidade de Troca Catiônica (CTC) – A capacidade de troca catiônica mostrou-se para ambos os tipos de cobertura, floresta e pastagem, maior potencial na parte superior dos solos, com variação média de 50% em floresta de um horizonte com relação ao outro e de 42,5% em pastagem. Os valores obtidos foram de 9,27 e 10,18 $cmol_c/dm^3$ na profundidade entre 0-20 cm em floresta (pontos FJ-18 e FJ-19, respectivamente) e 7,57 e 7,76 $cmol_c/dm^3$ em pastagem (pontos FJ-20 e FJ-21, respectivamente). A floresta mostrou possuir significativa diferença nesta faixa do perfil com relação a pastagem, com um potencial de CTC 26% maior.

Na faixa de 20 a 40 cm os valores aferidos foram de 6,14 e 6,74 $cmol_c/dm^3$ para solos sob florestas, pontos FJ-18 e FJ-19 e 5,39 e 5,34 $cmol_c/dm^3$ sob pastagem, pontos FJ-20 e FJ-21, respectivamente. Para fins de análise de fertilidade estes valores devem ser relativizados, observando-se sua relação com os valores apresentados na saturação de bases. De acordo com o método, valores $> 5 cmol_c/dm^3$ ($= 5 cmol_c/kg^{-1}$) são característicos de solos com menores limitações de fertilidade natural.

Ou seja, a Zona Ambiental Itapuã apresenta limitações muito fortes, caracterizada como extremamente pobre em nutrientes (solos distróficos), com saturação por bases muito baixa, principalmente na parte com até 40 cm de profundidade, e associada a valores de CTC superiores a 5 $cmol_c kg^{-1}$. Neste caso a CTC foi preponderante para definir a

classificação desta zona como muito fortemente limitada com relação à fertilidade, mesmo que a saturação de bases na parte superior do solo sob pastagem tenha teor um percentual de 11%, limiar para classificação como fortemente limitada.

b) Toxicidade por alumínio

A Zona Ambiental Itapuã mostra um grau extremo de intoxicação por alumínio, com teores para saturação do elemento (m%) em floresta de 94 e 80% e 98 e 77% para as camadas de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente nos pontos FJ-18 e FJ-19 e em pastagem com valores de 61 e 70% e 86 e 89%, respectivamente para os pontos FJ-20 e FJ-21, nas mesmas profundidades. De acordo com Oliveira & Berg (1985) teores acima de 20% são considerados altos.

A relativização da saturação por alumínio com os resultados da CTC, mostra que, com relação a este atributo diagnóstico, os solos desta zona ambiental enquadram-se na faixa de limitação muito forte, característico de terras álicas, com elevada saturação por alumínio (70-100%), associada a CTC com valores variando de 5 a 10 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$.

c) Potencial hidrogeniônico (pH)

A acidez do solo também é um problema da Zona Ambiental Itapuã no tocante a fertilidade natural. Os dados para pH corroboram a elevada disponibilização de Al^{3+} e baixa saturação de bases. Os valores de acidez ficaram na faixa daqueles considerados muito altos. Em solos sob floresta os valores foram de 4,1 e 3,8 para 0-20 e 4,4 e 4,3 entre 20-40 cm, respectivamente, constituindo-se em um solo de muito alta acidez tanto na parte superior quanto no horizonte de coleta de 20-40 cm.

Em pastagem o valor foi de 4,4 para o intervalo de profundidade entre 0-20 cm em ambos os pontos e de 4,5 e 4,3 entre 20-40 cm, nos pontos FJ-20 e FJ-21, respectivamente. Estes valores revelam um solo como de alta acidez.

Entretanto, como este atributo diagnóstico para fertilidade natural é trabalhado de forma relativa com a saturação de bases, os solos foram classificados, por conservadorismo como de limitação muito forte, devido à baixa saturação de bases $\leq 26\%$ e alta acidez.

d) Fósforo trocável

O teor de fósforo trocável existente nos solos desta Zona Ambiental Itapuã é considerado baixo, como esperado para ambientes tropicais. Nas coletas de solos realizadas sob floresta, em profundidade entre 0-20 cm, o teor obtido foi de 2 e 3 mg/dm³ nos pontos FJ-18 e FJ-19, respectivamente. Entre 20 e 40 cm essa concentração se manteve no valor de 2 mg/dm³ em ambos os pontos.

Nos solos sob pastagem os valores obtidos foram de 3 e 2 mg/dm³ para parte superficial (FJ-20 e FJ-21, respectivamente) e de 2 mg/dm³ para o horizonte de 20-40 cm nos pontos medidos. Também muito abaixo do limiar mínimo de referência considerado por Silva et al. (1998), de 10 mg/dm³. Esses valores são considerados como muito baixos para qualquer cultura, sejam elas florestais, perenes, lavouras ou hortaliças (RAIJ et al., 1997).

Desta forma, seu enquadramento como atributo diagnóstico com relação à limitação de fertilidade natural é considerado muito forte. Esta zona ambiental possui terras com altíssima exigência de P para manutenção e/ou correção do estado nutricional, pois os valores estão abaixo de 5,0 mg/dm³ (PEREIRA & LOMBARDI NETO, 2004).

Nos solos sob pastagem alguns parâmetros de fertilidade apresentaram diferenças expressivas com relação à floresta. Dados granulométricos apresentados na Tabela 15 mostram que houve uma significativa migração da fração argila da parte superior para inferior dos perfis estudados que chegaram a variar 111,63% nos solos sob pastagem, contra 6% apenas nos solos sob floresta. Essa migração de argilas compromete ainda mais a perspectiva produtiva, uma vez que são as maiores responsáveis pela CTC, juntamente com a matéria orgânica dos solos.

Mesmo que sendo caracterizado como um solo fértil, suspeita-se que esta área onde a coleta foi realizada foi submetida a algum tipo de manejo diferenciado que propiciasse uma variação no gradiente de nutrientes na comparação pastagem/floresta. Calagem, plantio direto ou queimada de baixa intensidade podem ser o motivo.

Resistência à Penetração – Zona Ambiental Itapuã

Nesta zona também é possível notar maior compressão dos solos sob pastagem em comparação aos solos sob floresta primária. Os dados referentes a relação de uso e ocupação mostram significativas diferenças entre os ambientes. Nos pontos FJ-19 e FJ-25,

medidos sob floresta, Figuras 29A e 29B, percebe-se um aumento gradativo da resistência conforme aumenta-se a profundidade devido ao aumento de densidade e coesão entre as partículas. Outro fator a ser destacado é o de máxima resistência medida, que não ultrapassa 2400 KPa, mesmo nas maiores profundidades do perfil estudado.

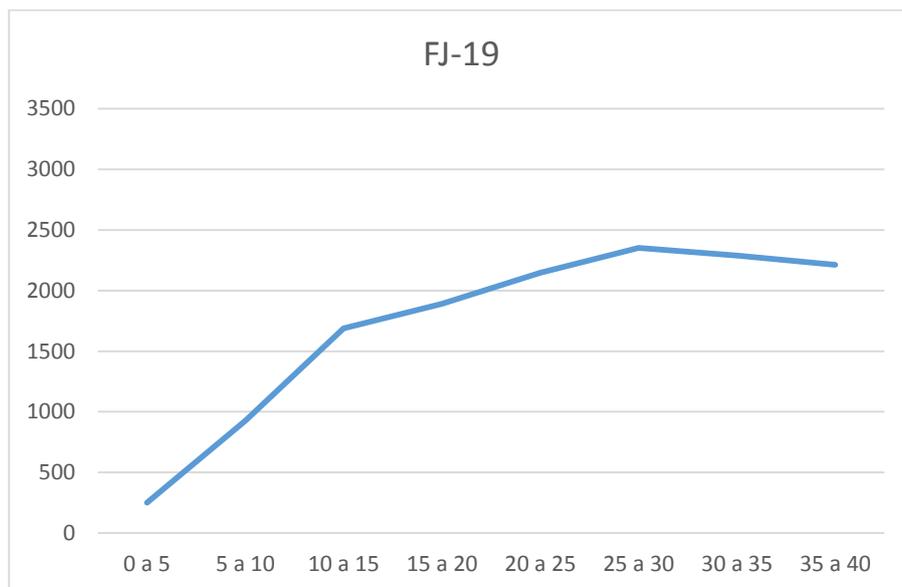
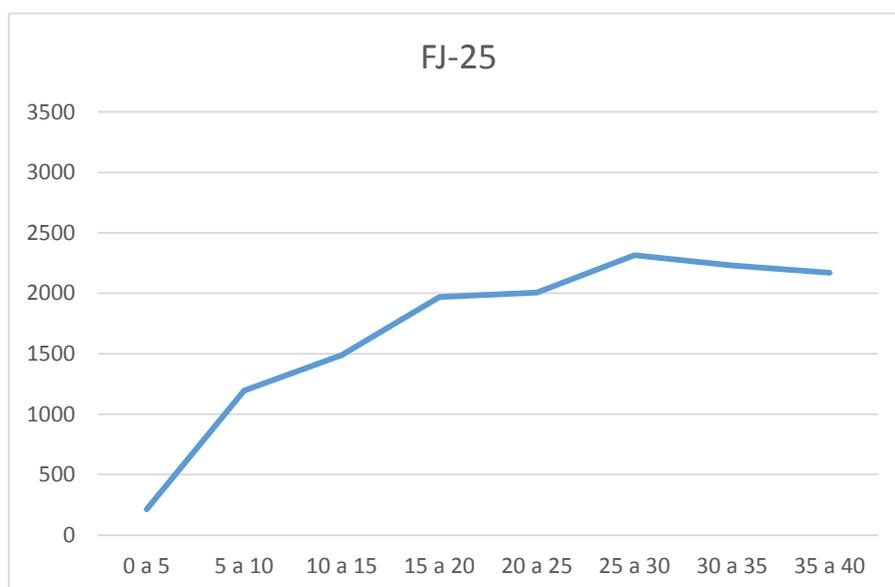
A**B**

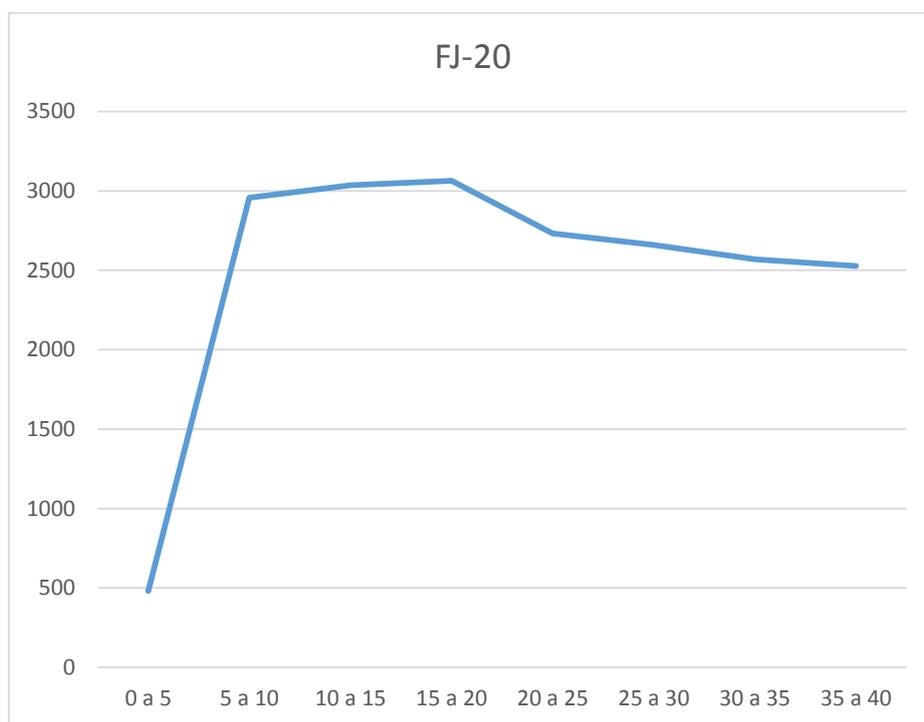
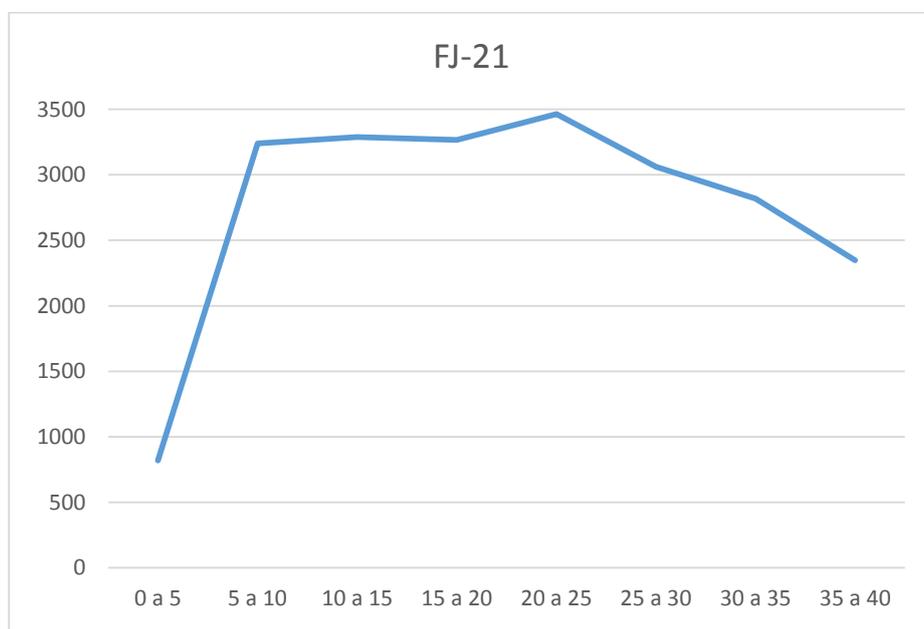
Figura 29A e 29B. Variação da média de resistência a penetração em solos florestados (ZAI) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade. Pontos FJ-19 (A) e FJ-25 (B).

Nos solos sob pastagem fica evidente a compressão na parte superior, entre 0-20 cm, conforme Tabela 14 e gráficos apresentados nas Figuras 30A e 30B. Comparando estes valores com os medidos em solos florestados às mesmas profundidades nota-se um estado de compressão na parte entre 0-5 cm até 327,68% maior e entre 5-10 cm até 271,17% mais comprimidos nas pastagens. Há uma diminuição de resistência à penetração relativa entre os intervalos dos mesmos pontos de medição conforme se aumenta a profundidade no perfil.

Também é possível perceber que, em profundidades próximas a 40 cm, o pisoteio dos animais parece não exercer influência sobre a resistência a penetração, posto que foram registrados valores nesta profundidade similares tanto em solos florestados como em pastagem.

Tabela 14. Resultados dos pontos medidos quanto a resistência à penetração em ambientes de floresta (FJ-19 e FJ-25) e pastagem (FJ-20 e FJ-21) e sua variação relativa de resistência à penetração (KPa) quando comparadas as medidas de pastagem e floresta no ponto de maior resistência medido neste ambiente na Zona Ambiental Itapuã.

MÉDIAS POR PROFUNDIDADE	FJ-19	FJ-25	FJ-20	% compressão	FJ-21	% compressão
0 a 5	250	213,8	480,5	192,20%	819,2	327,68%
5 a 10	926,4	1194,6	2957,4	247,56%	3239,4	271,17%
10 a 15	1689,2	1489,4	3036,4	179,75%	3287,8	194,63%
15 a 20	1892,6	1969,4	3064	155,58%	3267,8	165,92%
20 a 25	2148	2007,4	2732,8	127,22%	3463,8	161,25%
25 a 30	2351,4	2316	2660	113,12%	3061,8	130,21%
30 a 35	2290	2229,4	2569,6	112,20%	2817,6	123,03%
35 a 40	2212	2169,6	2526,6	114,22%	2347,6	106,13%

A**B**

Figuras 30A e 30B. Variação da média de resistência a penetração em solos sob pastagem (ZAI) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade. Pontos FJ-20 (A) e FJ-21 (B).

Nesta Zona Ambiental Itapuã os valores granulométricos também mostram que há influência nas variações de resistência à penetração influenciados pela textura. O perfil

estudado mostra o enriquecimento de silte e argila das partes inferiores dos perfis dos dois ambientes (20-40cm) com relação a parte superior do solo, camada de 0-20 cm, fator que contribui para o aumento da resistência a penetração pela maior coesão entre estas partículas, conforme Tabela 15.

Tabela 15. Estimativa granulométrica referente aos intervalos de 0-20 cm e 20-40 cm do solo coletado nos pontos FJ-20 e FJ-21, em pastagem e FJ-19 em floresta. %cascalho+%areia + %silte+argila = 100%; % areia grossa + % areia média + % areia = % areia.

Classificação do Sedimento	FJ-20A	FJ-20B	FJ-21A	FJ-21B	FJ-19A	FJ-19B
CASCALHO	0,75	0,32	0,06	0,17	0,19	0,08
AREIA	37,83	25,65	45,09	15,19	34,21	28,35
grossa	7,64	6,51	12,83	4,35	4,07	2,51
média	13,71	7,48	17,42	10,81	6,67	7,57
fina	16,48	11,66	14,84	0,03	23,47	18,27
SILTE	45,91	55,98	42,14	57,73	49,45	54,37
ARGILA	15,52	18,04	12,72	26,92	16,15	17,21

Vulnerabilidade Natural à Erosão – Zona Ambiental Itapuã

Do total de 71.971 hectares da Zona Ambiental Itapuã, 45.290,11 hectares (63,03%) foram classificados como medianamente estáveis-vulneráveis, Figura 31. A segunda maior área em termos de representação quanto ao grau de vulnerabilidade são as áreas moderadamente estáveis, que correspondem 23.186,48 hectares (32,27%). Em seguida estão as estáveis com pouco mais de 117 hectares ou 0,16% do total da Zona. A menor área representada é a moderadamente vulnerável, com 29,51 hectares (0,04%) do total. Cerca de 3.220 hectares (4,48%) desta zona estão impactados por alagamento. Estes polígonos foram excluídos da classificação final.

Chama atenção as áreas classificadas como medianamente estáveis-vulneráveis, mas que ao contrário da Zona Ambiental Jacundá, não estão antropizadas. Estas áreas mostram a necessidade de um cuidado ainda maior que as outras zonas ambientais com relação às formas de uso e ocupação, uma vez que a sua classificação tende a mudar de medianamente estável-vulnerável para moderadamente vulnerável, podendo atingir a classe de vulnerável. Estes polígonos parecem estar associados a antigos ambientes aluvionares na porção norte e oeste da área de estudos. Estas áreas sofreram grandes alterações em sua rede de drenagem com a criação da usina hidrelétrica de Samuel.

O fato positivo é que estas áreas encontram-se sob uso restrito por estarem dentro dos limites das áreas protegidas Flona do Jamari, unidade de conservação de uso sustentável e Estação Ecológica Samuel, que pertence a categoria das UCs de proteção integral.

Nesta Zona Ambiental Itapuã, os valores referentes a vulnerabilidade natural à erosão podem estar associados a diminuição da coesão do solo, devido a ocorrência de sedimentos indiferenciados com características marcadamente arenosas (89,9%) e quartzosas (94%) conforme Tabela 13 e aos ambientes de deposições fluviais.

A migração de argilas da parte superior do perfil para parte inferior, conforme Tabela 15, em solos sob pastagem gera um enriquecimento relativo de grãos de quartzo na porção superior o que pode contribuir para alteração das classes de vulnerabilidade natural à erosão, tornando-as mais vulneráveis.

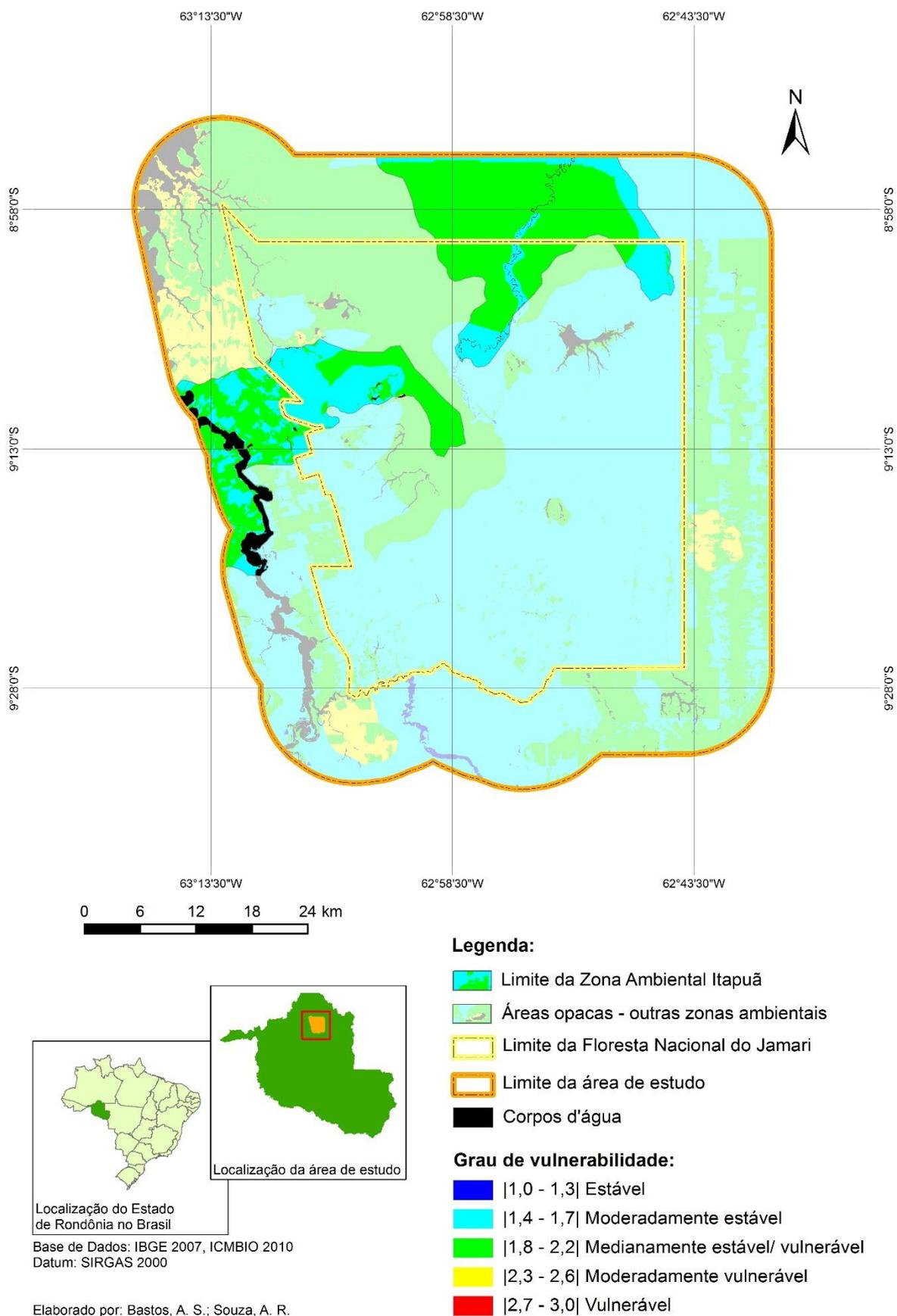


Figura 31. Mapa de vulnerabilidade natural à erosão da Zona Ambiental Itapuã

7.2.3. ZONA AMBIENTAL NASCENTE

A Zona Ambiental nascente está representada por 6 porções descontínuas com dimensões variadas, sendo a menor possuindo diâmetro próximo a 3 km e a maior com diâmetros próximos a 24 km. Ao todo, ocupa uma área de 68.211,93 hectares, o que corresponde a 14,77% da área de estudo.

Representam agrupamentos densos de colinas com dissecação média a alta cujos topos são arredondados em função das disjunções esferoidais e suas vertentes com perfis convexos, por vezes retilíneos. Em função de seus desníveis relativamente expressivos configuram divisores de sub bacias hidrográficas com drenagens possuindo planícies aluvionares pouco desenvolvidas e locais de nascente como os igarapés Japa, Tabocão, Crente, Cutia, Seringal, do Leite, Forquilha, Limão, Valdomiro, Verde e Remo. Nas porções central e sudoeste da Flona do Jamari a rede de drenagem da Zona Ambiental Nascente aparece como formas anômalas (padrão radial), com seus elementos de drenagem divergentes e assimetria bem definida.

Possuem elúvios de coloração avermelhado, podendo eventualmente ultrapassar 1 (um) metro de espessura, com uma marcante presença de seixos e matações angulares dispersos de quartzo leitoso e palhetas centimétricas de micas, indicando o material granítico bem diferenciado como rocha original, Suíte Intrusiva Rondônia de idade neoproterozóica.

O material de solo coletado (Tabela 16) revela a predominância de partículas na fração silte+argila (69,2%) em relação à areia (30,5%), com a seguinte mineralogia da fração areia: quartzo (60%), grãos de lateritas (22%), opacos (18%), feldspato (traços), mica (traços) e zircão (traços).

Tabela 16. Estimativa macroscópica de porcentagem em volume dos minerais da fração areia na Zona Ambiental Nascente. %areia + %silte + argila = 100%; % areia grossa + % areia média + % areia fina + % areia muito fina = % areia (Ponto FJ-31).

CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	% PESO	MINERAIS (% em volume)					Fragmentos lateríticos
		Quartzo	Feldspato	Mica	Opacos	Zircão	
AREIA	30,5	60	< 1	< 1	18	< 1	22
areia muito grossa	5,1	27	-	-	3	-	69
areia grossa	6,3	58	-	-	38	-	4
areia média	50,5	77	-	-	8	-	15
areia fina	23,2	74	< 1	< 1	16	-	10
areia muito fina	16,8	64	-	-	25	1	8
SILTE + ARGILA	69,2						

Depósitos primários de cassiterita são explorados por empresas de mineração na Zona Ambiental Nascente. São mineralizações localizadas em porções apicais de cúpulas de intrusões graníticas e encaixantes por processos hidrotermais, estando associados ou não com zinwaldita, topázio, wolframita e columbita-tantalita (LEITE JR., 2002).

Depósitos secundários também ocorrem na Zona ambiental Nascente, originados a partir do intemperismo de zonas mineralizadas de corpos graníticos e encaixantes através de processos de decomposição química e desagregação mecânica, erosão, transporte e deposição. Durante a atuação dos processos de intemperismo, a cassiterita se comporta como um mineral resistente encontrado em depósitos coluvionares, aluvionares e também em paleovales (Figura 32) associados a condições paleoclimáticas, como destaca Porsani et al. (2004).



Figura 32. Frente de lavra paleoaluvionar da Zona Ambiental Nascente, interior da Floresta Nacional do Jamari, FJ-23, fevereiro/2014. Autor: Vanderlei Maniesi.

Deficiência de Fertilidade - Zona Ambiental Nascente

a) Disponibilidade de nutrientes

Potássio (K^+) – os conteúdos de potássio presentes no solo da Zona Ambiental Nascente são extremamente limitantes nos solos sob floresta. Corresponde a média de $0,05 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ para a parte superficial do solo (0-20cm), indicando faixa de fertilidade natural muito baixa, uma vez que o valor estabelecido para potássio assimilável encontra-se $\leq 0,07 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ (SILVA et al., 1998; RAIJ et al., 1997). Sob pastagem, para a mesma profundidade, a média na parte superficial dos solos foi de $0,09 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Apesar de ser relativamente mais enriquecida de K^+ que os solos sob floresta, situam-se na mesma faixa de classificação quanto a fertilidade.

Para os solos coletados entre 20 e 40 cm os teores são relativamente mais empobrecidos com relação a parte superior. A média sob floresta foi de $0,02 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $0,03 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ em solos sob pastagem.

Cálcio (Ca^{2+}) – Os valores de cálcio também apresentam baixa concentração em média segundo os parâmetros de Silva et al. (1998). Em solos sob floresta, entre 0-20 cm de profundidade, as amostras apresentaram teores que variaram de $0,01$ a $0,04 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

Sob pastagem, mesmo com valores relativamente mais ricos em relação a floresta, $0,43 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ em média, a classificação quanto a fertilidade também foi considerada baixa (SILVA et al., 1998; RAIJ et al., 1997).

Na faixa entre 20 a 40 cm há um decréscimo com relação a parte superior nos solos sob as duas formas de cobertura. Destaca-se que a pastagem, mesmo apresentando conteúdos mais enriquecidos que os solos sob floresta, tiveram queda relativa que variou entre 266% e 667%. Os teores obtidos forma de $0,01 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ em todos os solos sob floresta e variaram de $0,06$ a $0,18 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ em solos sob pastagem. Mesmo havendo diferença, estes valores de concentração de cálcio estão dentro da faixa de baixa fertilidade que estabelece valores $\leq 1,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ como limites (SILVA et al., 1998).

Magnésio (Mg^{2+}) – a concentração de magnésio apresentou teor mínimo de $0,01$ e máximo de $0,13 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ sob solos florestais, média de $0,05 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ na parte superficial da coleta (0-20 cm). Nas pastagens esse valor variou entre $0,14$ e $0,28 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, com valor médio na casa de $0,2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

Na coleta de solos à profundidade de 20 e 40 cm houve decréscimo das concentrações magnésio em ambos os solos. Nos locais coletados em floresta obteve-se conteúdos menores que em pastagem, com valores médios de $0,013 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Em pastagem os valores obtidos alcançaram a média de $0,06 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Ambos são considerados baixos, dados os parâmetros para o elemento que situa a faixa de baixa fertilidade em valores de $\leq 0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ (RAIJ et al., 1997).

Com relação a saturação de bases, os valores corroboram a baixa biodisponibilização dos nutrientes analisados individualmente. Embora os solos sob pastagem tenham apresentado teores enriquecidos com relação aos sob floresta, estes permaneceram dentro dos parâmetros estabelecidos por Pereira & Lombardi Neto (2004) e Oliveira & Berg (1985) para faixa de fertilidade muito baixa (saturação $\leq 25\%$). Os solos sob a floresta apresentaram valores de saturação de bases que variaram de 1 a 3% para profundidades de 0-20, e sob pastagem de 2 a 11%. Para o horizonte do solo de 20-40 sob floresta apresentou teor médio de 1% e pastagem 4%.

Capacidade de Troca Catiônica (CTC) – A capacidade de troca catiônica mostrou-se para ambos os tipos de cobertura, floresta e pastagem, maior na parte superior dos perfis dos solos, com valores entre 6,66 e $10,13 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ para floresta, pontos (FJ-2, FJ-24, FJ-35) com média de $8,03 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ em média. Nos solos sob pastagem os valores variaram entre 6,65 e $9,99 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ nos pontos coletados (FJ-3, FJ-33 e FJ-30), tendo como valor médio $8,14 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

Na faixa de 20 a 40 cm os valores decresceram. Os intervalos variaram entre 6,47 e $4,34 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ para solos sob floresta ($5,21 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ em média) e entre 4,87 e $7,27 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ para pastagem ($5,77 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ em média).

Para fins de análise de fertilidade estes valores devem ser relativizados observando-se sua relação com os valores apresentados na saturação de bases. De acordo com o método, valores $> 5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ($= 5 \text{ cmol}_c/\text{kg}$) são característicos de solos com menores limitações relativas de fertilidade natural.

Dessa forma, a Zona Ambiental Nascente apresenta características de limitações muito fortes quanto à fertilidade natural, exibindo solos pobres em nutrientes (distróficos), com saturação por bases muito baixa, principalmente na parte com até 40 cm de profundidade e associada a valores de CTC superiores a $5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Neste caso a saturação de bases foi preponderante para definir a classificação desta zona como muito fortemente limitada quanto à fertilidade natural, mesmo que a capacidade de troca catiônica apresentasse valores $< 5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

b) Toxicidade por alumínio

A Zona Ambiental Nascente mostra um grau extremo de intoxicação por alumínio, com teores para saturação do elemento (m%) em floresta variando entre 89% e 98% para as camadas de 0-20 e entre 96% e 98% para faixa do perfil entre 20-40 cm.

Em pastagem os valores variaram de 59% a 79% para parte superficial de coleta e entre 85% e 93% para a parte do horizonte entre 20-40 cm. De acordo com Oliveira & Berg (1985) teores acima de 20% são considerados altos.

A relativização da saturação por alumínio com os resultados da CTC mostra que, com relação a este atributo diagnóstico os solos desta zona enquadram-se na faixa de limitação muito forte, característico de terras álicas, com elevada saturação por alumínio (70-100%), associada a CTC com valores variando de 5 a 10 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. A Zona Ambiental Nascente pode ser classificada como de limitação muito forte.

c) potencial hidrogeniônico (pH)

A acidez do solo na Zona Ambiental Nascente mostra-se elevada. Os dados obtidos para pH nesta zona ambiental corroboram a elevada disponibilização de Al^{3+} e baixa saturação de bases. Os valores de acidez ficaram na faixa daqueles considerados muito altos. Sob floresta os valores variaram de 3,8 a 4,0 para coleta entre 0-20 e de 4,2 a 4,3 para 20-40 cm, constituindo-se em solo de muito alta e alta acidez nos dois níveis coletados.

Em pastagem os valores obtidos variaram entre 4,1 e 4,9 para a profundidade entre 0-20 cm e de 4,1 a 4,7 na camada inferior. Estes valores indicam tratar-se de solo com alta acidez.

Este atributo diagnóstico é trabalhado de forma relativa com a saturação de bases, os solos foram classificados como de limitação muito forte à fertilidade natural, devido à baixa saturação de bases $\leq 26\%$ e alta acidez.

d) fósforo trocável

O teor de fósforo trocável existente nos solos da Zona Ambiental Nascente é considerado baixo de acordo com parâmetros fixados por Raij et al. (1997). Nas coletas feitas em floresta, entre 0-20 cm houve uma variação entre 1 e 2 mg/dm^3 . Entre 20 e 40 cm

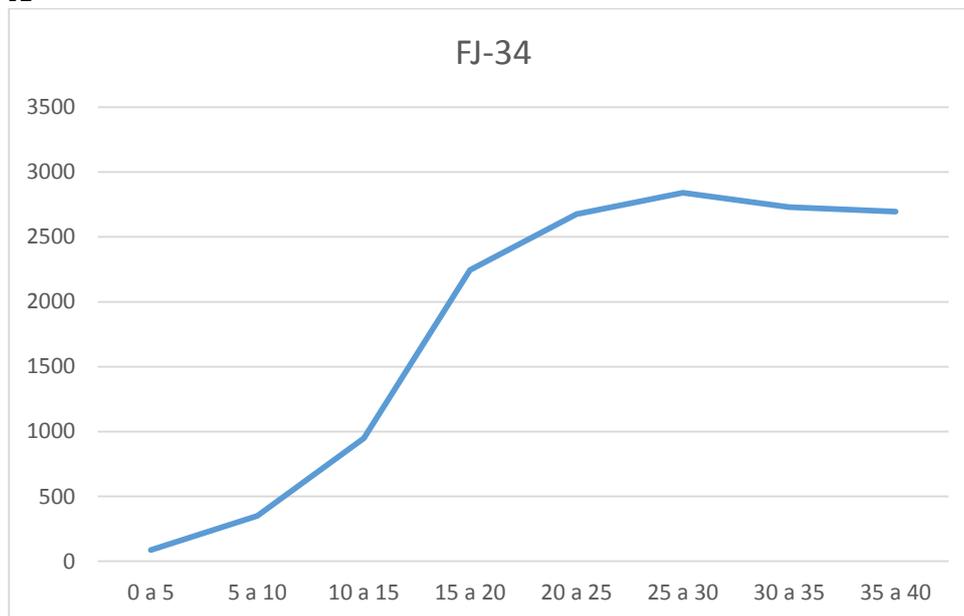
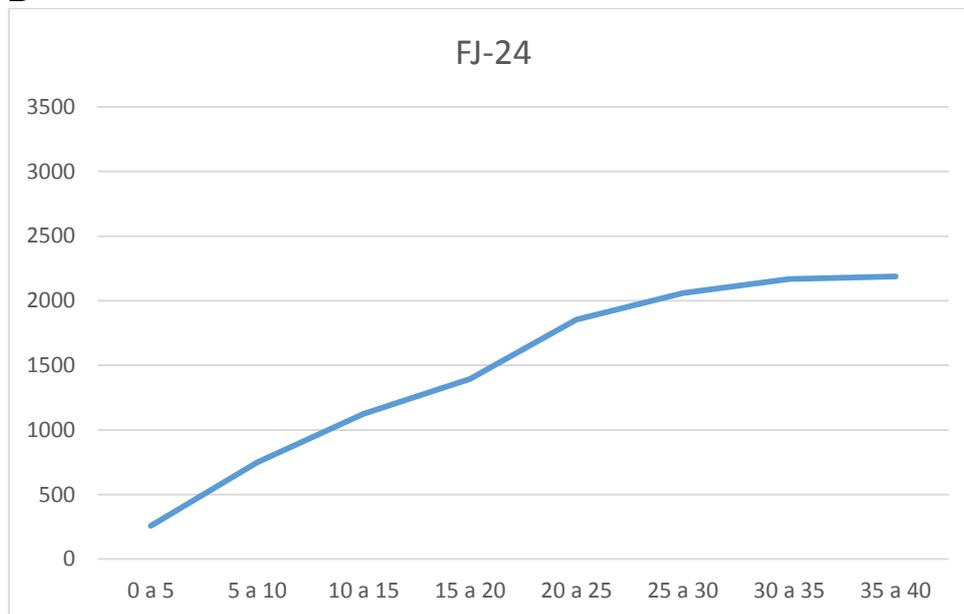
esse padrão se manteve. Nos solos sob pastagem os valores foram de 2 a 3 mg/dm³ para parte superficial e de 1 a 3 mg/dm³ para o horizonte de 20-40 cm. Também muito abaixo do limiar mínimo de referência de 10 mg/dm³ (SILVA et al., 1998). Esses valores são considerados como muito baixos para qualquer cultura, sejam elas florestais, perenes, lavouras ou hortaliças (RAIJ et al., 1997).

Desta forma, seu enquadramento como atributo diagnóstico com relação a limitação é considerado muito forte. Esta zona possui terras com altíssima exigência de fósforo para correção do estado nutricional, pois os valores estão abaixo de 3,0 mg/dm⁻³, quando o teor mínimo seria de ao mesmo 10 mg/dm³ (RAIJ et al., 1997).

Há um fator agravante neste cenário, a migração da fração argila para horizontes subsuperficiais. Dados granulométricos apresentados na Tabela 17 mostram que houve uma migração de 71,94% da fração argila da parte superior para inferior do perfil nos solos sob pastagem, comprometendo ainda mais a perspectiva produtiva, pela diminuição da CTC na porção superior do solo.

Resistência à Penetração – Zona Ambiental Nascente

Na Zona Nascente há maior compressão dos solos sob pastagem em comparação aos solos sob floresta primária. Os solos sob floresta seguem a mesma tendência das zonas anteriores, aumento positivo da resistência influenciado pela maior profundidade. Esta zona mostra uma grande tendência de migração das frações silto-argilosas da parte superior para inferior do perfil estudado de acordo com os gráficos e dados granulométricos apresentados nas Figuras 33A e 33B e Tabela17, respectivamente. Há um aumento da ordem de 38% na concentração de silte e argila na passagem da camada de 0-20 para 20-40 cm. A parte inferior do perfil passa a ter sua massa composta por mais de 90% da fração silte-argila. Os dados referentes à relação de uso e ocupação mostram significativas diferenças entre os ambientes.

A**B**

Figuras 33A e 33B. Variação da média de resistência a penetração em solos sob floresta (ZAN) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade. Pontos FJ-34 (A) e FJ-24 (B).

Tabela 17. Estimativa granulométrica referente aos intervalos de 0-20 cm e 20-40 cm do solo coletado no ponto FJ-30, em pastagem. % cascalho+% areia + % silte+argila = 100%; % areia grossa + % areia média + % areia = % areia.

Classificação do Sedimento	FJ-30A	FJ-30B
CASCALHO	0,31	0
AREIA	34,3	9,62
grossa	8,98	5,59
média	11,44	4
fina	13,88	0,03
SILTE	47,15	59
ARGILA	18,25	31,38

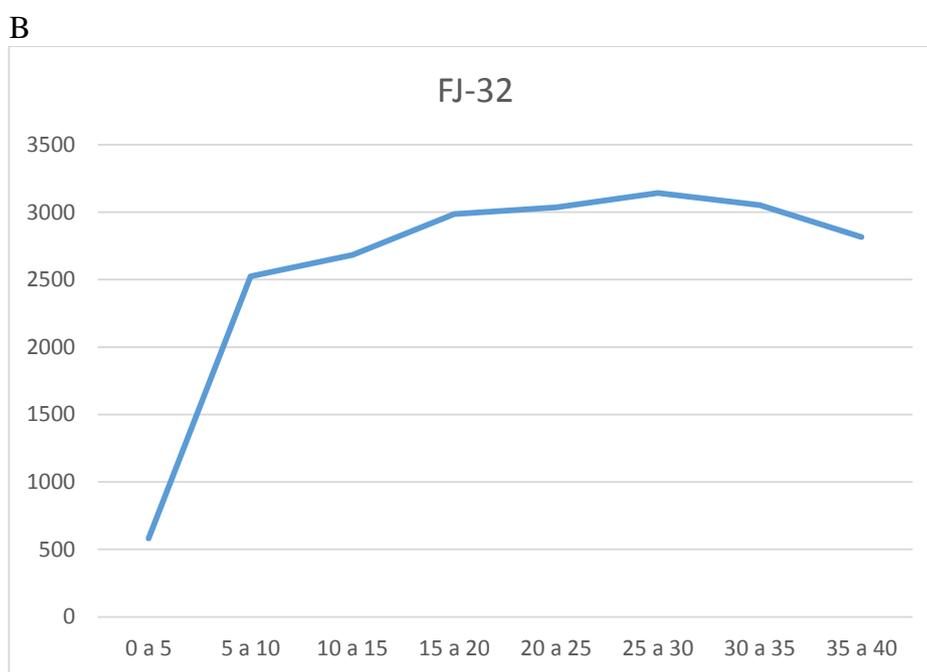
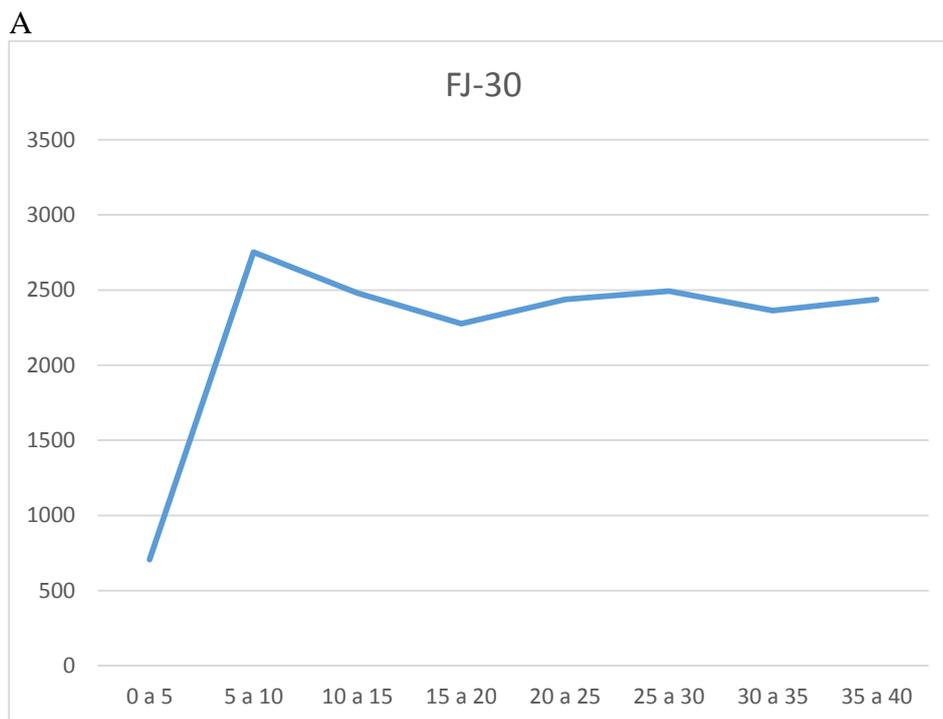
A parte superior do perfil (0-20 cm) mostra novamente sinais de compressão em solos sob pastagem na Zona Ambiental Nascente. Comparando estes valores com os medidos em solos florestados às mesmas profundidades nota-se um estado de compressão na parte entre 0-5 cm até 274,72% maior e entre 5-10 cm até 342,75% mais comprimidos nas pastagens. Nota-se uma diminuição relativa de resistência à penetração entre os intervalos dos mesmos pontos de medição conforme se aumenta a profundidade no perfil.

Também é possível notar que, em profundidades maiores que 20 cm o pisoteio dos animais parece não exercer influência sobre a resistência a penetração, pelo decréscimo relativo da resistência a penetração em todos os pontos a partir desta profundidade, mesmo com o significativo enriquecimento relativo de silte-argila na parte inferior do solo.

Foram registrados valores de menor resistência à penetração em solos sob pastagem que solos na mesma profundidade sob floresta, conforme Tabela 18 e gráficos das Figuras 34A e 34B. Os solos desta zona tendem a ter valor de resistência à penetração relativamente próximos a profundidade entre 35-40 cm.

Tabela 18. Resultados dos pontos medidos quanto a resistência à penetração em ambientes de floresta (FJ-34 e FJ-24) e pastagem (FJ-30 e FJ-32) e sua variação relativa de resistência à penetração (KPa) quando comparadas as medidas de pastagem e floresta no ponto de maior resistência medido neste ambiente na Zona Ambiental Nascente.

MÉDIAS POR PROFUNDIDADE	FJ-34	FJ-24	FJ-30	% compressão	FJ-32	% compressão
0 a 5	88,2	256,8	705,5	274,72%	581,3	226,36%
5 a 10	349,6	750,4	2752	342,75%	2524,2	336,38%
10 a 15	948,4	1124,4	2480	220,56%	2682,8	238,59%
15 a 20	2245,8	1394,2	2277,2	101,39%	2985,6	132,94%
20 a 25	2674,8	1853	2437,8	91,13%	3036,4	113,51%
25 a 30	2841	2058,2	2492,8	87,74%	3142,4	110,60%
30 a 35	2729,2	2168,8	2364,2	86,62%	3051,8	111,82%
35 a 40	2694,8	2188	2437	90,43%	2816,8	104,52%



Figuras 34A e 34B. Variação da média de resistência a penetração em solos sob pastagem (ZAN) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade. Pontos FJ-30 (A) e FJ-32 (B).

Vulnerabilidade Natural à Erosão – Zona Ambiental Nascente

A Zona Ambiental Nascente apresenta 52.355,78 hectares (78,01%) classificados como moderadamente estáveis com relação a vulnerabilidade natural à erosão (Figura 35).

Estes polígonos parecem estar associados à ocorrência de rochas granitóides que por sua resistência ao intemperismo lhes conferem maior estabilidade com relação as outras zonas ambientais da área de estudo. Outro fator que contribui para esta classificação é o fato de que praticamente toda a Zona Ambiental Nascente está situada dentro dos limites da Flona do Jamari, mantendo-se assim, sua cobertura original de floresta ombrófila. Esta cobertura recebe melhor pontuação (1,0) com relação as demais formas de vegetação para verificação de estabilidade natural à erosão dentro do método proposto por Crepani et al. (1996).

Na porção sudoeste da área a Zona Ambiental Nascente possui parte de sua área localizada fora dos limites de demarcação da Flona. Mesmo sob intensa ocupação a Zona Nascente tem sua estabilidade natural à erosão alterada em apenas parte do polígono. As ações antrópicas alteram a classificação de moderadamente estável para medianamente estável/vulnerável. Nestes locais, os valores de vulnerabilidade podem estar associados ao processo de compactação dos solos e aumento do esocamento superficial, sendo esta a Zona aquela cujo os solos apresentaram o maior potencial relativo de compressão.

Além do exposto, somente os pontos próximos ao rio Jamari possuem classificação medianamente estável-vulnerável. Esse fato está relacionado aos ambientes de deposição aluvial e as alterações ocorridas em sua dinâmica de drenagem com a criação da usina hidrelétrica de Samuel, propiciando condições para deposição.

Também é possível notar que os solos desta zona ambiental são mais coesos. Há predominância de partículas na fração silte+argila (69,2%) em relação à areia (30,5%), conforme Tabela 16. Mesmo na fração areia, o quartzo está presente em quantidades menos representativas que em outras zonas (60%).

Entretanto, este equilíbrio relativo é ameaçado pela substituição de florestas por pastagens, uma vez que há uma migração significativa das frações argila da parte superior do perfil para parte inferior (71,94%) nestes ambientes, conforme Tabela 17. Esse enriquecimento relativo de grãos de quartzo na porção superior o que pode contribuir para alteração das classes de vulnerabilidade natural à erosão, tornando-as mais vulneráveis.

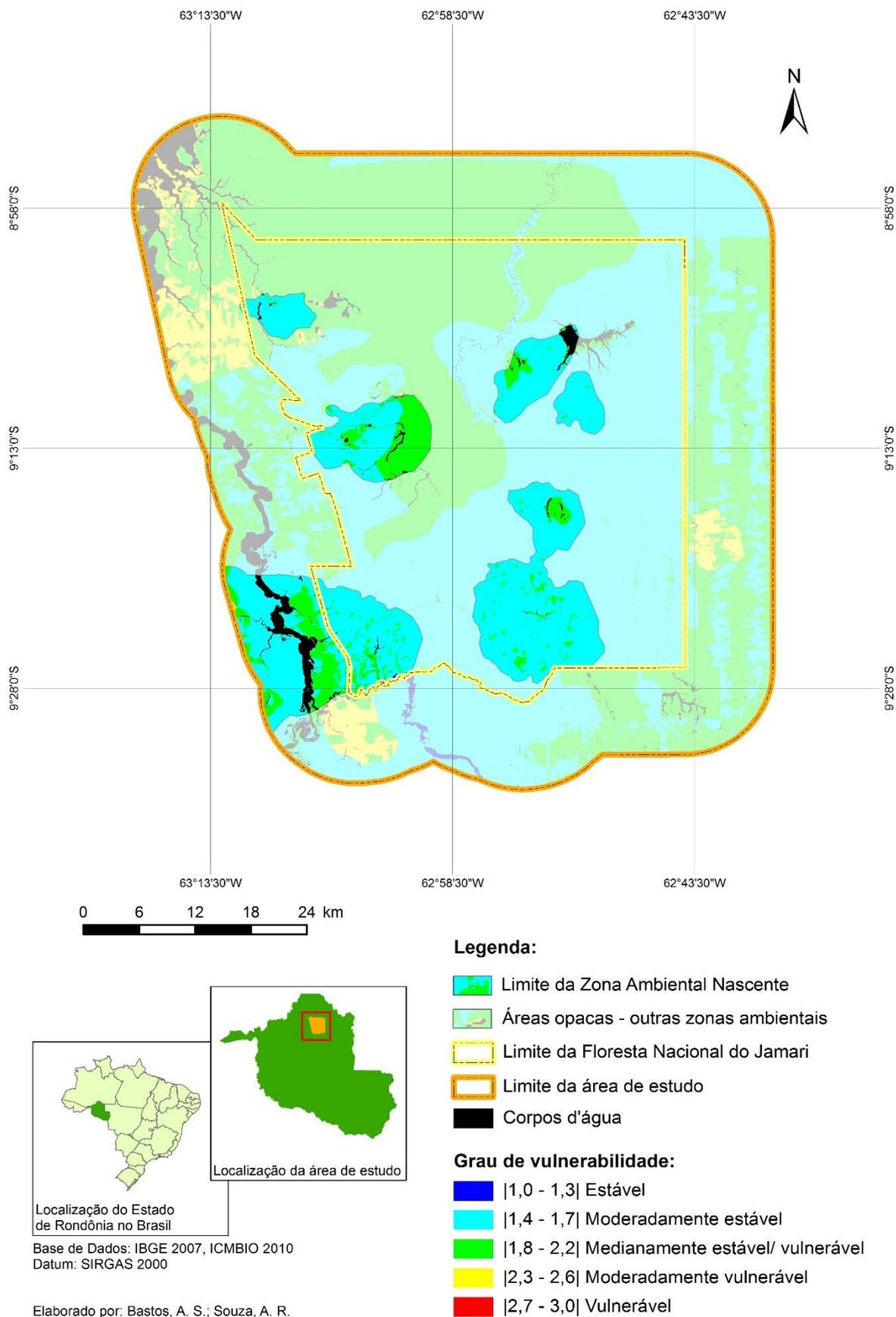


Figura 35. Mapa de vulnerabilidade natural à erosão da Zona Ambiental Nascente.

7.2.4. ZONA AMBIENTAL LATERITA (LTc E LTi)

A Zona Ambiental Laterita representa indicativos de paleosuperfícies intensamente drenadas e desempenham um papel significativo na configuração do relevo, representando arranjos colinosos (LTc) e superfícies rebaixadas (LTi), Figura 36, esculpidos de acordo com a resistência aos processos intempéricos da porção do perfil aflorante (formas e processos). Distribuem-se em 14,14% da área de estudo, o que significa um total de 65.295,46 hectares.

A Zona Ambiental Laterita é constituída por lateritas com desenvolvimento de perfis incompletos, cobrindo descontinuamente rochas graníticas mesoproterozóicas, localizadas nas porções noroeste, sudoeste e centro leste da Flona do Jamari e entorno. Com a intemperização atual materiais lateríticos LTc e LTi associam-se a solos eluviais avermelhados e eventuais colúvios, ambos pouco espessos (menores que 1 metro), com concreções ferruginosas (estrutura).



Figura 36. Aspectos geomorfológicos da Zona Ambiental Laterita. No primeiro plano uma paisagem de superfícies rebaixadas onde afloram lateritas incoesas (LTi). Ao fundo colinas residuais espaiadas relacionadas à resistência de processos intempéricos atuais (lateritas coesas – LTc). Ponto FJ-7 em fevereiro/2014. Autor: Alexis de Sousa Bastos.

LATERITAS COESAS (LTc)

São originadas pela disposição estruturada de rupturas convexas na paisagem, constituindo cristas de relevo em colinas espaiadas como resultado da maior resistência do material à erosão. Como formas de relevo mais proeminentes, com relação ao restante da Zona Ambiental Laterita. Estas feições geomorfológicas por possuírem destacados desníveis topográficos favorecem a deposição nos terrenos circundantes (agradação), em função dos atuais processos erosivos intensos.

Os materiais lateríticos coesos (LTc) estão dispostos de modo subhorizontal, endurecidos em colunas prismáticas métricas, com nódulos e pisólitos dispersos em estruturas colunares prismáticas métricas. Possuem nódulos e pisólitos com formas irregulares a sub esféricas, com diâmetros milimétricos a centimétricos e estão fortemente cimentados por material argiloso, chegando a formar agregados compactos (Figura 37A).

As análises microscópicas mostraram que se trata de lateritos constituídos por uma matriz ferruginosa microcristalina de coloração marrom avermelhada, a base de hematita e goethita (> 95%). Possuem aspecto brechóide com poros dispersos e pisólitos subsféricos milimétricos com lâminas (ou bandas) concêntricas, evidenciando precipitações sucessivas, alternando as tonalidades marrons avermelhadas e marrons amareladas (Figura 37B). Os cristais de quartzo, portanto, se dispõem junto aos pisólitos, vênulas ou mesmo dispersos na matriz ferruginosa microcristalina. São residuais, anedrais, com diâmetros inferiores a 0,1 mm e bordas corroídas, sugerindo dissolução, bem como evidências de deformação pretérita da rocha-mãe com microfraturas e moderada a forte extinção ondulante.

Possuem impedimentos à mecanização agrícola devido a formação de canga ou carapaças ferruginosas (laterita coesa – LTc) e restrição ao enraizamento das plantas, inclusive com o lençol freático suspenso devido ao bloqueio da infiltração provocada pela carapaça ferruginosa coesa.

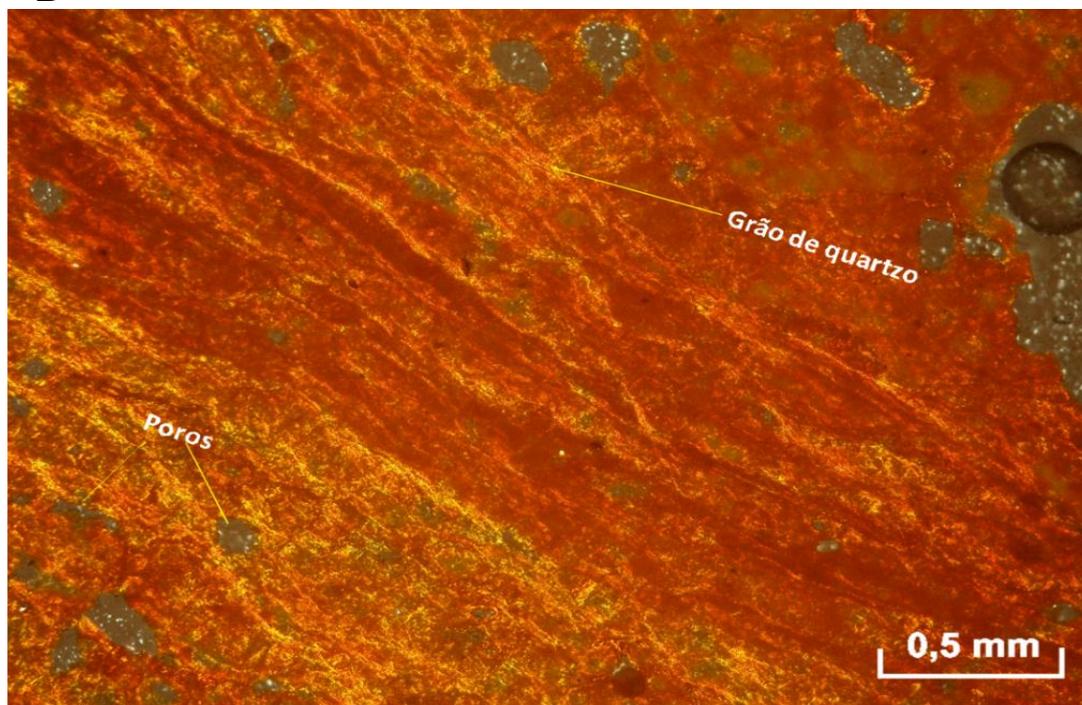
A**B**

Figura 37. Material laterítico coeso. (A) Amostra de material fortemente cimentado, poroso. (B) Fotomicrografia mostrando estrutura concêntrica em uma matriz porosa e microcristalina de hematita e goethita, e pontuações arredondas e corroídas de quartzo. Nicois cruzados (Ponto FJ-10). Autor: Vanderlei Maniesi.

LATERITAS INCOESAS (LTi)

O desenvolvimento de superfícies rebaixadas desta Zona Ambiental Laterita encontra-se associado a perfis lateríticos com exposição de materiais incoesos (LTi) ferruginosos. O padrão de relevo resultante delinea uma morfologia levemente ondulada em posições que impliquem escoamento lento e alagamento temporário, além de vales largos de baixas declividades.

Os valores referentes às porcentagens granulométricas das frações seixo, grânulo, silte e argila (diâmetros < 64 mm), bem como a distribuição mineral nas frações seixo, grânulo e areia (diâmetros 64 a 0,062 mm) das amostras selecionadas estão listadas nas Tabelas 12 e 13.

Representam agregados resultantes do desmantelamento da laterita coesa (LTc) com predomínio das frações seixo, areia e grânulo (próximo a 85%), envoltos por um material argiloso avermelhado (próximo a 15%), em função da atual facilidade de circulação de água acelerando o processo de intemperização do fragmento laterítico.

A composição das frações seixo, grânulo e areia mostram o padrão de distribuição mineral com uma nítida tendência de empobrecimento de grãos de laterito e enriquecimento de quartzo (Tabelas 19 e 20; Figura 38) em seus grãos arredondados (Figura 39). A mineralogia é a base de minerais residuais com quartzo e traços de feldspato, mica e opacos. No caso do feldspato, sua ocorrência em nódulos de caulinita nas diversas frações, sugere uma origem autógena para esses argilominerais provenientes da degradação direta do feldspato. Constituem solos de baixa fertilidade natural em função de sua natureza genética de intensa lixiviação, com limitações ao seu uso também devido a aglomeração de concreções lateríticas (petroplintita) com diâmetros predominantes fração cascalho, dificultando o uso de equipamento agrícola.

São perfis lateríticos incompletos ferruginosos que possuem natureza imatura, ou seja, de baixo grau de evolução, sendo possível reconhecer, do topo para a base dos perfis, o horizonte ferruginoso com as zonas coesa e incoesa de forma semelhante que ocorre nos perfis lateríticos da área urbana de Porto Velho definida por Nascimento et al. (2012).

Tabela 19. Distribuição granulométrica em porcentagem em peso das frações seixo, grânulo, areia, silte e argila e estimativa em porcentagem em volume dos minerais das frações seixo, grânulo e areia, Zona Ambiental Laterita. Amostra da laterita incoesa (Ponto FJ-36).

FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA	% PESO	MINERAIS (% em volume)			
		Quartzo	Opacos	Grãos de laterito	Nódulos de caulinita
AREIA	85,7	3	2	93	2
Diâmetro: 64 a 0,062 mm					
64 a 4 mm	82,6	-	-	98	2
4 a 2 mm	5,7	-	-	99	1
2 a 1 mm	3,5	10	-	76	14
1 a 0,42 mm	4,0	18	-	73	7
0,42 a 0,25 mm	1,4	26	2	67	6
0,25 a 0,149 mm	1,3	35	32	30	3
0,149 a 0,115 mm	0,7	30	12	53	5
0,115 a 0,07 mm	0,4	35	19	42	3
0,07 a 0,062 mm	0,8	28	13	52	7
SILTE (0,062 a 0,04 mm)	0,3				
ARGILA (< 0,04 mm)	13,7				

Tabela 20. Distribuição granulométrica em porcentagem em peso das frações seixo, grânulo, areia, silte e argila e estimativa em porcentagem em volume dos minerais das frações seixo, grânulo e areia, Zona Ambiental Laterita. Material laterítico incoeso (Ponto FJ-61).

FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA	% PESO	MINERAIS (% em volume)		
		Quartzo	Grãos de laterito	Nódulos de caulinita
AREIA	84,9	3	78	19
Diâmetro: 64 a 0,062 mm				
64 a 4 mm	75,3	-	81	19
4 a 2 mm	6,9	-	83	17
2 a 1 mm	5,3	-	80	20
1 a 0,42 mm	5,1	7	61	32
0,42 a 0,25 mm	2,2	11	69	20
0,25 a 0,149 mm	2,3	7	48	45
0,149 a 0,115 mm	1,0	10	52	38
0,115 a 0,07 mm	1,3	15	45	40
0,07 a 0,062 mm	0,6	16	55	30
SILTE (0,062 a 0,04 mm)	0,4			
ARGILA (< 0,04 mm)	14,7			

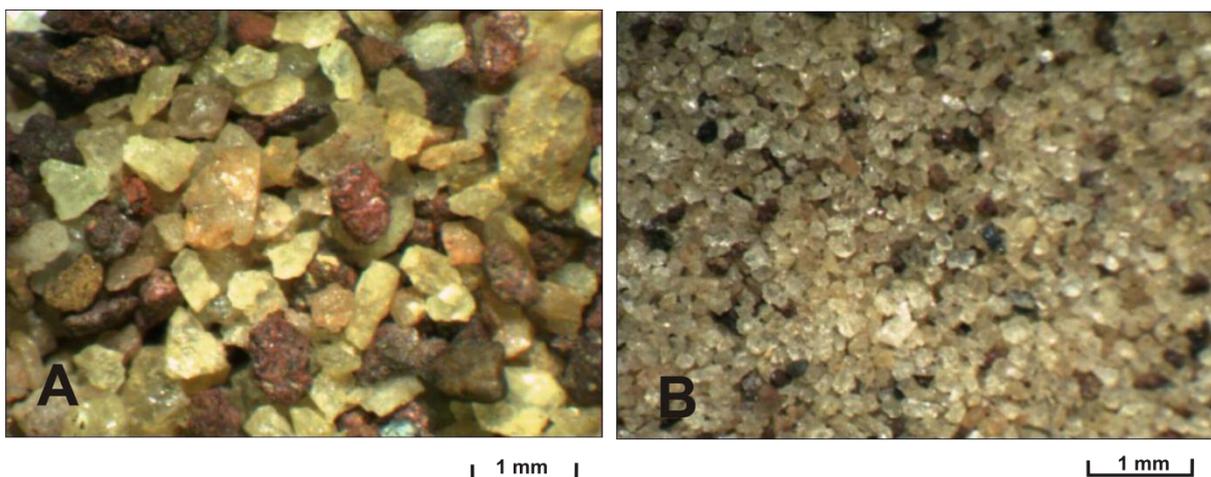


Figura 38. Enriquecimento de minerais opacos e empobrecimento de fragmentos lateríticos nas frações mais finas do material laterítico incoeso (LTi). A = fração areia grossa; B = fração areia fina (Ponto FJ-36). Autor: Vanderlei Maniesi.

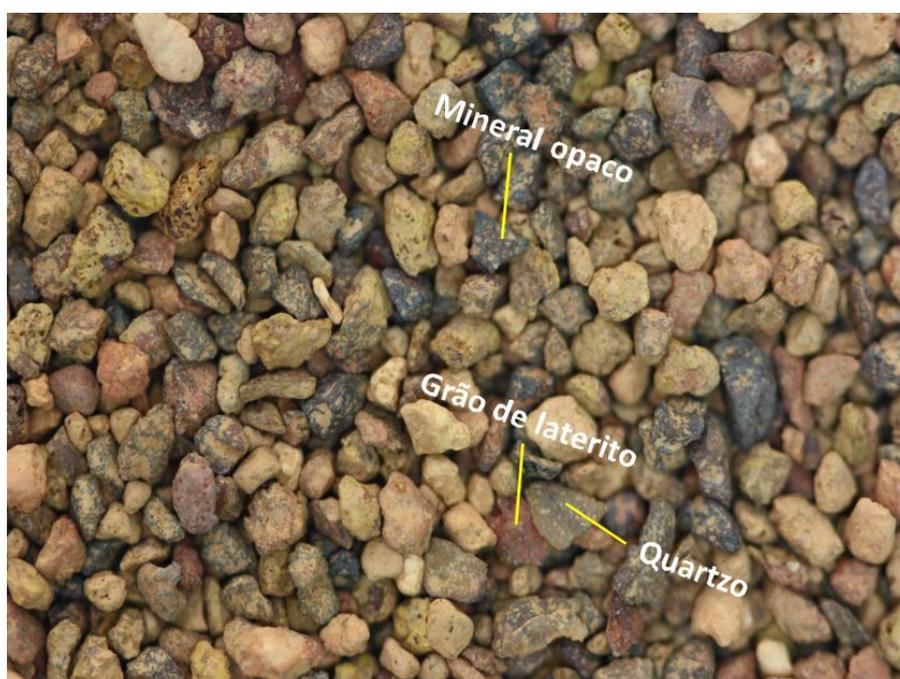


Figura 39. Material laterítico incoeso (LTi). Grãos arredondados da fração areia média (Ponto FJ-61). Autor: Vanderlei Maniesi.

Deficiência de Fertilidade - Zona Ambiental Laterita

Disponibilidade de nutrientes

Potássio (K^+) – O potássio trocável disponível nos solos sob pastagem é limitante quanto à fertilidade natural. Em profundidades de 0-20 cm os teores apresentados nos pontos amostrados (FJ-39 e FJ-6) foram de $0,09 \text{ cmol}/\text{dm}^3$, o que faz com que estes solos, sejam considerados como de baixa fertilidade natural. Em solo sob pastagem os valores apresentados foram relativamente maiores, de 0,18 e 0,08 nos pontos FJ-37 e FJ-11, respectivamente. Esses valores colocam estes solos como de média (FJ-37) e baixa fertilidade (FJ-11) de acordo com Silva et al. (1998) e Raij et al. (1997).

Para os solos coletados entre 20 e 40 cm os valores obtidos mostram-se mais empobrecidos com relação ao perfil superior. Sob floresta os valores apresentados foram de 0,08 e $0,04 \text{ cmol}/\text{dm}^3$, FJ-39 e FJ-6, respectivamente. Em solo sob pastagem os valores foram de 0,06 e $0,05 \text{ cmol}/\text{dm}^3$. Os valores médios situam-se abaixo de $\leq 0,07 \text{ cmol}/\text{dm}^3$, teor mínimo a ser considerado, conforme parâmetros de análises de Raij et al. (1997).

Cálcio (Ca^{2+}) – Os valores de cálcio apresentam baixa disponibilidade tanto em solos sob floresta quanto sob pastagem. Nenhum dos pontos de coleta atingiu o valor mínimo, de $1,5 \text{ cmol}/\text{dm}^3$, tanto na parte superior quanto na porção inferior do perfil estudado. A média no perfil de solos entre 0-20 cm sob floresta foi de $0,1 \text{ cmol}/\text{dm}^3$ e sob pastagem $0,76 \text{ cmol}/\text{dm}^3$.

Na faixa de 20 a 40 cm há um decréscimo com relação a parte superior, mantendo este atributo dentro da faixa de baixa fertilidade. Em solos florestais os valores médios foram de $0,03 \text{ cmol}/\text{dm}^3$ e sob pastagem $0,25 \text{ cmol}/\text{dm}^3$ faixa de baixa fertilidade.

Magnésio (Mg^{2+}) – a concentração de magnésio apresentou valor mínimo de $0,07 \text{ cmol}/\text{dm}^3$ e máximo de $0,15 \text{ cmol}/\text{dm}^3$ na parte superficial da coleta (0-20 cm) para solos florestais. Para solos em pastagem os valores foram de 0,28 e $0,45 \text{ cmol}/\text{dm}^3$ no mesmo intervalo de profundidade.

Na coleta entre 20 e 40 cm houve decréscimo nos dois ambientes. Sob floresta os valores obtidos foram de 0,03 e $0,04 \text{ cmol}/\text{dm}^3$. Em solos sob pastagem os valores aferidos foram de 0,14 e $0,08 \text{ cmol}/\text{dm}^3$. Independente da profundidade e do ambiente todos são considerados baixos, dados os parâmetros para o elemento que situa a faixa de baixa fertilidade em valores de $\leq 0,5 \text{ cmol}/\text{dm}^3$.

Com relação a saturação de bases, solos sob floresta apresentaram valores para camada de 0-20 cm de 3 e 8%. Sob pastagem, embora pouco melhores com relação a floresta, os valores foram de 16 e 19%.

Na camada de 20-40 cm houve um decréscimo com relação a parte superior. Os valores em floresta foram de 3 e 4%. Em pastagem 10 e 9%. Isso permite classificar este atributo diagnóstico como de muito baixa saturação, conforme parâmetros estabelecidos por Oliveira & Berg (1985) que situam esta faixa de saturação como $\leq 25\%$.

Capacidade de Troca Catiônica (CTC) – A capacidade de troca catiônica para floresta na camada entre 0-20 cm foi de 7,79 e 4,87 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ nos pontos FJ-39 e FJ-6, respectivamente (valor médio de 6,33 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$). Em solos sob pastagem esses valores foram de 8,46 e 6,09 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ (valor médio de 7,27 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) aferidos nos pontos FJ-37 e FJ-11, respectivamente.

Na faixa de 20 a 40 cm os valores decresceram. Em floresta para 5,60 e 3,08 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ (valor médio de 4,43 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) e em pastagem para 4,93 e 4,16 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ (valor médio de 4,54 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$).

Para fins de análise de fertilidade estes valores devem ser relativizados observando-se sua relação com os valores apresentados na saturação de bases. Assim, a Zona Ambiental Laterita, de acordo com os critérios de Pereira & Lombardi Neto (2004) seria enquadrada na área de floresta com de muito forte limitação, pois são terras extremamente pobres em nutrientes (distróficos), que apresentam saturação por bases muito baixa ($< 10\%$) até pelo menos 50 cm de profundidade, mesmo que os valores de capacidade de troca catiônica sejam superiores a 5 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

E nas áreas de pastagem, o enquadramento seria de forte limitação, pois são terras com reservas de nutrientes muito limitadas (solos distróficos), que apresentam saturação por bases entre 10 e 25% até pelo menos 50 cm de profundidade, associada a valores de CTC 3-5 ou $> 5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

b) Toxicidade por alumínio

A Zona Ambiental Laterita mostra elevado grau de saturação por alumínio em solo sob floresta, com valores de 92 e 74% na profundidade de 0-20cm e de 91 e 90% entre 20-40 cm, posto que valores $>$ que 20% são considerados altos.

Na pastagem, os solos apresentaram menor grau de intoxicação por alumínio em relação a floresta, com teores para saturação do elemento (m%) que variam de 48% a 40% para as camadas de 0-20 cm e de 73 a 65% para a faixa de 20-40 cm.

A relativização da saturação por alumínio com os resultados da CTC, mostram que, com relação a este atributo diagnóstico a Zona Ambiental Laterita possui, em solos sob floresta limitações muito fortes (OLIVEIRA & BERG, 1985), característica de terras álicas, com elevada saturação por alumínio (70-100%), associada a CTC com valores variando de 5 a 10 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$.

Em solos sob pastagem características de grau limitante moderado, característicos de terras com saturação por alumínio variando de 30 a 50%, quando associadas a CTC de 5-10 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. Foi considerada para essa classificação os valores obtidos em solos sob pastagem entre 0-20 cm.

c) Potencial hidrogeniônico (pH)

A acidez do solo aferida em solo sob floresta foi considerada elevada. Na camada de 0-20 cm os valores foram de 3,8 e 4,0. Entre 20-40 cm os valores foram de 3,9 e 4,3. Sob pastagem o padrão se manteve com valores elevados. Entre 0-20 cm o valor foi de 4,6 para ambos os pontos e entre 20-40 cm 4,5 e 4,3, respectivamente para os pontos FJ-37 e FJ-11.

Como este atributo diagnóstico é trabalhado de forma relativa com a saturação de bases (OLIVEIRA & BERG, 1985), os solos foram classificados, por conservadorismo como de limitação forte, devido à baixa saturação de bases $\leq 26\%$.

d) Fósforo trocável

Os teores de fósforo trocáveis existentes nos solos desta zona são considerados baixos. Nas coletas feitas entre 0-20 cm em floresta os valores medidos foram de 3 e 2 mg/dm^3 . Na faixa entre 20-40 cm manteve-se em 2 mg/dm^3 . Entretanto, nos solos sob pastagem foi verificada a maior concentração relativa de todas as zonas ambientais no ponto FJ-37, de 4 mg/dm^3 . O outro ponto medido sob pastagem apresentou o valor de 1 mg/dm^3 . Entre 20 e 40 cm os teores variaram de 1 a 2 mg/dm^3 . Esses valores estão muito abaixo do limiar mínimo de referência de 10 mg/dm^3 (RAIJ et al., 1997), para qualquer cultura, seja ela florestal ou perene.

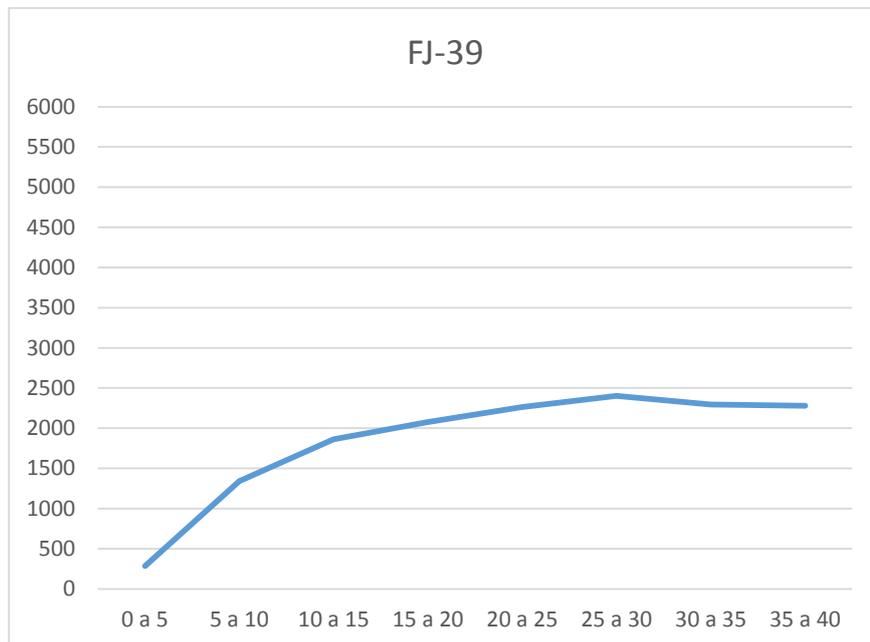
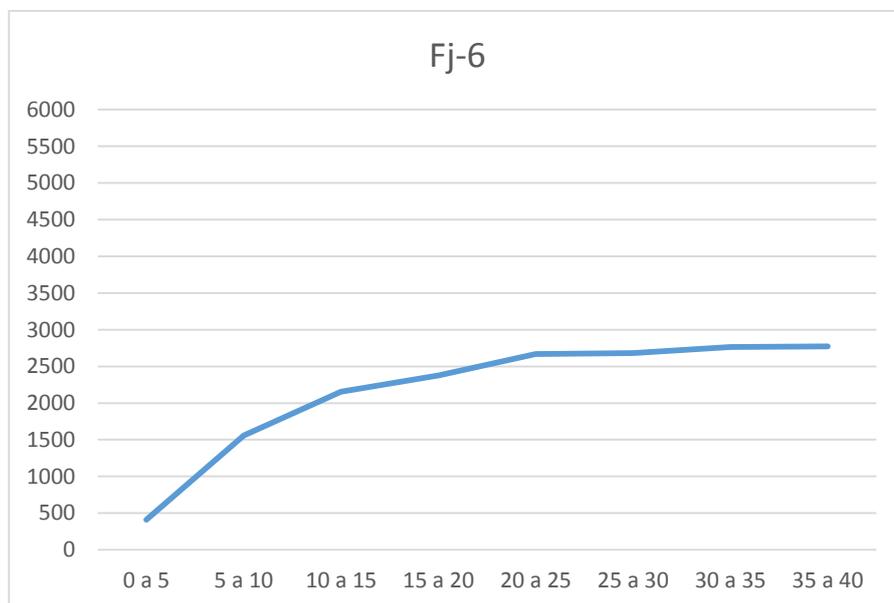
Desta forma, seu enquadramento como atributo diagnóstico com relação a limitação é considerado muito forte. Esta zona possui terras com altíssima exigência de fósforo para manutenção ou correção do estado nutricional, pois os valores estão abaixo de $5,0 \text{ mg/dm}^3$.

Nesta zona ambiental as migrações da fração argila, tanto em floresta quanto em pastagem, foram a de menor variação, havendo em alguns casos, nos dois ambientes, manutenção de valores relativamente mais ricos na parte superior do perfil, conforme Tabela 22. Este fator relaciona-se, nas lateritas coesas, a existência do chamado “chapéu de ferro” que funciona como um anteparo, protegendo e mantendo a estrutura do solo em subsuperfície.

Nas Lateritas incoesas, existentes em maior proporção na área de estudo, se deve a migração gravitacional do material argiloso supérgeno das partes mais elevadas dos relevos adjacentes para as mais baixas. Além disso, contribuem para tal característica a constituição mineralógica, rica em ferro, que por sua densidade acumula-se na parte relativamente mais baixa do perfil, atuando como um bloqueador à migração das argilas e a quantidade de argila existente, posto que a migração é inversamente proporcional a quantidade existente desta fração.

Resistência à Penetração – Zona Ambiental Laterita

Os dados referentes a relação floresta e pastagem mostram significativas diferenças e mudanças decorrentes das formas de uso e ocupação dos solos. Nos ambientes florestais, pontos FJ-39 e FJ-6, Figura 40 percebe-se um aumento gradativo da resistência conforme aumenta-se a profundidade. Os gráficos da Figuras 40A e 40B mostram que em solos sob floresta a máxima resistência medida não passou de 2400KPa, mesmo aos 40 cm. A Zona Ambiental Laterita é a zona que apresenta maiores valores absolutos em termos de resistência a penetração, chegando a mais de 5000 KPa no intervalo entre 10-15 cm.

A**B**

Figuras 40A e 40B. Variação da média de resistência a penetração em solos sob floresta (ZALt) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade. Pontos FJ-39 (A) e FJ-6 (B).

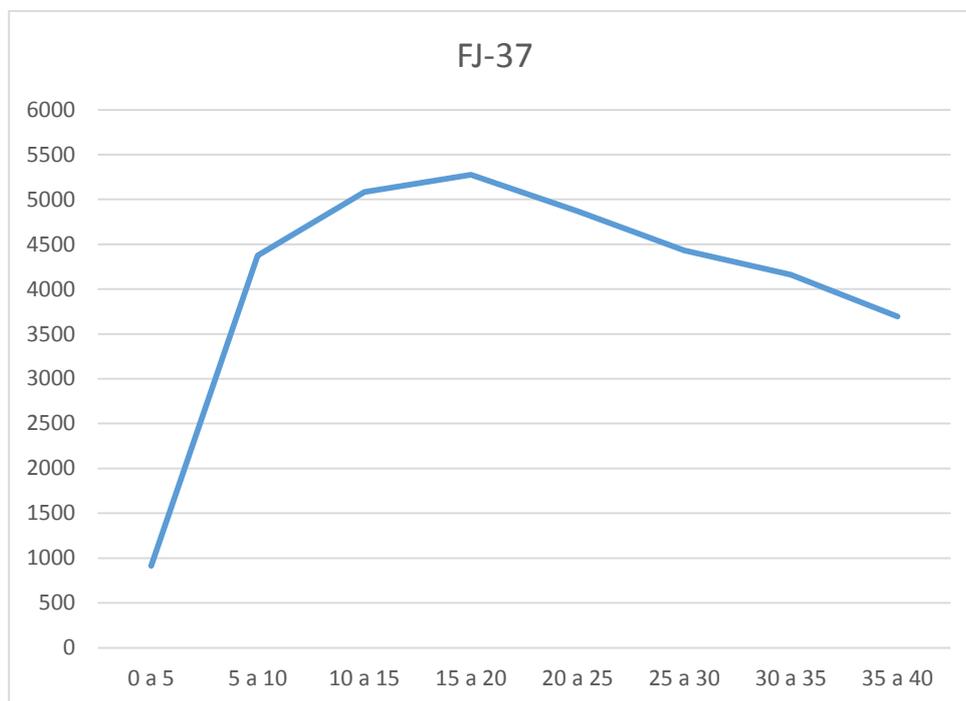
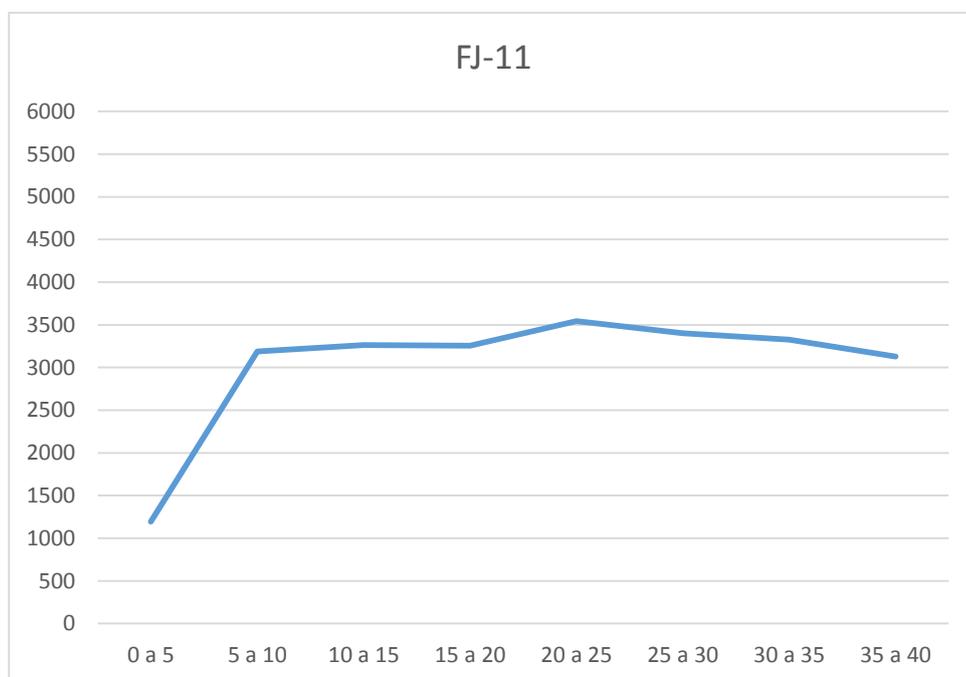
Nos solos sob pastagem fica evidente a compressão na parte superior do solo, entre 0-20 cm. Comparando estes valores com os medidos em solos florestados às mesmas profundidades nota-se um estado de compressão na parte entre 0-5 cm até 290,32% maior e entre 5-10 cm até 280,65% mais comprimidos nas pastagens. Nota-se uma diminuição relativa de resistência à penetração entre os intervalos dos mesmos pontos de medição conforme se aumenta a profundidade no perfil.

Entretanto, nota-se que em profundidades maiores que 20 cm, apesar da diminuição relativa de resistência entre os intervalos de cada ponto medido, os valores entre os ambientes parecem bastante discrepantes, havendo uma diferença significativa de resistência à penetração entre solos florestais e pastagens.

Neste caso, o pisoteio dos animais parece exercer influência sobre a resistência a penetração em profundidades maiores que 20 cm. Na profundidade do intervalo compreendido entre 35-40 cm foi observada uma diferença entre as médias floresta/pastagem de mais de 35% de resistência no solo sob pastagem comparado ao sob floresta, conforme Tabela 21 e gráficos das Figuras 41A e 41B. Essa diferença pode ser explicada pela textura, rica em materiais silto-argilosos e areia fina, fatores que contribuem para transmissão da pressão externa a aumento das faixas de compactação.

Tabela 21. Resultados dos pontos medidos quanto a resistência à penetração em ambientes de floresta (FJ-39 e FJ-6) e pastagem (FJ-37 e FJ-11) e sua variação relativa de resistência à penetração (KPa) quando comparadas as medidas de pastagem e floresta no ponto de maior resistência medido neste ambiente na Zona Ambiental Laterita.

MÉDIAS POR PROFUNDIDADE	FJ-39F	FJ-6F	FJ-37P	% compressão	FJ-11P	% compressão
0 a 5	283,3	411,5	912	221,62%	1194,7	290,32%
5 a 10	1340,8	1558,2	4373,2	280,65%	3188,4	204,62%
10 a 15	1861,2	2153,4	5082,6	236,02%	3262	151,48%
15 a 20	2076,6	2376,6	5275,8	221,98%	3254,6	136,94%
20 a 25	2263,2	2666,6	4869,6	182,61%	3542,8	132,85%
25 a 30	2401,6	2679,4	4431,8	165,40%	3400	126,89%
30 a 35	2294,2	2765,6	4162,6	150,51%	3325,8	120,25%
35 a 40	2277,8	2773	3695,6	133,27%	3128,8	112,83%

A**B**

Figuras 41A e 41 B. Variação da média de resistência a penetração em solos sob pastagem (ZALt) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade. Pontos FJ-37 (A) e FJ-11 (B).

Tabela 22. Estimativa granulométrica referente aos intervalos de 0-20 cm e 20-40 cm do solo coletado nos pontos FJ-39 e FJ-6, em floresta e FJ-37 e FJ-11, sob pastagem. %cascalho+%areia + %silte+argila = 100%; % areia grossa + % areia média + % areia = % areia.

Classificação do Sedimento	FJ-37A	FJ-37B	FJ-39A	FJ-39B	FJ-11A	FJ-11B	FJ-6A	FJ-6B
CASCALHO	0,06	0,04	0,13	0,21	0	0,03	0	0
AREIA	29,31	27,84	19,46	35,88	19,01	26,14	49,42	35,93
Grossa	18,75	21,5	8,4	17,83	7,63	13,01	6,91	4,8
média	10,5	6,32	11,04	18,03	11,36	13,11	7,32	9,32
Fina	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	35,19	21,81
SILTE	50,65	48,32	54,62	44,43	54,58	50,31	33,22	44,35
ARGILA	19,99	23,8	25,79	19,48	26,41	23,52	17,36	19,72

Vulnerabilidade Natural à Erosão – Zona Ambiental Laterita

Na Zona Ambiental Laterita possui 64,30% de sua área (42.622,16 hectares) com características medianamente estáveis-vulneráveis, conforme Figura 42. Outros 24,01% (15.914,93 hectares) são moderadamente vulneráveis. As áreas moderadamente estáveis representam 0,32% (213,46 hectares). Há ainda cerca de 15 hectares (0,02%) de áreas classificadas como estáveis. Foram excluídos cerca de 7.511 hectares aproximadamente da área total pelo fato de estarem alagados.

Dentre estes polígonos, o maior se apresenta na porção noroeste da área e possui como característica a ocorrência de lateritas coesas agrupadas sob a forma de morros e colinas. Este fator lhe confere estabilidade na parte superior das elevações. Entretanto, nas laterais e nas partes inferiores, onde não há coesão do material laterítico há um aumento significativo dos valores de vulnerabilidade natural à erosão alterando a classificação de medianamente estável/vulnerável para moderadamente vulnerável.

Outro fator que contribui para maior vulnerabilidade identificada nesta Zona Ambiental é a característica dos polígonos ao leste e sudoeste, cujo as lateritas são incoesas.

Destaca-se que na porção noroeste da Flona do Jamari, na Zona Ambiental Laterita, a maior parte do polígono situa-se no interior da Flona. Nota-se que sob intensa ocupação na parte que está fora dos limites da unidade de conservação a zona tem sua classificação alterada. As ações antrópicas alteram a classificação de medianamente estável para moderadamente vulnerável.

Além disso, a maior vulnerabilidade pode estar associada, no caso deste polígono pela proximidade do rio Jamari e de sua planície de inundação, ambiente de deposição aluvial alterado pela criação da usina hidrelétrica de Samuel, conforme mapa abaixo.

É possível notar que os solos desta Zona Ambiental Laterita são mais enriquecidos em silte em relação as areias. O quartzo está presente em quantidade menos significativa quando comparado com outras zonas ambientais da área de estudo (Tabelas 19 e 20).

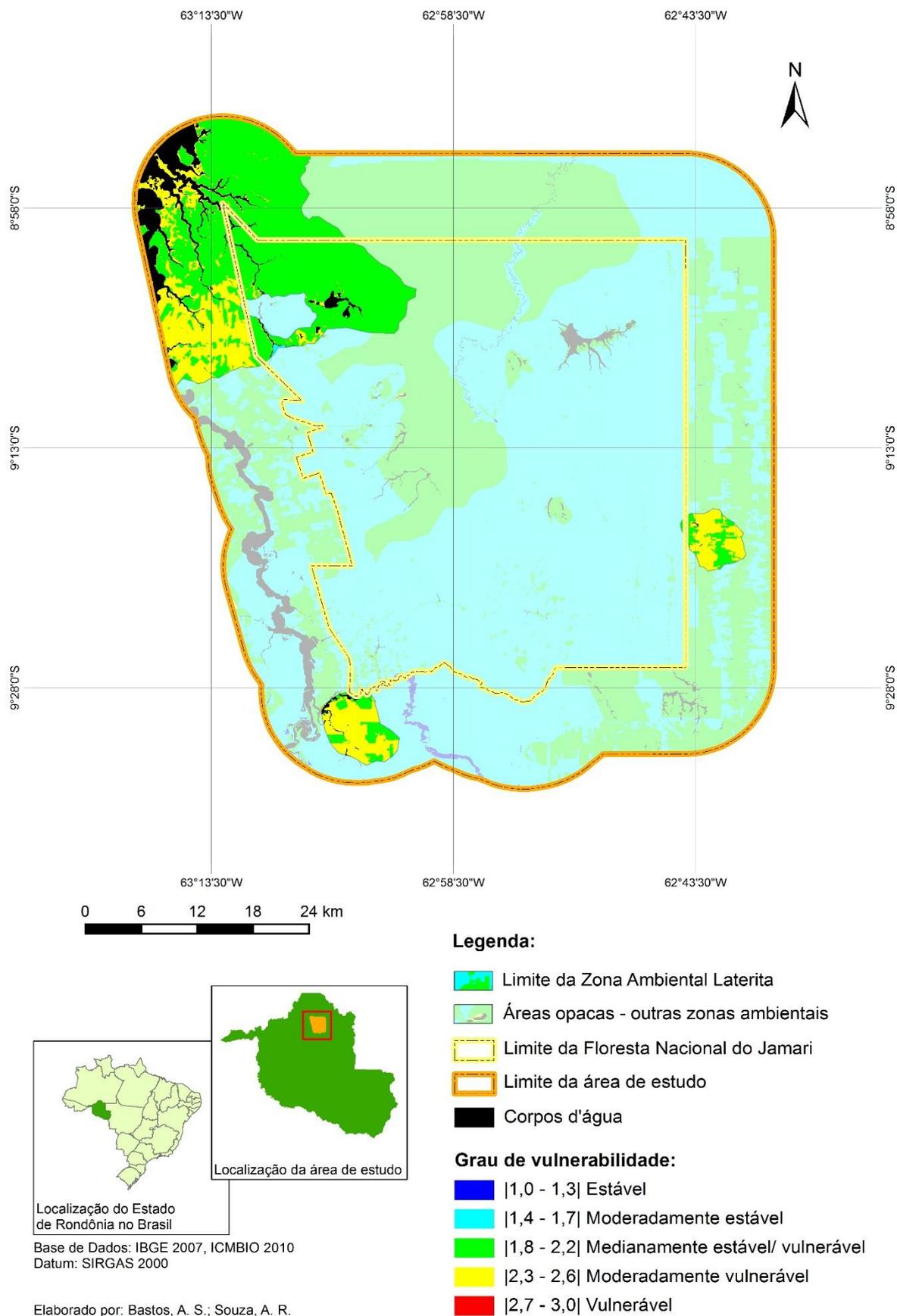


Figura 42. Mapa de vulnerabilidade natural à erosão da Zona Ambiental Laterita.

7.2.5. ZONA AMBIENTAL CUJUBIM

Na Zona Ambiental Cujubim possui sua ocorrência restrita no extremo sudeste da área da FLONA Jamari e entorno, sendo a menor unidade dentre as demais com área total de 9.659 hectares, cerca de 2,09% da área estudada. Configura-se uma porção do terreno arrasado que tem como peculiaridade a conjugação relevos residuais graníticos com planos levemente ondulados recoberto por um manto de intemperismo eluvial.

Nas porções centrais e sudeste da zona há baixa densidade de ruptura de declives como elementos texturais do relevo e baixa densidade de drenagem, podendo caracterizar um maior potencial de percolação de fluidos (Figura 43) se comparada a outras zonas na parte leste da unidade. Essa conformação proporciona a geração de um relevo de suaves planuras e vales abertos relacionado com o avanço da alteração intempérica ao longo de planos de faturas subhorizontais o que origina esfoliações na rocha granítica (Suíte Intrusiva Santa Clara), configurando placas curvilíneas de alguns milímetros de espessura, sendo que seu descamamento tende a formar superfícies arredondadas e, desta forma, têm-se colinas suaves em um relevo pouco dissecado.

Essa formação granítica, evidente na parte noroeste da zona, é representada por colinas como relevos residuais (inselbergs) que ao longo do tempo geológico foram dismantelados e ajustados ao nível de base da superfície aplainada, gerando um relevo mais dissecado.

Trata-se de um processo de desmonte e arrasamento dos relevos residuais representado por hillocks, sendo colinas menos exuberantes que os inselbergs, não ultrapassando a 50-70 metros de desnível, porém com vertentes acentuadas ora recobertas por fragmentos rochosos em seus topos e/ou vertente (Figuras 44A e 44B). Os tors, com desníveis inferiores a 30 metros, apresentam afloramentos rochosos intensamente fraturados e fragmentados em blocos e matacões. Os campos de matacões como representante do arrasamento final dos inselbergs ocorrem com a destruição completa dos tors, configurando uma paisagem com conjuntos de matacões com diâmetros até 6-7 metros.

Quando maciços rochosos graníticos estão à superfície têm-se, então, variações na configuração do relevo dentro da mesma zona ambiental. São variações de elementos texturais mais ordenados observados em fotografias aéreas, marcadas pelas rupturas de declives convexos em função do alinhamento das formas do relevo mais resistentes a processos intempéricos e de remoção.

A falta de profundidade dos solos e a pedregosidade do terreno nesta zona também está associada aos afloramentos rochosos e constituem-se, por si, como fatores limitantes a determinados tipos de manejo, como os mecanizados.



Figura 43. Paisagem associada a Zona Ambiental Cujubim. Relevo com suaves planuras com manto de intemperismo relativamente espesso e baixa densidade de ruptura de declives (Ponto FJ-53 em fevereiro/2014). Autora: Fabiana Barbosa Gomes.

A



B



Figura 44A e 44B. Relevo associado a Zona Ambiental Cujubim levemente ondulado com dissecação baixa a média e manto de intemperismo pouco espesso, estando presentes hillrocks, tors e campos de matações (Ponto FJ-51 em fevereiro/2014). Autora: Fabiana Barbosa Gomes.

Deficiência de Fertilidade

a) Disponibilidade de nutrientes

Potássio (K^+) – os valores apresentados para potássio presentes nos solos sob floresta são baixos com relação a fertilidade natural, tanto para profundidade de 0-20 cm, quanto para 20-40 cm. Na parte superior do perfil os valores apresentados foram de 0,1 e 0,12 $cmol/dm^3$ (FJ-44 e FJ-47, respectivamente). Na porção inferior foram aferidas medidas que variaram de 0,05 e 0,07 $cmol/dm^3$, o que caracteriza essa parte do solo como de muito baixa fertilidade.

Em solos sob pastagem os valores desta zona ambiental também foram de baixa fertilidade natural para parte superior do perfil, variando de 0,14 a 0,15 $cmol/dm^3$ (FJ-45 e FJ-52, respectivamente). Porém, para faixa situada entre 20-40 cm houve perda relativamente menos significativa que em solos sob floresta, sendo que um dos pontos medidos (FJ-52) apresentou inclusive enriquecimento, 0,17 $cmol/dm^3$, caracterizando-o como de média fertilidade natural para o elemento K^+ . No outro ponto medido em pastagem nesta faixa de profundidade o valor foi de 0,12 $cmol/dm^3$.

Se analisados isoladamente, os valores de K^+ situam-se na faixa de fertilidade muito baixa e baixa fertilidade de acordo com os parâmetros estabelecidos por RAIJ et al. (1997) que estabelece valores $\leq 0,07$ $cmol/dm^3$ como muito baixos e entre 0,08 a 1,5 $cmol/dm^3$ baixos.

Cálcio (Ca^{2+}) – Os valores de cálcio também apresentam baixa concentração ($\leq 1,5$ $cmol/dm^3$) segundo os parâmetros de Raij et al. (1997) para todos os pontos amostrados sob floresta (FJ-44 e FJ-47). As concentrações de Ca^{2+} obtidas no perfil superficial foram de 0,45 e 0,08 $cmol/dm^3$. Na faixa de 20 a 40 cm em solos sob floresta os valores foram de 0,14 e 0,03 $cmol/dm^3$.

Nos solos sob pastagem um ponto (FJ-45) apresentou valores que o classificam como de média fertilidade e o outro (FJ-52) de baixa fertilidade. Os teores medidos entre 0-20 cm foram 2,41 e 0,48 $cmol/dm^3$ e entre 20-40 cm 1,55 e 0,22 $cmol/dm^3$.

Magnésio (Mg^{2+}) – a concentração de magnésio apresentou valores que classificam todos os pontos aferidos como de baixa fertilidade, independente do ambiente. Em floresta, na parte superior do perfil os valores foram de 0,1 e 0,13 $cmol/dm^3$ e entre 20 e 40 cm, 0,06 e 0,05 $cmol/dm^3$, pontos FJ-44 e FJ-47, respectivamente.

Em solos cobertos por pastagem na parte superficial da coleta (0-20 cm) os valores foram de 0,49 e 0,17 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ e entre 20 e 40 cm, 0,29 e 0,09 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, pontos FJ-45 e FJ-52, respectivamente. São teores empobrecidos para esta profundidade, dados os parâmetros de Raij et al. (1997) para o elemento que situa a faixa de baixa fertilidade em valores de $\leq 0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

Com relação a saturação de bases, os valores corroboram a indisponibilidade natural de nutrientes no meio quando analisados individualmente, sendo considerados muito baixos, exceto no ponto FJ-45, de solos sob pastagem, que apresentou valores de 53% para a parte superior do perfil e 45% para inferior.

Em floresta os pontos FJ-44- e FJ-47 apresentaram valores de V% para camada de 0-20 cm de 8 e 5%, respectivamente e para a parte inferior do perfil de (20-40 cm) de 4 e 3%. O outro ponto sob pastagem apresentou valores de 16% (0-20 cm) e 11% (20-40 cm)

Capacidade de Troca Catiônica (CTC) – A capacidade de troca catiônica mostrou-se maior na parte superior dos solos (0-20 cm), tanto em floresta quanto em pastagem. Em floresta os valores para esta camada foram de 8,24 e 7,10 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, pontos FJ-44 e FJ-47, respectivamente. Na parte inferior (20-40 cm) os valores foram de 6,35 e 5,10 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, para os pontos mencionados.

Em pastagem, para profundidade de 0-20 cm os valores foram de 5,71 e 5,09 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, pontos FJ-45 e FJ-52, respectivamente e para a camada de 20-40 cm, 4,3 e 4,27 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$.

Para fins de análise de fertilidade estes valores devem ser relativizados observando-se sua relação com os valores apresentados na saturação de bases. De acordo com o método, valores $> 5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ são característicos de solos com menores limitações de fertilidade natural.

Ou seja, nesta zona os pontos sob floresta FJ-44 e FJ-47, como o ponto FJ-52 sob pastagem foram avaliados como de limitações muito fortes, caracterizada como extremamente pobres em nutrientes (distróficos), com saturação por bases muito baixa, principalmente na parte com até 40 cm de profundidade, ainda que associada a valores de CTC ligeiramente superiores a $5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ na parte superior dos solos.

O ponto FJ-45, de acordo com método de Oliveira & Berg (1985) pode ser classificado como de moderada limitação, posto que suas terras possuem limitadas reservas de nutrientes (solos distróficos), mas saturação por bases variando entre 25 a 50%, associada a valores de CTC de $3-5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ em média. Ainda segundo os autores, essas

terras nos primeiros anos de utilização permitem bons rendimentos, seguindo-se um rápido declínio na produção.

b) Toxicidade por alumínio

A Zona Ambiental Cujubim mostra um grau extremo de intoxicação por alumínio para os solos sob floresta e para um dos solos sob pastagem (FJ-52). Os teores de alumínio variaram na camada de 0-20 em solos sob floresta de 67 a 85% e na porção de 20-40 cm de 83 a 89%.

Nos solos sob pastagem os valores apresentados foram de 0 e 44% para a parte superior do perfil, pontos FJ-45 e FJ-52, respectivamente e 9 e 70% para inferior nos mesmos pontos. Independente do ponto, nota-se um significativo enriquecimento da porção inferior com relação a superior nas profundidades dos perfis estudados. De acordo com Oliveira & Berg (1985) e Ronquim (2010) teores acima de 20% são considerados altos.

Entretanto, como o método proposto relativização a saturação por alumínio com os resultados da CTC (tratados acima), este atributo diagnóstico se mostra características de forte limitação para o ponto FJ-44, sob floresta, uma vez que as terras são álicas, com saturação por alumínio variando entre 50 e 70%, associada à CTC com valores mais elevados ($5-10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e muito forte limitação para o ponto FJ-47, caracterizado por terras álicas, com elevada saturação por alumínio (70-100%), associada a CTC com valores variando de 5 a $10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

Solos sob pastagem também receberam duas classificações. O ponto FJ-45 foi caracterizado para este item como de limitação nula, devido a não constatação de existência de Al^{3+} biodisponível na parte superior dos solos e por haver na parte inferior concentração inferior a 9%. Estes valores conjugados com capacidade de troca catiônica (CTC) de até $10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ a classifica como de limitação nula (OLIVEIRA & BERG, 1985).

O ponto FJ-52 foi caracterizado como de moderado fertilidade natural, cujo a característica são terras não álicas, com saturação de alumínio (30-50%), associada a CTC com valores variando de 5 a $10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Considerou-se nesta avaliação o perfil superior. Este ponto também poderia ser classificado como de forte limitação, para fins de conservadorismo.

c) Potencial hidrogeniônico (pH)

A acidez do solo na Zona Ambiental Cujubim nos solos sob floresta foram de 4,3 e 4,0 na camada entre 0-20 cm e de 4,3 e 4,1 entre 20-40 cm, pontos FJ-44 e FJ-47, respectivamente. Sob pastagem os solos mostraram-se relativamente menos ácidos, com valores de 5,7 e 4,9 para a faixa superior do perfil e de 5,4 e 4,6 para inferior, pontos FJ-45 e FJ-52.

Estes valores permitem classificar os solos sob floresta como de limitação muito forte, posto que os valores de acidez são iguais ou menores de 4,3 e as medidas de saturação de bases, fator que deve ser combinado para fins de classificação, são menores que 25%.

Os solos sob pastagem apresentam diferentes características. O ponto FJ-45 é considerado como de moderada limitação, dada a combinação de seu pH e sua saturação de bases (V%), próxima de 50%, em média. O ponto FJ-52, entretanto, apresenta valores mais restritivos, sendo classificado como de limitação forte a muito forte, principalmente pelo valor de V%, extremamente baixo.

d) Fósforo trocável

Os teores de fósforo trocável existentes nos solos desta zona são considerados baixos, mesmo para floresta, cultivo menos exigente com relação a nutrientes nos solos (RAIJ et al., 1997). Todos as dosagens dos pontos e horizontes de coleta, independente do ambiente, floresta ou pastagem, apresentaram valores que situaram-se no intervalo de concentração de 1 a 3 mg/dm³.

Os solos sob floresta apresentaram um padrão de extrema limitação e decréscimo de 50% entre o horizonte superficial e o inferior, variando de 2 mg/dm³ (0-20 cm) para 1 mg/dm³ (20-40 cm). Nos solos sob pastagem os dois pontos medidos, apresentaram valores de 3 mg/dm³ na porção de 0-20 cm e 1 e 2 mg/dm³ de 20-40 cm, nos pontos FJ-45 e FJ-52, respectivamente.

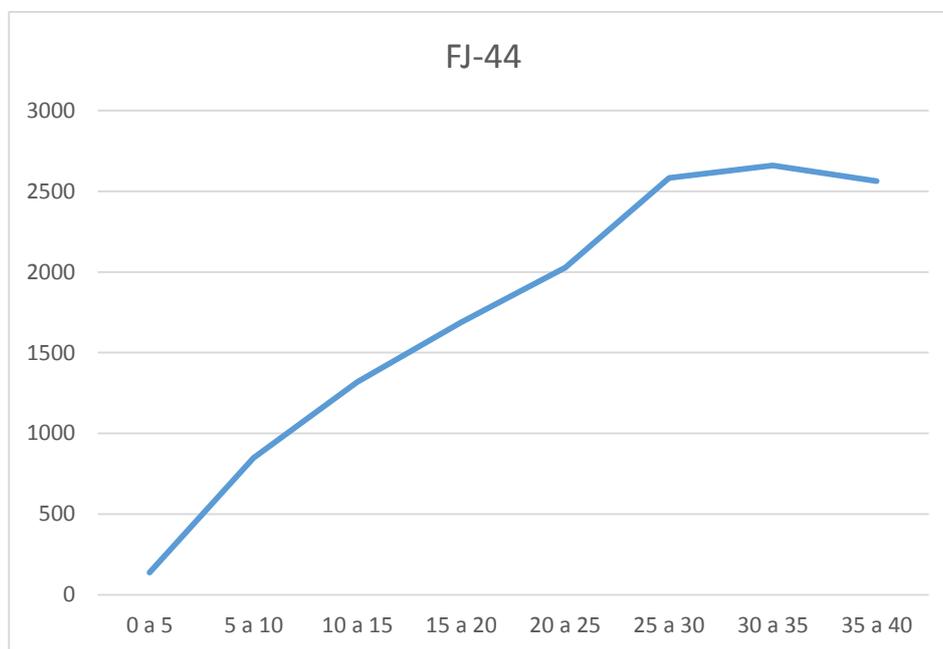
Desta forma, seu enquadramento como atributo diagnóstico com relação a limitação é considerado muito forte. Esta zona possui terras com altíssima exigência de P para manutenção ou correção do estado nutricional, pois os valores estão abaixo de 5,0 mg/dm³.

Ainda sobre os aspectos de fertilidade, os solos sob pastagem apresentaram diferenças expressivas com relação a floresta com relação a migração da fração argila dos horizontes entre 0-20 cm para aqueles situados entre 20-40 cm. Dados granulométricos apresentados na Tabela 23 mostram que houve uma significativa migração nos perfis estudados, variando entre 62% e 111,93% nos solos sob pastagem, contra 14% se comparados a maior variação apresentada em solos sob floresta. Essa migração de argilas compromete ainda mais a perspectiva produtiva, uma vez que são as maiores responsáveis pela CTC, juntamente com a matéria orgânica no solo.

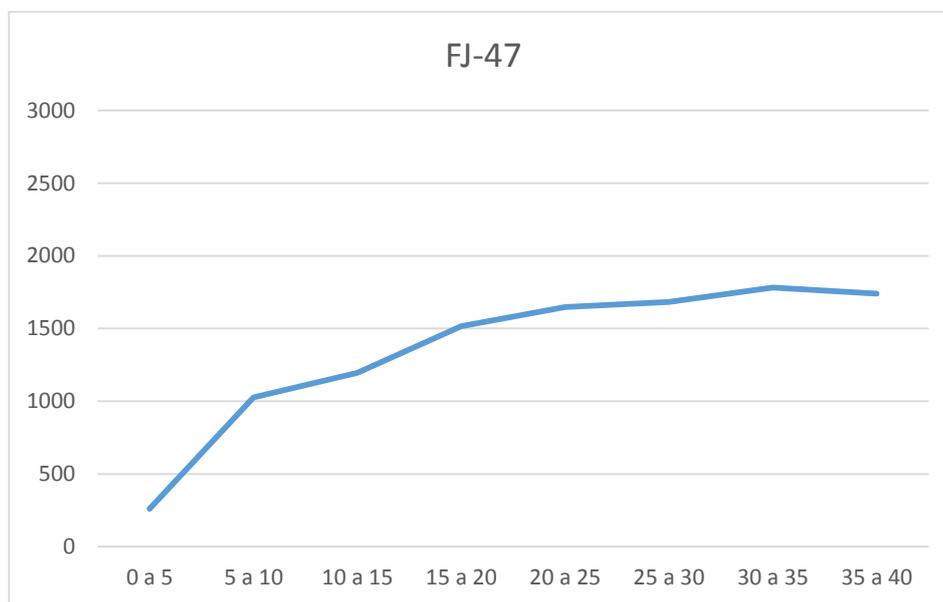
Resistência à Penetração – Zona Ambiental Cujubim

Na Zona Cujubim também foi possível medir maior compressão dos solos sob pastagem em comparação aos solos sob floresta. Nesta zona como nas demais, os solos sob floresta seguem a mesma tendência de aumento positivo da resistência influenciado pela profundidade. Verificou-se tendência de migração das frações silto-argilosas, principalmente em solos sob pastagem da parte superior para inferior do perfil estudado de acordo com os gráficos e dados granulométricos apresentados nas Figuras 45A e 45B e Tabela 23. Há um aumento da ordem de 58% na concentração de silte e argila na passagem da camada de 0-20 para 20-40 cm nestes solos. Dentre todas as zonas, mesmo havendo diferenças referentes a relação de uso e ocupação entre os ambientes a ZAC foi aquela que mostrou menor potencial de compressão dos solos e maior capacidade de suporte.

A



B



Figuras 45A e 45B. Variação da média de resistência a penetração em solos sob floresta (ZAC) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade. Pontos FJ-44 (A) e FJ-47 (B).

Embora seja evidente a compressão na parte superior do solo, entre 0-20 cm, esta foi a zona que apresentou a menor variação relativa de compressão entre os intervalos médios na comparação pastagem/floresta. Comparando estes valores com os medidos em

solos florestados às mesmas profundidades nota-se um estado de compressão na parte entre 0-5 cm relativamente menor que nas demais zonas com uma variação de apenas 6,97%.

Na camada de 5-10 cm houve a maior variação de resistência a penetração nos perfis desta zona, 167,02% mais comprimidos nas pastagens. Nota-se uma diminuição relativa de resistência à penetração entre os intervalos dos mesmos pontos de medição conforme se aumenta a profundidade no perfil.

Verifica-se ainda que em profundidades maiores que 20 cm há uma forte migração de material silto-argiloso da parte superior do perfil para inferior. Enquanto nos solos sob floresta esta migração variou entre 1 e 19%, nos solos sob pastagem esta variação ficou na casa dos 58% conforme Tabela 23.

Tabela 23. Estimativa granulométrica referente aos intervalos de 0-20 cm e 20-40 cm do solo coletado nos pontos FJ-44 e FJ-47, em floresta e FJ-45 e FJ-52, sob pastagem. %cascalho+%areia + %silte+argila = 100%; % areia grossa + % areia média + % areia = % areia.

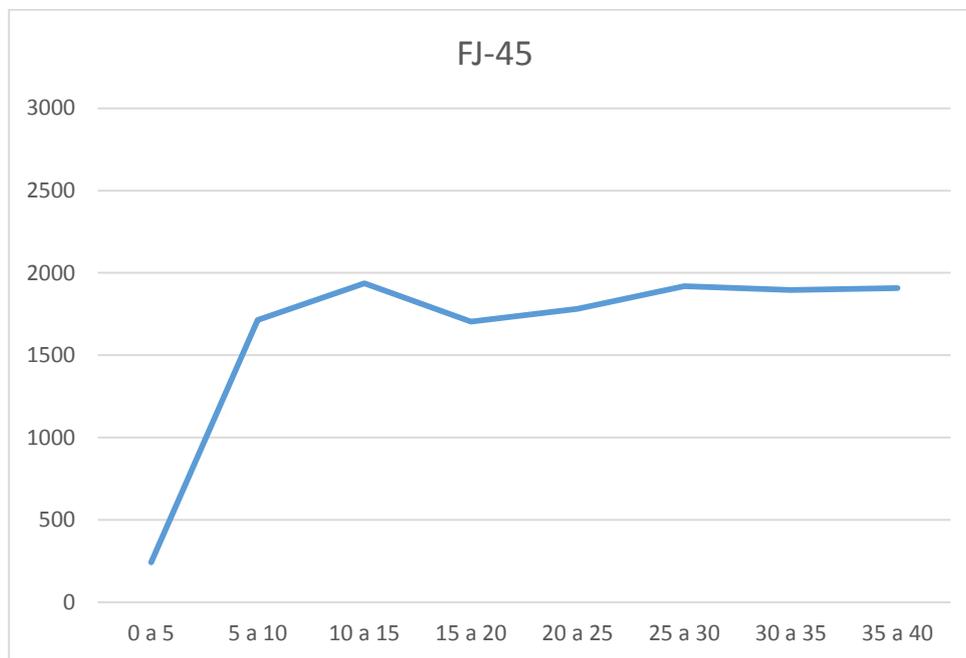
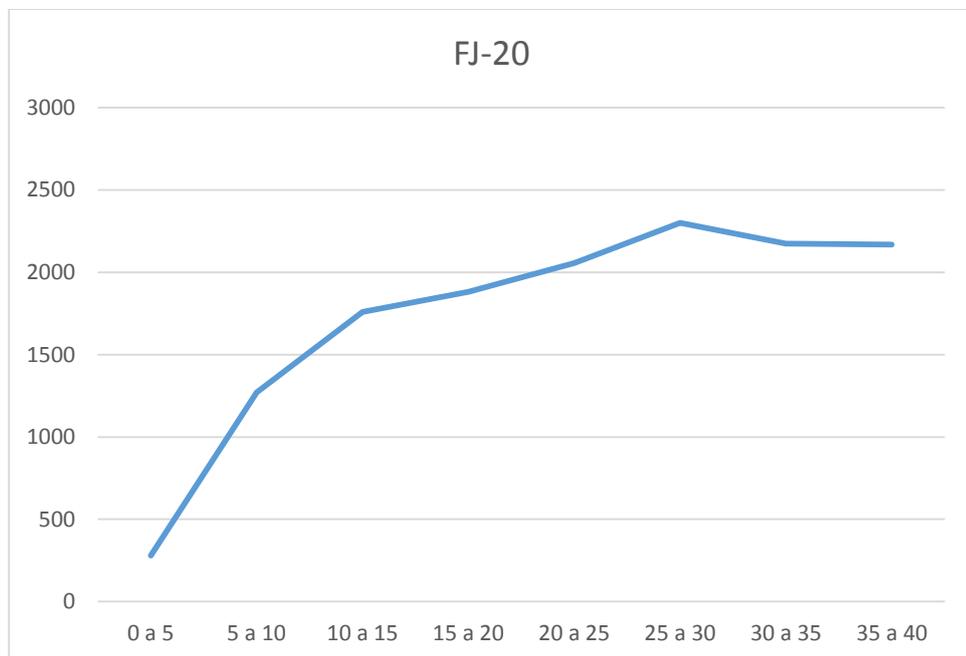
Classificação do Sedimento	FJ-44A	FJ-44B	FJ-45A	FJ-45B	FJ-47A	FJ-47B	FJ-52A	FJ-52B
CASCALHO	0,1	0,01	1,11	2,58	0,42	0,71	0,16	0,44
AREIA	33,26	20,79	60,04	42,64	31,68	30,77	76,78	63,05
grossa	18,62	13,02	34,99	27,77	21,86	21,25	46,12	34,8
média	14,54	7,75	12,2	2,56	9,8	9,5	15,95	13,53
fina	0,1	0,02	16,85	12,3	0,01	0,02	14,71	14,72
SILTE	40,21	49,19	24,71	38,79	39,49	40,22	15,28	20
ARGILA	26,44	30,19	10,16	16,5	28,42	28,3	7,79	16,51

Esse fator textural é importante para explicar a baixa diferença de compressão entre as camadas superiores e inferiores. Além disso, mesmo com o enriquecimento, que poderia possibilitar maior resistência devido a maior coesão dos agregados de silte-argila deve-se considerar que as medidas foram feitas no período de maiores índices pluviométricos da região e que esta zona situa-se na faixa de maiores precipitações da área de estudo com variação de 2500 a 2600mm/ano.

O pisoteio dos animais não parece exercer influência sobre a resistência a penetração em profundidades maiores que 20 cm, pois mesmo em solos sob pastagem as medidas de resistência ficaram abaixo daquelas verificadas em solos florestados, conforme Tabela 24 e gráficos das Figura 46A e 46B.

Tabela 24. Resultados dos pontos medidos quanto a resistência à penetração em ambientes de floresta (FJ-44 e FJ-47) e pastagem (FJ-45 e FJ-52) e sua variação relativa de resistência à penetração (KPa) quando comparadas as medidas de pastagem e floresta no ponto de maior resistência medido neste ambiente na Zona Ambiental Cujubim.

MÉDIAS POR PROFUNDIDADE	FJ-44F	FJ-47F	FJ-45aP	% compressão	FJ-52P	% compressão
0 a 5	137,3	260,8	243,5	93,00%	279	106,97%
5 a 10	848,8	1026,8	1715	167,02%	1271,4	123,82%
10 a 15	1318,2	1195,4	1936,2	146,88%	1759,2	133,45%
15 a 20	1689	1516,4	1703,6	100,86%	1880,4	111,33%
20 a 25	2027,6	1647	1781,8	87,87%	2056	101,40%
25 a 30	2582,6	1682,6	1918,8	74,29%	2299,4	89,03%
30 a 35	2660	1782	1896,6	71,30%	2173	81,69%
35 a 40	2563	1739,4	1908,6	74,46%	2168,2	84,59%

A**B**

Figuras 46A e 46B. Variação da média de resistência a penetração em solos sob pastagem (ZAC) analisados em intervalos de 5 centímetros entre 0 e 40 cm de profundidade. Pontos FJ-45 (A) e FJ-20 (B).

Vulnerabilidade Natural à Erosão – Zona Ambiental Cujubim

A Zona Ambiental Cujubim representa apenas 2,09% do total da área de estudo. De sua totalidade, 67,11% (6.478,31 hectares) estão sob a condição de vulnerabilidade medianamente estável-vulnerável (Figura 47). Nota-se que essa mudança se deve ao desmatamento ocorrido nesta zona ambiental. Onde há cobertura florestal elas se classificam como moderadamente estáveis, totalizando 3.158,73 hectares (32,72%). Também foi identificado 0,43 hectare classificado como estável. O restante da área, 14 hectares, são de rios e/ou lagos.

Esta classificação de vulnerabilidade natural à erosão parece ser fortemente influenciada pela cobertura florestal. A vegetação desempenha uma importante função tanto na estruturação dos solos, como proteção às fortes chuvas da região, maiores índices pluviométricos da área de estudo, 2.600 mm/ano.

Outra inferência possível com relação ao mapa de vulnerabilidade natural à erosão é quanto a ocupação desta zona. A Zona Ambiental Cujubim distingue-se como uma área totalmente “privatizada”. Os remanescentes florestais constituem-se nas áreas de reserva legal das propriedades já estabelecidas. Como a alteração de classificação está ligada principalmente aos fatores de derrubada da floresta, fica evidente o papel ambiental que as reservas legais têm em conter não apenas as mudanças de classes no modelo geoprocessado, mas na prática, processos erosivos acelerados que levam ao assoreamento de rios, perda de solos, diminuição da capacidade produtiva e voçorocamento apenas para citarmos em alguns problemas ambientais diretamente ligados a estes processos.

A migração de argilas da parte superior do perfil para parte inferior, conforme Tabela 23, gera um enriquecimento relativo de fração areia, de 68,41% em média para porção situada entre 0-20 cm dos perfis estudados em pastagem se comparados aos solos sob floresta, 32,47% de fração areia. Foram constatados valores de até 111,93% de variação devido essa migração de grãos.

Outro agravante é a constituição mineralógica, rica em quartzo. O material arenoso é composto em média por 90,7% de quartzo o que confere baixa coesão aos solos desta zona ambiental. Associados aos fatores de elevadas precipitações e geomorfologia da zona, pode-se inferir o motivo da alteração das classes de vulnerabilidade natural à erosão, tornando-as mais vulneráveis ao se alterar as áreas de floresta para pastagem.

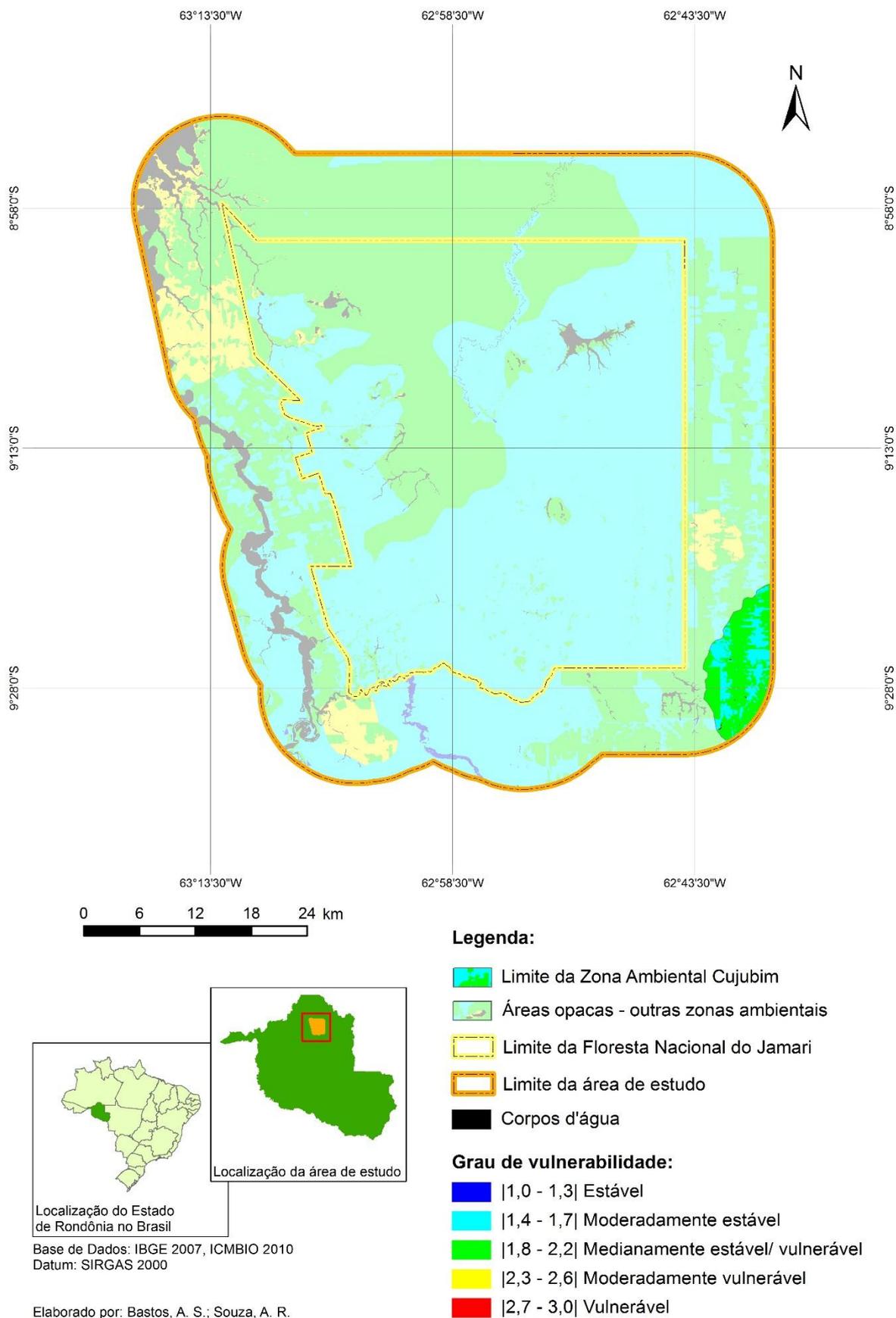


Figura 47. Mapa de vulnerabilidade natural à erosão da Zona Ambiental Cujubim.

8. DISCUSSÕES

Nas zonas ambientais estudadas o que se viu foram solos de baixa fertilidade, extremamente intemperizados, sem presença de minerais que possam ser biodisponibilizados e propiciar soluções nutritivas às plantas. As análises mineralógicas das zonas mostram que se encontram presentes nas amostras essencialmente quartzo e hidróxidos de ferro e alumínio. Ou seja, esses solos não evoluirão, ao menos não em milhares de anos, para solos ricos em nutrientes, posto que os minerais geodisponibilizados, que poderiam gerar ambientes relativamente mais enriquecidos em termos de nutrientes, já sofreram a ação dos agentes intempéricos, tendo removido e transportado tais minerais para outros lugares.

Com relação aos elementos Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , nutrientes essenciais, todos os solos coletados apresentaram valores baixos ou muito baixos. O valor mínimo para Ca^{2+} é $\leq 1,5$ cmol/dm^3 . A zona ambiental que apresentou maior concentração média relativa do elemento em floresta foi a Zona Ambiental Itapuã, $0,42$ cmol/dm^3 e em pastagem, a Zona Ambiental Cujubim, $1,1$ cmol/dm^3 .

Com relação ao Mg^{2+} , cujo valor estipulado como parâmetro para classificá-lo como de baixa fertilidade natural é $0,5$ cmol/dm^3 . As maiores concentrações em floresta foram verificadas nas Zonas Ambientais Jacundá e Cujubim, $0,08$ cmol/dm^3 cada. Em pastagem as quantidades mais significativas foram medidas na Zona Ambiental Cujubim, $0,26$ cmol/dm^3 .

Com potássio acontece o mesmo. Foram obtidos valores que classificam os solos como de baixa ou muito baixa fertilidade. O valor mínimo utilizado como parâmetro de fertilidade para K é $\leq 0,07$ cmol/dm^3 . Esse elemento, tão importante no processo de fotossíntese, teve sua maior concentração relativa em solos sob floresta medida na Zona Ambiental Cujubim, $0,08$ cmol/dm^3 . Em pastagem o maior valor medido foi de $0,14$ cmol/dm^3 na Zona Ambiental Cujubim.

O P foi outro elemento de baixíssima biodisponibilização. A Zona Ambiental que apresentou os maiores valores de P trocável foi a Itapuã, cujo a concentração máxima foi de 22% do valor de referência mínimo, 10 mg/dm^3 .

A saturação de bases é extremamente baixa. Todos os solos são distróficos. As pastagens apresentaram maiores valores se comparados à floresta. O valor médio de 12,04% na camada entre 0-40 cm. Os solos da Zona Ambiental Cujubim foram os de melhor saturação de bases sob pastagem, com média de 31,25 % para referida camada. Sob

floresta o solo de melhor valor de saturação foi o da Zona Ambiental Laterita, 4,5%, em média.

Os valores de pH também foram baixos. Os solos sob floresta foram considerados de muito alta acidez e os sob pastagem alta acidez. Em todas as zonas o padrão de menor acidez nas pastagens em comparação com as florestas foi mantido.

A Zona Ambiental Cujubim apresentou a maior diferença relativa de toxicidade por Al^{3+} na comparação entre floresta e pastagem, tendo a pastagem uma toxicidade 163% menor que a floresta. A toxicidade por Al^{3+} também pode ser considerada um problema, pois em todas as zonas, independente do ambiente os níveis de toxicidade são considerados altos, ou seja, maiores que 20%. A zona ambiental que apresentou o maior valor de toxicidade por alumínio no ambiente pastagem foi a Zona Ambiental Jacundá e na floresta a Zona Ambiental Nascente. Esse fator da toxicidade por alumínio está relacionado ao processo de intemperismo, que durante anos lixiviou o solo, deixando apenas os minerais e argilo minerais mais estáveis, gibbsita e caulinita. Ambas possuem composição significativamente rica em alumínio.

Todas as zonas foram classificadas pelo método de análise de fertilidade como de forte limitação. Tanto floresta como pastagem apresentam valores de fertilidade natural muito baixos, severamente limitantes. Ao se comparar os dois ambientes, nota-se maior concentração relativa de nutrientes em pastagem que em floresta. Isso se dá pela intensa ciclagem e aproveitamento de nutrientes pela biomassa florestal devido a fatores como temperatura, umidade, atividade biológica, biomassa, estrutura dos solos. Na área de pastagem esse gradiente temporal de decomposição – mineralização – biodisponibilização possibilita que uma quantidade relativamente maior de nutrientes seja biodisponibilizado na parte superior do solo através do ciclo de incorporação da necromassa e renovação da pastagem.

Os dados de fertilidade mostram a necessidade de adoção de técnicas que visem conservar os solos, como plantio direto ou “palhagem”, para manutenção da fertilidade natural, MOS e sítios com maior capacidade para troca de cátions na parte superior do perfil, a fim de que não sejam impactados por processo erosivos. Como visto, na parte de resultados, há um decréscimo na concentração de nutrientes da parte superior do solo (0-20 cm) para inferior (20-40 cm).

Somando-se esse fator ao aumento da acidez e toxicidade na faixa entre 20-40 cm, a perda da parte superior dos solos por processos erosivos acelerados é extremamente danosa aos agricultores em todos os sentidos: ambientalmente, pois perdem a parte naturalmente

mais fértil dos solos, tendo com isso que investir mais em recursos insumos, como fertilizantes, impactando sua atividade economicamente. A perda de solos acarretará diminuição da capacidade produtiva e aumento do custo de produção. Além da fertilização serão necessários maiores aportes financeiros para diminuição da toxidade e elevação da acidez dos solos, posto que as partes mais profundas do perfil, relativamente mais enriquecidas em Al^{3+} e H^+ serão expostas. Muitas das áreas podem ter sua capacidade de prover nutrientes comprometida e/ou esgotada, sendo onerosa para agricultores familiares sua manutenção ou recuperação.

Além dos dados de fertilidade, os dados mineralógicos e granulométricos mostram que os solos são pedogeneticamente pouco evoluídos, arenosos e possuem em sua constituição elevada riqueza de quartzo (84,9% Zona Ambiental Nascente, 91,25% Zona Ambiental Jacundá, 88,47% Zona Ambiental Cujubim, 72,98% Zona ambiental Laterita e 88,68% Zona Ambiental Itapuã – valor médio do elemento na fração areia por Zona Ambiental independente do ambiente – floresta/pastagem) e de fragmentos líticos, sendo pouco propensos à agricultura de lavouras.

Vê-se ainda, principalmente nas áreas sobre granitos, como a Zona Ambiental Nascente e a Zona Ambiental Cujubim, que os valores de feldspatos e micas, aos quais se associam os cátions trocáveis, são inferiores a 3% na parte analisada. Assim, conforme há a desagregação dos materiais geodisponibilizados há um enriquecimento relativo de quartzo e fragmentos líticos com relação às micas e feldspatos. Se a situação fosse contrária, seria o prenúncio de que futuramente aquele solo poderia ser fértil e apto à agricultura com baixo insumos.

Alternativas poderiam ser as atividades silviculturais e perenes, menos exigentes com relação à fertilidade natural de ambientes. Contudo, a maioria dessas culturas possui ciclos considerados “longos”, o que muitas vezes inviabiliza economicamente sua utilização. Os agricultores, precisam de atividades que lhes garantam (sobre)viver dia a dia.

Esse modelo de fixação de pessoas em ambientes de baixa capacidade de suporte para agricultura com uso de baixos insumos, acarretou uma série de impactos socioambientais. Erosão (assoreamento de rios, rebaixamento do lençol freático, perda de solos, diminuição de áreas produtivas, aumento de áreas degradadas), perda de biodiversidade, emissão de carbono para atmosfera, perda da capacidade de estocagem de carbono, impactos sobre a ciclagem de água e nutrientes são alguns.

Com relação à fertilidade natural no entorno da Flona do Jamari, não foram verificadas alterações significativas da qualidade química dos solos. Ao contrário, as pastagens melhoraram as concentrações relativas de praticamente todos os elementos medidos e em todas as zonas ambientais.

Contudo, os valores, mesmo em pastagens, estão muito abaixo dos valores de referência mínimos estabelecidos enquanto parâmetros de aptidão para o fator fertilidade natural.

Os aspectos físicos dos solos são os mais impactados. Os problemas erosivos são preocupantes pela amplitude das alterações negativas geradas, refletindo tais questões na fertilidade natural dos solos, capacidade de suporte e vulnerabilidade natural à erosão. O modelo numérico de terreno, os dados laboratoriais de granulometria e mineralogia e as observações de campo mostram estreita relação entre alteração da cobertura vegetal e mudança dos índices de vulnerabilidade natural à erosão.

Os trabalhos de campo revelaram que as vertentes dos relevos mais dissecados se apresentam estáveis sob a cobertura florestal. A instalação da floresta mostra que o equilíbrio geomorfológico entre a vegetação, o solo e os relevos dissecados é frágil. Assim, a quebra deste equilíbrio pela alteração de qualquer destes elementos poderá acelerar a atuação dos processos erosivos.

As Zonas Ambientais Jacundá e Cujubim, mostram que a supressão da vegetação fez com que áreas classificadas como moderadamente estáveis fossem reclassificadas como medianamente estáveis-vulneráveis.

Na Zona Ambiental Laterita, as áreas classificadas como medianamente estáveis-vulneráveis, sofreram alteração para moderadamente vulneráveis com relação a vulnerabilidade natural à erosão ao se cortar a floresta.

As zonas sob embasamento granítico, Zona Ambiental Nascente e Zona Ambiental Cujubim, apresentam solos rasos. A retirada da cobertura florestal nestes locais expõe o material rochoso, as águas de escoamento superficial podem escavar ravinas nas vertentes. Com a alternância dos períodos mais secos e dos períodos chuvosos, a evolução desse desgaste pode romper a situação de equilíbrio em que se encontram os matacões, propiciando deslocamento dos blocos. A manutenção da floresta é fundamental para manutenção da estabilidade para que a erosão não ocorra. Todas as zonas ambientais mostram-se sensíveis a alteração de cobertura vegetal.

Os impactos negativos desse problema são dinamizados pela forma como são manejadas as pastagens. A fragmentação de ambientes e a não adoção de práticas

conservacionistas impactam não apenas os solos, mas os recursos hídricos. Processos erosivos são refletidas nos rios, pelo assoreamento e rebaixamento do lençol freático. Mesmo a necessidade ambiental e os dispositivos legais que regulam a manutenção das matas ciliares não são respeitados.

Boa parte das propriedades rurais que trabalham com gado possui escassez de água por causa da remoção da vegetação ripária. O problema da falta de água é agravado nas épocas de estiagem, pois nos meses de menor precipitação muitos rios secam ou têm seus volumes diminuídos. Essas alterações afetam diretamente as populações que estão de alguma maneira ligadas a esses mananciais.

Se tomarmos como exemplo o papel que as matas ciliares representam no combate à erosão é possível analisar de maneira mais objetiva a questão. A mata ciliar reduz o acúmulo de sedimentos nos corpos de água à medida que serve de obstáculo para a água das chuvas que carregam sedimentos. Onde ela foi suprimida, a turbidez e o acúmulo de sedimentos no leito aumentarão. Para as populações aquáticas isto pode representar desde um obstáculo para o suprimento de alimento até a interrupção do ciclo reprodutivo. Para uma comunidade rural o assoreamento pode representar em última instância a falta de água para suprir as suas necessidades e as de dessedentação animal, aliado a um custo crescente do tratamento de água em função do aumento da turbidez da mesma.

Outra questão ligada a pecuária bovina é a concentração de animais por unidade de área no entorno da Flona do Jamari e a incompatibilidade da capacidade de suporte dos pastos, que deveriam abrigar menos de uma cabeça por hectare (HECTH et al., 1988). O crescimento dos rebanhos gera a necessidade de novas áreas para comporta-los. Entretanto, hoje, como dito, os espaços produtivos estão em sua maioria destinados: seja como reservas legais, seja para outros fins produtivos com culturas perenes ou lavouras. A soja produção de soja tem crescido na região (IBGE, 2010).

É estabelecido o problema da falta de espaço que traz duas consequências: faz com que criadores do entorno da Flona do Jamari avancem sobre a floresta, derrubando suas áreas de reserva legal para formação de novas áreas de pastagens, mesmo sabendo da ilegalidade; e os obriga a exceder a proporção de animal por unidade de área ideal para os solos da região, agravando os problemas de compactação e, conseqüentemente, os erosivos.

Esse é um dos impactos negativos relacionados ao pisoteio do gado que resulta no aumento da vulnerabilidade à erosão pela compactação dos solos. As medições de resistência à penetração permitiram ratificar a suspeição sobre impactos decorrentes da

atividade. Todas as zonas ambientais apresentaram solos sob pastagem significativamente comprimidos, se comparados aos ambientes florestais na mesma zona.

A Zona Ambiental Nascente é aquela que apresenta, dentre todas as zonas, o maior potencial de compactação da camada superficial do perfil, principalmente para a faixa mais impactada pelo pisoteio do gado, entre 0-15 cm. Na comparação entre as zonas feita a partir das médias de cada ambiente, em cada um dos intervalos de resistência a penetração medidos a ZAN foi aquela com maior variação de compressão na faixa mencionada, chegando a variar da floresta para pastagem 372% na camada de 0-5 cm, contra 360% da ZAJ, 303% da ZAL, 280,22% da ZAI e 131,24 da ZAC.

Na faixa de 5-10 cm há pouca variação na classificação das zonas no tocante a maior potencial de compactação. A ZAN foi a que apresentou maior potencial com uma variação positiva da média positiva de 479,65%. Em seguida veio a ZAJ com 315,16%. A ZAI variou 292,16%. A Zona Laterita 260,83% e a ZAC 159,22%.

No intervalo entre 10-15 cm os valores foram de 249,07% para ZAN, 211,13% ZAJ, 207,85% ZAL, 198,96% ZAI e 147,01 ZAC.

A Zona Ambiental Cujubim foi a que se mostrou, relativamente, menos suscetível à compactação e, conseqüentemente, a partir deste fator, aquela com maior capacidade de suporte dentre as zonas pesquisadas. A Zona Ambiental Laterita foi a que apresentou maiores valores absolutos de resistência à penetração, entretanto não o maior potencial a compactação dentre as zonas.

Essa compactação aumenta o escoamento superficial, altera o balanço hídrico do solo, e conseqüentemente, sua temperatura. Com maior aumento do escoamento superficial e menor taxa de infiltração, os materiais supérgeos de maior mobilidade e instabilidade são transportados. O resultado é um solo significativamente intemperizado, no qual somente os minerais mais estáveis permanecem no ambiente. Entre 0-40 cm, apenas quartzo, caulinita e gibbsita, ou sílica e alumínio.

Essa composição mineralógica, com a identificação de argilas cauliníticas, tipo 1:1, de menor plasticidade em todas as Zonas Ambientais, conjugada com a estrutura dos solos, nos quais foi verificada a migração de material de menor granulometria das partes superiores para as partes inferiores do perfil e seleção de material quartzoso na parte superior do perfil em ambientes sob pastagem favorece não apenas aumento dos processos de compactação, como de maior vulnerabilidade natural à erosão. Esse material por sua natureza de formação, exhibe maior resistência à alteração, tendo como característica maior granulometria relativa no perfil de solo estudado. Portanto, menor coesão e maior

porosidade relativa conferem a estes solos características de maior vulnerabilidade natural à erosão.

Esses fatores associados às formas de manejar os solos das propriedades tornam o cenário preocupante, não apenas para a área de estudos, mas para toda Amazônia. Se a pecuária bovina corresponde ao uso de cerca de 95% das áreas economicamente ativas dos municípios envolvidos (ALMEIDA SILVA et al., 2009), estima-se um impacto de larga escala referente a compactação dos solos e suas consequências. Cujubim, por exemplo, possui uma área territorial de 3.863,94 km². Eis a magnitude do impacto. Qual é hoje a dimensão desse impacto na Amazônia, uma vez que a criação e gado responde pela maior ocupação de áreas na região?

Como visto, todos os solos apresentam significativa resistência à penetração na parte superior devido pisoteio de gado. Agravam-se os problemas de erosão. Outros problemas são agravados como os de fragmentação, que por consequência leva a efeitos deletérios como perda de serviços ambientais, pois novos desmatamentos surgirão devido ao esgotamento dos solos e “inviabilidade” produtiva para o público da agricultura familiar.

Essa baixíssima aptidão produtiva retroalimenta a agricultura itinerante e o processo de abertura de novas áreas para atender as crescentes demandas de área do mercado agropecuário, causando desmatamento. Provoca mobilidade espacial e imprime suas marcas na reconfiguração de espaços, no caso, o rural amazônico. Estes espaços reconfigurados, tendem a seguir a mesma lógica de reprodução, entretanto a partir de novos valores.

Neste contexto socioeconômico e ambiental, dois outros pontos merecem ser destacados: o papel da unidade de conservação em conter o desmatamento, fundamental em áreas críticas, onde há forte pressão sobre os recursos naturais; e a falta de instrumentos de gestão que permitam realizar o ordenamento territorial no entorno das unidades de conservação e/ou em sua zona de amortecimento.

Fica evidente nas imagens de satélite que a linha de demarcação da Flona do Jamari funciona como uma barreira de contenção do desmatamento. A Flona, juntamente com a Floresta Nacional Jacundá, ESEC Samuel, ESEC Cuniã, Reserva Extrativista do Cuniã, formam um corredor ecológico de áreas protegidas a nordeste do estado. Este corredor liga a porção centro-norte de Rondônia a outras áreas protegidas (unidades de conservação e terras indígenas) no sul do Amazonas.

Por isso, a criação de unidades de conservação em um ambiente altamente predatório com relação ao uso dos recursos naturais (Amazônia), inclusive promovidos pelo Governo, se justifica mesmo que não haja consolidação destas áreas protegidas. O simples fato de haver uma restrição de uso daquele determinado espaço, faz com que muitos ilícitos deixem de ocorrer.

As zonas de amortecimento cumprem um importante papel na diminuição dos impactos diretos à unidade por fragmentação de ambientes. A fragmentação tende a potencializar seus efeitos quanto mais próximos estão dos limites de um dado remanescente florestal. Seus impactos dependerão de fatores como o tamanho do remanescente, seu formato, tipo de matriz. Ou seja, seu impacto é inversamente proporcional a área de cobertura florestal que circunda os limites de uma dada área protegida.

Vê-se que a partir da década de 1990 os limites da unidade a leste e oeste principalmente, tem funcionado como contenedores das frentes de desmatamento. Ou seja, a política de uso e ocupação dos solos nas zonas de amortecimento não tem sido observadas, inclusive por órgãos governamentais que insistem em usar tais áreas para fins de assentamentos da reforma agrária, mesmo sabendo dos danos às áreas protegidas e da baixa aptidão agrícola para o público ao qual se destina.

Para além dos problemas ambientais, faz-se oportuno tratar questões socioeconômicas a partir de dados do meio físico. O meio físico não pode ser visto apenas como meio para produzir ou para conservar, mas deve ser pensado enquanto recurso que cria condições sociais e econômicas, mais ou menos favoráveis ao desenvolvimento, a depender do grupo que o utiliza. No caso desta tese, verificou-se que muitos dos problemas socioeconômicos e ambientais existentes, fartamente registrados na literatura, estão correlacionados, onde um fator retro-alimenta o outro. Tais apontamentos são uma contribuição para discussões socioambientais na Amazônia e para subsidiar perspectivas de políticas de ordenamento do território amazônico.

O programa Polonoroeste, criado pelo governo federal, foi o maior responsável pela atração de pessoas para o estado. Entretanto, os imigrantes foram assentados em lugares pouco propícios à produção. Essa condição contribuiu para mobilidade, concentração de terras e estabelecimento de latifúndios. Na década de 1990, já sob a guarida do Planaflores, houve intensa mobilidade dos assentados. Os índices desmatamento explodiram. Acirraram-se os conflitos, principalmente nos locais próximos a BR-364.

O Incra, responsável por acomodar os agricultores e gerar desenvolvimento econômico e social (esse era o discurso governamental), criava assentamentos da noite para o dia sem condições técnicas de abrigar as famílias que vinham para Rondônia em busca de terras. A infra-estrutura existente era deficitária em amplo sentido.

Rondônia passou de 16 assentamentos nos anos 80 para mais de 140 na década seguinte, todos criados sob as mesmas bases de insustentabilidade (social, econômica e ambiental) em solos sabidamente de significativas limitações para produção agrícola.

Dentre os 39 anos de desmatamento medidos, foi entre as décadas de 1980 e 1990 que os índices de desmatamento no entorno da Flona do Jamari cresceram exponencialmente. Passaram de 15 mil para 45 mil hectares no período de 1984 a 1994. Com o Planaflo o cenário agravou-se. Entre 1994 e 2004, a criação de projetos de assentamentos da reforma agrária instalados nos limites da unidade como o PA Américo Ventura, Agostinho Becker e Cujubim II produziram mais desflorestamento que em toda a história pretérita da região, 47 mil hectares. Estes somaram-se aos 45 mil já desmatados até 1994 e aos 18.828 hectares desmatados entre 2004 e 2013, totalizando 111.586 hectares. Esse valor corresponde a aproximadamente 47% da área de “uso especial” que um dia foi considerada zonas de amortecimento (raio de 10 quilômetros contados a partir da linha demarcatória da unidade).

Se considerarmos que a parte norte da Flona faz divisa com a Estação Ecológica de Samuel, unidade de conservação categorizada como de proteção integral, onde não há desmatamentos e excluirmos essa área do cálculo, praticamente toda a área de entorno da unidade foi impactada por desmatamento.

Uma das intencionalidades contida na espacialização do assentamento em si, já proporcionava a criação de novas frentes de desmatamento. A forma retangular de organizar propriedades, facilitava a aglomeração, o uso racional de espaço a partir de uma lógica de eficiência produtiva. Isso fez com que os lotes fossem organizados ortogonalmente, divididos e dimensionados por estradas, onde a espacialidade obrigava cada novo morador a interiorizar-se na floresta. Chegando ao lote, o agricultor era obrigado a desmatar para subsistir.

Além do aspecto econômico, este modelo ortogonal de organização permitiu maior controle e monitoramento com custos relativamente menores. Isso possibilitou maior efetividade nas ações de controle, facilitou a disseminação das propagandas institucionais e de uma dada ideologia nelas contidas por parte do Estado e “promotores do desenvolvimento”. Esse é modelo que continua a ser usado nos dias atuais.

É este mesmo Estado quem prepara a espacialidade, quem mune o espaço de intencionalidades a partir da indução do processo ocupação e escolha de técnicas. Neste caso, um Estado que atua “para o desenvolvimento” a partir de lógicas e necessidades do capital privado ligadas ao agronegócio. É ele quem direciona as culturas a serem exploradas em determinada região junto as agências financiadoras, quem delibera sobre os locais onde serão feitos os assentamentos, quem elabora normas e leis para garantir os direitos de todos (principalmente da classe dominante) e é ele quem estabelece programas de apoio (ou não) ao público da agricultura familiar.

A estrutura do assentamento serve ao governo como um mecanismo moderno de poder pautado em dois momentos: um primeiro que se apoia no “sujeito” agricultor, permitindo extrair tempo e trabalho, preparando a terra para futura incorporação. E num segundo momento, na terra e seus produtos.

O Estado amplia as margens de lucro para o capital privado, ao assumir a externalização de custos decorrentes de necessidades inerentes a cada negócio. Por exemplo, é ele o responsável pela parte mais custosa de circulação e distribuição: criação e manutenção de estradas, abundância e consistência de oferta energética, estruturação de pontos de apoio ao direcionamento dos fluxos (portos e aeroportos, por exemplo).

A partir de suas ações o Estado permite que as áreas com maiores infra-estruturas se tornem mais atrativas para a absorção de capital em função das atividades que ali se desenvolvem, definindo assim, espaços de maior ou menor poder.

Na ocupação da Amazônia o Estado foi responsável pela geração de um sistema de indução que será chamado de modelo “aptidão – inaptidão”, explicado a seguir. A propaganda de distribuição gratuita de terras e apoio financeiro para produzir atraiu uma massa de milhares de brasileiros para ocupar Rondônia.

O perfil dos beneficiários destes programas eram pessoas despossuídas, de baixa renda e letramento. Como esse público iria produzir em solos de baixíssima aptidão agrícola sem apoio para corrigir acidez e a deficiência de fertilidade? Os planejadores sabiam que os solos eram ruins. Documentos do Banco Mundial mostravam (WORLD BANK, 1992). Mas, continuava-se a política distributivista de terra, organizada principalmente sob a forma de assentamentos. Não bastassem as significativas limitações naturais, havia uma enorme carência de infraestruturas e recursos humanos ligados a questão produtiva como estradas, assistência técnica e extensão rural. Isso sem falar na falta de escolas, saneamento e moradias.

Adicionalmente, as culturas plantadas em outras regiões e de manejo conhecido pelos imigrantes, tiveram baixo rendimento produtivo sob o clima amazônico, o que desmotivava os agricultores. A aptidão da propaganda governamental, aos poucos transformava-se em inaptidão. Sem recursos para plantar e desiludido pelo fracasso, restava ao agricultor vender a propriedade.

Esta terra foi (e continua sendo) incorporada pelo capitalista que a utiliza para expandir sua criação, pois a anexação de áreas cumpre uma outra função enquanto estratégias para aumento das margens de lucro: a deficiência produtiva das pastagens é diluída por unidade de área adicionada.

Desta forma, o ciclo é perpetuado e promove a desvalorização da terra dos assentados favorecendo a especulação. A disponibilidade de terras, criada artificialmente, faz com que o custo de oportunidade para instalação da pecuária bovina, torne-se atrativo para o capital.

Essa condição proporciona investimentos na aquisição de “terras inaptas”. Novas áreas surgem para ampliar a produção. É estabelecido o processo de ocupação, plantio, fracasso, abandono, terras postas a venda, elevação da oferta, incorporação pelo agronegócio e mobilidade do agricultor. Cria-se um novo ciclo de aptidão no qual o agricultor é deslocado para outro lugar para repetir o modelo e ampliar a oferta de terras em outras regiões.

Todas essas mudanças tem provocado a ressignificação do espaço eivado de intencionalidades. Essa reconfiguração pode ser acelerada a depender de fatores estruturais como transportes, comunicação, tecnologia, informações.

Porém, esse contexto de indisponibilidade de terras, associado a novas regulamentações voltadas ao meio ambiente fizeram com que os índices de desmatamento fossem reduzidos. Sem fortes indutores de desmatamento, como mega-obras de infraestrutura, aumento de operações de fiscalização, criação do novo Código Florestal e do Cadastro Ambiental Rural os índices caíram. Cerca de 18 mil hectares foram desmatados no período de 2004 a 2013. Uma queda de 72% com relação ao decênio anterior (INPE, 2014).

Esse modelo intensivo no uso de recursos não se justifica enquanto projeto governamental social e tão pouco ambiental. Talvez economicamente, dentro de uma lógica de curto prazo, que não privilegie o sujeito “agricultor familiar”, mas o capital privado e que internalize os custos dos impactos negativos oriundos do esgotamento dos recursos.

Há toda uma organização para implementar o modelo e permitir que o capital ligado ao agronegócio incorpore áreas para viabilizar sua atividade. Ele precisa se expandir (HARVEY, 2011b). Cria-se uma rede de crédito, assistência técnica e extensão rural cuja a função é dinamizar, no caso a pecuária. Os programas de assistência técnica e extensão rural executados, por exemplo, pelas empresas governamentais desta área, pautam-se em adequar agricultores familiares para obter financiamento junto aos bancos, porém, não para atividades que tenham interesse em implantar, mas para pecuária bovina, empurrando dessa forma o agricultor para essa cadeia produtiva, mantendo-o num perverso ciclo de pobreza e dependência. É fácil verificar junto a toda rede bancária as linhas de financiamento exclusivamente para pecuária, atividade de baixo rendimento na área estudada, devido as condições de (in)aptidão agrícola.

A baixa capacidade de produção por unidade de área para atividade da pecuária bovina na região fomenta a mobilidade através da especulação imobiliária, que por sua vez usa a inaptidão produtiva das terras para aparecer como solução ao agricultor. Ele se vale do ciclo de reconfiguração espacial, temporal e espacialmente, para incorporação de terras. Assim, o custo de oportunidade da pecuária na região norte é viabilizado pelo governo e suas políticas agrárias. Não há ação sem intenção.

Após tantos anos, seria difícil imaginar que o processo se dá dessa forma por desconhecimento e que o governo é bem intencionado e/ou tem a intenção de realizar reforma agrária eficaz. Fosse este o caso, deveriam assentar as famílias com o perfil socioeconômico dos imigrantes que para cá vieram, onde os solos fossem aptos para agricultura com baixo insumos. Mesmo que isso significasse utilizar terras de outras regiões para esse fim, o que acirraria os conflitos fundiários em outras regiões do país, principalmente no sul e sudeste.

A relativa indisponibilidade de terras, fez ressurgir um antigo expediente para apropriação das terras dos agricultores, a acumulação primitiva. A partir desse artifício não é mais necessário comprar a propriedade. É estabelecido um contrato de servidão, no qual o capitalista do agronegócio utiliza o poder social do dinheiro para ditar o que deve ser produzido nos solos de uma determinada área (no caso, nos interessam as propriedades de agricultura familiar). A insegurança produtiva faz com que o agricultor opte pela segurança financeira.

A falta de apoio governamental, as condições de baixa fertilidade do solo, baixo nível tecnológico para desenvolvimento de atividades, falta de recursos financeiros e dificuldade de acesso a crédito (exceto para pecuária bovina), findam por tornar atrativo

para o agricultor arrendar o uso do solo da sua propriedade. Com isso, instala-se outro processo, o de desterritorialização, pois os agricultores perdem o poder de usar sua propriedade. Afastam-se da terra, mesmo vivendo sobre ela.

Ao invés de incentivar atividades econômica e ambientalmente insustentáveis para assentamentos e produtores rurais estabelecidos no entorno da área, deveriam ser priorizadas formas de aproveitamento econômico e ambiental que fossem menos onerosas para produtores de baixa renda e mais compatíveis com a realidade do meio físico.

Constata-se que o governo tem um papel central como indutor de políticas temporal e espacialmente destinadas ao público da agricultura familiar. O relativo fracasso econômico dos assentamentos da reforma agrária, ajuda a manter o modelo mencionado e seus impactos, pois sem condições de produzir (entenda-se aqui condição financeira para arcar com os insumos necessários, conhecimento técnico, estrutura logística), o pequeno produtor é obrigado pelo contexto a encontrar alternativas de sobrevivência que estejam dentro de suas possibilidades. O que geralmente ocorre é a venda ou arrendamento da terra, como corroborado por Amaral (2004). Novamente se estabelece o ciclo de reconfiguração espacial baseado na aptidão-inaptidão.

A terra que um dia foi sua, passa a ser do pecuarista que viabiliza sua produção pela diluição dos custos por extensão produtiva. O uso de técnicas que minimizem os impactos é mínimo, pois como a terra foi adquirida por um valor relativamente baixo, não há a preocupação em salvaguardar a fonte produtora de matéria prima, no caso o solo e mananciais, pois a incorporação do custo marginal lhe garante a lucratividade.

Uma possibilidade positiva de minimizar o efeito dos danos seria a reutilização das áreas alteradas e/ou degradadas para fins agrícolas compatíveis com sua capacidade de suporte. Poderiam ser incentivadas culturas que valorizassem a proximidade com a floresta, como por exemplo a meliponicultura. Esta atividade poderia gerar bons resultados. Necessita de investimentos que podem ser arcados pelos pequenos produtores e possibilita o emprego de mão de obra familiar na produção. Alia geração de renda à conservação da floresta.

Outras formas de valorar e valorizar a floresta em pé também precisam ser discutidas, como o pagamento ou, ao menos, o reconhecimento, aos moradores para conservação da floresta para manutenção dos serviços ambientais, uma vez que os benefícios desta conservação são de toda sociedade e não apenas do proprietário de espaços florestados.

Instrumentos de ordenamento do território que possibilitem compatibilizar conservação e produção agropecuária deveriam ser elaborados pelo governo, observando as dinâmicas do meio físico características de cada lugar. Os planos de manejo de uso múltiplo das unidades de conservação deveriam exigir tais questões quando da elaboração dos relatórios de meio físico que o compõe. O que se vê hoje nos planos de manejo são meras descrições de formas, baseadas em dados secundários.

O método ora adaptado mostra-se eficiente para a compreensão de uma série de dinâmicas voltadas não apenas para conservação, mas para capacidade de suporte e produtiva das áreas ao redor de unidades de conservação, podendo ser utilizado como orientador para propostas que visem não apenas o zoneamento das unidades, subsidiar até mesmo o estabelecimento de limites espaciais, bem como definir locais para uso e conservação, inclusive identificar áreas e reais necessidades para dimensionamento da zona de amortecimento a partir de critérios técnicos que compatibilizem conservação e desenvolvimento econômico para agricultores familiares.

Tais quais os assentamentos, a criação de unidades de conservação e a definição de seus instrumentos de gestão, como os limites de zonas de amortecimento, carecem de subsídios do meio físico para definição de seus limites e planejamento de usos especiais, já que de fato são áreas legalmente definidas como tal pela legislação. O posicionamento, o tamanho da área, as condições de conservação e as formas de cumprir as funções sociais, ambientais e econômicas para as quais são pensadas devem prescindir sua criação. As práticas de uso dos recursos naturais atuais precisam ser transformadas e adequadas à realidade atual.

Estudos de aptidão agrícola tendem a colaborar tanto com as questões de conservação das áreas protegidas como fortalecer as perspectivas de desenvolvimento econômico e social no entorno destas áreas a partir de critérios pautados no meio físico úteis a gestão territorial. Essa pode ser uma saída viável para consolidação da Amazônia como uma fronteira a partir de uma lógica de produção e reprodução sustentável.

As novas realidades advindas destas espacializações na utilização do território, sejam naturais, culturais, ou decorrentes de intervenções políticas e técnicas, são a redescoberta da Natureza na qual cada lugar recebe um novo papel, ganha um novo valor. Cabe a nós definirmos que papéis e valores cultivaremos.

CONCLUSÕES

O processo de ocupação do entorno da Flona Jamari foi acelerado entre 1984 e 2004, pelos programas governamentais Polonoroeste e o Planafloro tendo produzido os maiores índices de desmatamento (69,16% do total desmatado até 2013). A partir de 1994 a linha oficial de demarcação da Flona do Jamari passa a funcionar como bloqueador ao desmatamento na área.

Houve uma significativa perda de serviços ambientais decorrentes da fragmentação de ambientes por desmatamentos ocorridos desde a colonização até os dias atuais.

O governo foi, e continua sendo, um grande indutor de políticas que apoiam o modelo de reprodução do agronegócio e empobrecimento da agricultura familiar, causando problemas sociais, econômicos e ambientais a toda sociedade em detrimento de uma classe concentradora de renda e terras (concentração de terras se dá atualmente por diferentes mecanismos de controle, não apenas por contrato e compra e venda).

As zonas ambientais delimitadas na Flona do Jamari mostram baixíssima aptidão agrícola, principalmente para o tema fertilidade natural. Revelam limitações significativas para uso agrícola em função do reduzido volume de material intemperizado disponível para o suporte físico das plantas e para a retenção de umidade. Mostram adicionalmente, baixa capacidade de suporte para atividades econômicas intensivas no uso de recursos naturais e baixa capacidade de resiliência. Os solos eluviais são imaturos com horizonte B ausente ou em início de formação.

A Zona Ambiental Cujubim mostra, dentre as estudadas, maior viabilidade para ocupação com fins agrícolas, considerando os atributos analisados. Porém, faz-se necessário investimentos para correção dos solos no tocante a fertilidade e a adoção de medidas para conservação dos solos no tocante a erosão, uma vez que esta é a porção de maior dissecação da área estudada e os solos são rasos.

A vulnerabilidade natural à erosão moderadamente estável foi a que apresentou maior abrangência em termos de área. Entretanto, a porção sudeste e as áreas sobre laterita mostraram-se sensíveis com relação a remoção da cobertura florestal, alterando significativamente sua classificação de medianamente estável-vulnerável para moderadamente vulnerável. Os trabalhos de campo revelaram que as vertentes dos relevos mais elevados se apresentam estáveis sob a cobertura florestal. A instalação da floresta mostra que o equilíbrio geomorfológico entre a vegetação, o solo e os relevos dissecados é

frágil. Assim, a quebra deste equilíbrio pela alteração de qualquer destes elementos poderá acelerar a atuação dos processos erosivos. Estudos de fitogeomorfologia deveriam ser realizados para melhor entendimento da questão para Amazônia.

A pecuária é a principal atividade econômica desenvolvida no entorno da Flona do Jamari. O manejo inadequado das pastagens, combinado com a falta do emprego de técnicas voltados para conservação dos solos, de forma a resguardar seu potencial produtivo, mostra significativa alteração dos solos se comparados àqueles sob floresta. Foi constatada maior resistência à penetração dos solos sob pastagem em todas as zonas ambientais. Essa maior compactação aferida contribui para tornar os solos mais vulneráveis naturalmente à erosão.

Associadas a falta de boas práticas de manejo, as práticas ilegais de desmatamentos em topos de morros, matas ciliares e nascentes agravam os impactos ambientais negativos. Como consequência há expressivos processos erosivos ocorrendo, refletidos na qualidade de recursos hídricos e na quantidade de água disponível. Rios assoreados são comuns na área de estudo.

As características estruturais e mineralógicas dos solos nesses locais revelam limitações significativas para uso agrícola em função do baixo teor de nutrientes essenciais, migração das argilas dos horizontes supérgeos para os subsuperficiais e reduzido volume de material alterado disponível para o suporte físico necessário para tais atividades. Seriam necessários elevados aportes de recursos (financeiro, estrutural e técnico) para arcar tanto com a correção de acidez, como com a incorporação de fertilizantes. Esse modelo tem se repetido pela Amazônia. A criação de assentamentos no entorno da Flona do Jamari ou de unidades de conservação deveriam observar tais fatores limitantes, inclusive como meio para tomada de decisão sobre criar ou não um determinado assentamento e, optando-se pela criação, definir um perfil de público para sua ocupação.

A Floresta Nacional do Jamari possui expressiva importância na contenção dos desmatamentos na região desde sua criação até os dias atuais, funcionando não apenas como barreira à expansão da fragmentação de ambientes por desmatamento, evitando efeitos indesejáveis como os produzidos por alteração das bordas, mas provendo importantes serviços ambientais, cujo os benefícios são de toda sociedade.

A compreensão das características do meio físico a partir da análise interdisciplinar de atributos ambientais, possibilita orientar políticas de ordenamento e gestão territorial para criação de unidades de conservação, assentamentos da reforma agrária a partir de critérios técnicos que sustentem as relações sociedade e natureza para

manutenção e melhora das condições de uso dos recursos naturais em propriedades rurais situadas no entorno de unidades de conservação.

A adoção de incentivos para recuperação de áreas e estudos para inserção de culturas compatíveis com a capacidade de suporte e aptidão agrícola dos solos no entorno da Flona pode ter um papel fundamental no fim da agricultura de itinerância na Amazônia.

A forma de ocupação do entorno da Flona do Jamari e as práticas culturais de manejo dos solos não resultaram em perdas significativas da fertilidade em decorrência dos processos de uso e ocupação dos solos, uma vez que estes ambientes não tiveram suas características químicas severamente alteradas. Eram deficientes de fertilidade e assim continuam. Porém, agravam-se os impactos físicos sobre o solo, como a migração de frações silte e argila para os horizontes mais profundos, favorecendo a mudança das classes de vulnerabilidade natural à erosão.

O método utilizado constitui-se em uma forma viável de subsídio ao planejamento em regiões como a Amazônia, pois possibilita adaptações de acordo com a disponibilidade de instrumentos de apoio e profissionais para orientar o uso e ocupação do solo tanto para fins produtivos como de conservação no entorno de unidades de conservação.

Unidades de conservação e seus entornos, se bem manejados a partir de tecnologias e investimentos adequados, terão aumentadas as suas chances de sucesso na conservação da biodiversidade, espaço com potencial de uso econômico e na produção de alimentos, respectivamente. Estes, porém, são requisitos distantes da agricultura familiar praticada na região norte.

REFERÊNCIAS

- ABARCA, O. Metodología de bajo costo para el levantamiento planimétrico de prédios agrícolas com sistemas de información geográfica. **Agronomia Trop.** 55(2), p.183-201, 2005.
- AB'SABER, A.N. Ocorrência de “linhas de pedra” na região de São Paulo. **Geomorfologia**, 10, p.9-10, 1969.
- AB'SABER, A. Zoneamento Ecológico e econômico da Amazônia: questão de escala e método. **Estudos Avançados**, 3(5), p.4-20, 1989.
- AB'SABER, A. **A Amazônia: do discurso à práxis**. 2.ed., São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.
- ADAMY, A. Estudos das formas de relevo. In: **Atlas Geoambiental de Rondônia**. Porto Velho: SEDAM, 2002.
- ADAMY, A.; DANTAS, M.E. Compartimentação do relevo. In: **Geodiversidade do estado de Rondônia**. Adamy, A. (org.) Porto Velho: CPRM, 2010.
- ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 25, p. 717-723, 2001.
- ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.; McGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M.D.C.V.; SOARES FILHO, B. **Desmatamento da Amazônia: indo além da “emergência crônica”**. Belém: IPAM, 2004.
- ALMEIDA SILVA, A.; BASTOS, F.; BASTOS, A. S.; GOMES, F. B. **Análise socioeconômica do entorno da área de concessão pública UMF III na Floresta Nacional do Jamari**. Porto Velho, Centro de Estudos Rioterra, 2009.
- ALVES, D.S.; KALIL, E.M.; MOREIRA, J.C.; ORTIZ, J.O. SOARES, J.V.; FERNANDEZ, O.; ALMEIDA, S. Characterizing land use dynamics in Amazon using multi-temporal imagery and segmentation techniques. In: **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing**, 31 (B7), 1996.
- AMARAL, J. **Mata virgem, terra prostituta**. 1.ed., São Paulo, Terceira Margem, 2004.
- ANA. Ministério do Meio Ambiente. **Hidroweb**: sistema de informações hidrológicas, ano 2010. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 18 fev.2014.
- ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, J.D.; CRUSCIOL, C.A.C.; SOUZA, E.C.A.; BÜLL, L.T. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. **Scientia Agricola**, 58 (1), p.145-150, 2001.
- ARANTES, M.; BASTOS, A.; GOMES, T.B.; MARTINS, A.S.; ROTUNO, A. **Plano territorial de Desenvolvimento rural sustentável do território Vale do Jamari**. Porto Velho, MDA/CES Rioterra, 2014.

- ARAÚJO, G.H.S.; ALMEIDA, J.R.; GUERRA, A.J.T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 2.ed., Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2007.
- ARRUDA, M.L.R. Estabelecimento e recuperação de pastagens no vale do Rio Doce. **Informe Agropecuário**. 13, p. 23-25, 1988.
- ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical test for monitoring soil quality. In: Doran, W.; Jones, J. (Eds.), **Methods for Assessing Soil Quality**. **Soil Science Society of America**. 49, p. 123-141, 1996.
- ARSHAD, M.A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 88, p. 153-160, 2002.
- ARTAXO, P.; GATTI, L.V.; LEAL, A.M.; LONGO, K.M.; FREITAS, S.R.; LARA, L.; PAULIQUEVIS, T.M.; PROCÓPIO, A.S.; RIZZO, L.V. Química atmosférica na Amazônia: a floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. **Acta Amazonica**. v.35, n.2, Manaus, 2005.
- ARTAXO, P.; MARTINS, J.V.; YAMASOE, M.A.; PROCÓPIO, A.S.; PAULIQUEVIS, T.M.; ANDRAE, M.O.; GUYON, P.; GATTI, L.V.; CORDOVA LEAL, A.M. Physical and chemical properties of aerosols in the wet and dry season in Rondônia, Amazônia. **Journal of Geophysical Research**. 107 (D20), 49, p.1-49, 2002.
- ASSIS, A.F.F. **A experiência brasileira no controle à erosão rural**. In: Simpósio sobre controle de Erosão. Curitiba, 1980.
- ASSUNÇÃO, G.V.; FORMAGGIO, A.R.; ALVES, D.S. Mapa de aptidão agrícola das terras e uso adequado das terras: uma abordagem usando SIG e imagens de satélite. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Manaus, **Anais... (6)** São José dos Campos, INPE, p.162-166, 1990.
- BACANI, V. M.; LUCHIARI, A. Geoprocessamento aplicado ao zoneamento ambiental da bacia do alto rio Coxim-MS. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, 18(1), p.184-197, 2014.
- BARBOSA, C.C.F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1997.
- BARBOSA NETO, M.V. **Zoneamento da aptidão agrícola e uso dos solos da área do médio curso do rio Natuba – PE**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pernambuco/UFPE. Recife, 2011.
- BARBOSA, R.I.; FEARNSIDE, P.M. Erosão do solo na Amazônia: estudo de caso na região do Apiaú, Roraima, Brasil. **Acta Amazonia**. 30 (4), p.601-613, 2000.
- BARRETO, P.; SOUZA Jr.,C.; NOGUERÓN, R.; ANDERSON, A.; SALOMÃO, R. Pressão humana na floresta amazônica brasileira. Belém, Imazon, 2005.
- BARRETO, P.; PEREIRA, R.; ARIMA, E. **A pecuária e o desmatamento na Amazônia na era das mudanças climáticas**. Belém, Imazon, 2008.

- BARTHEM, R.; GOULDING, M. **Os bagres balizadores: ecologia, migração e conservação de peixes amazônicos**. Brasília: CNPq, 1997.
- BARTHEZ, B.; ALBRECHT, A.; ASSELINE, J.; DE NONI, G.; ROOSE, E. Relationships between soil erodibility and topsoil aggregate stability or carbono content in a cultivated mediterranean highland (Aveyron, France). **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 30 (13-14), p.1929-1938, 1999.
- BARTNIK, S.R.; BASTOS, A.; GOMES, T.B.; MARTINS, A.S.; ROTUNO, A. **Plano territorial de Desenvolvimento rural sustentável do território Rio Machado**. Porto Velho: MDA/CES Rioterapia, 2014.
- BATISTA, I.X.; MATRICARDI, E.T. Zoneamento: instrumento de planejamento. In: **Atlas Geoambiental de Rondônia**. Porto Velho, SEDAM, p.111-115, 2002.
- BECKER, B. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**, v.19 (53), p.71-86, 2005.
- BECKER, B. **A mazônia: geopolítica na virada do III milênio**. Rio de Janeiro, Garamound, 2007.
- BECKER, B. Novas territorialidades na Amazônia: desafio às políticas públicas. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi de Ciências Humanas**, 5 (1), p.17-23, 2010.
- BECKER, B.; EGLER, C.A.G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia legal**. Brasília, SAE/MMA, 1996.
- BEHLING, H.; PILLAR, V.D. Late Quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the southern Brazilian highland and their implication for conservation and management of modern Araucaria forest and grassland ecosystems. **Philosophical Transactions of Royal Society B**. 362, p.243-251, 2007.
- BENGOUGH, A.G.; MULLINS, C.E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root responses. **Journal of Soil Science**. 41, p.341-358, 1990.
- BENNEMA, J.; BEEK, K.J.; CAMARGO, M.N. **Um sistema de classificação da capacidade de uso da terra para levantamento de reconhecimento de solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/ FAO, 1964.
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J.C.; AMARAL, A.J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31, p.133-142, 2007.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5.ed., São Paulo, Ícone, 2005.
- BERTONI, J.; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JUNIOR, R. **Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agrônomo**. Campinas, SP, Circular 20, 1972.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. **Revista Ra'e Ga**, 8, p.141-152, 2004.

BETTENCOURT, J.S.; LEITE JR., W.B.; PAYOLLA, B.L.; SCANDOLARA, J.E.; MUZZOLON, R.; VIAN, J.A.A.J. The rapakivi granites of the Rondônia Tin Province, northern Brazil. In: **International Symposium on Granites and Associated Mineralizations**. Salvador: CBPM/SGM, p.3-31, 1997.

BETTENCOURT, J.S.; TOSDAL, R.M.; LEITE JR.; W.B. PAYOLLA, B.L. Mesoproterozoic rapakivi granites of the Rondônia Tin Province, southwestern border of the amazonian craton, Brazil-I. Reconnaissance U-Pb geochronology and regional implication. **Precambrian Research**, 95, p.41-67, 1999.

BEUSELINCK, L.; GOVERS, G.; POESEN, J.; DEGRAER, G.; FROYEN, L. Grain-size analysis by laser diffractometry: comparison with the sieve-pipette method. **Catena**. 32, p. 193-208, 1998.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SILVA, A.P. Comparação de penetrômetros na avaliação da compactação de latossolos. **Engenharia Agrícola**, 27(1), p.146-151, 2007.

BIGARELLA, J.J.; MAZUCHOWSKI, J.Z. Visão Integrada da problemática da erosão. In: **Simpósio Nacional de Controle da Erosão**, 3, Maringá, 1985.

BIGARELLA, J.J.; PASSOS, E.; HERRMAN, M.L.P.; SANTOS, G.F.; MENDONÇA, M.; SALAMUNI, E.; SUGUIO, K. **Estrutura e origem das paisagens tropicais**, v.3, 2. ed., Florianópolis, Editora da UFSC, 2007.

BOARDMAN, J. Prefácio. In: **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Guerra, A.J.T.; Silva, A.S.; Botelho, R.G.M. (orgs.) 2.ed., Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p.15-16, 1999.

BOTELHO, R.G.M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Guerra, A.J.T.; Silva, A.S.; Botelho, R.G.M. (orgs.), 2.ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.269-300, 2005.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed., Porto Alegre, Bookman, 2013.

BRASIL. Lei nº 4.504 de 30 de novembro de 1964. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31 nov.1964. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14504.htm>. Acesso em: 01 ago.2014.

BRASIL. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 set.1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14771.htm>. Acesso em: 01 ago.2014.

BRASIL. Lei nº 6.151 de 04 de dezembro de 1974. Dispõe sobre o Segundo Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), para o período de 1975 a 1979. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 05 dez. 1974. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/L6151.htm>. Acesso em: 01 ago.2014.

BRASIL. Decreto nº 86.029 de 27 de maio de 1981. Dispõe sobre o Programa Integrado de Desenvolvimento do Noroeste do Brasil (POLONOROESTE). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1981a. Disponível em:

<<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-86029-27-maio-1981-435354-norma-pe.html>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

BRASIL. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1981b. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 01 ago.2014.

BRASIL. Decreto nº 90.224 de 25 de setembro de 1984. Cria a Floresta Nacional do Jamari, no Estado de Rondônia, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1984. Disponível em:

<<http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaTextoIntegral.action?id=105812&norma=128982>>. Acesso em: 08 ago. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei nº 9.985/2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências, 2000.

BRASIL. Decreto nº 4.297 de 10 de julho de 2002. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2002a. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4297.htm>. Acesso em: 05 ago. 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Geo Brazil 2002 –Environmental Outlooks in Brazil**. Santos, T.C.C.; Câmara, J.B.D. (orgs.). Brasília, Ibama Editions, 2002b.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente. **Plano de manejo da Floresta Nacional do Jamari**. Brasília, IBAMA, 2005.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente. **A grilagem de terras públicas na Amazônia brasileira**. Brasília, MMA, 2006.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente. Nota Técnica nº 037 de 8 de outubro de 2007. Aprovação do Zoneamento Ecológico e Econômico do Estado do Acre. **Coordenação do Programa Zoneamento Ecológico e Econômico**. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/estruturas/PZEE/_arquivos/28_07102008030524.pdf> . Acesso em: 15 fev.2014.

BRASIL. Lei nº 7.378 de 01 de dezembro de 2010. Aprova o Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia Legal – Macro ZEE da Amazônia Legal, altera o Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 dez. 2010. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7378.htm>. Acesso em: 01 ago.2014.

CAILLEUX, A.; TRICART, J. O problema de classificação dos fatos geomorfológicos. **Boletim Geográfico**, 24 (188), p.643-709, 1965.

CAMARGO, E.C.G.; FUCKS, S.D.; CÂMARA, G. Análise espacial de superfícies. In: **Análise espacial de dados geográficos**. Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (eds.). Brasília, Embrapa, 2004.

CAMARGO, M.N.; FREITAS, F.G.; BEEK, K.J.; GARLAND, L.E.; RAMALHO FILHO, A.; TOMASI, J.M.G.; CASTELLO, D.S. **Mapa esquemático das regiões Norte, Meio-Norte e Centro-Oeste do Brasil**. **Boletim Técnico nº 17**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rio de Janeiro, 1975.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: O.A. Camargo, L.R.F. Alleoni, 132p.,1997.

CAMPOS, J.C.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; SAADI, A.; ALBUQUERQUE FILHO, M.A. Gênese e micropedologia dos solos do médio Jequitinhonha, de Turmalina à Pedra Azul/MG. **Geonomos**. 5(1), p. 41-53, 2013.

CARTER, M.C.; FOSTER, C.D. Prescribed burning and productivity in southern pine forest: a review. **Forest Ecology and Management**. 191, p. 93-109, 2004.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro, CPRM, 1994.

CAVALCANTI, C. Sustentabilidade: mantra ou escolha moral? Uma abordagem ecológico-econômica. **Estudos Avançados**, 26(74), p.35-50, 2012.

CAVALCANTI, F.J.A.; MELLO, F.A.F. Fatores que afetam a concentração do fósforo: concentração da solução adicionada. **Anais da E.S.A. Luiz de Queiroz**, 34, p.457-468, 1977.

CECHIN, A. **A natureza como limite da economia: a contribuição de Nicholas Georgescu-Roegen**. São Paulo, Editora Senac/Edusp, 2010.

CLARK, L.J.; WHALLEY, W.R.; BARRACLOUGH, P.B. How roots penetrate strong soil? **Plant and Soil**, 255, p.93-104, 2003.

CMMAD - Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro, Editora da Fundação Getulio Vargas, 1988.

COHEN, J. E. Population growth and earth's human carrying capacity. **Science**, 269, p.341-346, 1995.

CORRÊA, F.L.O.; RAMOS, J.D.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; MULLER, M.W. Produção de serrapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no estado de Rondônia, Brasil. **Revista Ciência Agrotécnica**, 30(6), p.1099-1105, 2006.

- CORRÊA, J.C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um latossolo amarelo da Amazônia central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 30 (1), p. 107-114, 1995.
- COSTA, F.A. Questão agrária e macropolíticas para a Amazônia. **Estudos Avançados**, 19(53), p.131-156, 2005.
- COSTA, F.L.; NUNES, M.C. Condicionantes geomorfológicas de erosão hídrica na bacia da Ribeira Seca (Santiago, Cabo Verde). **Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos**, 5, p.107-120, 2007.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e Recursos Minerais de Rondônia, 2007**. Disponível em:
<http://geobank.cprm.gov.br/pls/publico/geobank.documents.download?id_sessao=20150728110144&usuario=1&file=rondonia_lito.zip>. Acesso em: 14 jul. 2014.
- CRASWELL, T.; LEFROY, D.B. A função da matéria orgânica nos solos tropicais. In: Machado, P.L.O. A. (org.). **Manejo da matéria orgânica de solos tropicais: abrangência e limitações**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, p.3-4, 2001.
- CREPANI, E.; DUARTE, V.; SHIMABUKURO, Y.E.; FIDALGO, E.C.C. Sensoriamento remoto e geoprocessamento no mapeamento regional da cobertura e uso atual da terra. **Geografia**, 27(1), p.119-135, 2002.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos, INPE, 1996.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; FILHO, P.H.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.
- CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. Degradação ambiental. In: **Geomorfologia e meio ambiente**. Cunha, S.B.; Guerra, A.J.T. (orgs.) 6.ed., Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p.337-379, 2006.
- DAMASCENO, C.F.; BASTOS, A.; GOMES, T.B.; MARTINS, A.S.; ROTUNO, A. **Plano territorial de Desenvolvimento rural sustentável do território Central**. Porto Velho: MDA/CES Rioterra, 2014.
- DANTAS, M.E.; ADAMY, A. **Geomorfologia do setor Santo Antônio-Jirau**. Porto Velho, CPRM, 2005.
- D'ANTONA, A.; VANWEY, L.; LUDEWIGS, T. Polarização da estrutura fundiária e mudanças no uso e na cobertura da terra na Amazônia. **Acta Amazonica**, 41(2), p.223-232, 2011.
- DELLA JUSTINA, E.E. **Zoneamento geoambiental da Reserva Biológica do Jarú e zona de amortecimento-RO como subsídio ao seu plano de manejo**. Rio Claro,

UNESP. Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, 2009.

DEMATTÊ, J.A.M.; DEMÉTRIO, V.A. Fotointerpretação de padrões de drenagem de bacias hidrográficas na caracterização de solos desenvolvidos de rochas eruptivas básicas no estado do Paraná. **Sci. Agric.**, 52 (3), p.569-577, 1995.

DICK, D.P.; MARTINAZZO, R.; DALMOLIN, R.S.D.; JACQUES, A.V. A.; MIELNICZUCK, J.; ROSA, A.S. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 43 (5), p. 633-640, 2008.

DIEGUES, A.C.S. **O Mito moderno da natureza intocada**. São Paulo, Annablume, 2002.

DOMINGUES, M.S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. **Ambiente & Sociedade**, 15(2), p.1-22, 2012.

DOURADO, T.A.; SILVA, L.F.S.; MARINHO, M.A. Performance of a reciprocal shaker in mechanical dispersion of soil samples for particle-size analyses. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 36, p.1131-1148, 2012.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. São Paulo, Difel, 1986.

ECK, T.F.; HOLBEN, B.N.; REID, J.S.; O'NEILL, N.T.; SCHAFER, J.S.; DUBOVIK, O.; SMIRNOV, A.; YAMASOE, M.A.; ARTAXO, P. High aerosol optical depth biomass burning events: a comparison of optical properties for different source regions. **Geophysical Research Letters**, 30(20), 2003.

EGLER, C.A.G.; CRUZ, C.B.M.; MADSEN, P.F.H.; COSTA, S.M.; SILVA, E.A. Proposta de zoneamento ambiental da baía de Guanabara. **Anuário do Instituto de Geociências UFRJ**, 26, p.127-138, 2003.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Zoneamento pedoclimático para cultura de arroz irrigado no estado de Santa Catarina**. Divisão de Solos, Rio de Janeiro, 1999.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed., Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

ESPÍNOLA, G.M.; ZIMMERMANN, C.R. Definição e mensuração da pobreza: algumas considerações sobre o debate recente. In: **Congresso Internacional Interdisciplinar em Ciências Sociais e Humanidades**. Niterói: ANINTER-SH/ PPGSD-UFF, p.1-15, 2012.

ESTERCI, N.; SCHWEICKARDT, K.H.S.C. Territórios amazônicos de reforma agrária e conservação da natureza. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi de Ciências Humanas**. 5(1), p.59-77, 2010.

FALCÃO, N.P.S.; SILVA, J.R.A. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, 34(3), p.337-342, 2004.

FAO - Food and Agriculture Organization. A framework for land evaluation. **Soil Bulletin n.32**. Rome, 1976.

FAO - Food and Agriculture Organization. Land, food and people. **FAO Economic and Social Development Series n.30**. Rome, 1984.

FAO - Food and Agriculture Organization. **The State of the food insecurity in the world: economic crises – impact and lessons learned**. Rome, 2009.

FEARNSIDE, P. Alocação do uso da terra dos colonos da rodovia Transamazônica e sua relação com a capacidade de suporte humano. **Acta Amazônica**. 12 (3), p.549-578, 1982.

FEARNSIDE, P.M. Land use trends in the Brazilian Amazon Region as factors in accelerating deforestation. **Environmental Conservation**, 10(2), p.141-148, 1983.

FEARNSIDE, P.M. Predição da qualidade da queimada na Transamazônica para simulação do agrossistema em estimativas de capacidade de suporte humano. **Ciência e Cultura**, 38(11), p.1804-1811, 1986.

FEARNSIDE, P.M. **A ocupação humana de Rondônia: impactos, limites e planejamento**. Brasília: Assessoria Editorial e Divulgação Científica, 1989.

FEARNSIDE, P.M. Migração, colonização e meio ambiente: o potencial dos ecossistemas amazônicos. In: **Conferência Internacional sobre Meio Ambiente, Desenvolvimento e Saúde**. Rio de Janeiro, Fundação Oswaldo Cruz, p.448-457, 1993.

FEARNSIDE, P.M. Fatores limitantes para o desenvolvimento da agropecuária na Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Biologia**, 57(4), p.531-549, 1997.

FEARNSIDE, P.M. Phosphorus and human carrying capacity in Brazilian Amazonia. In: Lynch, J. P.; Deikman, J. (eds.) **Phosphorus in plant biology: regulatory roles in molecular, cellular, organismic and ecosystem processes**. American Society of Plant Physiologists. Rockville, Maryland, p.94-108, 1998.

FEARNSIDE, P.M. Human carrying capacity estimation in Brazil's amazonian settlements as a guide to development policy. In: Hogan, D.J.; Bilsborrow, R.E. (eds.) **Population and deforestation in the humid tropics**. International Union for the Scientific Study of Population. Liège, Belgium, p.122-137, 1999.

FEARNSIDE, P.M. Avança Brasil: Consequências ambientais e sociais na Amazônia brasileira. **Cadernos Adenauer**, 2 (4), p.101-124, 2001a.

FEARNSIDE, P.M. Efeitos do uso da terra e manejo florestal no ciclo de carbono na Amazônia brasileira. In: **Causas e dinâmica do desmatamento da Amazônia**, Brasília, MMA, 2001b.

FEARNSIDE, P.M. A globalização do meio-ambiente: O papel da Amazônia brasileira. **Museu Paraense Emílio Goeldi Boletim Temático – Antropologia**, 18(2), p.167-181, 2002.

- FEARNSIDE, P.M. Brazil's Samuel dam: lessons from hydroelectric development policy and environment on Amazonia. **Environmental Management**, 19 (1), p.1-19, 2005.
- FEARNSIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia: Dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazonica**, 36(3), p.395-400, 2006.
- FEARNSIDE, P.M. **Mudanças climáticas globais e a floresta Amazônica**. In: Biologia e as mudanças climáticas globais no Brasil. Buckeridge, M.S. (ed.). São Paulo, RiMa Editora, p.131-150, 2008a.
- FEARNSIDE, P.M. Qualificação do serviço ambiental do carbono nas florestas amazônicas brasileiras. **Oecol. Bras.**, 12(4), p.743-756, 2008b.
- FEARNSIDE, P.M. Aquecimento global na Amazônia: impactos e mitigação. **Acta Amazonica**, v.39 (4), p.1003-1012, 2009.
- FEARNSIDE, P.M. Estoques e fluxos de carbono na Amazônia como recursos naturais para geração de serviços ambientais. In: Buenafuente, S.M.F. **Amazônia: dinâmica do carbono e impactos socioeconômicos e ambientais**. Boa Vista/RR: Editora da Universidade Federal de Roraima, p.27-56, 2010.
- FEARNSIDE, P.M.; FERREIRA, G.L. Roads in Rondonia: highway construction and the farce of unprotected reserves in Brazil's Amazonian forest. **Environmental Conservation**, 11(4), p.358-360, 1984.
- FEARNSIDE, P.M.; LAURANCE, W.F. O futuro da Amazônia: os impactos do programa Avanço Brasil. **Ciência Hoje**, 31(185), p.61-65,.
- FEARNSIDE, P.M.; LAURANCE, W.F. Infraestrutura na Amazônia: a lição dos planos plurianuais. **Caderno CRH**, v.25(64), p.87-98, 2012.
- FEARNSIDE, P.M.; LEAL FILHO, N. Soil and development in Amazônia: lessons from the biological dynamics of forest fragments project. In: Bierregaard, R.O.; Gascon, C.; Lovejoy, T.E.; Mesquita, R. (eds.) **Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of fragmented forest**. Yale University Press. New Haven, Connecticut, p.291-312, 2001.
- FEARNSIDE, P.M.; SALATI, E. Explosive deforestation in Rondônia, Brazil. **Environmental Conservation**, 12(4), p.355-356, 1985.
- FERRAZ, G.; RUSSELL, G.J.; STOUFER, P.C.; BIERREGAARD, R.O.; PIMM, S.L.; LOVEJOY, T.E. Rates of species loss from Amazonian forest fragments. **Proceedings of the National Academy of Science on the United States of America**. 100, p. 14069-14073, 2003.
- FERREIRA, A.M.M.; SALATI, E. Forças de transformação do ecossistema amazônico. **Estudos Avançados**, 19(53), p.25-44, 2005.
- FERREIRA, V.J.R.P. **Avaliação do zoneamento ecológico e econômico no município do Rio de Janeiro como ferramenta para a gestão territorial integrada e**

desenvolvimento sustentável. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ, 2011.

FERREIRA, L.V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos avançados.** 19(53), p.157-166, 2005.

FERREIRA, S.Jr.F.; LUIZÃO, F.J.; MIRANDA, S.A.; SILVA, M.S.R.; VITAL, A.R. Nutrientes na solução do solo em floresta de terra firme na Amazônia Central submetida à extração seletiva de madeira. **Acta Amazonica.** v.36(1), p. 59-68, 2006.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo, Oficina de Textos, 2002.

FREITAS, S.R.; LONGO, K.M.; SILVA DIAS, M.A.F.; SILVA DIAS, P.L. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. **Estudos Avançados,** 19 (53), p.167-185, 2005.

FRITZSONS, E.; CORREA, A.P.A. **O zoneamento ecológico-econômico como instrumento de gestão territorial.** Colombo, Embrapa Florestas, 2009.

FROTA, J.N.E. Fixação de fósforo em solos aluviais. **Ciência Agrônômica,** 3(1 e 2), p.89-94, 1973.

FUENTE, E.B.; SUÁREZ, S.A. Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. **Ecologia Austral,** 18, p.239-252, 2008.

GAGGERO, M. R.; TREIN, C. R.; IPPOLITI, G. Influência de sistemas de preparo e pastejo nas características físicas do solo. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais.** 1 (1), p. 1-16, 2002.

GAMA, M.J. Clima. In: **Atlas geoambiental de Rondônia.** Porto Velho, SEDAM, 2002.

GASCON, C.; LOVEJOY, T.E.; BIERREGAARD, R.O.; MALCOLM, J.R.; STOUFER, P.C.; VASCONCELOS, H.E.; LAURANCE, W.F.; ZIMMERMAN, B.; TOCHER, M.; BORGES, S. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. **Biological Conservation.** 91, p. 223-230, 1999.

GENRO JÚNIOR, S.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** 28 (3), p. 477-484, 2004.

GILBERT, K.A.; SETZ, E.Z.F. Primates in a fragmented landscape: six species in central Amazônia. In: Bierregaard, R.O.; Gascon, C.; Lovejoy, T.E.; Mesquita, R. (eds.). **Lessons from Amazonia: ecology and conservation of a fragmented forest.** New Haven, Yale University Press, p. 262-270, 2001.

GOMES, F.B. **Modos de ocupação no município de Machadinho d'Oeste/RO e suas relações com o equilíbrio natural da paisagem e ajustes morfodinâmicos.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Rondônia/UNIR, 2009.

- GONÇALVES, J. L.M.; NOGUEIRA, L.R.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Kageyama, P.Y.; Oliveira, R.E.; Moraes, L.F.D.; Engel, V.L.; Gandara, F.B. (orgs.). Botucatu: FEPAF, p.111-163, 2003.
- GOVERS, G.; POESEN, J. Assessment of the Interrill and rill contribution to total soil loss from an upland field plot. **Geomorphology**, 1, p.343-354, 1988.
- GRAÇA, P.M.L.A.; MALDONADO, F.D.; FEARNSSIDE, P.M. Detecção de desmatamento em novas áreas de expansão agropecuária no sul do Amazonas utilizando imagens CBERS-2. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, **Anais...** p.917-924, 2007.
- GUADAGNIN, J.C.; BERTOL, I.; CASSOL, P.C.; AMARAL, A.J. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29, p.277-286, 2005.
- GUERRA, A.J.T. O papel da matéria orgânica e dos agregados na erodibilidade dos solos. **Anuário do Instituto de Geociências**, 13, p.43-52, 1990.
- GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas. In: **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Cunha, S.B.; Guerra, A.J.T. (orgs.) 6.ed., Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p.149-209, 2005a.
- GUERRA, A.J.T. O início do processo erosivo. In: **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Guerra, A.J.T.; Silva, A.S.; Botelho, R.G.M. (orgs.) 2.ed., Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p.17-55, 2005b.
- GUERRA, A.J.T.; BOTELHO, R.G.M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências**, 19, p.93-114, 1996.
- GUERRA, A.J.T.; MENDONÇA, J.K.S. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Vitte, A.C.; Guerra, A.J.T. (orgs.). Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p.225-256, 2004.
- GUIMARÃES, S.C.P. **Zoneamento geoambiental como subsídio à aptidão agrícola das terras do município de Cujubim**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista/UNESP, 2001.
- GUIMARÃES, V.S.D.; RAMALHO FILHO, A.; BENCK, I.C.B.; HIRANO, C. **Aptidão agrícola das terras do Maranhão**. Brasília, DF: Binagri, 1979.
- GUIMARÃES, V.S.D.; RAMALHO FILHO, A.; SILVA, B.N.R.; ARAUJO, J.V. **Aptidão agrícola das terras de Rondônia**. Brasília,DF, Binagri, 1980.
- GUTBERLET, J. Zoneamento da Amazônia: uma visão crítica. **Estudos Avançados**, 16 (46), p.157-174, 2002.

- HAESBAERT, R. Concepções de território para entender a desterritorialização. In: **Território, territórios: ensaios sobre ordenamento territorial**. Milton, S.; Becker, B. (orgs.). 2.ed., Rio de Janeiro: DP&A, p.43-70, 2006.
- HARRISON, A.T.; BASTOS, A.; MARTINS, A.S.; ROTUNO, A. **Plano territorial de Desenvolvimento rural sustentável do território Madeira Mamoré**. Porto Velho: MDA/CES Rioterra, 2014.
- HARVEY, D. **A produção capitalista do espaço**. 2.ed., São Paulo: Annablume, 2006.
- HARVEY, D. **O novo imperialismo**. 5.ed., São Paulo: Edições Loyola, 2011a.
- HARVEY, D. **O enigma do capital e as crises do capitalismo**. São Paulo: Boitempo, 2011b.
- HECTH, S.; NORGAARD, R.B.; POSSIO, G. The economics of cattle ranching in eastern Amazonia. **Interciência**, 13, p. 233-240, 1988.
- HERNANDEZ, R.J.M.; SILVEIRA, R.I. Efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho. **Sci. Agric.**, 55(1), p.79-85, 1998.
- HOMMA, A.K.O. Amazônia: como aproveitar os benefícios da destruição? **Estudos Avançados**. 19(54), p.115-135, 2005.
- IAPAR – INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Amostragem de solo para análise química: plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagens e capineiras. Londrina: IAPAR, 1996.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cobertura aéro-fotográfica do estado de Rondônia, escala de 1:100.000**. Projeto POLO, 1979.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Termo de Referência para uma Proposta de Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil**. Rio Janeiro: IBGE/Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1986.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2000**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 fev. 2015.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha topográfica Porto Velho SC-20**, escala 1:1.000.000, 3.ed., Rio de Janeiro, 1989.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Limites estaduais, 2007**. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/ms_tmp/estadosl_2007.shp>. Acesso em: 28 jul. 2015.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 fev. 2015.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção municipal** 2013a. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=110110&search=rondonia|itapua-do-oeste>>. Acesso em: 12 fev. 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção municipal** 2013b. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=110094&search=rondonia|cujubim>>. Acesso em: 12 fev. 2015.

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Unidades de conservação federais de uso sustentável, 2010**. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/ms_tmp/ucsfus.shp>. Acesso em: 20 mar. 2014.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 35 (7), p. 1493-1500, 2000.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P.; DIAS JÚNIOR, M.S.; TORMENA, C.A. Quantificação das pressões críticas para o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 25, p.11-18, 2001.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Projeto PRODES de monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite**. Taxas anuais 1988-2014, 2014. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Estimativas anuais de desmatamento desde 1988 até 2007, 2007**. Disponível em <http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2007.htm>. Acesso em: 12 fev. 2009.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Raster Landsat 5 Cenas 231-066/ 231-067/232-066/232-067, 1984**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>>. Acesso em: 28 jun. 2014.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Raster Landsat 5 Cenas 231-066/ 231-067/232-066/232-067, 1994**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>>. Acesso em: 28 jun. 2014.

INPE -INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Raster Landsat 5 Cenas 231-066/ 231-067/232-066/232-067, 2004**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>>. Acesso em: 28 jun. 2014.

ISOTTA, C.A.L.; CARNEIRO, J.M.; KATO, H.T.; BARROS, R.J.L. **Projeto província estanífera Rondônia. Relatório final**. Porto Velho, CPRM, 1978.

JIMENEZ-RUEDA, J.R. **Zoneamento geoambiental como metodologia para avaliação dos indicadores ambientais**. UNESP/Rio Claro, IGCE, 1991.

JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; MATTOS, J.T. Monitoreo de las actividades antrópicas para la evaluación de la capacidad de soporte del medio físico: diagnóstico y pronóstico. In: Simposio latinoamericano sobre riesgo geológico urbano, 2.; Conferencia colombiana de geología ambiental, 2., **Anais...** Pereira (Colombia), 1992.

JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; NUNES, E.; MATTOS, J.T. Caracterização Fisiográfica e Morfoestrutural da Folha São José de Mipibu – RN. **Geociências**, São Paulo, 12(2), p.481-491, 1993.

JOLY, C.A. Biodiversidade e mudanças climáticas: contexto evolutivo, histórico e político. **Ambiente&Sociedade**. 10 (1), Campinas, 2007.

KAMPRATH, E.J. Soil acidity and response to limiting. **International Soil Test Technical Bulletin**, 4, 1967.

KERR, J. The economics of soil degradation: from national policy to farmers' fields. In: Penning de Vries, F.W.T.; Agus, F.; Kerr, J. (eds.). **Soil erosion at multiple scales, principals and methods for assessing cause and impacts**. Bangkok: CABI/IBSRAM, 1998.

KLEIN, B.C. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia. **Ecology**. 70, p. 1715-1725, 1989.

KLOSTERMAN, J.B. Uma província do tipo nigeriano no sul da Amazônia. **Mineração e Metalurgia**, 47(278), p.59-64, 1968.

KOHLHEPP, G. Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, 16 (45), p.37-61, 2002.

KUNZLER, J.C.S.; BARBOSA, F.A.R. Recursos hídricos superficiais. In: **Geodiversidade do estado de Rondônia**. Adamy, A. (org.) Porto Velho, CPRM, 2010.

LAL, R. Soil erosion by wind and water: problems and prospects. In: **Soil erosion research methods**. R. Lal (ed.). Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 1994.

LAL, R.; STEWART, B.A. **Soil degradation**. New York, Springer-Verlag, 1990.

LAMBIN, E.F.; TURNER, B.L.; GEIST, H.J.; AGBOLA, S.B.; ANGELSEN, A.; BRUCE, J.W.; COOMES, O.T.; DIRZO, R.; FISCHER, G.; FOLKE, C.; GEORGE, P.S.; HOMEWOOD, K.; IMBERNON, J.; LEEMANS, R.; LI, X.; MORAN, E.F.; MORTIMORE, M.; RAMAKRISHNAN, P.S.; RICHARDS, J.F.; SKANES, H.; STEFFEN, W.; STONE, G.D.; SVEDIN, U.; VELDKAMP, T.A.; VOGEL, C.; XU, J. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. **Global Environment**, 11, p.261-269, 2001.

LAURANCE, W.F.; COCHRANE, M.A.; BERGEN, S.; FEARNSIDE, P.M.; DELAMÔNICA, P.; BARBER, C.; D'ANGELO, S.; FERNANDES, T. The Future of the Brazilian Amazon. **Science**, 291, p.438-439, 2001.

LAURANCE, W.F.; LOVEJOY, T.E.; VASCONCELOS, H.L.; BRUNA, E.M.; DIDHAM, R.K.; STOUFFER, P.C.; GASCON, C.; BIERREGAARD, R.O.; LAURANCE, S.G.; SAMPAIO, E. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**. 16, p. 605-618, 2002.

LEAL, J.W.L.; SILVA, G.H.; ABREU, A.S.; LIMA, M.I.C. Granito Serra da Providência. In: Congresso Brasileiro de Geologia. **Anais...Ouro Preto**, SBG, 4, p.59-74, 1976.

LEITE JR. W.B. **A suíte intrusiva Santa Clara (RO) e a mineralização primária polimetálica (Sn,W, Nb, Ta, Zn, Cu, Pb) associada**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 2002.

LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3.ed., Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996.

LEONARDO, N.C.; RAMALHO FILHO, A. **Aptidão agrícola das terras do Paraná**. Brasília, DF: Binagri, 1981.

LEONARDO, N.C.; RAMALHO FILHO, A.; SILVA, B.N.R.; ARAÚJO, J.V.; PEREIRA, E.G. **Aptidão agrícola das terras do Amazonas**. Brasília, DF: Binagri, 1979.

LEONEL, M. **A morte social dos rios**. São Paulo, FAPESP, 1998.

LEPSCH, I.F. **19 lições de pedologia**. São Paulo, Oficina do Texto, 2011.

LIMA, C.L.R.; SILVA, A.P.; IMHOFF, S.; LEÃO, T.P. Estimativa da capacidade de suporte de carga do solo a partir da avaliação da resistência à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 30, p.217-223, 2006.

LIMA, C.L.R.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; SUZUKI, L.E.A.S.; DALBIANCO, L. Densidade crítica ao crescimento de plantas considerando água disponível e resistência à penetração de um Argissolo Vermelho distrófico arênico. **Ciência Rural**. 37 (4), p. 1166-1169, 2007.

LIMA, W.P; ZAIKA, M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: **Matas ciliares: conservação e recuperação**. Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H.F. (ed.). São Paulo: FAPESP, 2000.

LISBOA, A.M. **Caracterização do meio físico para fins de projetos de colonização no município de Cujubim – RO**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista/UNESP, Rio Claro, 125p., 2001.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, 52(2), p.189-196, 1992.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.A.G. **Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária**. 2.ed., São Paulo: ANDA, 1994.

LOPES, A.S.; SILVA, M.C.; GUILHERME, L.A.G. **Acidez do solo e calagem**. São Paulo, ANDA, 1991.

- LUIZÃO, F.J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**, 59 (3), 2007.
- LUIZÃO, R.C.C.; LUIZÃO, F.J. Littera e biomassa microbiana do solo no ciclo da matéria orgânica e nutrientes em terra firme na Amazônia. In: **Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia: fatos e perspectivas**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, 1991.
- MACHADO, P.L.O.A. **Manejo da matéria orgânica de solos tropicais: abrangência e limitações**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2001.
- MAFRA, N.M.C. Erosão e planificação de uso do solo. In: **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Guerra, A. J. T.; Silva, A.S.; Botelho, R.G.M. (orgs.) 2.ed., Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p.301-322, 2005.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1980.
- MALINGREAU, J.P.; TUCKER, C.J. Large-scale deforestation in the southeastern Amazon basin of Brazil. **Ambio**. 17, p. 49-55, 1988.
- MANIESI, V. **Petrologia das rochas anfibolíticas das regiões de Adrianópolis, Campo Largo e Rio Branco do Sul**. Tese de Doutorado, UNESP, São Paulo, 1997.
- MANIESI, V.; OLIVEIRA, M.A.F. Petrologia das soleiras de diabásio de Reserva e Salto do Itararé/PR. **Geochimica Brasiliensis**. 11(2), p.153-169, 1997.
- MANIESI, V.; OLIVEIRA, M.A.F. Metabasitos com afinidades dos basaltos komatiíticos: região de Rio Branco do Sul-PR. **Revista Brasileira de Geociências**, 32(2), p.163-168, 2002.
- MANTOVANI, E. C. **Compactação dos solos**. Inf. Agropec, 13, p.52-55, 1986.
- MARTINE, G. Rondônia and the fate of small producers. In: Goodman, D.S.; Hall, A. (ed). **The Future of Amazonia: destruction or sustainable development?** New York: Palgrave Macmillan, 1990.
- MARTINS, A. Conflitos ambientais em unidades de conservação: dilemas da gestão territorial no Brasil. *Revista Bibliográfica de Geografia Y Ciencias Sociales*, 27(989), 2012.
- MARX, K. **O capital: crítica da economia política: livro I**. 27.ed., Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2010.
- MAURO, C.A.; NUNES, B.T.; FRANCO, M. Geomorfologia. In: **Brasil**. Projeto RADAMBRASIL, Folha SB-20-Purus. Rio de Janeiro: DNPM, p.129-216, 1978.
- MEDEIROS, R.D.; SOARES, A.A.; GUIMARÃES, R.M. Compactação do solo e manejo da água. I: efeitos sobre a absorção de N, P, K, massa seca de raízes e parte aérea de plantas de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, 29(5), p.940-947, 2005.

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

MELLO-THÉRY, N.A. **Território e gestão ambiental na Amazônia: terras públicas e os dilemas do Estado**. São Paulo: Annablume, 2011.

MELO, D.P.; COSTA, R.C.R.; NATALI FILHO, T. Geomorfologia. In: **Brasil**. Projeto RADAMBRASIL, Folha SC-20-Porto Velho. Rio de Janeiro: DNPM, p.185-250, 1978.

MENDES, A.M. Aptidão agrícola. In: **Atlas Geoambiental de Rondônia**. Porto Velho: SEDAM, p.87-90, 2002.

MENDES, A.M.; RICCI, M.S. **Amostragem de solos para análise química**. Porto Velho. Embrapa-CPAF Rondônia, 1997.

MENDONÇA-SANTOS, M.L.; SANTOS, H.G. **Mapeamento digital de classes e atributos de solos: métodos, paradigmas e novas técnicas**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003.

MICELI, B.S.; DIAS, F.M.; SEABRA, F.M.; SANTOS, P.R.A.; FERNANDES, M.C. Avaliação vertical de modelos digitais de elevação (MDES) em diferentes configurações topográficas para médias e pequenas escalas. **Revista Brasileira de Cartografia**, 63(1), p.191-201, 2011.

MIOTO, J.A.; COELHO, L.F.M. Estado de tensão dos maciços rochosos. In: **Geologia de Engenharia**. Oliveira, A.M.S.; Brito, S.N.A. (orgs.). São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, p.153-162, 1998.

MONTAÑO, M.; OLIVEIRA, I.S.D.; RANIERI, V.E.L.; FONTES, A.T.; SOUZA, M.P. O zoneamento ambiental e sua importância para a localização de atividades. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**, 6, p.49-64, 2007.

MONTEIRO, M.A. Amazônia: mineração, tributação e desenvolvimento regional. **Novos Cadernos NAEA**, 7(2), p.159-186, 2004.

MONTEIRO, M.A. Amazônia: mineração, tributação e desenvolvimento regional. **Novos Cadernos NAEA**, 8(1), p.141-187, 2005a.

MONTEIRO, M.A. Meio século de mineração industrial na Amazônia e suas implicações para o desenvolvimento regional. **Estudos Avançados** 19(53), p.187-207, 2005b.

MONTEIRO, O.L.; RAMALHO FILHO, A. **Aptidão agrícola das terras do Ceará**. Brasília, DF: Binagri, 1979.

MONTEIRO, O.L.; RAMALHO FILHO, A.; ARAUJO, J.V.; SILVA, B.N.R. **Aptidão agrícola das terras de Roraima**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 1980.

MORGAN, R.P.C. **Soil degradation and conservation**. Logman Group, Inglaterra, 1986.

- MORIN, E. La epistemologia de la complejidad. **Gazeta de Antropologia**, 20:43-77, 2004.
- MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Lisboa: Instituto Piaget, 2008.
- MULLER, M.M.L.; GUIMARÃES, M.F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P.F.S. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 36 (11), p. 1409-1418, 2001.
- MYERS, N. The nontimber values of tropical forest. In: **Forestry for sustainable development programa, report 10**. University of Minnesota, 1990.
- NASCIMENTO, H.E.M.; LAURANCE, W.F. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra firme após 13-17 anos de isolamento. **Acta Amazônica**. 36 (2), p. 183-192, 2006.
- NASCIMENTO, T.C.N.; MANIESI, V.; ADAMY, A.; SANTOS, A.N. A natureza e aplicação dos materiais lateríticos na área urbana e entorno de Porto Velho/RO, **Revista Geonorte**. Edição Especial, 2(4), p.11-19, 2012.
- NEPSTAD, D.C.; MOREIRA, A.G.; ALENCAR, A.A. **Floresta em chamas: origens, impactos e prevenção de fogo na Amazônia**. Brasília: Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais, 1999.
- NOBRE, C.A. Amazônia: fonte ou sumidouro de carbono. In: **Causas e Dinâmica do Desmatamento da Amazônia**, Brasília: MMA, p.197-204, 2001.
- NOBRE, C.A.; NOBRE, A.D. O balanço de carbono da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**. 16 (45), p.81-90, 2002.
- NOGUEIRA, E.M.; FEARNSIDE, P.M.; NELSON, B.W.; BARBOSA, R.I.; KEIZER, E.W.H. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: new allometric equation and adjustments to biomass from wood-volume inventories. **Forest Ecology and Management**, 256, p.1853-1867, 2008.
- NORTCLIFF, S. Standardisation of soil quality attributes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 88, p. 161-168, 2002.
- OHARA, T. **Zoneamento Geoambiental da região do Alto-médio Paraíba do Sul (SP) com sensoriamento remoto**. Tese de Doutorado em Geociências – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995.
- OHARA, T.; JIMENEZ-RUEDA, J.R.; MATTOS, J.T.; CAETANO, N.R. Zoneamento geoambiental da região do alto-médio rio Paraíba do Sul e a carta de aptidão física para implantação de obras viárias. **Revista Brasileira de Geociências**, 33, p.173-182, 2003.
- OHARA, T.; MATTOS, J.T.; JIMÉNEZ-RUEDA, J.R. Estudos de zoneamento geoambiental com imagens TM/Landsat na região do Alto-Médio Paraíba do Sul. In: Anais... (cd rom) **VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto/SBSR**. Anais... Salvador, 1996.

- OLIVEIRA, G.C.; SEVERIANO, E.C.; MELLO, C.R. Dinâmica da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho da microrregião de Goiânia, GO. **Revista Brasileira e Engenharia Agrícola e Ambiental**, 11 (3), p. 265-270, 2007.
- OLIVEIRA, H.N.B. **Segmentação e classificação de imagens Landsat**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná/UFPR, 1999.
- OLIVEIRA, J.B.; BERG, M. **Aptidão agrícola das terras do estado de São Paulo > quadrícula de Araras II. Memorial Descritivo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1985.
- ORTIZ, J.L.; FREITAS, M.I.C. Mapeamento do uso da terra, vegetação e impactos ambientais por meio de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Geociências**, 23 (1), p.91-104, 2005.
- OSTERKAMP, W.R.; HUPP, C.R.; STOFFEL, M. The interactions between vegetation and erosion: new directions for research at the interface of ecology and geomorphology. **Earth, Surface Processes and Landforms**, 37, p.23-36, 2012.
- OTT, A.M. **Dos projetos de desenvolvimento, ao desenvolvimento dos projetos: o PLANAFLORO em Rondônia**. Tese. Doutorado Interdisciplinar em Ciências Humanas. Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- PAL, N. R.; PAL, S. K. A review on image segmentation techniques. **Pattern Recognition**, 26(9), p.1277-1294, 1993.
- PANOSO, L.A.; GOMES, I.A. **Aptidão agrícola dos solos do estado do Espírito Santo**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1976.
- PASSO, D.P.; BIAS, E.S.; BRITES, R.S.; COSTA, G.A.O.P. Uso do sistema interimage para identificação de alvos urbanos em imagens de satélite worldview II. **Revista Brasileira de Cartografia**, 65 (6), p.1211-1221, 2013.
- PAYOLLA, B.L.; BETTENCOURT, J.S.; KOZUCH, M.; LEITE Jr., W.B.; FETTER, A.; VAN SCHMUS, W.R. Geological evolution of the basement rocks in the east-central part of Rondônia tin province, SW amazonian craton, Brazil: U-Pb and Sm-Nd isotopi constraints. **Precambrian Research**, 119, p.141-169, 2002.
- PEDLOWSKI, M.P.; DALE, V.; MATRICARDI, E. A criação de áreas protegidas e os limites da conservação ambiental em Rondônia. **Ambiente & Sociedade**, 5, 1999.
- PEDLOWSKI, M.A.; MATRICARDI, E.A.T.; SKOLE, D.; CAMERON, S.R.; CHOMENTOWSKI, W.; FERNANDES, C.E.; LISBOA, A. Conservation units: a new deforestation frontier in the amazonian state of Rondônia, Brazil. **Environmental Conservation**, p.144-155, 2005.
- PEDRON, F.A.; POELKING, E.L.; DALMOLIN, R.S.D.; AZEVEDO, A.C.; KLAMT, E. A aptidão de uso da terra como base para o planejamento de utilização dos recursos naturais no município de São João do Polêsine – RS. **Ciência Rural**, 36(1), p.105-112, 2006.

PEREIRA, E.G.; RAMALHO FILHO, A.; SILVA, B.N.R.; ARAÚJO, J.V.; BEEK, K.J. **Aptidão agrícola das terras do Acre**. Brasília, DF: BINAGRI, 1979.

PEREIRA, L.C.; LOMBARDI NETO, F. **Avaliação da aptidão das terras: proposta metodológica**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

PEREIRA, L.C.; LOMBARDI NETO, F.; PALLONE FILHO, W.J.; ITO, H.K. **Diagnóstico potencial agroambiental da quadrícula de Ribeirão Preto, SP.**, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

PERROTA, M.M. **Registro de imagens com relação ao mosaico geocover 2000**. Divisão de Sensoriamento Remoto-CPRM, 2005.

PIGNATARO NETTO, I.T.; KATO, E.; GOEDERT, W.J. Atributos físicos e químicos de um latossolo vermelho-amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 33, p.1441-1448, 2009.

PIMENTEL, D.; BAILEY, O.; KIM, P.; MULLANEY, E.; CALABRESE, J.; WALMAN, L.; NELSON, F.; YAO, X. Will limits of the earth's resources control human numbers? **Environment, Development and Sustainability**, 1, p.19-39, 1999.

PIMENTEL, D.; HARMAN, R.; PACENZA, M.; PECARSKY, J.; PIMENTEL, M. Natural resources and optimum human population. **Earth Island Journal**, 9(3), p.26-30, 1994.

PIMENTEL, D.; HARVEY, C.; RESOSUDARMO, P.; SINCLAIR, K.; KURZ, D.; McNAIR, M.; CRIST, S.; SHPRITZ, L; FITTON, L; SAFFOURI, R.; BLAIR, R. Environmental and economic cost of soil erosion and conservation benefits. **Science**, 267, p.1117-1123, 1995.

PIMENTEL, D.; HOUSER, J.; PREISS, E.; WHITE, O.; FANG, H.; MESNICK, L.; BARSKY, T.; TARICHE, S.; SCHRECK, J.; ALPERT, S. Water resources: agriculture, the environment, and society. **BioScience**, 47(2), p.97-106, 1997.

PIMENTEL, D.; KOUNANG, N. Ecology of soil erosion in ecosystems. **Ecosystems**, 1, p.416-426, 1998.

PIMENTEL, D; PIMENTEL, M. World population, food, natural resources and survival. **World Futures**, 59, p.145-167, 2003.

PINTO, E.P. **Rondônia, evolução histórica: criação do Território Federal do Guaporé, fator de integração nacional**. Rio de Janeiro, Expressão e Cultura, 1993.

PINTO JUNIOR, O.B.; SANCHES, L.; DALMOLIN, A.C.; NOGUEIRA, J.S. Efluxo de CO₂ do solo em floresta de transição Amazônia Cerrado e em área de pastagem. **Acta Amazônica**, v.l., 39(4); 813-822, 2009.

PIRES, F.R.M. Arcabouço geológico. In: **Geomorfologia do Brasil**. Cunha, S.B.C.; Guerra, A.J.T. (orgs.), 5.ed., Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p.17-69, 2009.

PIRES NETO, A. Planejamento territorial a abordagem geológico-geotécnica e o conceito de terreno ou abordagem de paisagem. **Geografia**, 8, p.51-62, 1995.

PORSANI, J.L.; MENDONÇA, C.A.; BETTENCOURT, J.S.; HODO, F.Y.; VIAN, J.A.J.; SILVA, J.E. Investigações GPR nos distritos mineiros de Santa Bárbara e Bom Futuro: província estanífera de Rondônia. **Revista Brasileira de Geofísica**, 22(1), p. 57-68, 2004.

POWELL, A.H.; POWELL, G.V.N. Population dynamics of male euglossinae bees in Amazonian forest fragments. **Biotropica**. 19, p. 176-179, 1987.

QUADROS, M.L.E.S. Contexto geológico. In: **Geodiversidade do estado de Rondônia**. Adamy, A. (org.), Porto Velho, CPRM, 2010.

QUADROS, M.L.E.S.; PALMEIRA, L.C.M.; CASTRO, C.C. **Geologia e recursos minerais da folha rio Machado (SC.20-X-C). Escala 1:250.000**. Porto Velho: CPRM, 2011.

QUADROS, M.L.E.S.; RIZZOTTO, G. J. (orgs.). **Mapa geológico e de recursos minerais do estado de Rondônia. Escala 1:1.000.000**, Porto Velho, CPRM, 2007.

QUINSTLER, S.; BOHRER, C.B.A.; IRVING, M.A. Políticas públicas para a Amazônia: práticas e representações em disputa. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, 23, p.5-16, 2011.

RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A.; BAMLER, R. The shuttle radar topography mission - a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, 57, p.241-262, 2003.

RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais. Projeto RADAMBRASIL, Folha SC.20 – Porto Velho**. DNPM, 1978.

RAFFESTIN, C. **Por uma geografia do poder**. São Paulo Ática, 1993.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed., Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, 1997.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed., Rio de Janeiro: Embrapa – CNPS, 1995.
RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E.G. **Aptidão agrícola das terras do Rio Grande do Norte**. Brasília, DF, Binagri, 1978.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L.C. **Aptidão agrícola das terras do Brasil: potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999.

RAMALHO FILHO, A.; LEONARDO, N.C.; HIRANO, C. **Aptidão agrícola das terras do Rio de Janeiro**. Brasília, DF, Binagri, 1979.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E.; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Rio de Janeiro, RJ, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1978.

RAUEM, M.J.; FASOLO, P.J.; CARDOSO, A.; CARVALHO, A.P.; HOCHMÜLLER, D.P.; LARACH, J.O.I. **Aptidão agrícola dos solos do sudoeste do estado do Paraná: interpretação, levantamento e reconhecimento dos solos**. Curitiba: Embrapa, 1976.

REATTO, A.; MARTINS, E.S.; FARIAS, M.F.R.; SILVA, A.V.; SPERA, S.T. **Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos da APA de Cafuringa-DF, escala 1:100.000**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2002.

RECH, M.A.; MONGUILHOTT, M.; MIOLA, A.C.; SEBEM, E. Análise de variáveis geomorfológicas para geração de atributos topográficos utilizando o banco de dados TOPODATA/ SRTM (INPE). In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba, **Anais...** p.8240-8247, 2011.

REDIN, M.; SANTOS, G.F.; MIGUEL, P.; DENEGA, G.L.; LUPATINI, M.; DONEDA, A.; SOUZA, E.L. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**. 21 (2), p. 381-392, 2011.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-plantas-atmosfera**. 4.ed., Campinas, Fundação Cargill, 1985.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos em Ciências do Solo**. 5, p. 49-134, 2007.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O.R.; LLANILLO, R.F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**. 26 (3), p.321-344, 2005.

RIZZOTTO, G.J.; QUADROS, M.L.ES.; BAHIA, R.B.C.; CORDEIRO, A.V. Folha SC20-Porto Velho. In: Schoobbenhaus, C.; Gonçalves, J.H.; Santos, J.O.S.; Abram, M.B.; Leão Neto, R.; Matos, G.M.M.; Vidotti, R.M.; Ramos, M.A.B.; Jesus, J.D.A. (eds.). **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**. Brasília, CPRM, 2004

RIZZOTTO, G.J.; SCANDOLARA, J.E.; SILVA, C.R. DALL'AGNOL, R.; BETTENCOURT, J.S.; MORAIS, P.R. Geology and preliminary geochemistry of the middle proterozoic Serra da Providência rapakivi granite – Rondônia, Brazil. In: Dall'agnol, R.; Macambira, M.J.B.; Costi, H.T. (eds.). **Symposium of Rapakivi Granites and Related Rocks**, Abstracts, v.1, p.76-68, 1995.

ROBAINA, L.E.S.; TRENTIN, R.; NARDIN, D.; CRISTO, S.S.V. Método e técnicas geográficas utilizadas na análise e zoneamento ambiental. **GEOgrafias**, 5(2), p.36-49, 2009.

RODRIGUES, R.M. **Estudo e caracterização do meio físico da bacia do rio Camboriú/SC, visando zoneamento geoambiental**. Rio Claro, UNESP. Tese de

Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, 2000.

Rondônia. SEPLAD/PLANAFLORO/PNUD.BRA/00/004. **As unidades de conservação de Rondônia**. 2.ed., Porto Velho, 2002.

RONQUIM, C.C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

ROOSE, E. Water and soil resource rehabilitation in Africa. **E.S.S.C. Newsletter**, 2, p.3-6, 2010.

ROQUE, C.G.; CENTURION, J.F.; ALENCAR, G.V.; BEUTLER, A.N.; PEREIRA, G. T.; ANDRIOLI, I. Comparação de dois penetrômetros na avaliação da resistência à penetração de um latossolo vermelho sob diferentes usos. **Acta Scientiarum: Agronomy**, 25 (1), p.53-57, 2003.

ROSOLEM, C.A.; FERNANDEZ, E.M.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C.A. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 34 (5), p. 821-828, 1999.

ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; BRINHOLI, O. Efeito das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo na produção de sorgo sacarino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 19(12), p.1443-1448, 1984.

ROSS, J.L.S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, 8, p.51-62, 1994.

ROSS, J.L.S. Geomorfologia ambiental. In: **Geomorfologia do Brasil**. Cunha, S.B.; Guerra, A.J.T. (orgs.), 5.ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.351-388, 2009.

RUBIO, J.L. Soil: the forgotten resource. **E.S.S.C. Newsletter**, 2, p.15-18, 2010.

RUEDA, R.P. Socioeconomia da população residente e do entorno. In: **Plano de manejo da Floresta Nacional do Jamari, v.1.**, Brasília: MMA, 2005.

RUFINO, M.P. Para além do espaço intocado. In: **Terras Indígenas & Unidades de Conservação da Natureza: O Desafio das Sobreposições**. Ricardo, F. (org.). São Paulo: Instituto Socioambiental, 2004.

SÁ, T.D.A.; KATO, O.R.; CARVALHO, C.J.R.; FIGUEIREDO, R.O. Queimar ou não queimar? De como produzir na Amazônia sem queimar. **Revista USP**. 72, p. 90-97, 2007.

SABOURIN, E. **Camponesdo Brasil: entre a troca mercantil e a reciprocidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

SACHS, I. **Desenvolvimento: incluyente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

- SALATI, E.; SANTOS, A.A.; KLABIN, I. Temas ambientais relevantes. **Estudos Avançados**, 20 (56), p.107-127, 2006.
- SALGADO-LABORIAU, M.L. **História ecológica da Terra**. São Paulo, Edgar Blücher, 1994.
- SANCHEZ, P.A. Management of acid soils in the humid tropics of Latin America. **Journal Series of the North Carolina Agricultural Research Service**. Raleigh, 1985.
- SANCHEZ, R.B.; MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z.M.; PEREIRA, G.T.; MARTINS FILHO, M.V. Variabilidade espacial de atributos do solo e fatores de erosão em diferentes pedoformas. **Bragantia**, 68(4), p.1095-1103, 2009.
- SANTOS, A.N. **Potencial de mineralização de cassiterita nas bacias de rejeito de Bom Futuro/RO**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Rondônia/UNIR, 2010.
- SANTOS, B.A. Recursos minerais na Amazônia. **Estudos Avançados**, 16(45), p.123-152, 2002.
- SANTOS, C. **A fronteira do Guaporé**. Porto Velho: Edufro, 2007.
- SANTOS, G.M. **Pesca e ecologia dos peixes de Rondônia**. Manaus: INPA/FUA. Tese de Doutorado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e Fundação Universidade Federal do Amazonas, 1991.
- SANTOS, H.G.; HOCHMÜLLER, D.P.; CAVALCANTI, A.C.; RÊGO, R.S.; KER, J.C.; PANOSO, L.A.; AMARAL, J.A.M. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília: Embrapa – SPI, 1995.
- SANTOS, L.J.C.; OKA-FIORI, C.; CANALLY, N.E.; FIORI, A.P.; SILVEIRA, C.T.; SILVA, J.M.F. Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**. 37(4): 812-820, 2007.
- SANTOS, M. **Por uma geografia nova: da crítica da geografia a uma geografia crítica**. 6.ed., São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2004.
- SANTOS, M. **Da totalidade ao lugar**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.
- SANTOS, M. **Metamorfose do espaço habitado**. 6.ed., São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008a.
- SANTOS, M. **A Natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4.ed., São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008b.
- SANTOS, M. **Espaço e método**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.
- SBPC – Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. **O código florestal e a ciência: contribuições para o diálogo**. São Paulo, SBPC, 2011.

SCANDOLARA, J.E.; RIZZOTO, G.J.; AMORIM, J.L.; BAHIA, R.C.B.; QUADROS, M. L.; SILVA, C.S. **Mapa geológico de Rondônia na escala de 1:1.000.000**, CPRM, Porto Velho, RO, 1999.

SCHNEIDER, C.L.; SOUZA, A.L. Distribuição de tamanhos de partículas por difratômetro a laser. **Tecnologia em Metalurgia e Materiais**. 1(2), p. 13-17, 2004.

SCHNEIDER, R.R.; ARIMA, E.; VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; SOUZA Jr. C. **Amazônia sustentável: limites e oportunidades para o desenvolvimento rural**. Belém: Imazon, 2000.

SCHOENHOLTZ, S.H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J.A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**. 138, p. 335-356, 2000.

SCHWEICKARDT, K.H.S.C. Políticas agrárias e políticas ambientais na Amazônia: encontros e desencontros. **Somanlu**, 1(2), p.111-124, 2003.

SCOONES, I.; TOULMIN, C. Soil nutrient budgets and balances: what use for policy? **Managing Africa's Soil**, 6, p.1-24, 1999.

SHIMABUKURO, Y.E.; DUARTE, V.; SANTOS, J.R.; MELLO, E.M.K.; MOREIRA, J.C. Levantamento de áreas desflorestadas na Amazônia através de processamento digital de imagens orbitais. **Floresta & Ambiente**, 6 (1), p.38-44, 1999.

SHIMBO, J.Z.; JIMENEZ-RUEDA, J.R. Zoneamento geoambiental como subsídio aos projetos de reforma agrária. Estudo de caso: Assentamento Rural Pirituba II. **Revista Nera**, 10, p.115-133, 2007.

SHINZATO, E.; TEIXEIRA, W.G.; MENDES, A.M. Solos. In: **Geodiversidade do estado de Rondônia**. Adamy, A. (org.) Porto Velho: CPRM, 2010.

SILVA, A.J.N.; CABEDA, M.S.V. Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30, p.921-930, 2006.

SILVA, C.L.; MORALES, N.; CRÓSTA, A.P.; COSTA, S.S; JIMENEZ-RUEDA, J.R. Analysis of tectonic-controlled fluvial morphology and sedimentar processes of the western Amazon Basin: an approach using satellite images and digital elevation model. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 79 (1), p.693-711, 2007.

SILVA, F.B.R; JACOMINE, P.K.T.; ALMEIDA, J.C. **Aptidão agrícola dos solos do estado do Rio Grande do Norte (interpretação do levantamento exploratório - reconhecimento de solos)**. Rio de Janeiro, MA/DNPEA/SUDENE, 1973.

SILVA, F.B.R.; RICHE, G.R.; TONNEAU, J.P. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1993.

- SILVA, F.C.; EIRA, P.A.; BARRETO, W.O.; PÉREZ, D.V.; SILVA, C.A. **Manual de métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo**. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1998.
- SILVA, J.M.L.; GAMA, J.R.N.F.; VALENTE, M.A.; RÊGO, R.S.; RODRIGUES, T.E.; SANTOS, P.L.; CARDOSO JÚNIOR, E.Q.; SILVA, P.R.O. **Avaliação da aptidão agrícola das terras do município de Colares – Estado do Pará**. Belém, Embrapa Amazônia Oriental, 1999a.
- SILVA, J.M.L.; SANTOS, P.L.; VALENTE, M.A.; CARDOSO JÚNIOR, E.Q. **Avaliação da aptidão agrícola das terras do Campo Experimental de Ouro Preto d'Oeste – Rondônia**. Belém, Embrapa Amazônia Oriental, 1999b.
- SILVA, J.S.V; SANTOS, R.F. Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, 21 (2), p.221-263, 2004.
- SILVA, L.P.; MANIESI, V. Avaliação dos limites de uso e ocupação da sub-bacia do rio Enganado-Rondônia, com auxílio de técnicas de geoprocessamento: uma proposta de uso sustentável. **Revista Geociências**, 4(3), p.267-276, 2005.
- SILVA, M.L., CURI, N.; LIMA, J.M.; FERREIRA, M.M. Avaliação de métodos indiretos de determinação da erodibilidade de latossolos brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 35 (6), p.1207-1220, 2000.
- SILVA, R.B.; VINHA, E. Vegetação: biodiversidade de espécies florestais. In: **Atlas Geoambiental de Rondônia**. Porto Velho, SEDAM, 2002.
- SILVA, S.B.; SILVA, M.T.M.; SILVA, F.C.F.; COSTA, E.P. Vegetação. In. **Brasil.RADAMBRASIL**, Folha SC-20-Porto Velho. Rio de Janeiro, DNPM, p.413-562, 1978.
- SILVA, S.R.; BARROS, N.F.; COSTA, L.M. Atributos físicos de dois Latossolos afetados pela compactação do solo. **Revista Brasileira e Engenharia Agrícola e Ambiental**. 10 (4), p. 842-847, 2006.
- SILVA FILHO, G.A. Toponímia de Rondônia. **Revista Brasileira de Geografia**, 57(3), 1995.
- SKINNER, B.J.; PORTER, S.C.; PARK, J. **Dynamic Earth: an introduction to physical geology**. 5.ed., Wiley, p. 224-245, 2004.
- SKOLE, D.; TUCKER, C. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. **Science**. 260, p. 1905-1910, 1993.
- SMIATEK, G. Sampling Thematic Mapper Imagery for Land Use Data. **Remote Sens. Environ.**, 52, p.116-121, 2005.
- SOARES, J.V. Erosão e sedimentação e sua relação com florestas. In: **Introdução a hidrologia de florestas**, 2004.

- SOARES, P.C.; FIORI A.P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícia Geomorfológica**, 16(32), p.71-104, 1976.
- SOARES, R.V. Queimas controladas: prós e contras. **Anais do I Fórum Nacional sobre Incêndios Florestais/ III Reunião Conjunta IPEF-FUPEF-SIF**, p.6-10, 1995.
- SOJA, E.W. **Geografias pós-modernas: a reafirmação do espaço na teoria social**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1993.
- SOKJA, R.E.; UPCHURCH, D.R. Reservations regarding the soil quality concept. **Soil Science Society of American Journal**. 63 (5), p. 1039-1054, 1999.
- SOTCHAVA, V.B. O estudo de geossistemas. **Métodos em Questão**. 16, p.1-52, 1977.
- SOUZA, C.K.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M.V.; PEREIRA, G.T. Influência do relevo e erosão na variabilidade espacial de uma latossolo em Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27, p.1067-1074, 2003.
- SPERA, S.T.; REATTO, A.; CORREIA, J.R.; SILVA, J.C.S. Características físicas de um latossolo vermelho-escuro no cerrado de planaltina, DF, submetido a ação do fogo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35(9), p.1817-1824, 2000.
- SPÖRL, C.; ROSS, J.L.S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP Espaço e Tempo**, 15, p. 39-49, 2004.
- STOUFFER, P.C.; BIERREGAARD, R.O.; STRONG, C.; LOVEJOY, T.E. Long-term landscape change and bird abundance in Amazonian rainforest fragments. **Conservation Biology**. 20, p. 434-451, 2006.
- SZOTT, L.T.; PALM, C.A.; SANCHEZ, P.A. Agroforestry in acid soil of the humid tropics. **Advances in Agronomy**, 45, p.245-301, 1991.
- TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M.; PARKER JR, J.J. Soil strength-root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. **Soil Science**. 102 (1), p. 18-22, 1966.
- TERBORGH, J.; LOPES, L.; TELLO, J.; YU, D.; BRUNI, A.R. Transitory states in relaxing ecosystems of land bridge islands. In: Laurance, W.F.; Bierregaard, R.O. (eds.). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented landscape**. Chicago, University of Chicago Press, p. 256-274, 1997.
- THÉRY, H. Situações da Amazônia no Brasil e no continente. **Estudos Avançados**, 19 (53), p.37-49, 2005.
- THOMAZI, M.D.; MELLO, F.A.F.; ARZOLLA, S. Fatores que contribuem para a fixação de fósforo em solos do município de Piracicaba. **Anais ESALQ**, Piracicaba, 47(1), p.177-191, 1990.

- TILMAN, D.; MAY, R.M.; LEHMAN, C.L.; NOWAK, M.A. Habitat destruction and extinction debt. **Nature**. 371, p. 65-66, 1994.
- TOLEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, S.M.B.; MELFI, A.J. Da rocha ao solo: intemperismo e pedogênese. In: **Decifrando a Terra**. Teixeira, W.; Fairchild T.R.; Toledo, M.C.M.; Taioli, F. (Orgs). 2.ed., São Paulo: Companhia Editora Nacional, p.210-239, 2009.
- TOLEDO, P.E.N.; MATTOS, Z.P.B. Aspectos econômicos da questão de restauração de áreas degradadas. In: **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Kageyama, P.Y.; Oliveira, R.E.; Moraes, L.F.D.; Engel, V.L.; Gandara, F.B. (orgs.). Botucatu: FEPAF, p.205-237, 2003.
- TOMASI, J.M.G.; RAMALHO FILHO, A. **Aptidão agrícola dos solos do sul do estado de Mato Grosso**. Rio de Janeiro: DNPEA, 1971.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE-SUPREN, 1977.
- USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Raster Landsat 8 Cenas 231-066/231-067/232-066/232-067, 2013**. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov>>. Acessado em Acesso em: 28 jun. 2014.
- VALERIANO, M.M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, **Anais...**, p.3595-3602, 2005.
- VALLADARES, G.S.; BATISTELLA, M.; PEREIRA, M.G. Alterações ocorridas pelo manejo em latossolos, Rondônia, Amazônia brasileira. **Bragantia**, 70(3), p.631-637, 2011.
- VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, 62(1), p.111-118, 2003.
- VASCONCELOS, H.J.; LAURANCE, W.F. Conseqüências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecologia Brasiliensis**, 13(3), p.434-451, 2009.
- VEDOVELLO, R. **Zoneamento geotécnico por sensoriamento remoto para estudos de planejamento do meio físico - aplicado a expansão urbana**. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE, São José dos Campos, 125p., 1993.
- VEDOVELLO, R.; MATTOS, J.T. Zoneamento geotécnico, por sensoriamento remoto, para estudos do meio físico – aplicação em expansão urbana. In: **Anais VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 1993.
- VELOSO, C.A.C.; SOUZA, F.R.S.; PEREIRA, W.L.M.; TENÓRIO, A.R.M. Relações cálcio, potássio e magnésio sobre a produção de matéria seca de milho. **Acta Amazonica**, 31(2), p.193-204, 2001.
- VIEIRA, V.; QUOOS, J.H.; VERDUM, R. Compartimentos morfo-pedogênicos: potencialidades e limites na sustentação de sistemas de cultivo e criação no município de Canguçu, RS – Brasil. **Para Onde!?**, 5 (1), p.84-96, 2011.

VITTE, A.C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e sua inserção na geografia física. **Mercator**, 6 (11), p.71-78, 2007a.

VITTE, A.C. A ciência geográfica: entre a crise da razão e a reconstrução do cosmos. **Geografia em Atos**, 7(1), p.1-11, 2007b.

VITULICH, E.B. Evolução morfológica da região Santa Bárbara – Jacundá – Estado de Rondônia – Brasil. *Revista de Geologia*. 11, p.41-51, 1998.

VOLK, L.B.S.; COGO, N.P.; STRECK, E.V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 28, p.763-774, 2004.

WEIRICH NETO, P.H.; BORGHI, E.; SVERZUT, C.B.; MANTOVANI, E.C.; GOMIDE, R.L.; NEWES, W.L.C. Análise multivariada da resistência do solo à penetração sob plantio direto. **Ciência Rural**. 36 (4), p. 1186-1192, 2006.

WEN, D. Soil erosion and conservation in China. **Cambridge University Press**, p.63-86, 1993.

WENTWORTH, C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal Sedimentary Petrology**, 30, p.377-392, 1922.

WORLD BANK. **Rondônia natural resource management project, Brazil**. Report n. 8073-BR, 1992.

WRIGHT, A. Environmental degradation as a cause of migration: cautionary tales from Brazil. **Miradas en Movimiento**. Special Volume, p.159-164, 2012.

YAMASOE, M.A.; ARTAXO, P.; MIGUEL, A.H.; ALLEN, A.G. Chemical composition of aerosol particles from direct emissions of vegetation fires in the Amazon basin: water-soluble species and trace elements. **Atmospheric Environment**, 34, p.1641-1653, 1999.