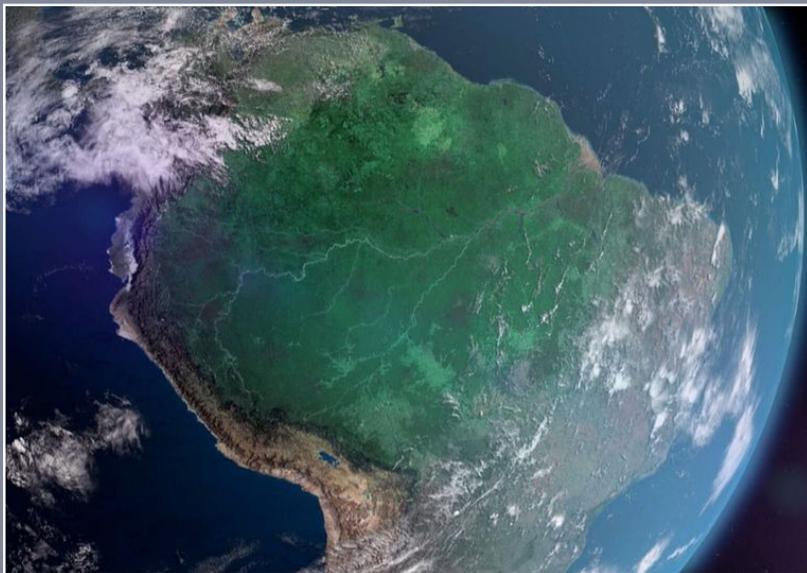


João Paulo Assis Gobo
Dorisvalder Dias Nunes
Eliomar Pereira da Silva Filho
(Orgs.)



AMAZÔNIA EM PESQUISA: PAISAGEM, MEIO FÍSICO E GESTÃO AMBIENTAL

Coleção Pós-Graduação da UNIR



AMAZÔNIA EM PESQUISA: paisagem, meio físico e gestão ambiental

João Paulo Assis Gobo

Dorisvalder Dias Nunes

Eliomar Pereira da Silva Filho

(Organizadores)

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA

Reitora Marcele Regina Nogueira Pereira
Vice-Reitor José Juliano Cedaro

EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA

CONSELHO EDITORIAL

Presidente Lou-Ann Kleppa
 Ariana Boaventura Pereira
 Carlos Alexandre Trubiliano
 Eliane Gemaque Gomes Barros
 Gean Carla Silva Sganderla
 Leandro Soares Moreira Dill
 Márcio Secco
 Marli Lúcia Tonatto Zibetti
 Pedro Ivo Silveira Andretta
 Ricardo Gilson da Costa Silva
 Xênia de Castro Barbosa

COMISSÃO CIENTÍFICA

Marília Lima Pimentel Cotinguiba
Carlos André da Silva Müller
Gabriel Eduardo Melim Ferreira
Wanderley Rodrigues Bastos
João Paulo Assis Gobo
Patrícia Goulart Tondineli
Lucas Martins Gama Khalil
Quesler Fagundes Camargo
Estevão Rafael Fernandes
Élcio Aloísio Fragoso



Edufro - Editora da Universidade Federal de Rondônia
BR 364, Km 9,5
Campus Unir
76801-059 - Porto Velho - RO
Tel.: (69) 2182-2175
www.edufro.unir.br
edufro@unir.br

AMAZÔNIA EM PESQUISA: paisagem, meio físico e gestão ambiental

João Paulo Assis Gobo
Dorisvalder Dias Nunes
Eliomar Pereira da Silva Filho
(Organizadores)

Coleção Pós-Graduação da UNIR



Porto Velho - RO

© 2021 by João Paulo Assis Gobo, Dorisvalder Dias Nunes,
Eliomar Pereira da Silva Filho (Organizadores)
Esta obra é publicada sob a Licença Creative Commons Atribuição-Não
Comercial 4.0 Internacional.



Capa:

Rosivan Diagramação & Artes Gráficas

Fonte da imagem: https://services.meteored.com/img/article/o-rastreamento-do-desmatamento-da-amazonia-por-satelite-227421-3_768.jpg

Revisão:

Marília Lima Pimentel Cotinguiba

Projeto gráfico:

Edufro - Editora da Universidade Federal de Rondônia

Diagramação:

Rosivan Diagramação & Artes Gráficas

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR)
Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UNIR

F981 Fundação Universidade Federal de Rondônia.

Amazônia em pesquisa: paisagem, meio físico e gestão ambiental / organização João Paulo Assis Gobo, Dorisvalder Dias Nunes, Eliomar Pereira da Silva Filho. - Porto Velho, RO: Coleção Pós-Graduação da UNIR - EDUFRO, 2021.

317 p.; il.

ISBN: 978-65-87539-48-5 (digital)

1. Amazônia - Clima. 2. Gestão Ambiental - Amazônia. 3. Bacia Hidrográfica. 4. Degradação de Solo - Amazônia. I. Gobo, João Paulo Assis. II. Nunes, Dorisvalder Dias. III. Silva Filho, Eliomar Pereira da. IV. Fundação Universidade Federal de Rondônia.

CDU 913:551(811)

Bibliotecário Luã Silva Mendonça

CRB 11/905

“Evidentemente, para os que não têm consciência do significado das heranças paisagísticas e ecológicas, os esforços dos cientistas que pretendem responsabilizar todos e cada um pela boa conservação e pelo uso racional da paisagem e dos recursos da natureza somente podem ser tomados como motivo de irritação, quando não de ameaça, a curto prazo, à economicidade das forças de produção econômica”

Aziz Ab’Saber

In: Os Domínios de Natureza no Brasil:
potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003, p. 10.

“Na realidade, o geógrafo não pode abrir mão da sua posição como pesquisador, no âmbito das ciências básicas, ainda que consciente de que trabalha em um domínio onde inexistem barreiras entre o campo básico e aplicado; pelo contrário, ambos estão continuamente a se interceptar. O Geógrafo teria de fato, uma vocação para construir pontes entre a pesquisa fundamental e o campo tecnológico.”

Maria Regina Mousinho de Meis

In: Geógrafo Físico, Generalista ou Especialista.
Boletim de Geografia Teórica, 15 (29-30) p. 41-45, 1985

Sumário

- 9 **APRESENTAÇÃO**
- 11 **CAPÍTULO 1 - PERCEÇÃO CLIMÁTICA E CONFORTO TÉRMICO HUMANO EM HABITAÇÕES RIBEIRINHAS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA**
Maria Cristina Celuppi
Célia Regina Moretti Meirelles
Raquel Cymrot
Beatriz de Alencar Borst
João Paulo Assis Gobo
- 47 **CAPÍTULO 2 - VULNERABILIDADE NATURAL À EROÇÃO EM BACIA HIDROGRÁFICA DA AMAZÔNIA OCIDENTAL: CENÁRIOS E POSSIBILIDADES**
Dorisvalder Dias Nunes
Michel Watanabe
Tamires Cunha de Aguiar
Adriana Cristina da Silva Nunes
Gizele Carvalho Pinto
- 92 **CAPÍTULO 3 - NDVI APLICADO NA DETECÇÃO DE DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS CULTIVADAS**
Elaine Lima da Fonseca
Marília Locatelli
Eliomar Pereira da Silva Filho
- 114 **CAPÍTULO 4 - GESTÃO AMBIENTAL DO TERRITÓRIO: UNIDADES DE CONSERVAÇÃO FRENTE AO USO E COBERTURA DO SOLO EM RONDÔNIA**
Gean Magalhães da Costa
Hemili Vitória do Carmo Pimentel
Maria Madalena de Aguiar Cavalcante
- 131 **CAPÍTULO 5 - MAPEAMENTO DO REGOLITO LATERÍTICO E ASPECTOS MORFOPEDOGENÉTICOS DA PORÇÃO NORTE DO ESTADO DE RONDÔNIA**
Isabel Leonor Iza Echeverria Herrera
Eliomar Pereira da Silva Filho
Edgar Romeo Herrera de Figueiredo Iza

- 171** **CAPÍTULO 6** - USO DO SENSORIAMENTO REMOTO NA ANÁLISE DO DESMATAAMENTO: UM ESTUDO DE CASO NAS RESERVAS EXTRATIVISTAS DE MACHADINHO D'OESTE (ÁREA SUL) - RONDÔNIA
Thatyellen Edyte Alves da Silva Rufino
Alcione Gomes Botelho
Siane Cristhina Pedroso Guimarães
Helen Rose Oliveira da Silva
- 192** **CAPÍTULO 7** - POTENCIAL MICROBIOLÓGICO EM ÁREA DE FLORESTA E PASTAGEM: ESTUDO DE CASO DO BACILLUS CEREUS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO - AMAZÔNIA SUL OCIDENTAL
Adriana Cristina da Silva Nunes
Adriely Ferreira da Costa Nery
Selma Maria de Arruda Silva
Najla Benevides Matos
- 213** **CAPÍTULO 8** - GEOSSISTEMA E PERDA DE SOLO NA AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUTUM-PARANÁ/RONDÔNIA
Michel Watanabe
Dorisvalder Dias Nunes
Fabiano Antonio de Oliveira
Tatiane Emílio Checchia
Allan Rodrigues Augusto
- 250** **CAPÍTULO 9** - POLÍTICAS TERRITORIAIS E DEGRADAÇÃO DOS SOLOS NA PARTE CENTRO-SUL OCIDENTAL DA AMAZÔNIA
Luiz Cleyton Holanda Lobato
Leonardo José Cordeiro Santos
Tamires Cunha de Aguiar
- 283** **CAPÍTULO 10** - TÉCNICA BOOLEANA APLICADA À IDENTIFICAÇÃO DE CROSTAS LATERÍTICAS NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA BRASILEIRA
Isabel Leonor Iza Echeverria Herrera
Eliomar Pereira da Silva Filho
Edgar Romeo Herrera de Figueiredo Iza
Adriana Maria Coimbra Horbe
Salem Leandro Moura dos Santos
Laura Nisinga Cabral
- 311** **SOBRE OS AUTORES (AS)**

APRESENTAÇÃO

Ao se propor fazer pesquisa na região Amazônica é de bom princípio ter ideia do seu tamanho em área e grandeza das diversificações de problemas encontrados no que já foi uma região conhecida como o INFERNO VERDE, e hoje, a temos e procuramos mantê-la no contexto da sua realidade do verde esperança já que o inferno se configurou no desenvolvimento histórico das contradições metodológicas da sua ocupação e nos (des) planejamentos institucionalizados por governos das esferas federais, estaduais e até municipais.

O “inferno” está na separação belicosa e por vezes deliberante do afastamento da política (de governo) da ciência contextualizada na pesquisa na maioria das vezes financiada pelo próprio governo, que neste caso lembra um povo cujo os tentáculos se conhecem e tomam decisões inerentes a uma convergência com base na razão, nos fatos e principalmente na inteligência, se é que de fato ela consiga espaço de ação nesse meio tão insípido.

Na contramão dessa realidade vários jovens e não tão jovens assim, pesquisadores, associados a instituições Federais de Ensino superior procuraram aplicar uma variada gama de conhecimento no melhor equacionamento, e quando possível, na resolução de vários problemas reais que afligem em diferentes níveis a região Amazônica, e em especial o estado de Rondônia, com visão de integrar conhecimento ao quadro maior e informativo para possíveis tomadas de decisões quanto a operacionalidade de aprofundamento do solucionar, fazer e realizar atividades fins que promovam a mais ampla atuação junto ao povo dessa região distante.

São vários temas de estudos e inúmeros métodos realizados que expressam a pluralidade de formação profissional e de especialidades de pesquisadores que congregam por meio de sua pratica científica a Linha de Pesquisa de nosso Programa de Pós-Graduação em Geografia: Paisagem, Meio Físico e Gestão Ambiental. Sempre com firme propósito de convergir ideias dentro de um princípio científico, de tal forma que a sua integralidade possa contribuir para o maior conhecimento dos problemas inerentes a re-

gião sendo o estado de Rondônia o grande palco da maioria desses estudos de meio físico apresentados nessa coletânea.

A presente contribuição intitulada: *AMAZÔNIA EM PESQUISA: Paisagem, Meio Físico e Gestão Ambiental* traz abordagens que são resultado de experiências, reflexões e muito trabalho de campo em áreas do saber geográfico, tais como: Bioclimatologia Humana, Vulnerabilidade Ambiental, Erosão, Degradação de Pastagens, Gestão Ambiental, Morfopedologia, Sensoriamento Remoto e suas Aplicações, Microbiologia de Solo em Pastagens e Floresta, Geossistemas, Compactação de Solos e Estudos sobre Crostas Lateríticas. São estudos que se caracterizaram pelo seu caráter integrativo por meio das redes de pesquisas estabelecidas pelos pesquisadores do programa, tal como a Rede Norte-Nordeste de Pesquisadores na Pós-Graduação em Geografia (REN-NEGEO), bem como resultados de Projetos de Pesquisas Financiados por agências de fomento, entre as quais: CNPq, CAPES e FAPERO.

Por fim, a Coletânea que agora submetemos ao crivo da sociedade e da comunidade geográfica, está organizada em dez Capítulos discutindo temas da Geografia Física em ambiente amazônico. Esperamos que este trabalho possa contribuir com melhores atuações na área de planejamento regional e local, de forma que tenhamos sucesso nos presente e novos empreendimentos realizados na Panamazônia, e particularmente em Rondônia.

Os Organizadores

CAPÍTULO 1

PERCEPÇÃO CLIMÁTICA E CONFORTO TÉRMICO HUMANO EM HABITAÇÕES RIBEIRINHAS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA¹

CLIMATE PERCEPTION AND HUMAN THERMAL COMFORT IN RIBEIRINAS HOUSES IN THE BRAZILIAN AMAZON

Maria Cristina Celuppi

Célia Regina Moretti Meirelles

Raquel Cymrot

Beatriz de Alencar Borst

João Paulo Assis Gobo

1. INTRODUÇÃO

Na arquitetura, o conforto ambiental constitui-se na necessidade de proporcionar aos assentamentos humanos, condições necessárias de habitabilidade, aliando a utilização dos recursos para responder as condicionantes ambientais (Schmid, 2005) por meio das vertentes: térmica, acústica, lumínica e ergonômica. Porém, dentro destas vertentes, o conforto térmico corresponde ao parâmetro mais importante na qualidade interna de um ambiente (Frontczak; Wargocki, 2011).

Com base nisso, a arquitetura vernacular ribeirinha do Amazonas surge como o reflexo de diversos parâmetros, fortemente influenciados pela cultura cabocla, pelo ciclo das águas, pela noção de casa e de estética do local, pelos materiais disponíveis na região (Nogueira, 2016) e pelas condições climáticas locais.

¹ Texto originalmente publicado no Journal of Building Engineering: <https://doi.org/10.1016/j.job.2019.01.019>

As habitações na região amazônica devem ser compatíveis com a variação anual do curso das águas e neste contexto, dois tipos de casa são predominantes: a palafita e a flutuante. As palafitas (Figura 1 a) são casas de madeira construídas na várzea, elevadas por pilotis suspensas por esteios, ou seja, estacas de madeira que sustentam a construção. Se encontram nas encostas dos rios e são construídas desta forma para que não inundem na estação de cheia. Já a casa flutuante (Figura 1 b) tem as mesmas características da palafita, porém, é construída sobre toras originadas da espécie assacu, conferindo a possibilidade de deslocamento de seus locais originais e a sua flutuação com a variação do curso das águas. (Nogueira, 2016; Sampaio, Lencione, 2013). Ambas as tipologias são constituídas de madeira local, paredes finas, com coberturas de telha metálica e sem a utilização de forro.



Figura 1: Casas ribeirinhas da tipologia palafita (A) e flutuante (B).

Fonte: Dos autores.

Com base na tipologia construtiva da habitação ribeirinha da região amazônica, que primordialmente deve responder de forma adequada a ação do sol, das chuvas e da umidade elevada (Neves, 2006), observa-se portanto que a arquitetura local deve proporcionar ambientes com condições confortáveis de habitabilidade, considerando que tal região encontra-se no microtipo climático definido como “clima equatorial”, fixado por Monteiro (1968) como “clima equatorial úmido da frente intertropical”, o que denota uma região de clima quente, com expressiva homogeneidade térmica, que não apresenta grande amplitude térmica diária e/ou anual, tendo em vista a umidade e nebulosidade elevada (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007). Alvares *et al.* (2013) classificam

a região como “zona tropical sem estação seca”, o que significa médias anuais de temperatura do ar na faixa dos 26.7°C, com pouca variação sazonal, bem como precipitação anual de 2.420 mm, sendo agosto o mês mais seco, em que a precipitação mensal está na faixa dos 80 mm.

Com base nisso, a presente pesquisa objetivou avaliar as condições de conforto térmico nas habitações ribeirinhas do município de Manacapuru, no estado do Amazonas, por meio da aplicação de questionário de percepção, preferência e aceitação, baseado nos padrões da ISO 10551 (INTERNACIONAL ORGANIZATION STANDARDIZATION, 1995), bem como a aplicação do modelo adaptativo de conforto térmico para o sudeste asiático, proposto por Nguyen, Singh e Reiter (2012), com a finalidade de discutir e compreender a percepção climática do ribeirão amazônico em suas habitações e a aplicabilidade do modelo de conforto adaptativo para a região de estudo.

Localizado às margens do Rio Solimões, o município de Manacapuru-AM (Figura 2) tem área territorial de 7.336.579 km² e uma população de 85.141 pessoas (IBGE, 2016) que se divide entre área urbana e comunidades rurais.

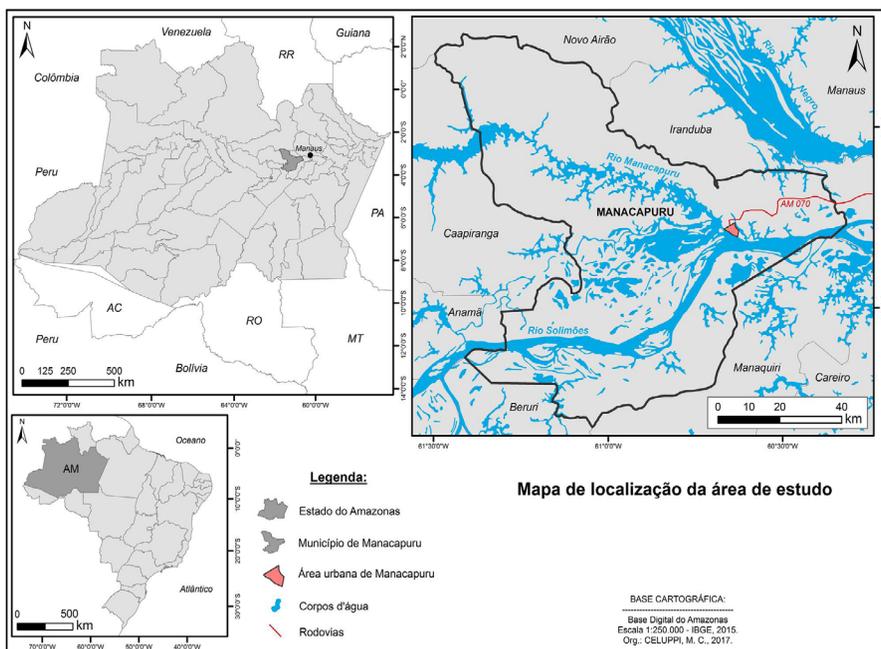


Figura 2: Mapa de localização da área de estudo.
Org.: Dos autores.

2. MÉTODO

O método utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa foi o “indutivo exploratório” e dividiu-se em duas etapas: aplicação e análise de questionários; e a aplicação do modelo de conforto adaptativo, respectivamente. Posteriormente, os resultados foram discutidos com base na literatura internacional que aborda a temática aqui apresentada.

2.1 Aplicação e análise de questionário

Desenvolveu-se um questionário específico para a análise da percepção ambiental e do conforto térmico do ribeirinho (Figura 3), com base os padrões estabelecidos pela ISO 10551 (1995), aliando ainda dados referentes à idade, sexo, peso, altura, vestimenta e croqui da casa em que o inquirido reside.

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE - UPM
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - FAU UPM

DATA: ___/___/___ COMUNIDADE: _____

Tipo de habitação	Cobertura	Forro
<input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> Alvenaria <input type="checkbox"/> Mista	<input type="checkbox"/> Telha metálica <input type="checkbox"/> Palha <input type="checkbox"/> Outras: _____	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Tipo: _____

Idade: _____ anos
Sexo: Feminino Masculino
Peso: _____ kg
Altura: _____ m

Vestimenta

					
0	0,3	0,5	1,0	1,5	3,0

Croqui da Habitação

Orientação



1 - Atividade que você estava fazendo 5 minutos atrás?

2 - Como você se sente nesse exato momento?

<input type="checkbox"/> muito frio -3 <input type="checkbox"/> frio -2 <input type="checkbox"/> um pouco de frio -1 <input type="checkbox"/> nem frio nem calor 0	<input type="checkbox"/> um pouco de calor 1 <input type="checkbox"/> calor 2 <input type="checkbox"/> muito calor 3
---	--

3 - Neste exato momento, com relação ao clima, eu estou:

<input type="checkbox"/> confortável 0 <input type="checkbox"/> um pouco desconfortável 1	<input type="checkbox"/> desconfortável 2 <input type="checkbox"/> muito desconfortável 3
--	--

4 - Neste exato momento eu preferia estar sentindo:

<input type="checkbox"/> muito mais frio -3 <input type="checkbox"/> mais frio -2 <input type="checkbox"/> um pouco mais de frio -1 <input type="checkbox"/> sem mudanças 0	<input type="checkbox"/> um pouco mais de calor 1 <input type="checkbox"/> mais calor 2 <input type="checkbox"/> muito mais calor 3
--	---

5 - Considerando apenas a sua preferência pessoal, você aceita ou rejeita as condições climáticas deste ambiente?

<input type="checkbox"/> aceita	<input type="checkbox"/> Rejeita
---------------------------------	----------------------------------

6 - Você utiliza de alguma medida ativa para atingir o conforto térmico?

OBSERVAÇÕES: _____

Figura 3: Questionário desenvolvido e aplicado aos ribeirinhos.

Fonte: Dos autores.

As pesquisas ocorreram nos dias 15, 16 e 17 de agosto de 2017 em duas comunidades ribeirinhas no município de Manacapuru-AM, “Pesqueiro” e “Rei Davi – Calado” (Figura 4). Considerando a pequena quantidade de moradores nas comunidades analisadas, o tempo disponível para pesquisa e a distância entre casas, optou-se pela aplicação do questionário na forma de blocos, tendo as mesmas perguntas aplicadas para às 08:30h, 12:30h e 20:30h. Esta disposição de horários permitiu uma dimensão da percepção do ribeiriho durante um dia completo, nos períodos da manhã, meio dia e noite, em um mesmo questionário.

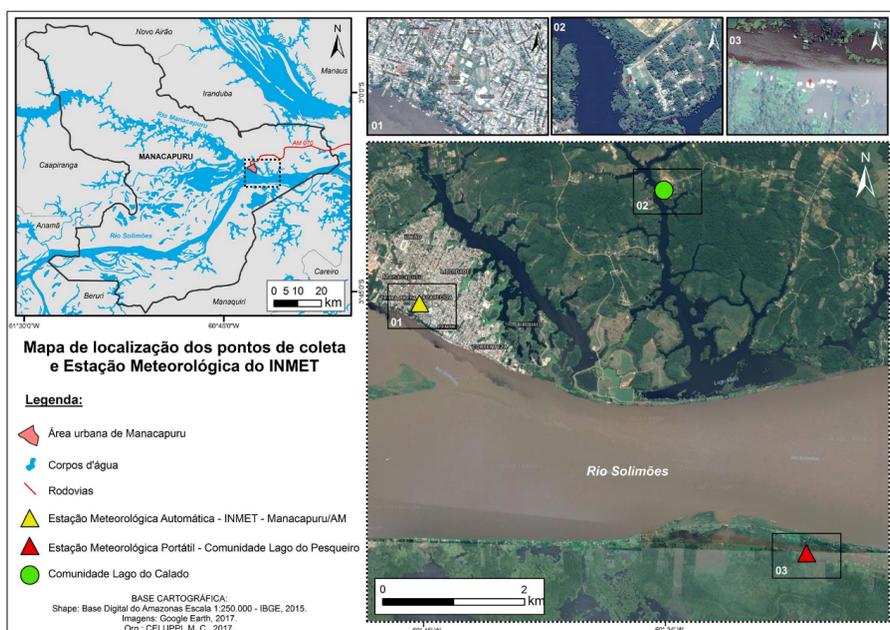


Figura 4: Mapa de localização das comunidades analisadas.

Org: Dos autores.

Nos dias 15 e 17 de agosto de 2017, a aplicação de questionário deu-se na comunidade “Pesqueiro” e no dia 16 de agosto de 2017, na comunidade “Rei Davi – Calado”. Os inquiridos foram entrevistados dentro de suas casas, com a finalidade de coletar dados referentes à percepção do ambiente interno. Os três dias de pesquisa, resultaram em 48 questionários que foram tabulados e

importados para o programa Minitab® Statistical Software v.17 utilizado na realização das análises quantitativas.

Foi realizada uma análise descritiva dos dados por meio de construção de tabelas de frequências e respectivas porcentagens.

Os dados foram divididos em três grupos, coletados respectivamente em:

- a) 6 casas de chão;
- b) 23 casas flutuantes;
- c) 19 casas palafitas.

Como estes grupos possuem tamanhos diferentes, todos pequenos, inferiores a 30 unidades, optou-se pelo uso da análise de variância não paramétrica por meio do teste de Kruskal-Wallis (Siegel; Castellan Jr., 2008) para comparação das médias das variáveis, abaixo discriminadas, entre os grupos, para cada horário:

- a) “Como você se sente neste exato momento”;
- b) “Neste exato momento, em relação ao clima, eu estou”;
- c) “Neste exato momento eu preferia estar sentindo”.

Estas variáveis foram coletadas segundo escalas, de acordo com o questionário apresentado na Figura 3 e foram comparadas em função do tipo de casa e horário.

Para testar a diferença de proporções de aceitação das condições climáticas do ambiente nos três grupos, foi utilizado o teste não paramétrico de Cochran (Siegel; Castellan Jr., 2008).

Foram calculadas as proporções de percepção das condições climáticas do ambiente por horário e, por horário e tipo de casa. Posteriormente foram calculados por meio do método exato, os respectivos intervalos com 95% de confiança para as proporções.

Para análise da idade utilizou-se a seguinte faixa etária:

- a) Jovens: do nascimento até os 19 anos;
- b) Adultos: dos 20 aos 59 anos;
- c) Idoso: 60 anos ou mais.

Para análise da influência do peso corporal, utilizou-se o Índice de Massa Corporal (IMC), que é um indicador utilizado para avaliação da proporção entre peso e altura de adultos e é expresso pela relação entre a massa corporal em kg e a estatura em m^2 (kg/m^2). Com base em dados de 2004 da Organização Mundial de Saúde (OMS), para essa pesquisa optou-se pelo uso de seis faixas, assim denominadas:

- a) IMC abaixo de 17,00: muito abaixo do peso
- b) IMC de 17,00 a 18,49: abaixo peso.
- c) IMC de 18,50 a 24,99: peso normal
- d) IMC de 25,00 a 29,99: acima do peso/sobrepeso.
- e) IMC de 30,00 a 34,99: obesidade I
- f) IMC de 35,00 a 39,99: obesidade II

Devido ao pequeno tamanho da amostra, para realização de testes de independência, as variáveis foram dicotomizadas, para os três horários de análise, da seguinte forma: “Como se sente neste exato momento” (não calor: de -2 a 1; calor ou muito calor: de 2 a 3); “obesidade” (não obeso: IMC de 17,00 a 29,99; obeso: IMC de 30,00 a 39,99); “ser idoso” (não idoso: até 59 anos; idoso: 60 anos ou mais) e “sexo” (feminino e masculino).

Mesmo dicotomizando as variáveis, ao se testar a hipótese de que há independência entre pares de variáveis aleatórias de interesse, houve valores esperados inferiores a 5 para combinações de níveis das variáveis, não atendendo às suposições necessárias para uso do teste de independência Qui-Quadrado. Desta forma optou-se pela realização do teste de independência exato de Fisher que exige que ambas as variáveis sejam dicotômicas (Siegel; Castellan Jr., 2008).

Outro teste realizado a fim de comparar a percepção média para as variáveis IMC, idade e sexo, para os grupos dicotomizados deu-se por meio do

teste não paramétrico para comparação de médias de Mann-Whitney (Siegel; Castellan Jr., *Op. Cit.*).

Foram calculados intervalos de 95% de confiança para as variáveis de interesse. Todos os testes de hipóteses foram realizados adotando-se o nível de significância de 5%, sendo rejeitadas as hipóteses cujos níveis descritivos (valores-p) dos testes resultaram inferiores ao nível de significância adotado de 5%.

2.2 O modelo de conforto adaptativo

Para elucidar as questões abordadas nos objetivos desta pesquisa, coletou-se dados meteorológicos da região de estudo, por meio da estação meteorológica automática do INMET, localizada na área urbana de Manacapuru-AM, (Figura 4), bem como dados meteorológicos no interior de uma palafita ribeirinha (Figura 5).

Dito isso, buscou-se por uma família que aceitasse a instalação do equipamento em sua casa e que este permanecesse funcionando durante os três dias de pesquisa. Optou-se por instalar a referida estação em uma única casa da tipologia palafita que representa a maioria das habitações nas duas comunidades aqui analisadas. Para tanto, buscou-se uma palafita construída em madeira, com cobertura de telha metálica e sem forro, tipologia esta, característica da localidade analisada.

O equipamento foi instalado em uma casa na comunidade “Pesqueiro” (Figura 5), tendo em vista que a mesma seria visitada no primeiro e no terceiro dia de pesquisa, o que permitia a instalação e retirada do equipamento, possibilitando a coleta de dados nos três dias de análise, favorecendo, ainda, a logística da viagem. Outro fator importante na escolha da casa foram as questões de segurança do equipamento durante a pesquisa.

Para a coleta dos dados meteorológicos internos esta pesquisa baseou-se no trabalho de Hwang *et al.* (2009), que verificaram a correlação entre sensação térmica e insatisfação térmica para regiões de clima tropical. Para tal coleta utilizou-se uma estação meteorológica automática portátil (Figura 5) que

conta com sensores de temperatura de bulbo seco e bulbo úmido, anemômetro e termômetro de globo negro.



Figura 5: Estação meteorológica automática portátil e casa da tipologia palafita ribeirinha analisada. Fonte: Dos autores.

O equipamento foi instalado na comunidade ribeirinha “Pesqueiro”, medindo 48 horas ininterruptas, entre os dias 15 a 17 de agosto de 2017. Instalou-se a estação meteorológica em um cômodo na área central da residência e a coleta de dados meteorológicos deu-se das 10:00h do dia 15 de agosto de 2017 até as 10:50h, do dia 17 de agosto de 2017.

Para a verificação da situação de que dispõe a referida habitação utilizou-se do modelo de conforto adaptativo para o sudeste asiático, proposto por Nguyen, Singh e Reiter (2012). Os autores utilizaram-se de dados de 11 pesquisas desenvolvidas em regiões quente e úmidas do sudeste asiático, adotando critérios de seleção e padronização dos mesmos. O método utilizado para a construção do modelo de conforto adaptativo foi a regressão linear na qual a temperatura média de conforto de indivíduos foi plotada em relação a temperatura média mensal externa e os intervalos de confiança de 95% indicaram que a equação proposta pelos autores é confiável para aplicação dentro de faixa de temperatura média mensal externa de 24°C a 30°C (Nguyen; Singh; Reiter, 2012) apresentando-se adequada para a região de estudo aqui analisada. Deste modo, o modelo calcula a temperatura de conforto interna de um

ambiente, como uma função linear da temperatura média mensal externa e se dá por meio da Equação 1.

Equação 1

$$T_{\text{conforto}} = 0,341 T_{\text{a externo}} + 18,83$$

Os dados obtidos por meio da Equação foram analisados, discutidos e comparados aos dados coletados na habitação analisada nesta pesquisa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Dos questionários

Dos inquiridos, 66,67% eram moradores da comunidade “Pesqueiro” e 33,33%, moradores da comunidade “Rei Davi – Calado”. Esta discrepância entre o número de entrevistados nas duas comunidades deu-se em função da aplicação dos questionários ter ocorrido em dois dias na comunidade “Pesqueiro” e em apenas um dia na comunidade “Rei Davi – Calado”. Deste total, 73,91% eram adultos, 15,22% idosos e 10,87% adolescentes, sendo 68,75% do sexo feminino e 31,25% do sexo masculino. Este maior percentual feminino nas respostas é reflexo do período em que foram aplicados os questionários, período este da plantação do roçado, que é um trabalho desenvolvido em sua maioria pelos homens, resultando assim em um maior número de mulheres em casa durante o período em que ocorreram as entrevistas.

A idade média dos inquiridos, foi de 39,6 anos, com desvio padrão de 19,4 anos. A idade mínima foi de 13 anos, a máxima de 102 anos, sendo a mediana de 34,5 anos. 25% dos inquiridos tinham até 24 anos e 25% mais de 51 anos. Quanto ao IMC, 4,35% estavam muito abaixo do peso, 4,35% estavam abaixo do peso, 52,17% tinham peso normal, 23,91% acima do peso, 13,04% foram classificados como obesidade I e 2,17% foram classificados com obesidade tipo II. As questões de idade, peso e altura, não foram respondidas por apenas 2 indivíduos.

As mulheres que desenvolviam atividades domésticas, responsáveis pelo serviço da casa e dos filhos representam 65,93% do total de entrevistados, um valor significativo para esta pesquisa, tendo em vista o objetivo de identificar as condições internas de conforto térmico das habitações.

Das tipologias analisadas, 47,92% corresponderam ao tipo flutuante, 39,58% ao tipo palafita e 12,50% ao tipo casa no chão. Deste total, 75,00% eram constituídas em madeira, sendo que o restante se dividiu em alvenaria, mista I (madeira e alvenaria) e mista II (madeira e PVC). As coberturas metálicas apresentaram-se em 100% das habitações analisadas, nas quais 85,00% delas não utilizaram forro.

Foi identificado ainda que 85,11% das habitações contavam com o auxílio de ventilador para a melhora das condições de conforto térmico, 10,64% das casas possuía, além do ventilador, aparelhos de ar condicionado em alguns cômodos, 2,13% utilizavam ventilador e telas nas janelas propiciando que as mesmas ficassem abertas durante a noite e 2,13% não possuíam nenhum mecanismo visando a melhoria das condições climáticas. Todas as habitações dos entrevistados faziam uso de ventiladores durante o período de pesquisa.

A Tabela 1 apresenta a síntese dos resultados obtidos por meio do questionário, em porcentagem. Para esta análise, considerou-se as perguntas de número 2 a 5, apresentadas no questionário (Figura 3), que são as perguntas pertinentes à percepção, preferência e aceitação. Portanto, nesta análise, estas quatro perguntas do questionário serão nomeadas de “primeira” até a “quarta”.

Ao se atribuir valores numéricos às escalas adotadas foi possível a construção dos gráficos que são apresentados na Figura 6 (a, b, c) que indica os valores médios e respectivos intervalos de confiança para as variáveis estudadas.

Tabela 1: Respostas ao questionário.

PERGUNTA	08h30	12h30	20h30
Como se sente nesse exato momento?	47,00% - nem frio nem calor	2,08% - nem frio nem calor	2,08% - um pouco de frio
	31,25% - um pouco de calor	6,25% - um pouco de calor	25% - nem frio nem calor
	8,33% - calor	22,92% - calor	29,17% - um pouco de calor
	12,50% - muito calor	68,72% - muito calor	16,67% - calor
Nesse exato momento, em relação ao clima, eu estou:	66,67% - confortável	4,17% - confortável	31,25% - confortável
	16,67% - um pouco desconfortável	22,92% - um pouco desconfortável	31,25% - um pouco desconfortável
	14,58% - desconfortável	20,83% - desconfortável	20,83% - desconfortável
	2,08% - muito desconfortável	52,08% - muito desconfortável	16,67% - muito desconfortável
Nesse exato momento eu preferia sentir:	4,17% - muito mais frio	41,67% - muito mais frio	14,58% - muito mais frio
	16,67% - mais frio	22,92% - mais frio	37,5% - mais frio
	41,67% - um pouco mais de frio	27,08% - um pouco mais de frio	27,08% - um pouco mais de frio
	37,50% - sem mudanças	4,17% - sem mudanças	16,67% - sem mudanças
Aceita ou rejeita as condições climáticas desse ambiente?	37,50% - sem mudanças	2,08% - um pouco mais de calor	2,08% - um pouco mais de calor
	83,33% - aceita	2,08% - mais calor	2,08% - mais calor
	16,67% - rejeita	50% - aceita	77,08% - aceita
		50% - rejeita	22,92% - rejeita

Fonte: Dos autores.

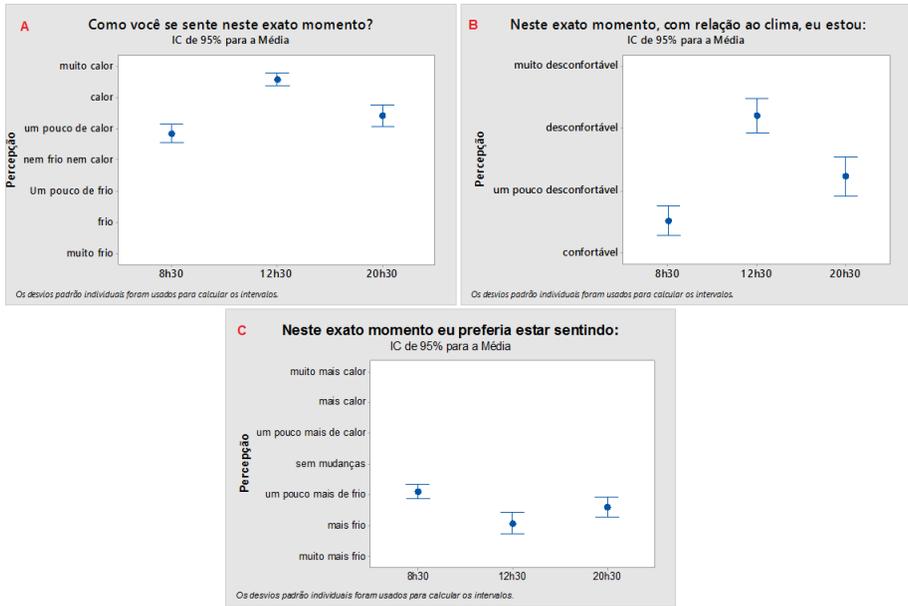


Figura 6: Valores médios e respectivos intervalos de confiança das variáveis analisadas.
Fonte: Dos autores.

A quarta e última pergunta trata da aceitação ou não das condições climáticas pelos inquiridos, dentro de suas casas e tem seus resultados ilustrados na Figura 7 e apresentados na Tabela 2.

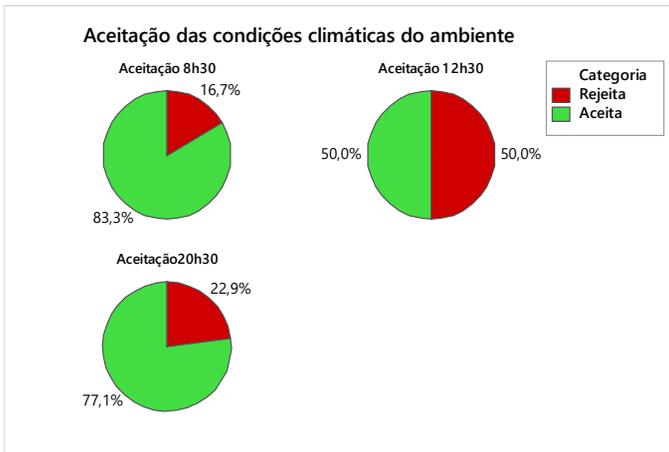


Figura 7: Representação gráfica da aceitação das condições climáticas do ambiente.
Fonte: Dos autores

Tabela 2: Proporção da aceitação das condições climáticas do ambiente e intervalo de confiança.

Variável	Proporção	Intervalo de Confiança
Aceitação 8h30	0,8333	[0,6978; 0,9252]
Aceitação 12h30	0,5000	[0,3522; 0,6478]
Aceitação 20h30	0,7708	[0,6269; 0,8780]

Fonte: Dos autores

Com base na Figura 7 e na Tabela 2, observa-se um ponto relevante na discussão acerca de percepção, preferência e aceitação. Embora a situação encontrada nas casas dos inquiridos denotem ambientes termicamente desconfortáveis para os mesmos mostrando que os ribeirinhos preferem ambientes mais frescos (Figura 6), a aceitação vai contra a sua percepção e preferência.

A literatura aponta para o fato de que pessoas habituadas à climas quentes tendem a se sentir confortáveis com temperaturas mais elevadas (De Dear; Leow; Foo, 1991; Nguyen; Reiter, 2014; Karyono *et al.*, 2015), bem como para o fato de que variáveis climáticas são apenas parte dos fatores influentes na percepção do conforto, que é formada sobretudo pela expectativa do usuário, cultura, religião, educação e experiência (Yang; Yan; Lan, 2014; Fabbri, 2015), da mesma forma que a adaptação do indivíduo consiste na diminuição da resposta humana aos padrões ambientais, e tal resposta pode se dar comportamental e fisiologicamente (Wong *et al.*, 2002; Halawaa; Hoof, 2012; Djamila; Chu; Kumaresan, 2013).

Contudo, embora percepção, preferência e aceitação sejam fundamentadas nos aspectos experimentados pelo indivíduo ao longo de sua vida (expectativa, experiência, cultura, religião e educação, entre outros), não há uma relação direta entre ambas. Observou-se aqui, que percepção e preferência são variáveis próximas quanto as respostas (Figura 6), no entanto distintas da variável aceitação (Figura 7). Tal fato, infere um questionamento acerca dos parâmetros que fundamentam a aceitação do usuário quanto ao ambiente.

Com vistas a uma análise quantitativa, entre os três grupos de casa (casa no chão, palafita e flutuante) e as três primeiras perguntas do questionário, com base no teste de Kruskal-Wallis, a Tabela 3 apresenta os níveis descritivos

e conclusões com relação à hipótese nula de que as médias são iguais para os três tipos de casa contra a hipótese alternativa de que pelo menos para um dos tipos de casa a média difere.

Tabela 3: Teste de Kruskal-Wallis para as três primeiras perguntas.

Variável	Valor-p	Conclusão
Como se sente neste exato momento 8h30	0,381	Iguais
Como se sente neste exato momento 12h30	0,249	Iguais
Como se sente neste exato momento 20h30	0,002	Diferentes
Neste exato momento em relação ao clima eu estou 8h30	0,154	Iguais
Neste exato momento em relação ao clima eu estou 12h30	0,527	Iguais
Neste exato momento em relação ao clima eu estou 20h30	0,002	Diferentes
Neste exato momento eu preferia estar sentindo 8h30	0,567	Iguais
Neste exato momento eu preferia estar sentindo 12h30	0,589	Iguais
Neste exato momento eu preferia estar sentindo 20h30	0,615	Iguais

Fonte: Dos autores.

Tanto para a pergunta “como você se sente neste exato momento” como para a pergunta “neste exato momento, em relação ao clima, eu estou” (Figura 8), ao nível de significância de 5% concluiu-se que a casa no chão apresenta menor valor médio, ou seja, as respostas indicaram estatisticamente que esta tipologia é termicamente mais confortável. Já a tipologia flutuante, apresentou maior valor médio, indicando que a mesma confere maior desconforto por calor aos usuários.

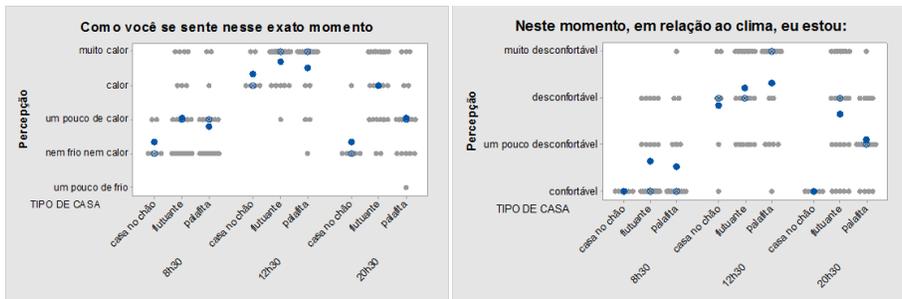


Figura 8: Representação gráfica do teste de Kruskal-Wallis
 Fonte: Dos autores.

As propriedades térmicas da terra e da água comportam-se de formas diferentes à insolação, ao ponto de que a água se aquece e se resfria de forma mais lenta que a terra, ou seja, enquanto a água tende a armazenar mais calor, a terra por sua vez o devolve mais rapidamente a atmosfera. Em geral, a água absorve cinco vezes mais calor, com a finalidade de aumentar a sua temperatura, em comparação a terra (Ayoade, 2003; Barry; Chorley, 2013). Souza, Aparo e Gomes (2011), identificaram que as temperaturas superficiais de uma habitação são mais baixas quando esta encontra-se em contato direto com o solo, corroborando com as afirmações de Ayoade (2003) e Barry e Chorley (2013) e com a diferença na percepção dos inquiridos entre os três grupos de casa, ao indicar a tipologia flutuante como a mais desconfortável para o horário das 20h30 e a casa no chão como a mais confortável para os três horários de análise.

Esta pesquisa também buscou por analisar estatisticamente, se haviam diferenças entre idade (idoso e não idoso), IMC (obesos e não obesos) e sexo (feminino e masculino), para a variável também dicotomizada “como se sente neste exato momento”, considerando que esta variável representa a pergunta mais característica do questionário, para a percepção humana do conforto térmico dos ribeirinhos em suas casas. Estas análises foram feitas por meio do teste de Fisher (Tabela 4).

Tabela 4: Níveis descritivos (valores-p) dos testes de Fisher.

Variável/horário	Ser idoso valor-p	Ser obeso valor-p	Sexo valor-p
Sentir calor ou muito calor às 8h30	0,636	1,000	0,703
Sentir calor ou muito calor às 12h30	0,056	1,000	1,000
Sentir calor ou muito calor às 20h30	1,000	1,000	0,366

Fonte: Dos autores.

Para todos os testes de independência realizados, não foram rejeitadas as hipóteses de independência. Entretanto, como no teste de Fisher de independência entre as variáveis “sentir calor ou muito calor” e “ser idoso”, para o horário das 12h30, o nível descritivo do teste ficou muito próximo do nível de significância adotado, há indicação de uma possível tendência para pessoas idosas sentirem menos calor que pessoas não idosas. Tal indicação pode vir a ser confirmada em pesquisa posterior, com um maior número de amostra.

A tendência aqui apontada corrobora com a literatura sobre humanos idosos e o conforto térmico dos mesmos, que aponta para diferenças na percepção do calor, de acordo com a idade. Para Gobo (2017), a população idosa é mais vulnerável, tendo em vista que pessoas mais velhas tem em geral um menor nível de atividade, ou seja, uma menor taxa metabólica quando comparada com pessoas mais novas, sendo este o principal motivo pelo qual preferem uma temperatura ambiente maior (Havenith, 2001; Tsuzuki; Iwata, 2002). Quanto a transpiração, Foster *et al.* (1976) encontrou uma redução nesta atividade em homens idosos, quando comparado à homens mais jovens. Da mesma forma, Tsuzuki e Ohfuku (2002), afirmam que idosos têm uma redução na sensibilidade ao calor em comparação a pessoas mais jovens, corroborando com o fato de que a capacidade de regular a temperatura corporal em idosos é reduzida, apontada por Havenith, (2001), confirmando ainda, o apontamento feito por Nguyen, Singh e Reiter (2012), que concluíram que indivíduos mais velhos tendem a preferir um ambiente um pouco mais quente.

Já para o IMC (obesos e não obesos), não se observou diferenças estatísticas. No entanto, a literatura aponta para diferença na percepção do calor

entre obesos e não obesos, afirmando que quanto maior o nível de gordura corporal, maior é a preferência por temperaturas mais baixas e tal fato se dá, pois, a condução de calor e o fluxo sanguíneo são influenciados diretamente pela gordura corporal (Zhang *et al.* 2001; Gobo, 2017).

Assim como para o IMC, não se observou diferenças estatísticas na percepção entre o sexo, entretanto, a literatura aponta para uma distinção na percepção de calor entre homens e mulheres. Kaciuba-Uscilko e Gruzca (2001), assim como Gobo *et al.* (2017) afirmam que mulheres apresentam uma menor tolerância à amplitude térmica, com base no fato de que, em geral, pessoas do sexo feminino tem menor massa corporal e magra, bem como uma menor taxa metabólica em repouso, quando comparadas aos homens. Karjalainen (2012), em uma revisão literária acerca da diferença de gênero no conforto térmico concluiu que mulheres apresentam maior insatisfação quanto ao ambiente térmico quando comparadas aos homens. Para o autor elas são mais sensíveis aos desvios de um ambiente térmico e sentem-se menos satisfeitas com temperaturas mais baixas, necessitando de controle individual de temperatura e de ações adaptativas. No entanto Gobo *et al.* (2017) indica que as mulheres são mais sensíveis aos estímulos quentes e frios (limiares mais baixos para a detecção do estímulo) do que os homens, bem como possuem uma sensação de calor mais forte para o estímulo quente (Gobo *et al.*, 2017; Gerrett *et al.*, 2014).

Em contrapartida a literatura que confirma a diferença entre idade, IMC e sexo, Frontczak e Wargocki (2011) afirmam que na avaliação da qualidade ambiental interior, fatores pessoais como idade, massa corporal, saúde, ciclo menstrual, tabagismo, dentre outros, não afetam a satisfação geral com o ambiente. No entanto, a maioria das pesquisas analisadas pelos autores, tratava-se de edifícios comerciais e tal observação abre questionamentos sobre as reais influências das características pessoais apontadas pelos autores, na percepção e satisfação humana quanto a ambientes residenciais.

Observou-se que a literatura aponta para a diferença na percepção e preferência das três variáveis dicotomizadas analisadas nesta pesquisa: idade, IMC e sexo. Embora os testes estatísticos aqui utilizados tenham apontado apenas uma tendência na diferença da percepção para idade, há evidências na

literatura de que IMC e sexo também sejam influentes na percepção do calor, o que pode ter sido diretamente influenciado aqui, pelo tamanho da amostra.

3.2 Do modelo de conforto adaptativo

A habitação analisada (Figura 5) é constituída de madeira originada da espécie cumaru e a cobertura é de telha de zinco, visivelmente oxidada pelo tempo. Partes da casa possuem forro de madeira, enquanto outras não dispõem de forração e com base nisso, instalou-se a estação meteorológica em um dos cômodos sem forro, tendo em vista que a maioria das casas ribeirinhas visitadas não o utilizam, proporcionando que o equipamento coletasse dados que melhor representassem as casas locais.

É importante destacar que a casa analisada dispõe de grandes beirais que permitem a proteção das aberturas em épocas de chuvas, bem como da radiação solar, além de oportunizar um espaço de convivência na varanda da casa, no entanto tal situação não é encontrada na maioria das habitações observadas durante o período de pesquisa (Figura 9).



Figura 9: Habitações ribeirinhas da comunidade “Pesqueiro”.
Fonte: Dos autores.

A habitação analisada (Figuras 5 e 10) possui 134,56 m² de área e considerando a varanda, possui 285,94 m². Com orientação noroeste, apresenta

uma arquitetura detalhada, quando comparada às casas da região, com o uso de madeiras originadas da espécie de cumaru, dispostas na diagonal, alterando o sentido de dois em dois montantes. As paredes externas são finas, com tábuas pregadas de 2,3 cm de espessura. As divisões internas do ambiente contam com paredes baixas com forração em alguns cômodos. A habitação encontra-se elevada por pilotis a 1,4m do chão proporcionando a troca de calor por meio do piso. Possui três quartos, uma sala e uma cozinha, além de um banheiro localizado na varanda. As repartições internas são constituídas de madeira e os cômodos não possuem portas, apenas cortinas. A cobertura constituída de telha de zindo tem estrutura de tesouras espaçadas a cada 2,90m, com telhas de zinco e o pé direito de 2,4 m.

Na investigação de aspectos relacionados as questões de conforto térmico, a composição do volume arquitetônico (piso, parede e cobertura) tem grande importância na fundamentação da discussão e neste sentido a NBR 15220-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005) apresenta recomendações para a zona brasileira bioclimática 8 (zona onde se insere o município de Manacapuru-AM), sugerindo ventilação cruzada permanente, estratégia utilizada apenas durante o dia nas casas ribeirinhas (os moradores locais têm o hábito de fechar suas casas no fim do dia para evitar que insetos e pequenos animais adentrem o ambiente). Sugere também o sombreamento das fachadas e aberturas, estratégia que é utilizada na casa aqui analisada, porém, é negligenciada na maioria das habitações locais. A norma recomenda ainda que os cômodos de permanência prolongada sejam evitados na face oeste e na habitação em questão, tais cômodos estão voltados a nordeste e sudeste.

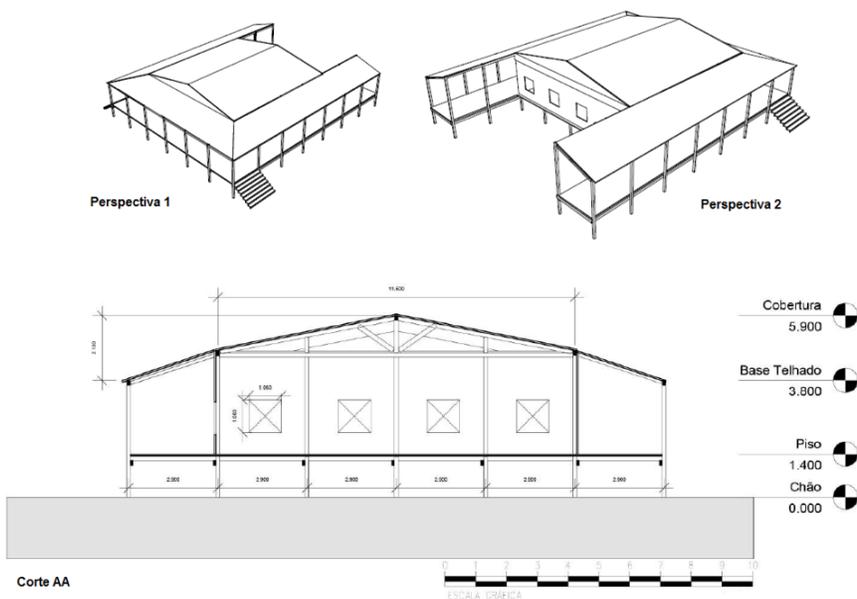


Figura 10: Perspectivas e corte da habitação analisada.
 Fonte: Dos autores.

A teoria do conforto térmico estável proposta por Fanger (1970), foi confrontada inicialmente por Nicol e Humphreys (1972), que apresentaram o conceito de adaptação do ocupante a situações de desconforto térmico, fato este que não era considerado por Fanger. A partir disso, diversas pesquisas foram desenvolvidas, considerando o potencial do modelo adaptativo de conforto, que proporciona uma grande capacidade de economia de energia ao considerar que os ocupantes se adaptam às mudanças do clima externo, por meio de alterações em seu comportamento (Mccartney; Nicol, 2002; Nguyen; Singh; Reiter, 2012).

Nguyen, Singh e Reiter (2012) desenvolveram um modelo de conforto adaptativo para edificações naturalmente ventiladas em regiões quentes e úmidas do sudeste asiático, região de mesmo tipo climático de Manacapuru-AM. O modelo proposto pelos autores calcula a temperatura de conforto interna como uma função linear da temperatura média mensal externa, tendo em vista que no decorrer de um mês, as variações de temperatura externa em

climas quente e úmido durante o dia são mínimas, o que valida o uso da média mensal externa para cálculo da temperatura de conforto (AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AN AIR-CONDITIONING ENGINEERS-ASHRAE, 2010; Nguyen; Singh; Reiter, 2012; Toe; Kubota, 2013; Mishra, 2015). Nguyen, Singh e Reiter (2012) examinaram o PMV-PPD corrigido por Fanger e Toftum (2002), para ambientes naturalmente ventilados em clima quente e umido, no entanto não recomendam sua aplicação para estudos de conforto semelhantes.

A equação de conforto obtida por Nguyen, Singh e Reiter (2012) é próxima as equações fornecidas pela ASHRAE 55-2004 e pela norma europeia EN15251, o que aponta para uma tendência convergente nos estudos de conforto adaptativo (NGUYEN; SINGH; REITER, 2012), no entanto, de acordo com Mishra e Ramgopal (2013), o modelo de conforto térmico adaptativo para regiões quentes e úmidas do sudeste asiático, apresenta menor erro geral na previsão do conforto, quando comparado a EN15251 e a ASHRAE 55-2004, tornando-o uma preferível e lógica escolha.

Da mesma forma, Lachireddi, Muthukumar e Subudhi (2017) também indicam o uso do modelo para o sul da Índia, região de mesmo tipo climático de Manacapuru-AM e afirmam que os modelos de conforto proposto pela EN15251 e pela ASHRAE 55 (2004) não são adequados para prever a temperatura de conforto naquela região.

Com base nisso aplicou-se a equação do modelo de conforto adaptativo (Equação 1) para o sudeste asiático aos dados climáticos de Manacapuru-AM, com o objetivo de verificar se as temperaturas internas da habitação ribeirinha analisada correspondem a temperatura de conforto obtida no modelo. Para tanto, utilizou-se a média mensal de temperatura para agosto de 2017, obtida por meio da estação meteorológica automática do INMET, localizada na área urbana do município.

A faixa de conforto com 80% de aceitação para a Equação 1 é de aproximadamente ± 3 °C em torno da temperatura de conforto apontada pelo modelo (Nguyen; Reiter, 2014) e o resultado da aplicação do modelo está apresentado na Tabela 5.

Tabela 5: Temperaturas de conforto obtidas pelo modelo Nguyen, Singh e Reiter (2012).

Média externa mensal	Temperatura média (°C)	Temperatura de conforto por Nguyen, Singh e Reiter (2012) (°C)	Faixa de temperatura de conforto por Nguyen e Reiter, (2014) (°C)
Agosto de 2017 em Manacapuru-AM (INMET)	28,3	28,4	25,4 a 31,4

Fonte: Dos autores.

De acordo com a Tabela 5, o modelo sugere a temperatura de conforto para a Manacapuru-AM de 28,4°C. Diante do resultado obtido pelo modelo, buscou-se compará-lo com os dados encontrados na casa analisada nesta pesquisa, com a finalidade de verificar se a habitação proporciona períodos dentro da faixa de conforto proposta pelo modelo e compreender se sua tipologia e estratégias construtivas são favoráveis àquela região.

Para tal comparação, utilizou-se das médias horárias de temperatura do ar, referentes ao dia 16 de agosto de 2017, como dia característico dentro do período de pesquisa nas comunidades ribeirinhas de Manacapuru-AM, tendo em vista que este dia teve medições completas durante 24 horas ininterruptas.

A Tabela 6, apresenta as médias horárias de temperatura do ar interno e destaca os períodos em que a habitação não atingiu a faixa de temperatura de conforto indicada pelo modelo, a partir da temperatura média do mês de agosto de 2017, bem como na Figura 11, que ilustra tais dados. Observou-se que esta temperatura é atingida durante o período que compreende às 18h00 às 08h00, proporcionando um período de 15 horas dentro da faixa de conforto. Ao observar a média diária de temperatura do ar de 29,7 °C, referente ao dia 16 de agosto de 2017 na habitação, percebeu-se que a mesma se encontrava dentro da faixa de conforto indicada pelo modelo.

Tabela 6: Temperatura média horária da habitação analisada.

Horário	Temperatura Média (°C)
00:00	27,9
01:00	27,5
02:00	27,2
03:00	27,0
04:00	27,3
05:00	27,0
06:00	27,1
07:00	28,6
08:00	30,0
09:00	32,1
10:00	33,8
11:00	35,1
12:00	35,7
13:00	36,1
14:00	36,3
15:00	35,4
16:00	34,0
17:00	32,5
18:00	31,4
19:00	30,8
20:00	30,0
21:00	29,0
22:00	27,9
23:00	27,4

Fonte: Dos autores.

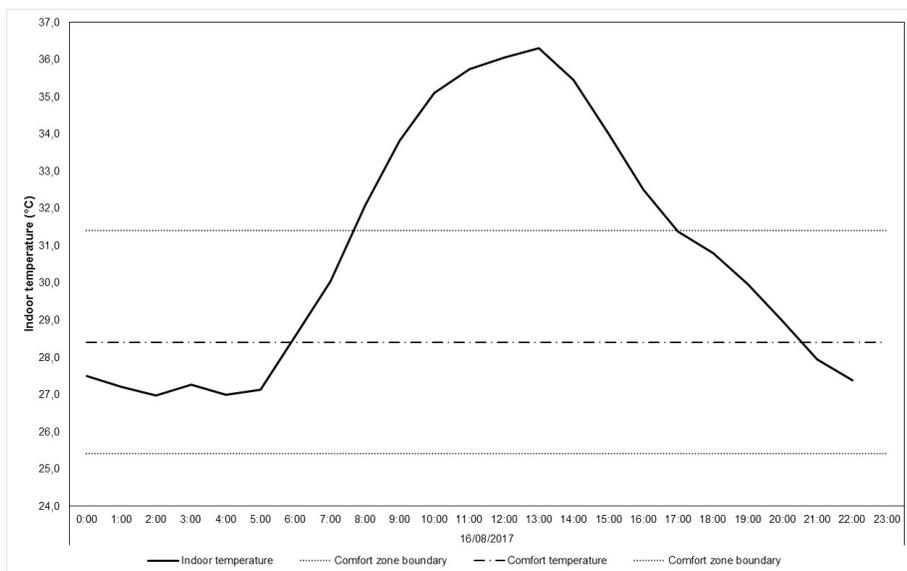


Figura 11: Marcha horária da temperatura interna do ar e o modelo de conforto adaptativo por Nguyen, Singh e Reiter (2012).
 Fonte: Dos autores.

Para melhor compreender se o modelo de conforto proposto por Nguyen, Singh e Reiter (2012) é válido para a situação real de Manacapuru-AM, especialmente nas comunidades ribeirinhas do município, fez-se uma relação das repostas referentes a pergunta “como se sente nesse exato momento” do questionário, com a temperatura de conforto obtida por meio do modelo.

Como já mencionado anteriormente a aplicação dos questionários deu-se em três períodos do dia, 08h30, 12h30 e 20h30 e com base no resultado obtido por meio do modelo, apenas o período das 12h30 não se encontra dentro da faixa de temperatura de conforto. Porém, as respostas ao questionário (Tabela 1) indicam que para o período das 08h30, 47% das repostas são para “nem frio nem calor”, o que significa que estes inquiridos encontram-se em conforto e para as 12h30, 68,72% das repostas indicam “muito calor”. Já o período das 20h30, não apresenta repostas com grande concentração como os demais, pois 29,17% são para “um pouco de calor”, seguidos de 27,08% para “muito calor”, 25% para “nem frio nem calor”, 16,67% para “calor” e 2,08% para “um pouco de frio”, no entanto, de acordo com as repostas para este período, 72,92% das repostas concentram-se entre “um pouco de calor” e “muito calor”.

Com base na escala de 7 pontos da ASHRAE, observou-se que apenas no período das 08h30, um maior número de inquiridos encontrava-se na faixa de conforto, levantando pontos importantes a serem discutidos. Como já mencionado anteriormente, a habitação monitorada durante o período de pesquisa dispõe de grandes beirais que permitem a proteção das aberturas em épocas de chuvas e conseqüentemente o uso da ventilação cruzada durante estes períodos, bem como a proteção da radiação solar, atendendo as recomendações projetuais a zona bioclimática (NBR 15220-3, 2005), no entanto a maioria das casas observadas durante a pesquisa não utilizam destas estratégias, privando-as dos benefícios do uso das mesmas.

As respostas ao questionário aqui analisadas, não correspondem apenas aos inquiridos que residiam na casa objeto de estudo da presente pesquisa, casa esta que faz uso de algumas estratégias para a melhoria das condições climáticas internas, mas sim de inquiridos que residiam nas duas comunidades observadas, nas quais a maioria das habitações não apresentava um desenho construtivo favorável as condições climáticas locais. Das casas visitadas, 47,92% eram da tipologia flutuante, que ao nível de significância de 5% apresentou maior valor médio indicando que a mesma conferia maior desconforto por calor aos usuários, o que influenciou diretamente nas respostas dos inquiridos.

O uso do modelo adaptativo de conforto se dá considerando que o ser humano se adapta às mudanças climáticas do ambiente externo (McCartney; Nicol, 2002; Nguyen; Singh; Reiter, 2012) e seu uso oferece um grande potencial para economia de energia, além de favorecer o uso de estratégias bioclimáticas com vistas ao desenvolvimento sustentável (Abiodun, 2014), em um contexto atual em que os projetos construtivos devem ultrapassar os ambientes controlados artificialmente, a favor da natureza e não contra ela (Mishra; Rimgopal, 2013).

Deste modo, a validação dos modelos de conforto adaptativo se dá paralelo ao uso de estratégias bioclimáticas que favoreçam a otimização das condições climáticas internas de uma edificação. Trata-se de um desenvolvimento arquitetônico integrado com vistas à diminuição do uso de mecanismos ativos para a promoção do conforto, com a finalidade de potencializar o uso de mecanismos bioclimáticos passivos.

Assim, ao considerar-se a Tabela 6 e a Figura 11, que apresentam o cenário interno de uma habitação que utiliza de algumas estratégias bioclimáticas e atende a algumas das recomendações da normativa brasileira, pode-se observar que a referida habitação proporciona 16 horas dentro da faixa de conforto apontada pelo modelo de Nguyen, Singh e Reiter (2012), indicando que com a utilização correta de estratégias bioclimáticas, as 16 horas dentro da faixa de conforto aqui indicada, podem ser aprimoradas para um maior período. Tal fato indica ainda, um potencial de melhoria nas condições climáticas internas das demais habitações observadas nas comunidades ribeirinhas de Manacapuru-AM, que podem sofrer intervenções de adaptação, da mesma forma que futuras habitações locais podem ser concebidas, com base no modelo adaptativo de conforto proposto pelos autores, aliado a estratégias bioclimáticas para o clima local.

No entanto, a norma brasileira, NBR 15575, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) considera a resposta térmica global dinâmica de uma edificação, quando exposta a um tipo climático específico, indicando faixas de desempenho: mínimo, intermediário e superior, conforme o Quadro 1.

Quadro 1: Faixa de desempenho para um dia típico de verão

FAIXA DE DESEMPENHO	DESEMPENHO
Mínimo	Temperatura máxima interna < temperatura máxima externa
Intermediário	Temperatura máxima interna < temperatura máxima externa (menos 2°C)
Superior	Temperatura máxima interna < temperatura máxima externa (menos 4°C)

Fonte: NBR 15575 (2013).

Com base no exposto no Quadro 1, fez-se um comparativo entre as temperaturas máximas internas e externas, conforme a Figura 12 e observou-se que a habitação confere temperaturas máximas superiores ao ambiente externo, não atendendo sequer, o desempenho mínimo apontado na norma brasileira, indi-

cando uma discrepância entre as respostas da habitação ao modelo de conforto adaptativo para regiões de clima quente e úmido e a norma brasileira.

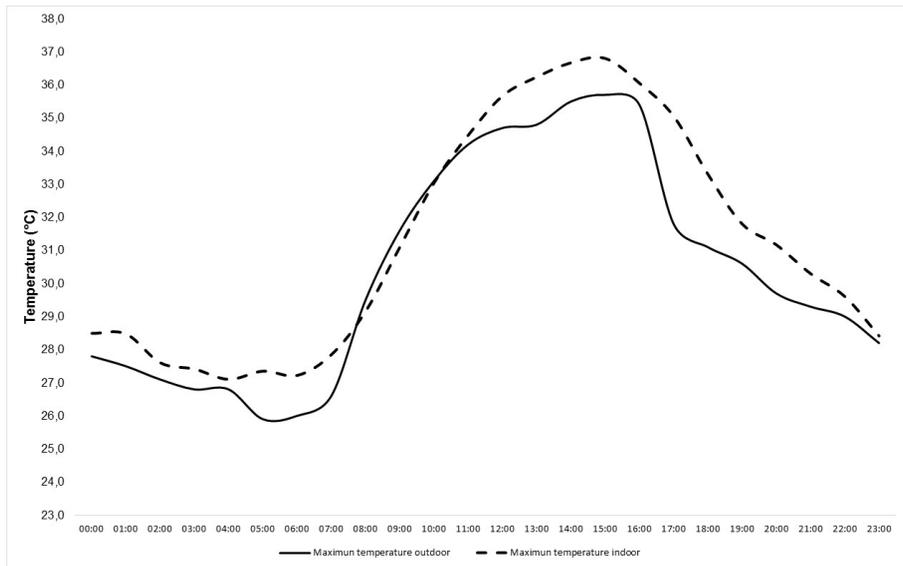


Figura 12: Temperatura máxima interna e externa.
Fonte: Dos autores.

Porém, um ponto importante observado nesta pesquisa está apresentado na Figura 7 e na Tabela 1, que abordam a aceitação do usuário às condições climáticas de suas casas, nas quais observou-se que embora os usuários percebam um ambiente desconfortável por calor e prefiram um ambiente mais fresco, os mesmos aceitam àquelas condições. Este fato está diretamente ligado aos aspectos experimentados pelo indivíduo ao longo de sua vida, bem como às questões adaptativas do ser humano, indicando que o usuário está adaptado e aclimatado ao ambiente em que vive, confirmando os apontamentos de De Dear, Leow e Foo (1991), Lobo e Bittencourt (2003), Feriadi e Wong (2004), Candido *et al.* (2010 a), Candido *et al.* (2010 b) Frontczak e Wargocki (2011), Candido, De Dear e Lamberts (2011), Nguyen, Singh e Reiter (2012), Gobo *et al.* (2017) e Gobo, Galvani e Wollmann (2018).

Desta forma, pode-se afirmar que habitantes de clima quente e úmido, são menos suscetíveis as temperaturas elevadas, assim como a valores elevados

de umidade relativa do ar, corroborando com o fato aqui apontado de que estratégias bioclimáticas aliadas a modelos de conforto adaptativos, são um positivo mecanismo na redução do uso de meios ativos para a promoção do conforto, em contrapartida ao disposto na norma brasileira de desempenho.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a finalidade de elucidar os objetivos desta pesquisa, a análise estatística levantou pontos importantes que foram discutidos durante a investigação e demonstrou eficiência na comprovação dos resultados, evidenciando por meio das respostas, que a percepção e preferência dos inquiridos apontam para ambientes mais frescos, no entanto os mesmos aceitam aquela situação climática.

Estatisticamente, observou-se ainda que a casa no chão é a tipologia mais confortável para o período das 20h30, enquanto a tipologia flutuante é a mais desconfortável por calor no mesmo período.

Ao analisar gênero, idade e IMC, não observou-se diferenças estatísticas na percepção do calor, porém os testes apontaram para uma possível tendência ao fato de que pessoas idosas são menos sensíveis ao calor para o período das 12h30, corroborando a literatura sobre humanos idosos abordada na discussão. Tais evidências poderiam ser melhor observadas e evidenciadas com uma amostra maior de respostas, demonstrando assim, uma limitação da presente pesquisa.

Observou-se que a habitação analisada faz uso de estratégias apontadas na normativa brasileira e que tais estratégias adotadas pela casa como grandes beirais para proteção da radiação e de chuvas, orientação favorável dos cômodos de permanência prolongada e o uso da ventilação cruzada, mesmo que somente durante o dia, proporcionam um período de 16 horas diárias, para o período de análise, dentro da faixa de temperatura de conforto indicada pelo modelo adaptativo proposto.

Tal análise fez perceber que devido as limitações da pesquisa (aquisição de apenas uma estação meteorológica automática portátil e pouco período de

análise *in loco*), bem como de aspectos referentes a segurança do equipamento, o mesmo ficou instalado em uma habitação que faz uso de algumas estratégias bioclimáticas não utilizadas pela maioria das casas observadas durante a pesquisa. Este fato foi significativo nas respostas dos inquiridos quando comparados a análise meteorológica interna, pois as respostas refletem, em suma, a habitações que não utilizam de estratégias para a otimização do conforto, como na casa em que instalou-se o equipamento de medição.

Ao mesmo ponto em que essas restrições da pesquisa apresentam limitações aos resultados, percebe-se que estratégias simples, como as utilizadas na habitação analisada, podem promover 16 horas dentro da faixa de conforto apontada pelo modelo de conforto adaptativo, que demonstra ser eficaz para aplicação em clima quente e úmido no Brasil, confirmando a tendência já apontada no desenvolvimento desta pesquisa, para a concepção de uma arquitetura adequada ao clima em que se insere, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

Contudo, observou-se que o método utilizado nesta pesquisa foi positivamente eficaz e contribuiu para a melhor compreensão local das condições de conforto térmico de comunidades ribeirinhas da Amazônia Brasileira. Sugere-se que futuras pesquisas sejam realizadas utilizando de um maior período de análise e coleta de dados, bem como que a mesma seja realizada sazonalmente e utilização de mais unidades da estação meteorológica automática portátil, com a finalidade de averiguar a situação de todas as tipologias construtivas disponíveis na região de estudo, propiciando uma comparação da situação climática das mesmas. Sugere-se também que pesquisas futuras verifiquem as indicações da norma brasileira de desempenho.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Fundo Mackenzie de Pesquisa (Mack Pesquisa), ao grupo de pesquisas “Sistemas construtivos da arquitetura contemporânea”, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie (FAU UPM), em especial a aluna Ana Terzian, pelo auxílio durante o estudo e aos moradores das comunidades ribeirinhas “Pesqueiro” e “Rei Davi – Calado”, pela receptividade e colaboração durante a pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABIODUN, O. E. Investigating the Applicability of Adaptive Comfort Model in a Naturally Ventilated Student Housing in Nigeria. **Global Journal of HUMAN-SOCIAL SCIENCE**: B. V. 14, n. 1, p. 43-52, 2014.

ALVARES CA; STAPE JL; SENTELHAS PC; GONÇALVES JLM; SPAROVEK G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. V. 22, p. 711-728, 2013

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AN AIR-CONDITIONING ENGINEERS, Inc. ASHRAE 55, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. **ASHRAE**, Atlanta, GA. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-3**. Desempenho Térmico de Edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. 2005.

_____. **NBR 15.575**. Edifícios habitacionais de até cinco Pavimentos. 2013.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 332 p. 2003.

BARRY R. G.; CHORLEY R. J. **Atmosfera tempo e clima**. Porto Alegre: Bookman, ed.9. 2013.

CÂNDIDO, C.; DE DEAR, R; LAMBERTS, R. Combined thermal acceptability and air movement assessments in a hot humid climate. **Building and Environment**. V. 46, p. 379-385, 2011.

DE DEAR, R.; LEOW, K.G.; FOO, S.C. Thermal comfort in the humid tropics: Field experiments in air conditioned and naturally ventilated buildings in Singapore. **International Journal of Biometeorology**, V. 34, p.259-265, 1991.

DJAMILA, H.; CHU, C.; KUMARESAN, S. Field study of thermal comfort in residential buildings in the equatorial hot-humid climate of Malaysia. **Building and Environment**. V. 62, p. 133-142, 2013.

FABBRI, K. Indoor **Thermal Comfort Perception – A questionnaire approach focusing on Children**. Editora Springer, 293p, 2015.

FANGER P. O. **Thermal comfort**. Danish Technical press. Copenhagen; 1970.

FOSTER, K. G.; ELLIS, F. P.; DORE, C.; EXTON-SMITH, A. N.; WEINER, J. S. Sweat responses in the aged. **Age and Ageing**, V. 5(2), p.91-101, 1976.

FRONTCZAK, M.; WARGOCKI, P. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. **Building and Environment**. V. 46, p. 922-937, 2011.

GERRETT, N.; OUZZAHRA, Y.; COLEBY, S.; HOBBS, S.; REDORTIER, B.; VOELCKER, T.; HAVENITH, G. Thermal sensitivity to warmth during rest and exercise: a sex comparison. **Eur. J. Appl. Physiol**. V. 114 (7), p.1451-1462, 2014.

GOBO, J. P. A. **Bioclimatologia subtropical e modelização do conforto humano: da escala local à regional**. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH), Universidade de São Paulo (USP). 396 p. 2017.

GOBO, J. P. A.; BORGES, D. C.; BARATTO, J.; SILVEIRA, T. S.; ONÇA, D. S.; FARIA, M. R.; GALVANI, E. Avaliação da percepção climática de homens e mulheres e do conforto térmico em Santa Maria-RS. **Boletim Paulista de Geografia**. V. 96, p. 31-50, 2017.

GOBO, J. P. A.; ALVES, R. R.; SILVEIRA, T. S.; ONÇA, D. S.; MONTEIRO, L. M.; WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. A influência do vento regional na sensação térmica de pedestres em espaços urbanos abertos: estudo de

caso do vento norte em Santa Maria-RS. **Revista Raega Espaço Geográfico em Análise**. V. 40, p. 110-129, 2017.

GOBO, J. P. A.; GALVANI, EMERSON; WOLLMANN, C. A. . Subjective human perception of open urban spaces in the Brazilian subtropical climate. **Climate**. V. 6, p. 1-12, 2018.

HALAWAA, H.; VAN HOOFF, J. The adaptive approach to thermal comfort: A critical overview. **Energy and Buildings**. V. 51, p. 101–110, 2012.

HAVENITH, G. Temperature regulation and technology. **Gerontechnology**. V. 1(1), 2001, p.41-49.

HWANG, R.; CHENG, M.; LIN, T.; HO, M. Thermal perceptions, general adaptation methods and occupant's idea about the trade-off between thermal comfort and energy saving in hot-humid regions. **Building and Environment**. V. 44, p. 1128–1134, 2009.

INTERNACIONAL ORGANIZATION STANDARDIZATION - **ISO 10551**. Ergonomics of the Thermal Environment – Assessment of the Influence of the Thermal Environment Using Subjective Judgement Scales. Geneva. 1995.

KACIUBA-USCILKO, H.; GRUCZA, R. Gender differences in thermoregulation. **Curr Opin Clin Nutr Metab Care**, V. 4, p.533-536, 2001.

KARJALAINEN, S. Thermal comfort and gender: a literature review. **Indoor Air**. V. 22, p. 96–109, 2012.

KARYONO, T. H.; SRI, E.; SULISTIWAN, J. G.; TRISWANTI, Y. Thermal Comfort Studies in Naturally Ventilated Buildings in Jakarta, **Indonesia. Buildings**. V. 5, p. 917-932, 2015.

LACHIREDDI, G. K. K.; MUTHUKUMAR, P.; SUBUDHI, S. Thermal comfort analysis of hostels in National Institute of Technology Calicut, India. **Sādhanā**. V. 42, n. 1, January 2017, p. 63–73.

LÔBO, D. G. F.; BITTENCOURT, L. S. A influência dos captadores de vento na ventilação natural de habitações populares localizadas em climas quentes e úmidos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre. V. 3, n. 2, p. 57-67, abr./jun. 2003.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia – noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos. 205 p. 2007.

MCCARTNEY, K.J.; NICOL, J. F. Developing an adaptive control algorithm for Europe. **Energy and Buildings**. V. 34, p.623–35, 2002.

MISHRA, A. K. RAMGOPAL, M. adaptive thermal comfort standards — the way out for burgeoning building energy needs of Índia. **3rd National Conference on Refrigeration and Air Conditioning**. 2013.

MISHRA, A. K. RAMGOPAL, M. An adaptive thermal comfort model for the tropical climatic regions of India (Koppen climate type A). **Building and Environment**. V. 85, p. 134-143, 2015

MONTEIRO, C. A. F. O clima da Região Sul. In: **Geografia Regional do Brasil: Grande Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE/Conselho Nacional de Geografia. V.4. p. 117-169. 1968.

NEVES, L. O. **Arquitetura Bioclimática e a Obra de Severiano Porto: Estratégias de Ventilação Natural**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

NICOL, J. F.; HUMPHREYS, M. A. Thermal comfort as part of a selfregulating system. **Proceedings of the CIB Symposium on Thermal Comfort, Building Research Establishment**. Watford; 1972.

NOGUEIRA, R. L. B. Arquitetura Vernacular e Paisagem Amazônica: um Caminho na Busca pelo Habitar Poético. **Revista da Abordagem Gestáltica - Phenomenological Studies - XXII(2)**: 171-180, jul-dez, 2016.

NGUYEN, A. T.; SINGH, M. K.; REITER, S. An adaptive thermal comfort model for hot humid southeast Asia. **Building and Environment**. V. 56, p.291–300, 2012.

NGUYEN, A. T.; REITER, S. Passive designs and strategies for low-cost housing using simulation-based optimization and different thermal comfort criteria. **Journal of Building Performance Simulation**. V. 7:1, p. 68-81, 2014.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. A. **Arquitetura Ribeirinha sobre as águas do Amazônia – O habitat em ambientes complexos**. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. 203 p. 2009.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE – OMS. Classificação do IMC (2004). Disponível em: http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html acesso em: 20 de fev. de 2018.

SAMPAIO, M. R.A.; LENCIONE, S. **Casas do Brasil: Habitação Ribeirinha na Amazônia**. São Paulo/SP: Museu da Casa Brasileira, 2013.

SIEGEL; S.; CASTELLAN JR., N. J. **Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento: Métodos de Pesquisa**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

SCHMID, A. L. **A Idéia de Conforto: reflexões sobre o ambiente construído**. Curitiba: Pacto Ambiental, 2005.

SOUZA, H. A.; AMPARO, L. R.; GOMES, A. P. Influência da inércia térmica do solo e da ventilação natural no desempenho térmico: um estudo de caso de um projeto residencial em light steel framing. **Amiente Construído**, Porto Alegre. V. 11, n. 4, p. 113-128, out./dez. 2011.

TOE, D. H. C.; KUBOTA T. Development of an adaptive thermal comfort equation for naturally ventilated buildings in hot-humid climates using

ASHRAE RP-884 database. **Frontiers of Architectural Research**. V. 2, p. 278–291, 2013.

TSUZUKI, K.; IWATA, T. Thermal comfort and thermoregulation for elderly people taking light exercise. In: LEVIN, H. (ed.). **Proceedings of Indoor Air '02**. Monterey - CA, 2002, p. 647-652.

TSUZUKI, K.; OHFUKU, T. Thermal sensation and thermoregulation in elderly compared to young people in Japanese winter season. In: LEVIN, H. (ed.). **Proceedings of Indoor Air '02**. Monterey - CA, 2002.

WONG, N.H.; FERIADI, H.; LIM, P.Y.; THAM, K.W.; SEKHAR, C.; CHEONG, K.W. Thermal comfort evaluation of naturally ventilated public housing in Singapore. **Building and Environment**. V. 37, p. 1267 – 1277, 2002.

YANG, L.; YAN, H.; LAM, J. C. Thermal comfort and building energy consumption implications – A review. **Applied Energy**. V. 115, p. 164–173, 2014.

ZHANG, H.; HUIZENGA, C.; ARENS, E.; YU, T. Considering individual physiological differences in a human thermal model. **J Therm Biol**. V. 26, p.401-408, 2001.

CAPÍTULO 2

VULNERABILIDADE NATURAL À EROSIÃO EM BACIA HIDROGRÁFICA DA AMAZÔNIA OCIDENTAL: CENÁ- RIOS E POSSIBILIDADES¹

NATURAL VULNERABILITY TO EROSION IN THE WES- TERN AMAZON HYDROGRAPHIC BASIN: SCENARIOS AND POSSIBILITIES

Dorisvalder Dias Nunes

Michel Watanabe

Tamires Cunha de Aguiar

Adriana Cristina da Silva Nunes

Gizele Carvalho Pinto

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios para a Amazônia neste século está centrado no problema da gestão de seus recursos hídricos, quando se considera o gigantismo de sua malha hidrográfica. As alterações promovidas nos últimos 40 anos na biota amazônica, particularmente as que vêm sendo registradas na Amazônia Sul Ocidental, têm sido determinantes na modificação da paisagem natural de suas bacias hidrográficas (Nunes *et al.*, 2015).

Algumas destas alterações foram motivadas por questões como: a) grandes investimentos governamentais em infraestrutura de transporte rodoviário e aquaviário; b) avanço do agronegócio da soja e da pecuária; e finalmente c) pela demanda energética nacional expressa na área de estudo pelas hidrelétri-

¹ Este Capítulo é resultado de estudo realizado e financiado com recursos do CNPq - Processo nº 483586/2011-0, entre os anos de 2011 a 2014.

cas de Jirau e Santo Antônio (Nunes *et al.*, 2005; Nunes *et al.*, 2011). O estado de Rondônia tem sido um dos estados da federação com maior descontrole no desmatamento da região amazônica, cujas trajetórias indicam que este processo deve se concentrar para os próximos anos na porção Norte do estado, local onde se encontra a área de abordagem deste estudo (Piontekowski *et al.*, 2019).

A área de escolha foi a bacia hidrográfica do São Francisco (Cf.: Fig. 1), a qual está sob a influência direta e indireta de dinâmicas territoriais notadamente marcadas pelos empreendimentos hidroelétricos, além de ser alvo do processo de expansão da pecuária e da soja (Rivero *et al.*, 2009; Ribeiro & Veríssimo, 2007; Fearnside, 2019), características que traduzem alguns dos principais problemas motivadores para análise da vulnerabilidade na área.

O presente estudo foi realizado entre os anos de 2011 a 2014 e financiado com recursos do CNPq. Tem sua relevância para o planejamento e gestão territorial de bacias hidrográficas. É também a continuidade de estudos análogos já realizados em outras bacias, como foi o caso da bacia do rio Mutum-Paraná, onde os problemas descritos aqui guardam semelhanças, que são recorrentes hodiernamente (Nunes, 2012). As intervenções humanas no alto rio Madeira têm caracterizado práticas agrícolas em áreas com declividade (nem tanto acentuadas), seguidas também da exploração madeireira e do desmatamento contínuo de encostas e margens de rios, o que tem propiciado a redução da infiltração de água no solo e, por conseguinte, o aumento do fluxo superficial. Estes fatores tendem a potencializar o fluxo superficial sob fortes chuvas, características da área de estudo (Watanabe *et al.*, 2018; Thomaz; Nunes; Watanabe, 2020).

Os estudos de Vulnerabilidade Natural à Erosão constituem alternativa ao Planejamento e à Gestão Ambiental, principalmente quando se trata das escalas geográficas de abordagem das dimensões do território amazônico, que recentemente tem sido alvo de uma flexibilização da política ambiental, ainda não registrada nos últimos vinte anos. Segundo Carvalho (2021), um dos indicadores desta flexibilização é o número de fiscais do Ibama, cujos dados levantados demonstraram queda expressiva destes profissionais, que sai dos

cerca de 1.311 no ano de 2010 para apenas 591 em 2019, ou seja, uma redução em termos percentuais de mais de 50% para o período indicado.

A depender da escala de abordagem, os levantamentos concernentes à vulnerabilidade ambiental também possibilitam apresentação de cenários plausíveis para a efetividade da gestão ambiental, por meio de cenários prospectivos ou na formulação de Índices de Vulnerabilidade. Em trabalho recente, Latrubesse, Arima, Dunne *et al.* (2017) propuseram o Índice de Vulnerabilidade Ambiental de Barragens (IVAB). Estudo que demonstrou os efeitos de médio e longo prazos para os crescentes investimentos em barramentos na bacia amazônica. Seu objetivo foi o de realizar uma avaliação de larga escala dos impactos ambientais derivados deste número crescente de hidrelétricas, em 19 sub-bacias amazônicas. Para tanto, eles consideraram dois cenários, a saber: barragens existentes e em construção. Dentre os produtos, os autores apresentaram mapas de vulnerabilidade com cenários prospectivos do IVAB.

Analogamente foi o que tentamos, numa escala regional/local, propor no presente estudo, cuja ideia foi a de indicar alternativas para minimizar ou equacionar os impactos verificados nesta área da Amazônia Sul Ocidental. Neste sentido e considerando as dimensões da bacia hidrográfica em tela, a proposta metodológica ancorada na Vulnerabilidade Natural à Erosão - VNE nos pareceu ser uma ferramenta de grande operacionalidade em que os resultados, por sua característica técnica e possibilidade de gerar cenários, indicaram de forma objetiva a cartografia das áreas vulneráveis onde a tomada de decisão dos gestores públicos e privados constitui uma necessidade (Crepani, *et al.*, 2001; Crepani, *et al.*, 2008).

O objetivo geral do estudo foi o de quantificar os índices de vulnerabilidade natural à erosão da bacia do rio São Francisco, a fim de oferecer informações que fundamentem a tomada de decisões no âmbito da gestão da bacia, associada ao uso planejado da área. Dois cenários foram propostos. O primeiro partiu da análise potencial de Vulnerabilidade Natural à Erosão-VNE, considerando as 5 variáveis fisiográficas: solo, geologia, vegetação, clima e geomorfologia. O segundo analisou a Vulnerabilidade Natural à Erosão incorporando-se o Uso e Cobertura da Terra na bacia - VNEUT.

1.1 Localização da Área de Estudo

Neste estudo adotou-se a bacia hidrográfica como unidade de gestão fundamental prevista pela Lei 9433/97 por se tratar de um espaço onde o controle e mensuração das variáveis ambientais são mais objetivos, além de ser a bacia uma unidade territorial para fins de planejamento e gestão dos recursos hídricos em nível local, regional e nacional (Carvalho, 2020). O critério para escolha da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco - BHSF se deu em função dos efeitos dinamizadores do território decorrentes do agronegócio, de empreendimentos hidroelétricos, de fluxos migratórios difusos observados na região do alto rio Madeira e o consequente processo de desmatamento (Nunes *et al.*, 2015; Piontekowski *et al.*, 2019).

Localizada a Noroeste do Estado de Rondônia, a bacia do rio São Francisco é uma sub-bacia do rio Jaci-Paraná, cujo exutório foi atingido pelo reservatório da UHE de Santo Antônio (Cf.: Fig. 1). Algumas características peculiares ampliaram a Vulnerabilidade Natural à Erosão, entre as quais destacaram-se a influência direta do povoado de União Bandeirante, local marcado por conflitos sociais pela posse da terra e, em alguns casos, com violência social, em face de questões conflitantes com as diretrizes estabelecidas pelo Zoneamento Socioeconômico e Ecológico de Rondônia; e o fato de que em porções da área da bacia havia a Reserva Extrativista Jaci Paraná e da Terra Indígena Karipuna (ainda existente) (SILVA, 2016).

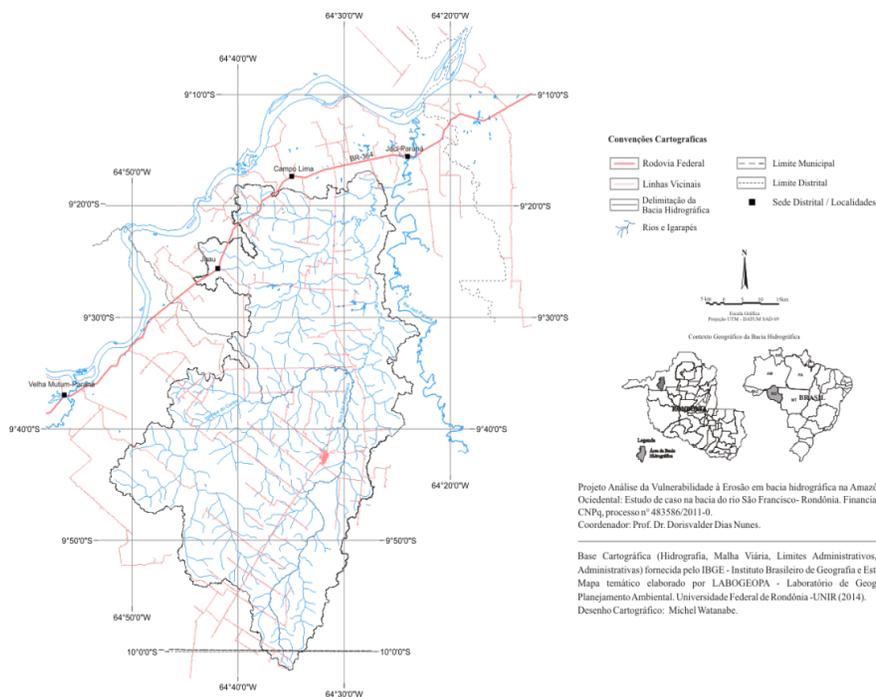


Figura 1 – Localização da Área de Estudo

A BHSF possui aproximadamente 98% de sua área inserida no Município de Porto Velho e 2% no Município de Nova Mamoré. Apresenta um total de 2252,77 Km² ou 225.277,00 hectares. Considerando o Zoneamento Socioeconômico e Ecológico (ZSEE) de Rondônia, a bacia possui várias subzonas (pelo menos 4 subzonas), onde as características entre o que foi proposto pelo zoneamento e o que se observou durante a realização do estudo na bacia indicaram mudanças expressivas na proposta inicial do ZSEE com potencialização de conflitos pela posse da terra. Dados do ZSEE (RONDÔNIA, 2001) dão conta de que o ecossistema circunscrito à BHSF apresenta grande diversidade e fragilidade ambiental. De modo que o zoneamento propôs para a área o uso controlado ou consolidação de áreas para conservação. Lamentavelmente todos os investimentos em curso indicaram tendência aos impactos negativos na bacia tanto do ponto de vista ambiental como do ponto de vista social (BRASIL, 2007d).

1.2 Sobre Vulnerabilidade

O termo vulnerabilidade é polissêmico, portanto, aplicável a diferentes situações que sugerem previsão ao risco ou fragilidade ambiental. Quando falamos de vulnerabilidade sempre nos questionamos: Vulnerabilidade a quê? Tanto a sociedade como o meio ambiente estão sujeitos ao risco ou a alguma perda, cabendo ao investigador identificar o sujeito ou a variável ambiental submetido ao risco, perigo ou à vulnerabilidade, de modo que se possa definir, medir seu potencial índice de perda. Desenvolvemos neste estudo uma perspectiva de abordagem que faz parte da tradição dos geógrafos, ou seja: não há como indicar/mensurar o grau de vulnerabilidade de um dado espaço sem entender sua multidimensionalidade que se caracteriza pelas dinâmicas sociais e econômicas que modificam o meio ambiente (Marandola Jr; Joseph Hogan, 2006; Brasil, 2007c). A bacia do rio São Francisco é palco deste processo de dinamização territorial, cuja trajetória expressou e ainda expressa distintas configurações e (re) configurações espaciais, gerando efeitos deletérios ao ambiente na área da bacia (Nunes, 2004). Daí a necessidade de não apenas investigar as potenciais perdas do meio físico (erosão), mas processos sociais que podem potencializar tais perdas e de como estas podem se voltar em desfavor desta mesma sociedade.

O estudo preconizou ainda uma abordagem que levasse em conta a relação espaço-tempo para melhor identificação do contexto da amplificação ou minimização ao risco ou à vulnerabilidade. Não é fácil precisar o conceito de Vulnerabilidade em função das divergências e convergências que termo enseja. Em alguns casos Vulnerabilidade é o mesmo que Suscetibilidade. Indica o ponto (potencial) mais fraco de um ambiente ou de uma sociedade sugerindo que os mesmos podem ser afetados ou vulnerados. Desenvolver estudos de Vulnerabilidade Natural à Erosão significa entre outras questões definir as probabilidades de ocorrência de fenômeno natural associado a perdas e de como a intervenção da sociedade pode potencializar tais ocorrências (Nascimento, 2011). Sendo assim a vulnerabilidade será aqui definida como o “grau

de perda para um dado elemento ou grupo de elementos dentro de uma área afetada pelo processo considerado” que, em nosso caso é a erosão potencial da área (Castro, Peixoto e Rio; 2005: 16).

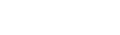
A área de estudo não pode ser entendida só com os resultados de mensuração e espacialização das unidades territoriais vulneráveis. Outros ensaios foram levantados para melhor identificar, a partir de uma análise prospectiva, quais as direções que a pressão social definiu na área e de como afetou as zonas mais vulneráveis da bacia.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A partir do conceito de Ecodinâmica, o método adotado neste estudo foi desenvolvido por Brasil *et al.* (2001) e concebido para subsidiar propostas de planejamento territorial e zoneamento socioeconômico e ecológico. As características fisiográficas da bacia foram definidas com base em Brasil (1978). As variáveis temáticas analisadas foram em número de seis (06): geologia, geomorfologia, climatologia, vegetação, solos e uso e cobertura da terra. As variáveis foram definidas como Unidades Fisiográficas de Análise (UFA), e considerando a proposta do método para determinação dos índices de vulnerabilidade, três categorias morfodinâmicas são consideradas: os ambientes estáveis onde prevalece a pedogênese; ambientes intermediários (intergrades) onde prevalece o equilíbrio entre pedogênese/morfogênese; e os ambientes instáveis onde prevalece a morfogênese (Tricart, 1977).

O método apresenta escala de valores para cada variável dentro de um intervalo que vai de 1 a 3, num total de 21 classes (1, 1,1; 1,2; 1,3; 2, 2,1...) para cada UFA (Cf.: Tabela1). Dentro deste intervalo, quatro classificações de vulnerabilidade ou classes morfodinâmicas definem o grau de vulnerabilidade: Ambientes Estáveis, Moderadamente Estáveis, Medianamente Estáveis/Vulneráveis, Moderadamente Vulneráveis e Vulneráveis.

Tabela 1 – Escala de Vulnerabilidade

UFA	MÉDIA			GRAU DE VULNERABILIDADE	GRAU DE SATURAÇÃO			
					VERMELHO	VERDE	AZUL	CORES
U1	↑	3,0		Vulnerável	255	0	0	
U2		2,9			255	51	0	
U3		2,8			255	102	0	
U4	V	2,7			255	153	0	
U5	U	2,6		Moderadamente vulnerável	255	204	0	
U6	L	2,5	E		255	255	0	
U7	N	2,4	S		204	255	0	
U8	E	2,3	T		153	255	0	
U9	R	2,2	A	Medianamente estável/vulnerável	102	255	0	
U10	A	2,1	B		51	255	0	
U11	B	2,0	I		0	255	0	
U12	I	1,9	L		0	255	51	
U13	L	1,8	I	Moderadamente estável	0	255	102	
U14	I	1,7	D		0	255	153	
U15	D	1,6	A		0	255	204	
U16	A	1,5	D		0	255	255	
U17	D	1,4	E	Estável	0	204	255	
U18	E	1,3			0	153	255	
U19		1,2	↓		0	102	255	
U20		1,1			0	51	255	
U21		1,0		0	0	255		

Fonte: Crepani et al., 2001.

2.1 Critérios para Atribuição dos Valores

Os dados foram quantificados a partir da equação empírica para a determinação da escala de vulnerabilidade natural à erosão nas UFA's, ou seja: $VNE = (G+R+S+V+C+UT)/6$, onde: VNE = Vulnerabilidade Natural à Erosão; G = Vulnerabilidade para o tema Geologia; R = Vulnerabilidade para o tema Geomorfologia; S = Vulnerabilidade para o tema Solos; V = Vulnerabilidade para o tema Vegetação; C = Vulnerabilidade para o tema Clima; e UT = Vulnerabilidade para o tema Uso e Cobertura da Terra. As fórmulas aplicadas à mensuração da vulnerabilidade natural à erosão caracterizam-se

pela média aritmética, pela equação empírica de determinação dos valores de vulnerabilidade geomorfológica e a equação empírica que determina a escala de vulnerabilidade natural à erosão nas Unidades Fisiográficas de Análise - U.F.A , conforme descrito em Crepani *et al.* (2001).

O passo seguinte foi fazer a álgebra de mapas, cujas informações foram transformadas em formato matricial. Neste procedimento os dados vetoriais foram convertidos para o formato de imagem (matricial), que disponibilizou os valores atribuídos para cada classe, com definição de saída de célula de 15X15, justificado pela compatibilização da resolução da imagem utilizada para o Uso e Cobertura da terra. Após a geração de cada matriz e sua respectiva variável, estas foram inseridas na calculadora de mapas dentro da extensão de Análise Espacial denominada *Raster Calculator* do software ARCGIS 8.3. Os valores foram somados e, posteriormente, divididos de acordo com o número de variáveis estabelecido conforme método utilizado. Ainda em formato matricial foram realizadas conversões para posterior edição e análise em formato vetorial.

2.2 Levantamento de Dados Cartográficos

As bases cartográficas para confecção dos mapas temáticos e de vulnerabilidade foram levantadas a partir do banco de dados digital do RADAM-BRASIL (BRASIL,1978)². Em seguida foi discutido o planejamento de gabinete no que se refere ao espaço físico ou limites administrativos/territoriais da bacia, a partir da atualização de informações inerentes aos elementos geográficos existentes na área de estudo. Em seguida realizou-se a atualização da base cartográfica por meio do mapeamento e identificação das estradas e rios de acesso à bacia, bem como definição do perímetro urbano e identificação dos topônimos, etc. Para tanto, foram utilizadas as cartas do DSG – Diretoria do Serviço Geográfico (Ministério do Exército).

As cartas utilizadas foram: SD20-X-A-V, SD20-X-A-VI, SD20-X-B-IV, SD20-X-B-V, SD20-X-C-II, SD20-X-C-III, SD20-X-D-I, SD20-X-D-II, SD20-X-C-VI, SD20-X-D-IV e SD20-X-D-V, escala em 1:100.000.

² Acessível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/download/arquivos/index9.shtm>.

No levantamento das séries históricas de desmatamento foram utilizadas imagens de satélite LANDSAT – TM5, bandas 3, 4, 5 – WRS's 233/067 e 233/066, referente aos anos de 1990, 1993, 1996, 1999, 2002, 2005, 2008 e 2011, fornecidas pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2014). Os dados das imagens, além de subsidiarem as análises sobre o avanço do desmatamento, possibilitaram ainda a atualização da malha viária, bem como a identificação das áreas com desflorestamentos, e as tipologias de uso e cobertura da terra por meio de expedições de campo.

2.3 Procedimentos Adotados no Levantamento do Uso e Cobertura da Terra

A Metodologia utilizada para este levantamento de Uso e Cobertura da Terra foi adaptada da proposta do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BRASIL, 2006). A logística de levantamento e o critério estabelecido foi semelhante ao procedimento adotado em Nunes (2012). Considerou-se 18 classes de uso com base no conhecimento prévio de atividades socioeconômicas identificadas em relatório técnico desenvolvido por FURNAS (2005), os quais constaram no formulário de campo que foi aplicado para identificação das classes, a partir do levantamento de campo. Os levantamentos indicaram apenas 09 classes de Uso e Cobertura da Terra, a saber: (1) Área Urbana; (2) Sistema Agrossilvipastoril; (3) Desmatamento Recente; (4) Cultura Temporária; (5) Floresta; (6) Pecuária Extensiva; (7) Cultura Permanente, (8) Sistema Agropastoril; e (9) Savana Parque. Considerando que o objetivo central da proposta foi o de mensurar a vulnerabilidade natural à erosão, os dados socioeconômicos referentes ao Uso e Cobertura da Terra não foram levantados. Os pontos amostrais foram georreferenciados a cada 5 quilômetros, qualificando o levantamento quase como censitário.

Para a bacia do rio São Francisco foi utilizado buffer de 500 metros (NUNES, 2012), metragem justificada como de boa observação e identificação das tipologias e uso. Para a confecção da carta de Uso e Cobertura da Terra final foi utilizada imagem Landsat-05 Bandas 4R, 3G, 2B, ano 2013, de órbitas-pontos 233-66 e 233-67, fornecida pelo *U.S. Geological Survey*. As imagens

foram compostas e georreferenciadas utilizando a base Geocover 2005, fornecida pela NASA. Utilizou-se ainda o programa *ARCGIS 8.3* e a ferramenta *Georeferencing*. Após o georreferenciamento foi realizado o mosaico das imagens por meio da ferramenta *Raster>RasterDataset>Mosaic*.

A classificação supervisionada foi realizada através do software *ARCGIS 8.3* utilizando a imagem de satélite georreferenciada juntamente com os pontos registrados em campo, e suas respectivas classes de acordo com cada uso mapeado. Por meio da ferramenta *Spatial Analyst Tools >Multivariate >Maximum Likelihood Classification* definiu-se as classes geradas. No pós-processamento foram estabelecidos filtros para correção e dispersão de pixels isolados, obtendo assim melhores resultados.

As coletas de campo, no que se refere às tipologias de uso e cobertura da terra, foram precedidas de registro das coordenadas geográficas, com uso do aparelho receptor de GPS classe III e do respectivo registro fotográfico. Os dados foram lançados em base cartográfica, georreferenciada (forma vetorial), utilizando os programas *SPRING 4.3* (desenvolvido pelo INPE), *ArcGis 8.3* e formatação final da base cartográfica realizada no *CorelDraw 14*.

3 CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Vegetação: Na bacia do rio São Francisco originalmente ocorrem as formações vegetacionais do tipo Floresta Ombrófila, com uma área de 217.863,36 hectares, perfazendo um total de 96,71% da área. Na pesquisa foram caracterizadas dez (10) subclasses de formações vegetais caracterizadas pela ocorrência de coberturas florestais. Todavia parte central da bacia perdeu grande parte dessa vegetação caracterizada por florestas ombrófilas higrófitas abertas e uma pequena área composta por mancha de vegetação do tipo Savana Estacional (BRASIL, 1978). Estas formações geralmente apresentam quatro faciações florísticas (com palmeiras, com cipó, com sororoca e com bambu) (BRASIL, 2012). As Florestas Ombrófilas (**Fai, Fan, Faz, Far, Fao, Fdc, Fdu**) ocorrem em zona intertropical e são caracterizadas por fanerófitos, variando de macro e

meso, com presença abundante de lianas lenhosas e epífitos (BRASIL,1992). Ocorre ainda a formação **Fau** que apresenta variação de higrófito a xerófito.

Tem-se ainda as formações vegetais do tipo campestre ou campinarana, definidas como Savana Estacional. Estas podem apresentar de 0 a 6 meses secos, assentadas sobre solos álicos e distróficos, com fácies sem floresta-de-galeria ou com floresta-de-galeria (BRASIL, *Op. Cit.*). Na bacia do rio São Francisco esta formação perfaz apenas 0,38% da área ou 864,36 hectares. Em relação à formação vegetal do tipo “agropecuária”, sua característica se dá pela dificuldade do mapeamento de vegetação do tipo gramínea, a depender da escala de exploração, ou ainda a classificação se deu em função de que no período de identificação a região já estava alterada por meio do plantio de pasto.

Geomorfologia: A bacia do São Francisco caracteriza-se pela ocorrência de Planaltos e Depressões Dissecadas e de Superfícies Pediplanadas, sob duas grandes Morfoestruturas: o Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental e a Depressão Interplanáltica da Amazônia Meridional, cujas características do clima condicionam a modelagem da paisagem (BRASIL,1978). Apresenta seis tipos de unidades geomorfológicas, a saber: Depressão do Madeira – Ji-Paraná (**Ai**); Planície Amazônica (**Atf**); Planaltos Residuais do Madeira-Ji-Paraná (**Da**); Depressão do Madeira-Ji-Paraná (**Dc**); Depressão do Madeira-Ji-Paraná (**Dt**); Depressão do Madeira-Ji-Paraná (**Pri**) e Superfícies de aplanamento (BRASIL, 1978). A unidade geomorfológica Depressão do Madeira – Ji-Paraná compõe a maior parte da bacia com uma área estimada em 216.652,75 hectares ou 96,17% com algumas discrepâncias altimétricas pontuais.

Solos: Quatro tipos pedológicos caracterizam a área da bacia do rio São Francisco: os Argissolos Vermelho Amarelo Distrófico (PVA_d); os Latossolos Vermelhos Amarelo Distrófico (LVA_d); os Neossolos Litólicos (RL_d, RQ_o, Ry_{bd}); e o Espodossolo Ferrihumilúvico (ESK_{gu}) (BRASIL, 1999; OLIVEIRA *et al.*, 1992; BRASIL, 2007a; LEPSCH, 2010; EMBRAPA, 2009).

Geologia: Com base na geologia, a bacia do rio São Francisco apresenta rochas características dos três grandes grupos: as rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. As rochas ígneas são representadas pela Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas. Este tipo de rocha tem seu período de formação geológica entre o Proterozóico e o Mesoproterozóico. As rochas sedimentares caracterizam as Coberturas detrito-lateríticas, de formação holocênica e se

caracteriza pelos depósitos argilo-arenosos e siltico-arenosos, com grande presença de concreções ferruginosas, com horizonte argiloso/moqueado, crosta lateríticas ferruginosa, concrecionária ou colunar. A Formação Palmeiral possui idade inferior a 1030 Ma, cujo período geológico é Proterozóica a Neoproterozóica (BRASIL, 2007b). E os Aluviões Holocênicos são do ponto de vista da formação geológica do Fanerozóico/ Cenozóico/ Quaternário, e caracterizam as rochas do tipo sedimentar. Apresentam sedimentos de acumulação de ambientes fluviais, constituindo-se como sedimentos inconsolidados, com presença de areias, cascalhos e argilas. São o resultado do processo evolutivo das planícies de inundação, característico dos rios que congregam a bacia do Madeira (BRASIL, 1990).

Por fim, as rochas metamórficas são representadas pelas formações do Complexo Jaci-Paraná, com idade do Proterozóico/Mesoproterozóico e estão associadas a sedimentos do baixo curso do rio Jaci-Paraná, onde a bacia do rio São Francisco é um tributário. Ocorrem em áreas planas das margens do rio Jaci-Paraná, com depósitos pouco espessos de sedimentos siltico-argilosos a argilosos, acinzentados a amarelados, com granodecrescência ascendente (Quadros; Rizzotto, 2007).

Clima: Na bacia do rio São Francisco, de acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo Aw, já que apresenta um período de seca bem definido e total anual de precipitação muito elevado. As médias anuais dos índices pluviométricos da BHSF apresentaram índices com variações de 1800 a 2100 mm/aa, o que assegura chuvas intensas e concentradas em pequenos períodos (Sudo, 1974; Nimer, 1989; Rondônia, 2001).

Uso e Cobertura: Os levantamentos do Uso e Cobertura da Terra foram necessários para que se gerasse os dados da sexta variável para análise da Vulnerabilidade Natural à Erosão, a fim de que se pudesse produzir não apenas um cenário de vulnerabilidade potencial, mas um segundo cenário (cenário real), aqui representado pela substituição da floresta pelo pasto. O que de certa forma forneceu um melhor entendimento da dinâmica de antropização da área. A noção de Uso e Cobertura da Terra adotada neste trabalho foi definida como sendo “a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada através de padrões homogêneos da cobertura terrestre” (BRASIL, 2006:20).

Quanto às classes de cobertura terrestre na BHSE, destacaram-se: a) Áreas Antrópicas Não-agrícolas, que se caracterizam pelas áreas urbanizadas, industriais, comerciais, redes de comunicação e áreas de extração mineral; b) Áreas Antrópicas Agrícolas, que são aquelas cujas terras são utilizadas para a produção de alimentos por meio do cultivo agrícola em suas diferentes modalidades; c) Áreas de Vegetação Natural definidas por sua composição vegetal original ou de mata secundária; e d) Áreas cobertas pelos corpos hídricos (Águas), que são constituídas pelos cursos d'água e canais naturais como rios, riachos ou reservatórios artificiais e outros.

4 VULNERABILIDADE E REFLEXOS AMBIENTAIS NA BACIA DO SÃO FRANCISCO

A variável cobertura vegetal foi o elemento que melhor definiu as mudanças mais expressivas ocorridas na área da bacia, seguida de observações in loco de cicatrizes de erosão e maior turbidez dos rios. A partir dos dados levantados em campo e considerando as tipologias de Uso e Cobertura Terra, os resultados com base nos avistamentos definiram 09 tipologias para bacia do rio São Francisco: a área Urbana; o Desmatamento Recente, o Sistema Agrossilvipastoril, a Pecuária Extensiva, as áreas cobertas com Florestas, a Cultura Permanente, Cultura Temporária, Sistema Agropastoril e Savana Parque (Cf.: Tabela 2).

Tabela 2 – Total de Pontos com a identificação das tipologias de Uso e Cobertura da Terra na bacia do rio São Francisco

Tipologias de Uso da Terra Identificadas a partir do Trabalho de Campo	Frequência Absoluta (n) dos pontos observados	Frequência Relativa (%) dos pontos observados
Pecuária Extensiva	69	68,3%
Floresta	04	3,96%
Sistema Agrossilvipastoril	01	0,99%
Sistema Agropastoril	02	1,98%
Cultura Permanente	12	11,88%
Cultura Temporária	07	6,93%

Área Urbana	01	0,99%
Desmatamento Recente	05	4,95%
Total	101	100%

Obs.: Foram também computados para fins de confecção dos mapas de vulnerabilidade o Corpo Hídrico (compondo as áreas circunscritas aos rios e igarapés) e uma pequena mancha de Savana Parque.

Fonte: Trabalho de Campo 2012 e 2013.

Todos os pontos observados foram espacializados no Mapa temático da Figura 2, com a indicação das Tipologias de Uso e Cobertura, totalizando 101 pontos registrados. Em sua grande maioria (68,3%) indicaram ser a pecuária a principal atividade praticada na bacia, o que confirmou a tendência atual de expansão desta atividade na porção Norte do estado de Rondônia. Atividade que avança no Sul do Amazonas, pois, constitui a base do modelo econômico atualmente adotado, confirmando os dados de Rivero *et al.* (2009) sobre os efeitos da atividade de pecuarização na Amazônia, sendo esta principal causa do desmatamento na região (Piontekowski *et al.*, 2019).

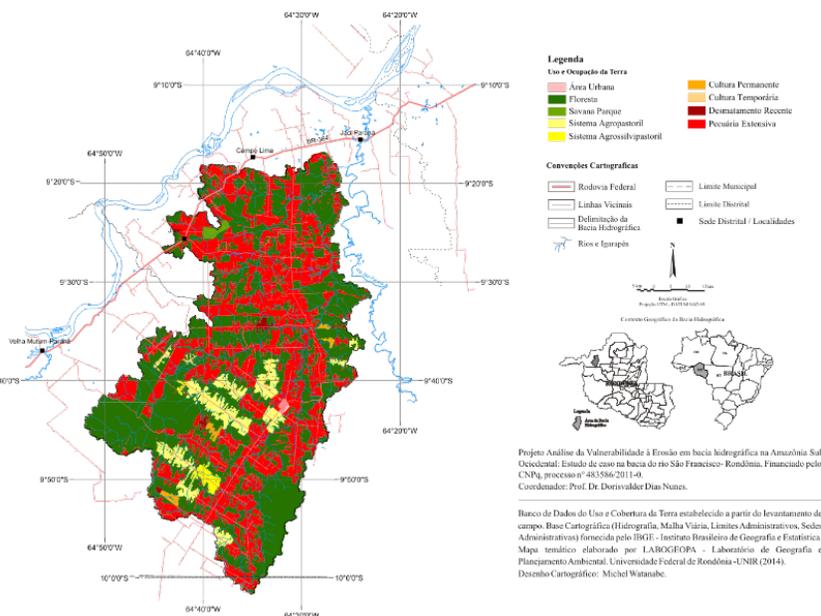


Figura 2 – Mapa temático das Tipologias de Uso e Cobertura da Terra na bacia do rio São Francisco.

Durante o levantamento de campo, foi observado de forma recorrente que a prática de retirada de floresta das margens dos rios tem causado erosão (cicatrizes de erosão) nas margens dos rios em função do pisoteio do gado que trabalha com a “lógica” do menor esforço (Pinto, 2016), conforme indicado na Figura 3, com registro dos caminhos formados pelo gado para dessedentação junto aos rios/igarapés. Estes caminhos funcionam como pequenos canais por onde a água da chuva preferencialmente percorre, cujos efeitos de arraste de sedimentos tendem a ser maiores por se tratar de áreas com declividades (ver- tentes) (Thomaz, 2019a).



Figura 3 – Erosão provocada pelo pisoteio do gado nas margens de igarapé da bacia do rio São Francisco.

Foto: Dorisvalder D. Nunes, 2013.

O modelo de Uso Cobertura deflagrado em Rondônia nos anos 70 parece se repetir na bacia, dado o alto percentual de pastagens observado. A atividade de pecuária de pequeno e médio porte alavanca a econômica local e impulsiona a formação de pequenos aglomerados urbanos, a exemplo do que foi observado na porção central da bacia que deu origem ao Povoado de União Bandeirante (Silva, 2016). No mapa da estrutura fundiária, 02 Projetos de Assentamentos - PA estão inseridos na bacia, a saber: PA – Nilson Campos e o PA – São Francisco. Temos ainda a Terra Indígena Karipuna e a antiga Resex Jaci-Paraná (Cf.: Fig. 4).

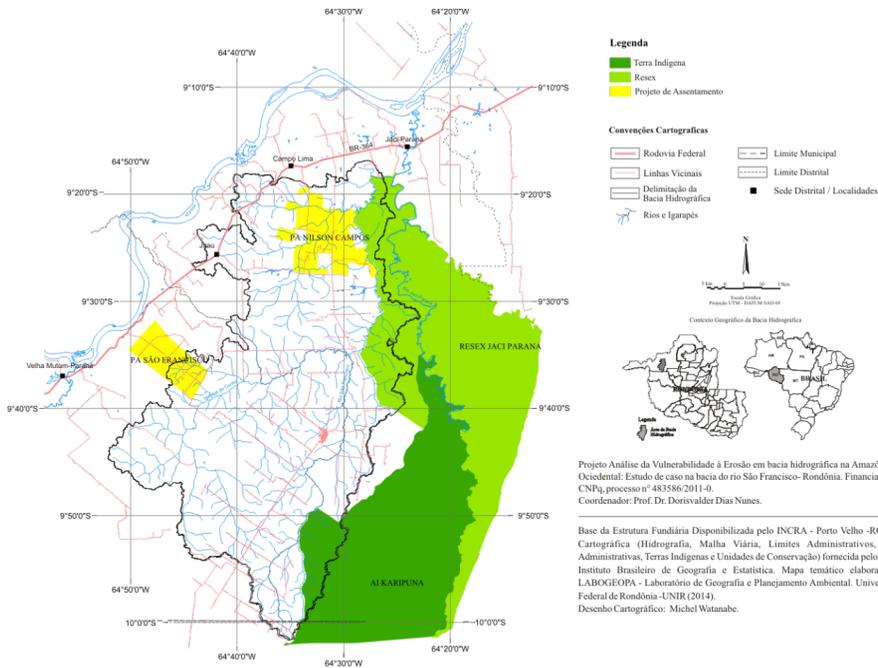


Figura 4 – Mapa da Estrutura Fundiária da bacia do rio São Francisco.

Por meio de ato do poder legislativo de Rondônia, a Resex Jaci-Paraná teve sua área desafetada, descaracterizando sua condição de Unidade de Conservação de Uso Sustentável (Cruz, 2014). As demais áreas são ocupações, resultado da criação do povoado de União Bandeirante. Os dois projetos de assentamento estão localizados na borda Norte e Oeste da bacia. Em toda borda Leste estão localizadas as Áreas Legais de Proteção ambiental, o que de certa forma funcionava como anteparo para o avanço das atividades antrópicas na bacia. Com a descaracterização duas situações foram previsíveis de ocorrer: a primeira foi o avanço descontrolado por sobre a área de floresta remanescente da antiga Resex Jaci-Paraná; e a segunda foi a fragilização das bordas da Terra Indígena Karitiana.

4.1 A Bacia do Rio São Francisco e o ZSEE de Rondônia

Já se passaram mais de duas décadas da promulgação da Lei Complementar nº 233/2000 que homologou o Zoneamento Socioeconômico e Ecológico de Rondônia – ZSEE. Em se tratando de Amazônia, o ZSEE de

Rondônia foi um marco nos programas de conservação do meio ambiente. Ao longo destes anos, a discussão sobre sua atualização ainda encontra dificuldade na execução por parte do poder público (RONDÔNIA, 2000).

A partir do ZSEE o estado foi dividido em três grandes zonas: na Zona 1, as atividades produtivas devem ser estimuladas, mas sob controle do manejo dos recursos naturais. Representa a metade do estado com uma área estimada em 50,45%. A Zona 2 constitui as áreas de uso especial que foram destinadas à conservação dos recursos naturais e possuíam uma área de 14,60% da área do Estado. Por fim, temos a Zona 3, onde foram inicialmente destinados 34,95% do total do estado e caracteriza-se pelas chamadas áreas institucionais ou Áreas Legalmente Protegidas – ALP's (Lei Complementar nº 233/2000; Nunes *et al.*, 2015).

Atualmente estas áreas estão sob forte pressão de fazendeiros, grileiros, madeireiros e dos grandes projetos infraestruturais pensados para a Amazônia, especial ênfase para o estado de Rondônia. Na bacia do rio São Francisco foram identificadas 04 subzonas: Subzona 1.2; Subzona 2.1; Subzona 3.1; e Subzona 3.3, conforme características apresentadas na Figura 5 (Nunes *et al.*, 2011).

Ao considerar as peculiaridades das Zonas 2 e 3 do ZSEE, sua abrangência na bacia, e a trajetória da expansão do desmatamento, é que percebemos a dimensão espacial do problema no que se refere à fragilidade na sustentabilidade destas áreas, que somadas totalizavam 134.091,82 hectares ou 59,52% da bacia. O poder público estadual e o poder judiciário resolveram descaracterizar a Zona 2, onde a bacia do São Francisco está inserida, por força da Lei Complementar nº 308 de 09 de novembro de 2004, transformando a área de subzona 2.1 para subzona 1.3, em que pese denúncia apresentada ao Ministério do Meio Ambiente por meio da Informação nº 591/CONJUR/MMA/2005-Protocolo Geral 02000.003242/2005-01, conforme área espacializada no mapa da Figura 5 (GTA, 2008).

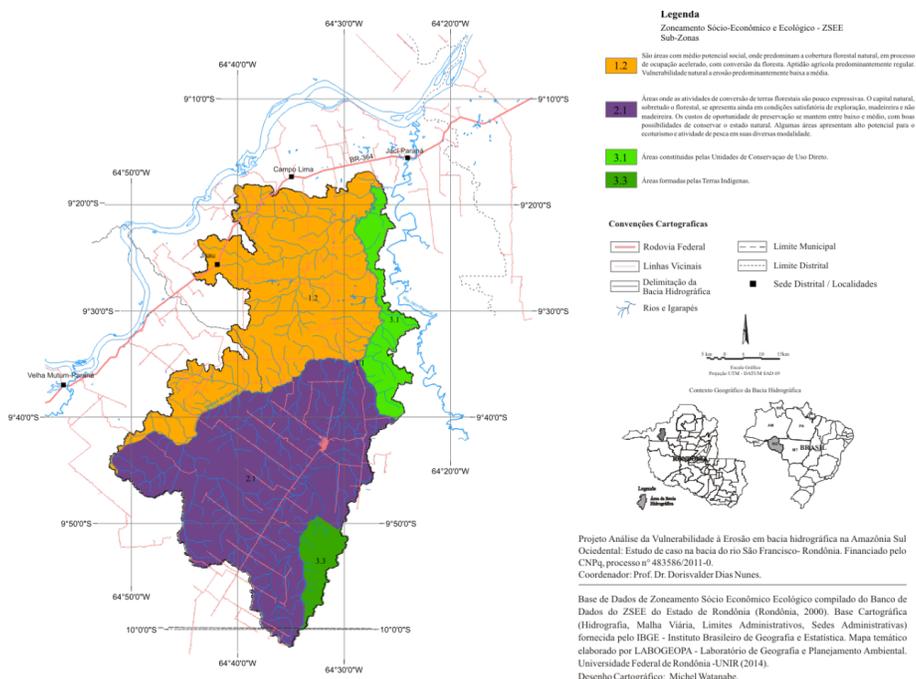


Figura 5 – Mapa do Zonamento Socioeconômico e Ecológico de Rondônia.
Fonte: Adaptado de Rondônia,2001.

A subzona 2.1 perfazia um total de 110.943,69 hectares da bacia. Nesta área foram criadas uma série de estradas vicinais e o povoado de União Bandeirante. As estradas têm duplo papel na intensificação do desmatamento: o primeiro funciona como efeito causal, pois, impulsiona novas frentes de ocupação (Fearnside, 1991). E o segundo, podem funcionar como canais fluviais artificiais, ampliando o carreamento de sedimentos para os rios (Thomaz, 2019b). O resultado está espelhado no processo de desmatamento que mesmo antes dos conflitos ocorridos na bacia, especialmente no núcleo de União Bandeirante (Silva, 2016), davam conta do descontrole do estado na Gestão das Áreas Legalmente Protegidas e do próprio ZSEE (Nunes *et al.*, 2015).

Tabela 3 – Série Histórica do Desmatamento na bacia do rio São Francisco

Ano	Área Desmatada (Km ²)	%
1990	60,48	2,68
1993	65,64	2,91
1996	144,46	6,41
1999	217,23	9,64
2002	292,17	12,97
2005	599,85	26,63
2008	809,45	35,93
2011	1170,73	51,97

Fonte: INPE, 2014.

Observe-se que o desmatamento na bacia teve trajetória ascendente a partir de 2005, um ano após a promulgação da Lei Complementar nº 308 de 09 de novembro de 2004, que descaracterizou a subzona 2.1 conforme Tabela 3. Os dados indicaram que o desmatamento entre os anos de 2002 e 2005 mais do que dobrou, pois, saiu de 12, 97% em 2002 e foi para 26,63% no ano de 2005. No mapa da série histórica da Figura 6, o desmatamento acompanhou o traçado da estrada principal e a partir dela migrou para outras áreas.

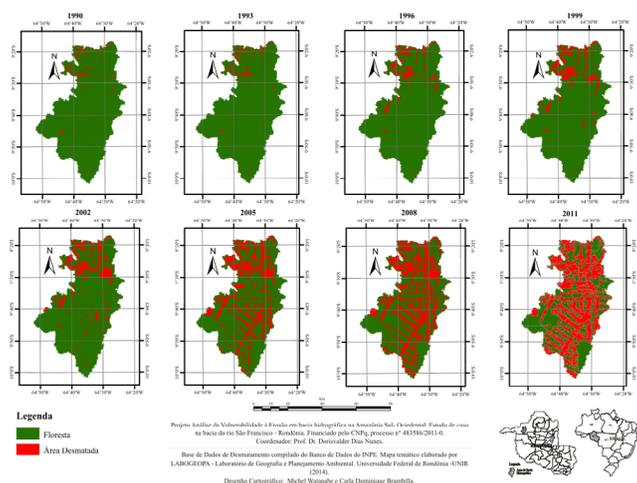


Figura 6 – Mapa da Série Histórica do Desmatamento na bacia do rio São Francisco.
Fonte: INPE, 2014.

4.2 Resultados dos Valores de Vulnerabilidade Natural à Erosão: Variáveis Ambientais Associadas ao Uso e Cobertura

Na variável Vegetação, os maiores valores de vulnerabilidade ficaram com as formações de Savana Estacional do subgrupo de formação Parque e do tipo Agropecuária, assentados em zona de terreno do tipo planície. O resultado indicou inserção deste tema na classe morfodinâmica, cujo grau de vulnerabilidade obteve peso de 2,7 e 3,0, respectivamente.

Os pesos atribuídos para as diferentes feições geomorfológicas indicaram ser a Depressão do Madeira – Ji-Paraná (Dt) a que abrange a maior porção da bacia, com 216.652,75ha ou 96,17% da bacia, com pesos do VNE variando de 1,7 a 2,3. Em algumas subfeições, cujas áreas não ultrapassaram mais que 1,9% do total da bacia, a vulnerabilidade indicada obteve peso de 1,4 a 1,8. Caracterizando inserção nas classes morfodinâmicas moderadamente estável a moderadamente vulnerável.

No tema solos (pedologia), das doze unidades pedológicas caracterizadas, as que apresentaram os maiores pesos (variando entre 2,0 a 3,0) foram as dos solos tipo: Neossolo Litólico Distrófico; Neossolo Litólico Distrófico; Neossolo Litólico Distrófico; Neossolo Quartzarênico Órtico; e Neossolo Flúvico Distrófico, os quais somaram uma área total de 21.085,95 hectares ou 9,36%. Os latossolos que obtiveram peso 1,0 somaram 204.193,00 hectares, significando 90,64% da bacia.

A preocupação em torno dos indicadores de vulnerabilidade para o tema solos deve ser ampliada. Os latossolos são o tipo pedológico mais abrangentes na área, e em função da pressão para descaracterização da Zona 2 observou-se a retirada da cobertura florestal que tinha uma função de fitoestasia e, portanto, elemento principal de proteção deste solo (Moreira, 2009). Neste cenário, somando-se o pisoteio do gado, temos a produção de paisagens, como as que estão registradas no mosaico abaixo, dando conta do carreamento de particulados mais finos direcionados para pontos do terreno mais rebaixados, cujo destino final são os canais da malha hidrográfica local. A degradação dos mananciais é também uma questão crítica na bacia, porque além de ser amparada por lei, afeta, em muitas situações, o abastecimento de água, onde o

tempo e o custo do processo de tratamento aumentam em casos de excesso de turbidez como observado no mosaico da Figura 7.



Figura 7 – Processo erosivo decorrente da retirada da cobertura vegetal original para o plantio de pasto. A foto (a) indica pequenas cicatrizes de erosão decorrentes dos caminhos preferenciais do gado carregando material sedimentar para os cursos d'água (b), cuja coloração marrom indica forte turbidez (c).

Fotos: Dorisvalder D. Nunes, 2013.

Para o tema Geologia, os maiores pesos para vulnerabilidade foram os das rochas do tipo sedimentar, caracterizadas pelas formações: Palmeiral, Cobertura Detrito – Laterítica Pleistocênica e os Aluviões Holocênicos. A atribuição dos pesos variou de 2,5 a 3,0, enquadrando estas formações nas classes morfodinâmicas moderadamente vulnerável a vulnerável. As rochas do tipo sedimentar somaram uma área de 77922,38 hectares ou 34,59%, representando 1/3 de toda bacia.

Em relação ao tema Uso e Cobertura da terra, a quase totalidade da área foi enquadrada na classe morfodinâmica vulnerável ou moderadamente vulnerável, pois, apresentou uma forte tendência de substituição da floresta pelo pasto, com peso atribuído de valor variando de 2,8 a 3,0, com mais de 40% da área utilizada para criação de gado de corte e de leite.

A expansão da pecuária é uma tendência inegável, com estreita relação entre as taxas de desmatamento e o avanço do gado e, mais recentemente, da soja. Alguns autores têm alertado para a efetividade no crescimento do plantio de grãos e do pasto como opções de investimento, tanto para grande propriedade como para pequena. Isso significa afirmar que o crescimento da pecuária constitui uma lógica econômica que se viabiliza independente do tamanho do *plantel* do gado (Nunes *et al.*, 2015), a exemplo do que foi identificado nos levantamentos realizados na bacia do rio São Francisco (NUNES, 2014). Margulis (2003) há mais de dezoito anos já indicava este cenário e desde então outros trabalhos vêm confirmando a correlação entre pecuária e desmatamento

da Amazônia (Rivero *et al.*, 2009). O segundo mosaico (Cf.: Fig. 8) acrescenta que no caso da bacia, a movimentação do relevo observada principalmente no setor Sul tende a potencializar os processos erosivos como decorrência da perda da cobertura florestal original (Pinto, 2016).



Figura 8 – Relevo movimentado (a) ao Sul da bacia. Potencializa o processo erosivo decorrente da retirada da cobertura vegetal. As estradas (b) também funcionam como contribuintes da erosão, carregando material sedimentar para os canais fluviais da bacia e sua acumulação nos vales e rios (c). Fotos: Dorisvalder D. Nunes, 2013.

Seguindo o mesmo raciocínio, é lógico afirmar que os investimentos infraestruturais em curso no alto rio Madeira, onde está circunscrita a bacia do rio São Francisco, também podem explicar as causas do desmatamento com base no chamado efeito de arrasto, entendido a partir do estímulo de investimentos privados como reflexo do aporte de recursos do poder público nas grandes obras da Amazônia (Fearnside, 2019).

Mesmo que se considere que as taxas de desmatamento anuais tenham apresentado uma queda em seu ritmo, é importante lembrar que as taxas de desmatamento no acumulado continuam em curva ascendente (Piontekowski *et al.*, 2019). Este cenário é recorrente para a Amazônia, mas também para o caso particular da bacia do rio São Francisco. Na Figura 6, entre os anos de 1990 até 2002, os índices de desmatamento anuais da bacia foram relativamente pequenos, o que pode ser explicado pelo efeito do ZSEE e a promulgação da Lei Complementar n.º 233, de 06 de junho de 2000, funcionando como elemento impeditivo ao desmatamento, mesmo que temporariamente (RONDÔNIA, 2000). Contudo, quando comparamos os resultados para o

período entre 2002 a 2011, a bacia já tinha perdido mais de 50% de sua cobertura vegetal original (Cf.: Fig. 6).

Para o tema Clima (Aw), por se situar em ambiente amazônico, a bacia apresentou índices pluviométricos acentuados, classificando este tema na classe morfodinâmica moderadamente estável a medianamente estável/vulnerável. Os pesos atribuídos variaram de 1,7 a 1,8. Os dados de intensidade pluviométrica foram relevantes no processo de definição da vulnerabilidade, em função de seu efeito cinético no ambiente, já que sem a cobertura vegetal seu potencial de arrasto tende a aumentar significativamente, a depender do tipo de solo que caracterize a área. Outro fator que foi observado é a intensidade e o tempo da chuva. Na bacia do rio São Francisco, as características deste tema nos indicam ser este um fator determinante no modelado da paisagem no que se refere aos processos morfogenéticos resultantes do “*runoff*” (Tricart, 1977; Crepani *et al.*, 2001; Watanabe *et al.*, 2018).

4.3 Mapas Sínteses de Vulnerabilidade da Bacia do Rio São Francisco, Considerando os Cenários 1 e 2

A partir dos resultados obtidos com os índices de Vulnerabilidade Natural à Erosão, foram propostos dois cenários de avaliação: o Cenário 1 (VNE) caracterizou a bacia com as cinco variáveis do meio físico: geologia, geomorfologia, vegetação, clima e solos, também definidos como Unidades Fisiográficas de Análise. O Cenário 2 (VNEUT) incorporou as variáveis do meio físico e os dados de Uso e Cobertura da Terra. Nos dois casos foram feitas comparações com as áreas mapeadas do Zoneamento Socioeconômico e Ecológico de Rondônia.

4.3.1 Cenário 1

Para o Cenário 1 (Vulnerabilidade Natural à Erosão – VNE), o mapa síntese da Figura 9 indicou ser a porção Norte da bacia a área com maior vulnerabilidade natural à erosão, com 33,74% da área classificada

morfo dinamicamente entre moderadamente vulnerável a medianamente estável/vulnerável (Cf.: Tabela 4).

A área classificada como efetivamente estável é muito pequena, com apenas 0,06%. Na classe morfo dinâmica moderadamente estável obtivemos área com 66,18%. As duas classes somadas totalizam 66,24%. Com estes resultados é compreensível entender quais foram as razões que levaram os pesquisadores e técnicos que elaboraram o Zoneamento Socioeconômico e Ecológico a classificarem a área da bacia como sendo Subzona 2.1. Classificação que definia a área como de Uso Especial e que, portanto, deveria conservar os recursos com possibilidade de uso por meio de manejo sustentável. Para as classes morfo dinâmicas medianamente estável/vulnerável a moderadamente vulnerável, os percentuais alcançaram 33,76% da bacia; e deste total, pouco mais de um por cento da bacia foi classificada como moderadamente vulnerável, setores Norte e Noroeste (Cf.: Fig. 9) (Pedlowski; Dale; Matricardi, 1999; RONDÔNIA, 2001).

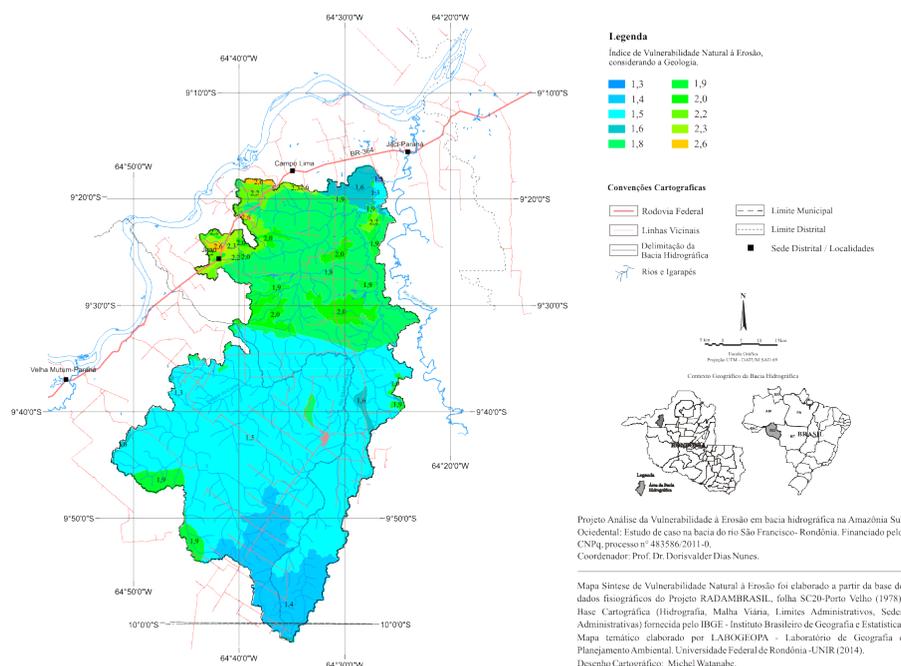


Figura 9 – Mapa Síntese dos Valores de Vulnerabilidade na bacia do rio São Francisco – Cenário 1. Fonte: Adaptado de Crepani *et al.*(2001) e Trabalho de Campo (2012 e 2013).

TABELA 4 - Valores de Vulnerabilidade Natural à Erosão (VNE) na bacia do rio São Francisco para o Cenário I

Classes Morfodinâmicas	Solos / Índice de vulnerabilidade	Geologia / Índice de vulnerabilidade	Vegetação / Índice de vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica (mm/mês) / Índice de vulnerabilidade	Unidades Geomorfológicas / Índice de vulnerabilidade	CENÁRIO OI VNE	Hectares	Percentual %	
Estável	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico / 1,0	Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas / 1,1	Floresta Ombrófila, Higrófila Aberta, Submontana com cipó / 1,2	222,22 / 1,7	Depressão do Madeira – Ji-Paraná (depósitos sedimentares) Conjuntos de formas de topos tabulares Dt 1,2	1,3	153,71	0,06	66,24
Moderadamente Estável	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico / 1,0	Complexo Jaciparaná / 1,3	Floresta Ombrófila, Higrófila Aberta, Submontana com cipó / 1,2	211,11 / 1,7	Depressão do Madeira – Ji-Paraná (depósitos sedimentares) Conjuntos de formas de topos tabulares; Dt 1,7	1,4	22.433,84	9,96	
	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico / 1,0	Complexo Jaciparaná / 1,3; Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas / 1,1	Floresta Ombrófila, Higrófila Aberta, Submontana com cipó / 1,2	200/ 1,7; 211,1/ 1,7; 222,2/ 1,8	Depressão do Madeira – Ji-Paraná (depósitos sedimentares) Conjuntos de formas de topos tabulares Dt 2,3	1,5	120.328,44	53,41	
	Latossolo Vermelho Amarelo distrófico / 1,0	Cobertura Detrito – LateríticaPlistocênica / 3,0	Floresta Ombrófila, Higrófila Aberta, Submontana com cipó / 1,2	200/ 1,7; 222,2/ 1,7; 233,3/ 1,8	Depressão do Madeira – Ji-Paraná – Superfície de aplanamento Pri 1,2	1,6	6.329,30	2,81	
Medianamente Estável/Vulnerável 1	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico / 1,0	Formação Palmeiral / 2,5	Floresta Ombrófila, Higrófila	222,2 / 1,7	Depressão do Madeira – Ji-Paraná (depósitos	1,8	47.077,84	20,90	33,76

			Aberta, Submontana com cipó / 1,2		sedimentares) Conjuntos de formas de topos tabulares Dt 2,3			
Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico/ 1,0	Cobertura Detrito – Laterítica Pleistocênica / 3,0		Floresta Ombrófila, Higrófila Aberta, Submontana com cipó / 1,2	211,1 / 1,7	Depressão do Madeira – Ji- Paraná (depósitos sedimentares) Conjuntos de formas de topos tabulares Dt 2,3	1,9	9.724,15	4,32
Espodossolo FerrihumilúvicoHidro -hiperespesso / 2,0; Neossolo Litólico Distrófico/ 3,0; Neossolo quartzarênico Órtico / 3,0	Formação Palmeiral / 2,5		Floresta Ombrófila, Higrófila Aberta, Submontana / 1,2; Floresta Ombrófila, Higrófila/ Xerófila, Semidecidual Aluvial com Dossel uniforme / 1,6; Savana Estacional, Higrófila Parque, Planície sem floresta de galeria / 2,5 ; Floresta Ombrófila, Higrófila Aberta de Terras baixas com palmeiras / 1,2	222,2 / 1,7	Depressão do Madeira – Ji- Paraná – Área abaciada definida por planos convergentes, arenosa e/ou argilosa, sujeita a inundações; Planaltos Residuais do Madeira – Ji- Paraná – Conjuntos de formas de relevo de topos estreitos e alongados, esculpidos em rochas cristalinas e sedimentares Dt 1,7	2,0	9.625,67	4,27
Neossolo Litólico Distrófico / 3,0	Formação Palmeiral / 2,5		Floresta Ombrófila, Higrófila/	211,11 / 1,7	Depressão do Madeira-Ji- Paraná (depósitos	2,2	6.365,16	2,83

			Xerófitas, Semidecidual Aluvial com Dossel uniforme / 1,6 Agropecuária / 3,0		sedimentares) Topos convexos esculpidos em rocha cristalina e sedimentar / Da 1,7 e 1,5; Planaltos Residuais do Madeira – Ji- Paraná – Conjuntos de formas de relevo de topos estreitos e alongados, esculpidos em rochas cristalinas e sedimentares / Dt 1,8				
Moderadamente Vulnerável	Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico / 2,0; Neossolo Litólico Distrófico / 3,0	Formação Palmeiral / 2,5	Agropecuária / 3,0	211,11; 222,22 / 1,7	Depressão do Madeira – Ji- Paraná (depósitos sedimentares) Conjuntos de formas de topos tabulares / Dt 2,3 e Dt 1,8	2,3	2.050,69	0,91	
	Neossolo Litólico Distrófico / 3,0	Formação Palmeiral / 2,5	Agropecuária / 3,0	211,11; 222,22 / 1,7	Depressão do Madeira – Ji- Paraná (depósitos sedimentares) Conjuntos de formas de topos tabulares / Dt 2,3	2,6	1.188,20	0,53	
Área total								225277	100

Fonte: Organizado pelos autores e adaptado de Crepani *et. al.* (2001) e Brasil (1978).

TABELA 5 - Valores de Vulnerabilidade Natural à Erosão (VNE) na bacia do rio São Francisco para o Cenário 2

Classes Morfológicas	Solos / Índice de vulnerabilidade	Geologia / Índice de vulnerabilidade	Uso e Cobertura/ Índice de vulnerabilidade	Intensidade pluviométrica / Índice de vulnerabilidade	Unidades Geomorfológicas / Índice de vulnerabilidade	CENÁRIO II VNEUT	Hectares	Percentual %	
Estável	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico / 1,0	Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas / 1,1	Floresta / 1,2	222,22 / 1,7	Depressão do Madeira – Ji-Paraná (depósitos sedimentares) Conjuntos de formas de topos tabulares / Dt 1,2	1,3	56,85	0,026	53,031
Moderadamente Estável	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico / 1,0	Complexo Jaciparaná / 1,3	Floresta / 1,2	211,11 / 1,7	Depressão do Madeira – Ji-Paraná (depósitos sedimentares) Conjuntos de formas de topos tabulares / Dt 1,7	1,4	12.003,06	5,328	
	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico / 1,0	Complexo Jaciparaná / 1,3; Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas / 1,1	Floresta / 1,2	200; 211,1; 222,2/1,7	Depressão do Madeira – Ji-Paraná (depósitos sedimentares) Conjuntos de formas de topos tabulares / Dt 2,3	1,5	67.917,17	30,148	
	Latossolo Vermelho Amarelo distrófico/ 1,0	Cobertura Detrito – Laterítica Pleistocênica / 3,0	Floresta / 1,2	200 / 1,7; 222,2/1,7; 233,3/1,8	Depressão do Madeira – Ji-Paraná – Superfície de aplanamento / Dt 1,2	1,6	3.161,05	1,403	
	Latossolo Vermelho Amarelo distrófico / 1,0	Complexo Jaciparaná / 1,3;	Pecuária extensiva / 2,8	222,2 / 1,7	Depressão do Madeira – Ji-Paraná (depósitos sedimentares) Conjuntos de formas de topos tabulares / Dt 2,3	1,7	36.330,93	16,127	
Medianamente Estável/Vulnerável	Latossolo Vermelho Amarelo distrófico / 1,0	Complexo Jaciparaná / 1,3;	Sistema Agrossilvipastoril e Agropastoril / 2,9;	211,1; 222,2 / 1,7	Depressão do Madeira – Ji-Paraná (depósitos sedimentares) Conjuntos de formas de topos tabulares / Dt 2,3	1,8	59.763,50	26,529	46,96

			Cultura permanente / 3,0 e cultura temporária / 2,8					
	Latossolo Vermelho Amarelo distrófico / 1,0 Argissolo Vermelho Amarelo distrófico / 1,0	Formação Palmeiral / 2,5	Floresta / 1,2; Savana Parque / 2,5	222,2 / 1,7	Depressão do Madeira – Ji-Paraná (depósitos sedimentares) Conjuntos de formas de topos tabulares / Dt 2,3	2,0	5.063,71	2,248
	Latossolo Vermelho Amarelo distrófico / 1,0	Formação Palmeiral / 2,5	Floresta / 1,2	222,2 / 1,7	Depressão do Madeira – Ji-Paraná (depósitos sedimentares) Conjuntos de formas de topos tabulares, Depressão do Madeira – Ji-Paraná – Área abaciada definida por planos convergentes / Da 1,7	2,1	29.291,57	13,002
	Neossolo Litólico Distrófico / 3,0; Espodossolo FerrihumilúvicoHidrohiperespesso / 2,0	Formação Palmeiral / 2,5 e Cobertura Detrito – Laterítica Pleistocênica / 3,0	Desmatamento recente / 3,0	211,1; 222,2/1,7 233,3/1,8	Depressão do Madeira – Ji-Paraná (depósitos sedimentares) Conjuntos de formas de topos tabulares / Dt 2,3 Planaltos Residuais do Madeira – Ji-Paraná / Da 1,7	2,2	3.538,10	1,571
Moderadamente Vulnerável	Neossolo Quartzarênico Órtico / 3,0; Neossolo Litólico Distrófico / 3,0; Argissolo Vermelho Amarelo / 2,0	Formação Palmeiral / 2,5	Pecuária extensiva / 2,8	222,22 / 1,7	Depressão do Madeira – Ji-Paraná (depósitos sedimentares) Conjuntos de formas de topos tabulares / Dt 1,7	2,3	6.457,42	2,866
	Neossolo Litólico Distrófico / 2,0	Formação Palmeiral / 2,5	Pecuária extensiva / 2,8	211,1 / 1,7	Depressão do Madeira – Ji-Paraná (depósitos sedimentares) Conjuntos de formas de topos tabulares / Dt 2,3	2,6	1.693,64	0,752
Área total							225,277,00	100

Fonte: Organizado pelos autores e adaptado de Crepani *et. al.* (2001) e Brasil (1978).

4.3.2 Cenário 2

O que definiu os índices de Vulnerabilidade Natural à Erosão neste cenário foi a incorporação da variável Uso e Cobertura da Terra, onde verificou-se a diminuição das classes estável a moderadamente estável com percentual reduzido para 53,03%, contra os 66,25% do primeiro cenário (Cf.: tabela 5).

A incorporação do Uso e Cobertura da Terra ampliou os percentuais de área das classes morfoodinâmicas medianamente estável/vulnerável a moderadamente vulnerável, registrando 46,96% contra os 33,76% registrados no Cenário 1, indicando aumento de 13,2%. Na classe morfoodinâmica moderadamente vulnerável, o aumento foi mais expressivo (duas vezes mais) comparativamente, saindo de pouco mais de um por cento no Cenário 1 para 3,618% no Cenário 2, também nos setores Norte e Noroeste da bacia (Cf.: Fig. 10).

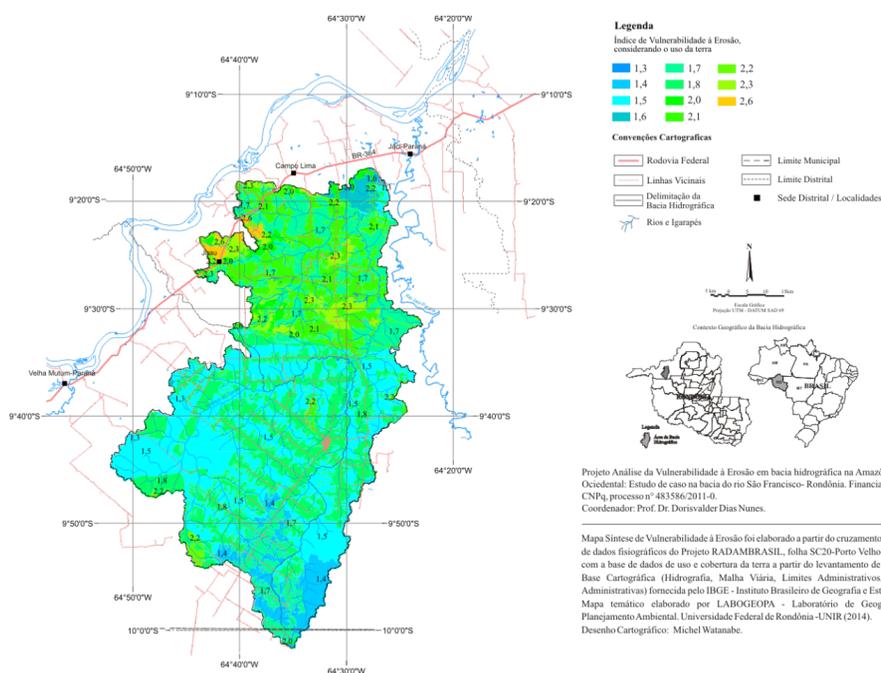


Figura 10 – Mapa Síntese dos Valores de Vulnerabilidade na bacia do rio São Francisco para o Cenário 2.

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.* (2001) e Trabalho de Campo (2012 e 2013).

Comparando-se com a área total da bacia, este percentual de 3,618 não pode ser considerado como preocupante, se a hipótese de estabilização das atividades de antropização se confirmar, o que parece não ser o cenário futuro da bacia. O aumento nos índices de vulnerabilidade da classe (pasto), como elementos-chave na alteração dos valores, sugere medidas de contenção no processo de desmatamento e revitalização das matas ciliares da bacia.

4.3.3 Relação Entre o ZSEE e os Resultados de Vulnerabilidade Natural à Erosão, Considerando Uso e Cobertura da Terra

A Lei Complementar 233/2000 homologou o Zoneamento do Estado de Rondônia, após uma década de debates em torno dos efeitos da Colonização Agrícola na mudança da paisagem no estado, somados aos dilemas de se compatibilizar o modelo de Colonização Agrícola implantado *versus* necessidade de Conservação/Preservação Ambiental.

Embora tivesse sido concebido como um dos melhores instrumentos de Ordenamento Territorial da Amazônia Legal, o ZSEE de Rondônia ao longo dos últimos anos vem sendo descaracterizado, sem que o poder público estadual tivesse tomado qualquer medida para que o descompasso entre a conservação e o desenvolvimento econômico no estado chegasse aos níveis atuais de não efetividade da Gestão Ambiental. Um dos principais indicadores deste descontrole tem sido o desmatamento (Pedlowski; Dale; Matricard, 1999; Costa *et al.*, 2015).

O município de Porto Velho, onde está assentada a bacia do rio São Francisco, entre os anos de 2000 a 2010, foi a unidade que apresentou os maiores índices de desmatamento. Para se ter uma ideia, no ano de 2000 o desmatamento registrado foi de 3.885,90 Km². Dez anos depois, 2010, o desmatamento mais que dobrou chegando a 7.799,60 Km² (Nunes *et al.*, 2015).

As dinâmicas territoriais observadas ao longo destes mais de dez anos refletiram mudanças na política de conservação, balizadas pelo ZSEE de Rondônia. Exemplo destas mudanças foi observado nas alterações das subzonas da

bacia. Grande parte de sua área era composta pela Subzona 2.1 somada a outras áreas caracterizadas pelas Subzonas 3.1 e 3.3, conforme indicado na Tabela 6.

Tabela 6 – Comparação entre os Índices de VNUT e as Subzonas do ZSEE de Rondônia na Bacia do rio São Francisco considerando o Cenário 2

ÍNDICES DE VNUT DA BHSF	ZSEE - Subzonas (Ha) e (%)								Totais	
	1.2		2.1		3.1		3.3		Ha	%
	há	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%		
1,3	56,14	0,02	---	0,00	0,71	0,00	---	0,00	56,85	0,2
1,4	15,74	0,01	8213,33	3,65	21,46	0,01	3752,53	1,67	12003,06	5,34
1,5	13680,94	6,07	45147,79	20,04	4637,37	2,06	4451,07	1,98	67917,17	30,15
1,6	2998,92	1,33	123,66	0,05	38,47	0,02		0,00	3161,05	1,40
1,7	19858,87	8,82	10554	4,68	5911,91	2,62	6,15	0,00	36330,93	16,13
1,8	12493,84	5,55	45184,74	20,06	2084,92	0,93	---	0,00	59763,50	26,53
2	4951,77	2,20	69,2	0,03	42,74	0,02	---	0,00	5063,71	2,25
2,1	26888,85	11,94	445,59	0,20	1957,13	0,87	---	0,00	29291,57	13,00
2,2	2137,3	0,95	1198,43	0,53	202,37	0,09	---	0,00	3538,10	1,57
2,3	6412,76	2,85	6,3	0,00	38,36	0,02	---	0,00	6457,42	2,87
2,6	1690,7	0,75	---	0,00	2,94	0,00	---	0,00	1693,64	0,75
Totais	91185,83	40,48	110943,04	49,25	14938,38	6,63	8209,75	3,64	225277	100,00

Fonte: Adaptado de Rondônia (2001) e Pesquisa Laboratorial.

A promulgação da Lei Complementar nº 308 de 09 de novembro de 2004 definiu novo padrão de ordenamento territorial na bacia do rio São Francisco. Este enquadramento da bacia alterou a forma como a bacia passou a ser ocupada. O mapa da Figura 11 indicou que toda porção meio Sul da bacia era composta pela subzona 2.1, o que conferia à bacia um anteparo legal na forma como o manejo deveria ser realizado.

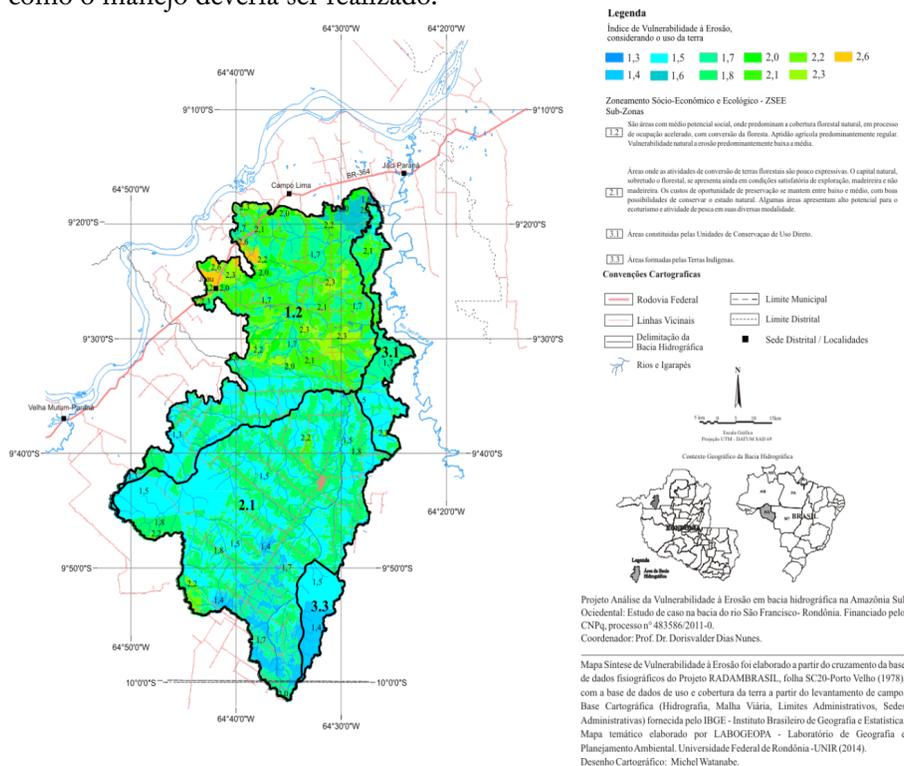


Figura 11 – Mapa Síntese dos Valores de Vulnerabilidade na bacia do rio São Francisco – Cênário 2 e as Subzonas do ZSEE de Rondônia.

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.* (2001), Rondônia (2001) e Trabalho de Campo (2012 e 2013).

A Lei Complementar nº 308 de 09 de novembro de 2004 ampliou a subzona 1.2 para 202128,9 hectares ou 89,73% da bacia, potencializando as possibilidades de aumento da vulnerabilidade, não apenas do ponto de vista ambiental, mas dos interesses difusos e intencionalidades que a sociedade deve impor no uso do território, quando consideramos o que define em sua concep-

ção original a Lei Estadual 233/2000 sobre as formas de ocupação que devem ser observadas em áreas classificadas como subzonas 1.2.

O golpe final ficou por conta do Projeto de Decreto Legislativo (PDL) 143 de 2014. Pois, se havia restado à bacia parte das Áreas Legalmente Protegidas, representadas pelas subzonas 3.1 e 3.3, com o PDL perdeu-se toda área com anteparo legal, representada pela Reserva Extrativista Jaci-Paraná, criada pelo Decreto 7335 de 17 de janeiro de 1996. A área da Resex representava para a bacia 14938,38 hectares ou 6,63% de sua área total que passou a incorporar a subzona 1.2.

Realizadas estas alterações no ZSEE (área circunscrita à bacia), a área total da subzona 1.2 ampliou-se para 217067,3 hectares ou 96,36% de sua área, restando apenas parte da Terra Indígena Karipuna como anteparo das atividades de avanço do desmatamento na bacia.

Embora esta pesquisa tenha apresentado os resultados para os índices de Vulnerabilidade Natural à Erosão da bacia do rio São Francisco, principalmente com a alteração da cobertura vegetal original, o que mais tornou a bacia efetiva e objetivamente vulnerável foi o descontrole e a falta de gestão ambiental do poder público no trato do Ordenamento do Território, cujo cenário não tem perspectivas de minimizar as trajetórias que estão em curso, conforme previsto nos estudos de Piontekowski *et al.* (2019) e Nunes *et al.* (2015). O que de certa maneira torna irrelevante a proposição, neste relatório de pesquisa, das áreas com necessidade de conservação ou de manejo corretivo na bacia do rio São Francisco, a partir dos resultados de vulnerabilidade natural à erosão. Isto se deve exatamente porque este indicador ambiental para apoio no planejamento e gestão do território não tem a menor repercussão nas ações governamentais de efetividade de gestão ou de planejamento ambiental, pois, se nem mesmo uma norma como a Lei 233/2000, formulada com base numa discussão entre pesquisadores e sociedade civil organizada, foi capaz de prevenir as ações intempestivas do próprio poder público, o que dizer das indicações apresentadas nesta pesquisa?

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A situação da bacia do rio São Francisco, se comparada ao cenário verificado na bacia do rio Mutum-Paraná, apresentou-se mais complicada. A alteração na cobertura vegetal alcançou mais da metade de sua área com o desmatamento registrado em 2011 da ordem de 51,97%, contra os 34% verificados na bacia do Mutum-Paraná no ano de 2010 (Nunes, 2012).

Os resultados da vulnerabilidade à erosão foram pautados em dois cenários:

- No Cenário 1 a área classificada como efetivamente estável foi de apenas 0,06%. Na classe morfodinâmica moderadamente estável obtivemos uma área de 66,2%. Para as classes morfodinâmicas medianamente estável/vulnerável a moderadamente vulnerável, os percentuais alcançaram 33,76% da bacia e, deste total, apenas 1,44% da bacia foi classificada como moderadamente vulnerável nos setores Norte e Noroeste.
- No Cenário 2, a incorporação do Uso e Cobertura da Terra ampliou os percentuais de área das classes morfodinâmicas medianamente estável/vulnerável a moderadamente vulnerável, registrando 46,96% contra os 33,76% registrados no Cenário 1, cujo aumento foi de 13,2%. Na classe morfodinâmica moderadamente vulnerável o aumento foi, relativamente, mais expressivo (duas vezes mais), saindo de 1,44% no Cenário 1 para 3,618% no Cenário 2, também nos setores Norte e Noroeste da bacia.

Esta ampliação da classe moderadamente vulnerável na bacia não é o fator que mais preocupa em termos de efetividade da gestão ambiental da bacia. Outros fatores devem potencializar sua vulnerabilidade com destaque para:

- Descaracterização da subzona 2.1 para 1.2 por meio da Lei Complementar nº 308 de 09 de novembro de 2004;
- Revogação do Decreto 7335 de 17 de janeiro de 1996 por meio Projeto de Decreto Legislativo (PDL) 143 de 2014 que descaracterizou a área da Reserva Extrativista Jaci-Paraná;

- Expansão da pecuária e exploração madeireira com grande reflexo no índice de desmatamento da bacia que em 1999 foi de 9,64% e salta em 2011 para 51,97%.

Fazer alguma recomendação neste estudo, com o objetivo de apoiar as ações para conservação dos recursos naturais da bacia do rio São Francisco, constitui tarefa inglória, quando consideramos o histórico das últimas ações capitaneadas pelo poder Executivo e Legislativo estaduais, no que concerne à efetividade da gestão ambiental da bacia. Contudo, pelas obrigações inerentes ao exercício da ciência e da pesquisa, propomos as seguintes recomendações para uma melhor gestão da bacia, à luz dos resultados alcançados no presente estudo:

- É urgente a recomposição das matas ciliares em toda bacia, pois, em muitos casos as zonas de mananciais e o leito de igarapés que alimentam a bacia estão sob forte pressão da pecuária, cujo resultado tem sido a ampliação dos processos erosivos conforme demonstrado nas figuras 03, 07 e 08;
- Maior controle no processo de expansão da pecuária sobre as Áreas de Proteção Permanente – APP's, de modo a ampliar o tamanho destas áreas no âmbito da bacia, principalmente na porção Sul, onde os valores de vulnerabilidade natural à erosão foram mais proeminentes (Conferir Mapa da Figura 10). Esta seria uma ação para minimizar os efeitos da descaracterização da subzona 2.1 e da perda da Resex Jaci-Paraná;
- Inserção de tecnologias alternativas na produção agrícola de modo a agregar valor aos produtos, incentivo à sua diversificação e apoio na infraestrutura de transporte e comercialização. É necessária a atuação das agências de fomento à produção como EMBRAPA, IDARON e EMATER. O produtor rural, ampliando sua renda a partir da agregação de valor de seu produto, deverá (por hipótese) exercer menor pressão sobre os recursos naturais remanescentes;
- Manutenção do combate à extração de madeira ilegal, situação que foi observada tanto na bacia do Mutum-Paraná como na bacia do rio São Francisco e, ao mesmo tempo, apoiar as iniciativas de extração de madeira legal

e sob manejo, principalmente evitando os atravessadores e melhorando os preços na venda das toras brutas. É aconselhável o incentivo às práticas de beneficiamento da madeira e formação de pequenas indústrias moveleiras e artesanais para o melhor aproveitamento da madeira. A atuação da SEDAM, SEMA e ICMbio e do SEBRAE é fundamental;

- Também é recorrente as más condições dos serviços de educação, transporte e saúde aos moradores da bacia. É necessário que o poder municipal e estadual tenham maior inserção neste quesito;
- Ampliar as campanhas de educação ambiental entre os moradores, no sentido de massificar a importância da conservação dos recursos naturais, com destaque para os corpos hídricos e manutenção da floresta. A área da bacia do rio São Francisco encontra-se dentro da zona de alta prioridade para conservação definida dentro do projeto PROBIO/MMA que discutiu entre os anos de 1998 a 2000 um grande projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica do Brasil. O projeto foi denominado PROBIO/MMA, a partir do qual cientistas discutiram critérios para definição destas áreas prioritárias (BRASIL, 2007b). Estas informações devem ser repassadas e discutidas entre os moradores da bacia.

Quanto a eficácia do método, os resultados mostraram-se coerentes. Contudo teria sido importante discutir a validação dos resultados para confirmação da exatidão dos modelos cartográficos apresentados, principalmente nos resultados dos mapas sínteses do primeiro e segundo cenários. Do ponto de vista do planejamento ambiental, o método se constitui numa ferramenta eficiente para o nível de escala adotada no levantamento dos dados da bacia, mas carece de aperfeiçoamento quando há a necessidade do detalhamento cartográfico.

De modo geral, os estudos de vulnerabilidade apresentam-se como importante alternativa para discussão sobre ordenamento territorial em Rondônia. Outro fator interessante é que sua proposta, em que pese as limitações da escala cartográfica de abordagem, proporcionou também uma análise integrativa entre componentes no meio físico e antrópico, quando possibilita a incorporação da variável uso e Cobertura da terra.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq-Brasil) que possibilitou a realização deste estudo. Processo nº 483586/2011-0 MCT/CNPq/Edital Universal nº 14/2011 – Faixa A.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Departamento Nacional de Pesquisa Mineral. **Projeto RADAM-BRASIL. Folha SC 20 Porto Velho:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1978.

BRASIL, DNPM. **Geologia da Região Porto Velho – Abunã.** Folhas Porto Velho; São Francisco; Jaciparaná, Abunã – Estados de Rondônia e Amazonas – Texto Explicativo. Brasília, Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. 1990.

BRASIL, IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Manual técnico de Vegetação Brasileira.** Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999.

BRASIL, IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Manual técnico de Uso da Terra.** Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL, IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Manual técnico de Pedologia.** Rio de Janeiro, 2007a.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e recursos Minerais do Estado de Rondônia: Sistema de Informações Geográficas.** Porto Velho, CPRM, 2007b.

BRASIL, Ministério do Trabalho. **Aspectos Conceituais da Vulnerabilidade Social**. Brasília, Convênio MTE-DIEESE-UNICAMP-FAT, 2007c.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização - Portaria MMA nº 9, de 23 de janeiro de 2007**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. – Brasília: MMA, 2007d. (Série Biodiversidade, 31).

BRASIL, IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Manual técnico de Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro, 2ª Edição, 2012.

CARVALHO, A. T. Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente**, n. 42, v. 1, p. 140-161, jan-jun, 2020.

CARVALHO, I. **De Lula a Bolsonaro: número de fiscais do Ibama chegou a cair até 55%**. Brasil de Fato: uma visão popular do Brasil e do Mundo. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2020/09/08/no-governo-bolsonaro-numero-de-fiscais-do-ibama-despencou-e-desmatamento-disparou> . Acesso em: março de 2021.

CASTRO, C.M.; PEIXOTO, M.N.de O & PIRES DO RIO, G.A. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. In: **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, Vol. 28-2 / 2005**. p. 11-30. ISSN 0101-9759.

COSTA, G. *et al.* Ocupações ilegais em unidades de conservação na Amazônia: o caso da Floresta Nacional do Bom Futuro no Estado de Rondônia/ Brasil. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território - GOT**, n.º 8 (dezembro), 2015.

CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao Zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos: INPE, 2001.

CREPANI, E. *et al.* Zoneamento Ecológico-Econômico. In.: FLORENZANO, T. G. (org.) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.** São Paulo, Ed. Oficina de Textos, 2008.

CRUZ, I. **Assembleia Legislativa aprova decreto sustando criação da Resex Jacy-Paraná.** www.al.ro.leg.br/agencia-de-noticias, acesso em: março de 2014.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro, RJ, EMBRAPA-SPI, 2009. 412p.

FEARNSIDE, P.M. O cultivo da soja como ameaça para o meio ambiente na Amazônia brasileira. p. 55-81. In: Fearnside, P.M. (ed.) **Destruição e Conservação da Floresta Amazônica.** Vol. 1. Editora do INPA, Manaus, 2019. 368 p.

FEARNSIDE, P.M. Rondônia: Estradas que levam à devastação. **Revista Ciência Hoje, Rio de Janeiro, SBPC**, p. 116-122, 1991. (v. Especial Amazônia).

FURNAS. Estudos de Impacto Ambiental do Rio Madeira-RO. **Definição das áreas de Influência, Legislação e Caracterização dos Empreendimentos.** TOMO A Vol. 1. Furnas, 2005.

GTA-Regional Rondônia. **O Fim da Floresta? A Devastação das Unidades de Conservação e Terras Indígenas no Estado de Rondônia.** Rondônia, GTA-RO, 2008. Acesso em: set. de 2012. Disponível em: <http://stat.correioweb.com.br/cbonline/junho/ofimdafloresta.pdf>

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **PRODES Digital.** São José dos Campos, 2014. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodesdigital/metodologia.html> . Acesso em: jan. de 2014.

LATRUBESSE, E., ARIMA, E., DUNNE, T. *et al.* Damming the rivers of the Amazon basin. **Nature** 546, 363–369, 2017. <https://doi.org/10.1038/nature22333>.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo, 2ª Edição, Ed. Oficina de Textos, 2010.

MARANDOLA JR., E. & HOGAN, D.J. As Dimensões da Vulnerabilidade. In: **Rev. São Paulo em Perspectiva**, v.20, n. 1, p. 33-43, jan./mar., 2006.

MARGULIS, S. **Causas do Desmatamento da Amazônia brasileira**. Brasília: Banco Mundial, 2003. 100p.

MOREIRA, R. **O Pensamento Geográfico Brasileiro: as matrizes da renovação**. São Paulo, Ed. Contexto. Vol. 2, 2009. 169 p.

NASCIMENTO, J.A.S. do. **Vulnerabilidade a Eventos Climáticos Extremos na Amazônia Ocidental: uma visão integrada na Bacia do Rio Acre**. Tese (Doutorado). UFRJ/COPPE, Programa de Planejamento Energético da COPPE, 2011. 297p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NUNES, D. D. *et al.* **Caracterização das Potencialidades Socioeconômicas do Alto-Madeira (Trecho: Porto Velho – Abunã) e sua espacialidade a partir do uso de geoprocessamento e cartografia digital**. Porto Velho-RO, LABOGEOPA-UNIR (Relatório Técnico Final), 2005.

NUNES, D. D. **Hidrovia do Madeira: (re)configuração, integração e meio ambiente**. 2004. 379f. Tese (Doutorado em Ciências Socioambientais) – Núcleo de Altos Estudos Amazônicos/NAEA/Universidade Federal do Pará, Belém, 2004.

NUNES, D.D. **Análise da Vulnerabilidade à Erosão em bacia Hidrográfica na Amazônia Sul Ocidental: estudo de caso na bacia do rio São Francisco –**

Rondônia (2011/2014). Porto Velho/RO. CNPq – Processo nº 483586/2011-0 - MCT/CNPq/Edital Universal nº 14/2011 – Faixa A, Relatório Final de Pesquisa, 2014. 59p.

NUNES, D.D. *et al.* Novas configurações e novos desafios na Amazônia Sul Ocidental: reflexos dos grandes empreendimentos em Rondônia. CARMELLO, N. *et al.* (Org.). **Recursos Hídricos e Diálogos Socioambientais.** Curitiba-PR, 1ª ed., Editora CRV, 2011. p. 79 a 86

NUNES, D. D.; WATANABE, M.; NUNES, A. C. S.; CAVALCANTE, M. M. de A. Formação Socioambiental do estado de Rondônia. In: SIMONIAN, L. T. L.; BAPTISTA, E. R. (Org.). **Formação Socioambiental da Amazônia. Belém: Editora do NAEA, 2015.** p. 527-622, ISBN: 978-85-7143-142-3. [Coleção Formação Regional da Amazônia, v. 3].

NUNES, D.D. **Vulnerabilidade Natural à Erosão da Bacia do rio Mutum-Paraná-Porto Velho-RO (2009-2011).** Porto Velho/RO. CNPq – Proc. nº 575783/2008-7/Edital MCT/CNPq/CT-Amazônia - nº 55/2008 - Amazônia Ocidental, Relatório Final de Pesquisa, 2012. 74p.

OLIVEIRA, J.B. de *et al.* **Classes gerais dos solos do Brasil: Guia auxiliar para seu reconhecimento.** Jaboticabal, FUNESP, 1992, 201p.

PEDLOWSKI, M; DALE, V.; MATRICARDI, E. A Criação de Áreas Protegidas e os Limites da Conservação Ambiental em Rondônia. **Revista Ambiente e Sociedade, São Paulo**, v. 3, n. 5, p. 93-107, 1999.

PINTO, G. C. **Ordenamento territorial e fragilidade ambiental na bacia do rio São Francisco-Porto Velho/RO: contradições e perspectivas.** 2016. 176f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

PIONTEKOWSKI, V. J. *et al.* Modeling Deforestation in the State of Rondônia. **Rev. Floresta e Ambiente**; 26(3): e20180441, 2019. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.044118>

QUADROS, M.L.E.S. & RIZZOTTO, G.J. (Org.) **Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia: Sistema de Informações Geográficas – SIG: Texto Explicativo do Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Rondônia – Escala 1:1.000.000**. Porto Velho, CPRM, 2007. 153p.

RIBEIRO, M. B. N & VERÍSSIMO, A. *Padrões e Causas do Desmatamento nas Áreas Protegidas de Rondônia*. In: **Revista Natureza e Conservação – Artigos Técnicos Científicos**, Vol. 5 – nº 1, abril-2007, pp. 15-26, 2007.

RIVERO, S. *et al.* Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia In: **Rev. Nova Economia**, Belo Horizonte, 19 (1)-41-66, janeiro-abril de 2009.

RONDÔNIA (estado). **Lei Complementar 233 de 06 de junho de 2000**. Rondônia, 2000. Disponível em : <http://www.sepog.ro.gov.br/Conteudo/Exibir/44> . Acesso em jan. de 2014.

RONDÔNIA, **Plano Agroflorestal de Rondônia – PLANAFLORO**. Porto velho: TECNOSSOLOS, Relatório Técnico, 2001.

SILVA, R. G. C. Agentes, procesos y conflictos en la gestión territorial en el estado de Rondônia (Brasil). **Revista Polis [Online]**, 45 | 2016. posto online no dia 11 maio 2017, consultado o 30 abril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/polis/12179>.

SUDO, H. Metodologia de Classificações Climáticas. In: **Boletim do Departamento de Geografia**, nº 4, 5, 6 – 1972 – 1974. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Presidente Prudente – SP, 1974.

THOMAZ, E. L.; NUNES, D. D.; WATANABE, M. Effects of tropical forest conversion on soil and aquatic systems in southwestern Brazilian Amazonia: A synthesis. **Environmental Research**, v. 183, 109220, 2020.

THOMAZ, E.L. Erosão do Solo em Estradas não pavimentadas. In: THOMAZ, E.L. **Erosão do Solo: teorias, métodos e perspectivas**. Curitiba, Ed. CRV, 2019b. pp. 119 a 148.

THOMAZ, E.L. Processos Erosivos em Vertentes. In: THOMAZ, E.L. **Erosão do Solo: teorias, métodos e perspectivas**. Curitiba, Ed. CRV, 2019a. pp. 33 a 72.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro IBGE/SUPEN, 1977.

VERÍSSIMO, A.; *et al.* Áreas Protegidas na Amazônia Brasileira: avanços e desafios. Belém, IMAZON; São Paulo, ISA, 2011.

WATANABE, M. *et al.* Análise do impacto do Desmatamento no aporte Sedimentar de bacias Pareadas na Amazônia ocidental: bacias do rio Mutum-Paraná, RONDÔNIA (BRASIL). **Rev. Bras. Geomorfol. (Online)**, São Paulo, v.19, n.3 (Jul-Set) p.601-615, 2018.

CAPÍTULO 3

NDVI APLICADO NA DETECÇÃO DE DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS CULTIVADAS¹

NDVI APPLIED IN DETECTION OF DEGRADATION OF CULTIVATED PASTURES

Elaine Lima da Fonseca

Marília Locatelli

Eliomar Pereira da Silva Filho

1. Introdução

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é uma aplicação dos processos de realce por operações matemáticas entre bandas de sensores de satélites, aplicados a estudos de estimação de biomassa, na detecção de mudanças de padrão de uso e cobertura da terra e na caracterização da distribuição espacial da cobertura vegetal. Degradação de pastagem, por sua vez, é um processo segundo qual ocorre perda da produtividade, do valor nutricional e da capacidade de recuperação natural.

Colorado do Oeste, onde a pesquisa foi conduzida, tem como principal atividade rural a pecuária em sistema extensivo, que gera vários empregos diretos e indiretos e participa de forma significativa no seu PIB. Possui rebanho bovino total de 250.682 cabeças (IBGE, 2014) e a média de produção leiteira é de 55.211 litros por dia (IDARON, 2013). No entanto, as questões inerentes à degradação de pastagens têm sido um dos desafios à pecuária da região, devido ao processo evolutivo de perda de vigor e produtividade da forrageira, que modifica o desempenho animal, acarretando queda da produção de leite e de carne bovina.

¹ Texto originalmente publicado na Confins [Online]: <https://doi.org/10.4000/confins.13180>

Assim, objetivou-se com o trabalho detectar processos de degradação de pastagens cultivadas no município de Colorado do Oeste – RO, por meio da aplicação de técnicas do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), a fim de oferecer subsídios aos órgãos de extensão para o manejo e condução da pastagem.

2. Degradação de pastagem e o geoprocessamento

Para o estado Rondônia, onde o município está inserido, estima-se que dos cinco milhões de hectares ocupados com pastagens cultivadas, pelo menos 40% apresentam pastagens em diferentes estágios de degradação (Costa *et al.*, 2004, p.6). Tendo suas principais causas de degradação relacionadas à superlotação das áreas e declínio da fertilidade do solo devido à ausência de adubação. Soma-se a isso o manejo da pastagem incorreto, como a combinação de espécie cespitosa, aliada a lotação contínua, além de piquetes excessivamente grandes (Dias-Filho, 2005).

Macedo e Zimmer (1993) definiram com propriedade o que vem a ser degradação de pastagem. Segundo os autores, é um processo gradativo da perda de vigor, da produtividade, do valor nutricional e da capacidade de recuperação natural da planta forrageira para sustentar os níveis de produção exigida pelos animais e de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras. Esse fato culmina com a degradação avançada dos recursos naturais, em razão de manejos inadequados. Rodrigues (1996) atribui, ainda, a falta de persistência dessas gramíneas à forma extrativista de sua exploração, bem como a problemas de adaptação e ao manejo inadequado.

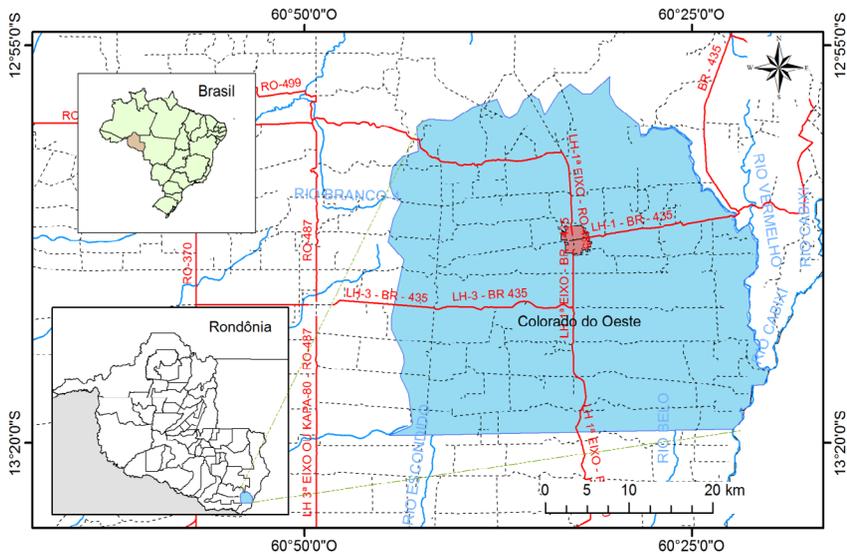
De maneira geral, são várias as dificuldades para se implementarem políticas públicas que visem recuperar essas pastagens degradadas. Entre elas, destaca-se a falta de informações atualizadas e detalhadas sobre a distribuição espacial das pastagens degradadas (Sano *et al.*, 2000). Essa carência pode ser suprida por meio de interpretação de mapas baseados em imagens obtidas por sensores remotos (Nascimento *et al.*, 2006).

As informações provenientes de sensores remotos vêm sendo utilizadas na modelagem de vários parâmetros biofísicos da vegetação desde a década de 1960, os quais podem ser medidos por meio dos índices de vegetação, que indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde (Jensen, 2009), sendo o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) o mais comumente empregado, em estudos desta natureza. Os dados de sensoriamento remoto podem contribuir para discriminação de pastagens com diferentes níveis de degradação por meio da análise do comportamento espectral dos alvos de interesse (Gao *et al.*, 2006).

De acordo com Kennedy *et al.* (2007), as imagens de sensoriamento remoto fornecem dados consistentes e medições repetidas em escala apropriada para muitos processos que provocam mudanças. Além de contribuir com rapidez, eficiência e confiabilidade para melhor compreensão dos fatores que envolvem o uso e a modificação da vegetação pela ação antrópica.

3. Metodologia

A área de estudo corresponde ao município de Colorado do Oeste – RO, situado à latitude de 13°07'03" S e longitude de 60°32'28" W, com altitude de 440 metros e relevo variando de ondulado a montanhoso (Figura 1). O clima é Aw - Tropical Chuvoso, segundo a classificação de Köppen, com insignificante amplitude térmica anual. Os solos predominantes são do tipo Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelhos e Cambissolos Eutróficos (SEDAM, 2010).



Convenções Cartográficas

- Estradas Principais
- Perímetro Urbano
- Hidrografia
- Estradas Municipais
- Colorado do Oeste
- Bolívia

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Para execução das atividades de geotecnologias foram utilizadas: Base Cartográfica Digital do Brasil ao milionésimo disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Imagem do satélite OLI/Landsat 8 cenas 230/69 e 229/69, com resolução espacial de 30 m, obtida em outubro de 2015, período mais próximo a data de coleta de campo que não apresentou presença de nuvens que interferisse na qualidade da imagem, sendo disponibilizadas no catálogo de imagem do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), e os softwares de geoprocessamento Spring 5.2.1 e ArcGIS 10.2.2.

As atividades de pré-processamento da imagem, como registro e correção, e o processo de classificação do uso e ocupação do solo, foram desenvolvidas em ambiente Spring. Para finalização dos mapas foi utilizado o *software* ArcGIS 10.2.2.

Para análise das informações foram utilizados processos de classificação de imagens, antecedido do processo de segmentação de imagens. Este procedimento pode ser considerado um pré-classificador para a classificação automática (SANTOS *et al.*, 2011). Para a segmentação da imagem foram utilizados níveis de similaridade 500 e área de pixel 50 pelo método de crescimento de regiões.

Quadro 1. Chave de interpretação sintetizada.

Classes	Descrição
Formação Florestal Arbórea	Caracterizada por florestas e fragmentos florestais arbóreos naturais ou regenerados após intervenção antrópica
Cerrado	Caracterizada pela presença de vegetação típica de cerrado e áreas em transição.
Área antropizada	Caracterizada por áreas destinadas a produção agrícola.
Pastagem	Caracterizada pela presença de vegetação rasteira destinada a produção animal.
Hidrografia	Caracterizado por rios, lagos e demais corpos d'água encontrados na imagem.

Fonte: Adaptado de Fonseca (2015).

A classificação empregada, nesta análise, apropriou-se da imagem segmentada e classificação supervisionada. Por classificador, utilizou-se o Bhattacharya a 99,9% de aceitação que requer treinamento, em que a medida da distância de Bhattacharya mede a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais. Após classificação da imagem procedeu-se a poligonização das classes representativas da imagem conforme descrito no quadro 1.

Para validar o que foi constatado visualmente nas classificações, construiu-se a matriz de confusão, usando o índice de exatidão Kappa, verificando, assim, o nível de confiança da classificação, calculado conforme a Equação 1, sendo X o elemento considerado.

$$K = \frac{\sum X_{ij} - \sum X_i \cdot \sum X_j}{1 - \sum X_i \cdot X_j} \quad (1)$$

As atividades desenvolvidas estão descritas no fluxograma a seguir (Figura 2).

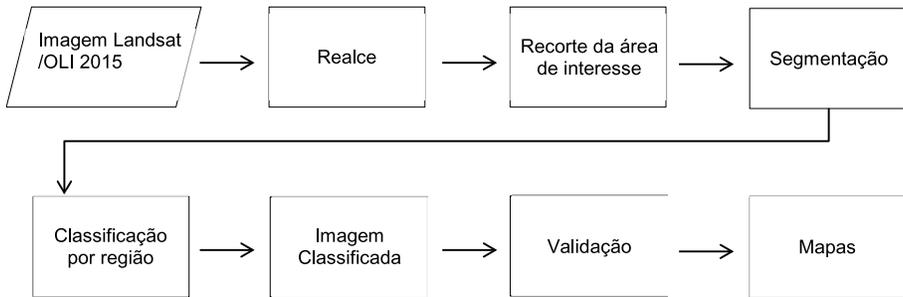


Figura 2. Fluxograma mapeamento de uso e cobertura do solo

A partir do mapa de uso e ocupação, foi possível fazer o recorte da área de pastagem para delimitação das áreas que sofreram o processo de classificação da degradação da pastagem por meio do NDVI (Equação 2), proposta por Rouse *et al.* (1973). Este índice de vegetação possui a capacidade de minimizar efeitos topográficos ao produzir uma escala linear de medida que varia, teoricamente, de -1 a $+1$ (quanto mais próximo de 1 , maior a densidade de cobertura vegetal), o 0 representa valor aproximado para ausência de vegetação (Rego *et al.* 2012).

$$NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)} \quad (2)$$

Em que: IVP = infravermelho próximo correspondente a banda 5; V = vermelho correspondente a banda 4 do satélite Landsat sensor OLI.

O princípio físico do NDVI se baseia na assinatura espectral das plantas que absorvem fortemente radiação solar na região do V, utilizando-a como fonte de energia na fotossíntese. Em contrapartida, suas células refletem fortemente na região do IVP. As porções absorvidas no V e refletidas no IVP variam de acordo com as condições das plantas. Quanto mais verdes, nutridas, sadias forem às plantas, maior será a absorção do V e maior será a reflectância do IVP. Assim a diferença entre as reflectâncias das bandas do V e do IVP será tanto maior quanto mais verde for a vegetação.

Para validação das cinco classes de NDVI definidas automaticamente por meio do Algoritmo de Jenks, foram realizados trabalho de campo, no mês de abril de 2016, que consistiu na visita de 05 (cinco) propriedades rurais que apresentassem os níveis de degradação, conforme o indicado pelo índice de vegetação. Após a identificação das propriedades, procedeu-se a coleta da forragem para verificar a produção de matéria seca (MS), matéria verde (MV), composição florística, relação folha/colmo e altura de pastagem.

Cada amostragem de massa de forragem foi constituída da coleta de material em 10 pontos aleatórios de 0,5 m² com um retângulo de 1,0 m x 0,5 m. As amostras foram cortadas rente ao solo, e foram conduzidas ao laboratório para identificação e pesagem para obtenção da massa da matéria verde.

Cada amostra composta foi separada em forrageira e plantas daninhas, quantificadas e retiradas duas subamostras, uma para determinação da porcentagem de matéria seca (MS), levando o material à estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, e a outra para a separação das lâminas foliares e hastes.

A determinação da massa por hectare foi obtida a partir dos dados das amostras compostas de massa verde (MV) transformados em kg.ha⁻¹ e o resultado multiplicado pelo percentual de MS, determinando, portanto, a massa seca da forragem.

Para a análise estatística dos dados de campo, utilizou-se delineamento experimental em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e dez repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas cinco propriedades rurais visitadas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando o teste F apresentou-se significativo, foi realizado o teste Scott-Knott para comparação das médias, ao nível de 5% de probabilidade.

4. Resultados e discussão

O sensoriamento remoto mostrou-se muito eficaz no levantamento do índice de degradação das pastagens, permitindo que grandes extensões de áreas pudessem ser analisadas em pouco tempo e em escala apropriada.

Embora não tenha alcançado o resultado ideal, o método do mapeamento obtido pelo classificador Distância de Bhattacharya com o limiar de

aceitação de 99,9% apresentou resultado aceitável na identificação de alvos adjacentes a outros alvos cujo padrão de assinatura espectral apresenta ampla diferença, ou seja, regiões onde ocorre notavelmente distinção no número digital (ND), tais como rios e área com florestas ou solo exposto e corpos d'água, conforme o observado também por Fonseca et al. (2015).

O resultado de confiabilidade obtida pela classificação da imagem pode ser observado com a utilização do índice de acerto Kappa (matriz de confusão) para a classificação realizada, foi de 0,71, valor considerado Muito Bom (0,61 a 0,80) (Rodrigues *et al.*, 2007), indicando que a proporção de amostras corretamente classificadas alcançou resultado satisfatório (Quadro 2).

Quadro 2. Resultado da classificação pelo índice de acerto de Kappa.

Classes	Água	Agricultura	Cerrado	Pastagem	Urbano	Vegetação	Total
Água	4	0	0	4	0	2	10
Agricultura	0	1	0	1	0	0	2
Cerrado	0	0	2	1	0	1	4
Pastagem	1	0	2	62	0	0	65
Urbano	0	0	0	1	1	0	2
Vegetação	1	1	0	0	0	15	17
Total	6	2	4	69	1	18	100
Coeficiente Kappa ¹							0,71

¹ Coeficiente Kappa: 0,00 - Péssima; 0,01 a 0,20 - Ruim; 0,21 a 0,40 - Razoável; 0,41 a 0,60 - Boa; 0,61 a 0,80 - Muito Boa; 0,81 a 1,00 - Excelente.

As classes que apresentaram maior erro na classificação foram agricultura e cerrado, com 50% dos seus pixels confundidos com vegetação e pastagem, respectivamente (Quadro 3). Por outro lado, verificou-se que perímetro urbano, pastagem e vegetação, respectivamente, com 100, 89,86 e 83,33% dos pixels corretamente classificados, foram às classes que apresentaram os melho-

res resultados, conforme o quadro 3. Segundo Nascimento *et al.* (2006), bons resultados na classificação podem ser atribuídos a características como textura, brilho e a resposta espectral dos alvos que distinguem cada uma das classes.

Quadro 3. Percentual de pixels corretamente classificados.

Classes	Água	Agricultura	Cerrado	Pastagem	Urbano	Vegetação	Total
Água	66,67	0	0	5,8	0	11,11	10
Agricultura	0	50	0	1,45	0	0	2
Cerrado	0	0	50	1,45	0	5,56	4
Pastagem	16,67	0	50	89,86	0	0	65
Urbano	0	0	0	1,45	100	0	2
Vegetação	16,67	50	0	0	0	83,33	17
Total	100	100	100	100	100	100	100

O índice Kappa, calculado inicialmente para todas as classes mapeadas, posteriormente foi calculado apenas para a classe pastagem que é o foco principal deste trabalho. O valor obtido para essa classe foi de 0,93, o que demonstra excelente classificação (0,81 a 1,00), mostrando confiabilidade para a posterior aplicação do NDVI na identificação de níveis de degradação em pastagens.

No mapa temático elaborado a partir da classificação supervisionada, podem ser observadas as seis classes diferenciadas e especializadas de uso e classificação da terra, sendo elas: vegetação, cerrado, agricultura, água, perímetro urbano e pastagem (Figura 3).

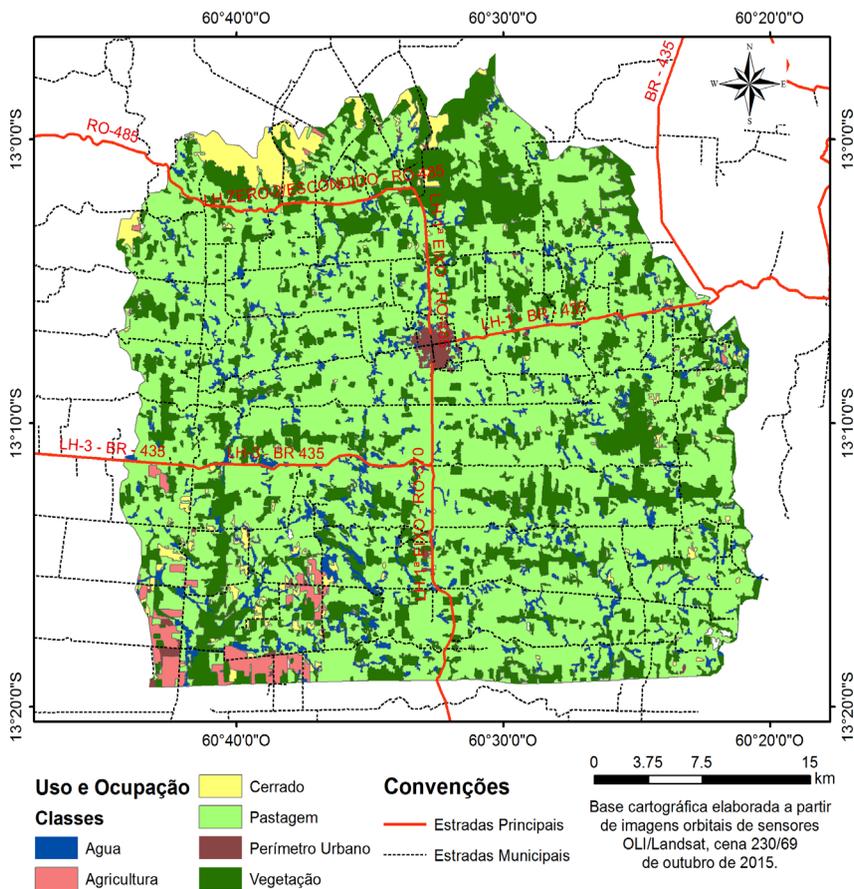


Figura 3. Mapa de uso e ocupação do solo de Colorado do Oeste.

As áreas referentes à vegetação foram divididas em duas classes: uma ocupada por áreas de florestas e fragmentos florestais arbóreos naturais ou regenerados após intervenção antrópica, correspondendo a 295,69 km², o que equivale a 21,04% da área total (Quadro 4), com presença observada de forma bem distribuída em todo o território; e a outra ocupada por cerrado, localizado principalmente na parte extrema oeste do município (Figura 3) que, em termos quantitativos, corresponde a 2,98% da área de estudo, ou seja, aproximadamente a 41,92 km² (Quadro 4).

De acordo com as características estabelecidas por Veloso *et al.* (1991), as classes de vegetação observada no município de Colorado do Oeste enquadram-se como Floresta Ombrófila Semidecidual, vegetação de Cerrado e áreas com transição entre Cerrado e Floresta Semidecidual.

Apesar de não expressiva na área de estudo, também foram identificadas áreas com culturas anuais, representando apenas 1,51% da área total ou 21,25 km², concentrando-se sua maior parte na região sudoeste do município. A presença dessa classe está relacionada à época em que a imagem foi obtida, o que coincide com o período inicial ao plantio dessas culturas. A presença confirmada posteriormente com idas a campo, identificando-se o plantio de soja na parte inferior do mapa, e o plantio de milho, porém em áreas menores e mais fragmentadas.

Do total de 1.405,29 km² avaliados, aproximadamente 69,46% correspondem às áreas de pastagens (Quadro 4), ocupando assim a maior parte do município, o que afirma a predominância da pecuária na sua atividade agrícola, que tem participação de 21,08% do PIB municipal (Simoni, 2013), sendo uma das atividades mais importantes para a economia da cidade.

Na figura 4, apresenta-se a espacialização das pastagens por nível de degradação. Foram estabelecidas cinco classes indicativas de processos de degradação das pastagens plantadas, criadas pelo método de classificação de quebras naturais conhecido também como Algoritmo de Jenks, usados para gerar automaticamente intervalos (faixas) em série numérica, de maneira a minimizar a variância dentro de cada categoria criada.

A partir de então, as pastagens foram classificadas como: extremamente degradada (Pastagem 1), fortemente degradada (Pastagem 2) e moderadamente degradada (Pastagem 3), quando o NDVI estava no intervalo de -0,23 a 0,24; 0,24 a 0,28 e de 0,28 a 0,32, respectivamente. Já os valores de NDVI de 0,32 a 0,37 e 0,37 a 0,59 foram considerados para casos com áreas com pastagem levemente degradadas (Pastagem 4) e não degradadas (Pastagem 5).

Quadro 4 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo.

Classes	Km ²	%
Vegetação	295,69	21,04
Agricultura	21,25	1,51
Cerrado	41,92	2,98
Água	60,02	4,27
Perímetro urbano	10,23	0,73
Pastagem	976,17	69,46
Total	1.405,29	100,00

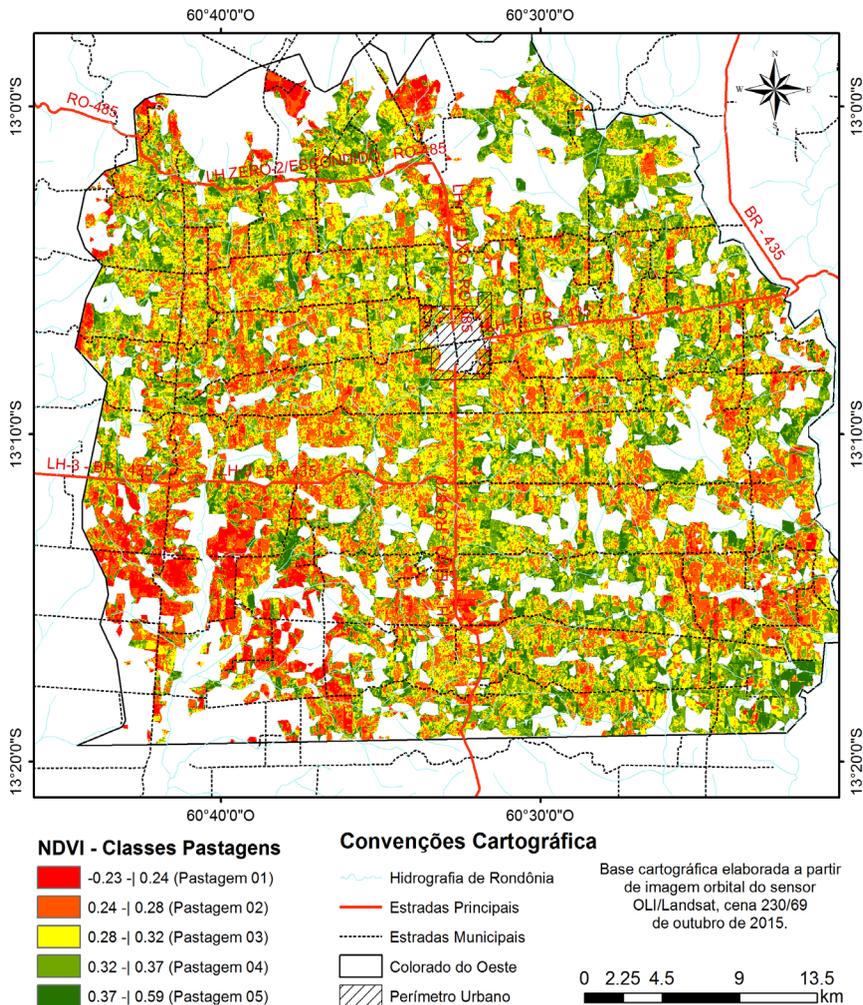


Figura 4. Mapa de classificação dos níveis de degradação a partir do índice NDVI.

Segundo os dados obtidos com o NDVI, 66,69% dos 976,17 km² referentes às pastagens encontram-se com algum grau de degradação. Sendo 35,19%, 24,88% e 6,62% das pastagens estão moderadamente (Pastagem 3), fortemente (Pastagem 2) e extremamente degradadas (Pastagem 1), respectivamente, enquanto apenas 33,30% das pastagens das áreas estão em condições adequadas de uso (Quadro 5).

Quadro 5. Quantificação dos níveis diferenciados no município de Colorado do Oeste pelo NDVI.

Níveis	Km²	%
Pastagem 1	64,62	6,62
Pastagem 2	242,77	24,88
Pastagem 3	343,42	35,19
Pastagem 4	219,64	22,51
Pastagem 5	105,43	10,80
Total	976,17	100,00

Demonstrando assim, que o processo de degradação é motivo de preocupação para os pecuaristas produtores de carne e leite na região, uma vez que, essas pastagens são a principal fonte de alimentação dos rebanhos e que medidas devem ser tomadas a fim de reverter esses processos de degradação de pastagens que limitam a produção pecuária e afetam a economia do município.

Na classe Pastagem 5, constatou-se uma confusão espectral, pois o sensor não conseguiu fazer a distinção entre pastagens consideradas não degradadas e áreas de várzea com presença de vegetação herbácea. Essa confusão pode ser atribuída à resolução espacial das imagens que é de 30 m.

Segundo Ponzoni *et al.* (2012), a resolução espacial é um parâmetro muito importante na caracterização espectral, uma vez que pixels maiores tendem a incluir em seu interior um maior número de objetos com naturezas espectrais diferentes. O aparecimento dessas áreas de várzea foi observado na classe Pastagem 5, provavelmente por ser o nível que indica uma maior quantidade de fitomassa no local devido à presença constante ou em boa parte do ano de áreas alagadas.

O quadro 6 apresenta a caracterização visual por meio de descrição dos padrões observados nas cinco pastagens identificadas com as classes de NDVI, em que foram realizados trabalho de campo para validação das classes. Essas características também foram registradas por meio de fotografias para a representação do ponto de ocorrência (Figura 5 A a F).

Ao associar os níveis de degradação descritos na figura 3 com dados obtidos em campo (Quadro 7), verificou-se que as propriedades identificadas com os níveis criados com base no NDVI obtiveram uma escala decrescente dos principais índices de degradação usados, condizendo com a relação observada no mapa. Onde, as pastagens das propriedades 1, 2 e 3 teriam níveis de degradação mais críticos, enquanto as pastagens das propriedades 4 e 5 apresentariam uma produção maior e teriam, portanto, baixos níveis de degradação.

Quadro 6. Caracterização visual das pastagens de trabalho de campo identificadas com as classes de NDVI.

Classes	Características observadas	Classificação pelo NDVI
Pastagem 1	Capim braquiarião, baixa altura de pastagem, baixa população, presença de invasoras e cupins, alta pressão de pastejo, e má formação do pasto.	Extremamente degradada
Pastagem 2	Capim braquiarião, baixa população, alta presença de invasoras.	Fortemente degradada
Pastagem 3	Capim braquiarião, presença de plantas invasoras herbáceas e lenhosas, e áreas com erosão laminar.	Moderadamente degradada
Pastagem 4	Capim braquiarião, bom vigor, qualidade, baixa presença de invasoras.	Levemente degradadas
Pastagem 5	Capim mombaça, bom vigor, qualidade, baixa presença de invasoras, área piquetada, com irrigação e adubação de reposição.	Não degradadas

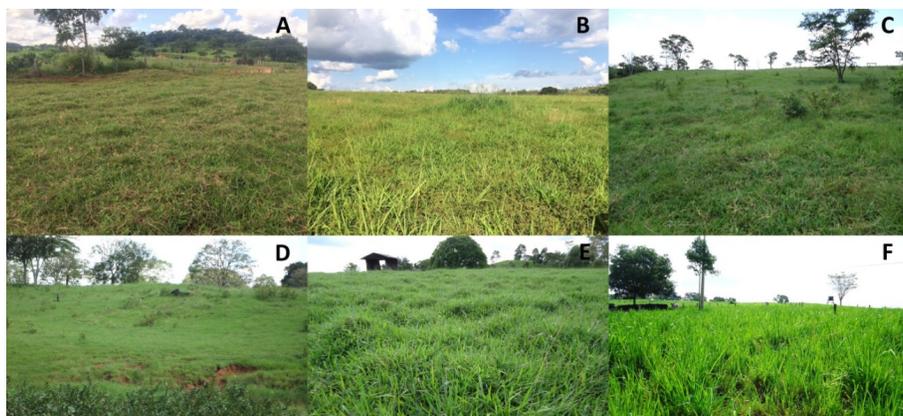


Figura 5. Áreas de pastagens por classe de degradação: (A) pastagem observada na classe extremamente degradada, (B) pastagem da classe fortemente degradada, (C e D) pastagem referente à classe moderadamente degradada, (E) pastagem da classe levemente degradada (F) pastagem da classe não degradada.

A presença de plantas invasoras não apresentou interferência na classificação de NDVI das propriedades verificadas em campo. Porém, Andrade et al. (2013), avaliando o uso de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens, constatou que plantas invasoras podem ter sido um dos fatores que contribuíram para o aumento dos valores de um dos índices de vegetação utilizados no estudo.

Quadro 7 - Produção de matéria seca da forragem (MSF), matéria verde da forragem (MVF), porcentagem de plantas invasoras (PI), relação folha/colmo e altura de pastagem em cinco diferentes propriedades rurais do município de Colorado do Oeste – RO referentes as cinco classes de NDVI.

Propriedade	MSF kg.ha ⁻¹	MVF kg.ha ⁻¹	PI %	Relação folha/colmo	Altura cm
5	10.763,76a	41.440a	0	1,34b	103,32a
4	5.992,86b	18.020b	0	1,19b	34,47b
3	3.910,43c	10.620c	12,01	1,26b	24,18c
2	2.860,18d	8.340c	25,37	2,40a	32,15b
1	1.361,42e	4.120d	9,44	1,43b	8,61d
CV (%)*	30,12	31,55	-	36,53	22,25

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem ($P > 0,05$) pelo teste Scott-Knott. *Coeficiente de variação.

As informações obtidas em campo, referentes às cinco classes de pastagens identificadas com o cálculo do NDVI e representados no quadro 7, mostraram que há diferença estatística para o parâmetro MSF. Esse parâmetro é importante para detecção da degradação das pastagens cultivadas no município porque, apesar de áreas avaliadas não apresentarem a mesma espécie forrageira, no caso a propriedade 5, possui capim Mombaça e as demais, braquiária, a análise estatística evidenciou que, mesmo entre as propriedades que cultivam a mesma espécie, houve diferença significativa entre si.

Os altos valores apresentados, tanto para MSF quanto para MVF na propriedade 5 (Quadro 7), de aproximadamente 10.763,76 e 41.440 kg.ha⁻¹ respectivamente, referem-se ao capim Mombaça. Segundo Costa *et al.* (2004, p.39), em Rondônia, pastagens de Mombaça submetidas a cargas animais de 2,5 para o período chuvoso e 1,5 UA.ha⁻¹ para período seco apresentariam rendimentos de 4.900 e 2.500 kg.ha⁻¹ respectivamente.

Os valores superiores encontrados para a pastagem dessa propriedade podem ser atribuídos tanto à morfologia da espécie forrageira como também ao bom manejo empregado por meio de pastejo rotacionado, irrigação, calagem e adubação de reposição. Gargantini (2005), avaliando combinação de irrigação e adubação nitrogenada para a produção e qualidade de capim Mombaça na Região Oeste do Estado de São Paulo, concluiu que houve resposta positiva da combinação da irrigação suplementar e adubação nitrogenada sobre o aumento da produtividade de matéria seca.

As demais pastagens observadas nas outras propriedades são da espécie braquiário, com produção variando entre 1.361,42 a 5.992,86 kg.ha⁻¹. De acordo com Costa *et al.* (2004), em Rondônia, as produções de MS de capim braquiário estão em torno de 10.000 a 12.000 e 2.000 a 4.000 kg.ha⁻¹ para os períodos chuvoso e seco. Para o capim braquiário, os valores encontrados foram inferiores ao que era esperado para o período chuvoso condizendo mais com os valores esperados para o período seco.

Segundo Júnior *et al.* (1999), isso ocorre devido à redução no seu valor nutritivo, uma vez que, mesmo em épocas favoráveis ao crescimento, há queda

considerável na produtividade potencial para as condições edafoclimáticas e bióticas a que está submetida. Isso foi observado também por Fonseca *et al.* (2011) ao analisar áreas de pastagens cultivadas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú na Região de Ji-Paraná-RO.

As médias de altura de pastagem das propriedades são consideradas boas. Contudo, a propriedade 1, apresentou altura inferior a 10 cm, evidenciando o manejo inadequado da condução da forrageira. De acordo com Costa *et al.* (2004, p.23), nas condições edafoclimáticas de Rondônia, as alturas do relvado consideradas ótimas para capim braquiarião em pastejo contínuo são de 30 a 40 cm na entrada de animais e em média de 15 cm na saída, enquanto para Mombuca em pastejo rotativo é 120 a 140 cm na entrada e 30 a 40 na saída.

Os valores de relação folha/colmo foram superiores a 1, mesmo nos níveis considerados críticos. De acordo com Dias-Filho (2011, p.22), esse parâmetro é importante na avaliação o vigor da pastagem que, quanto maior sua relação, maior seria seu vigor, sendo este um reflexo direto do manejo do pastejo. O que justifica os valores superiores a 1 na relação folha/colmo nas propriedades 2 e 3 é a altura da pastagem que se encontrava adequada para propriedade 2 (32,15 cm) e muito próxima do ideal na propriedade 3 (24,18 cm).

O valor crítico apresentado para as propriedades (Quadro 7) deve-se à baixa produção de MSF e MVF, à alta taxa de incidência de plantas invasoras (25,37 e 12,01% respectivamente) e à baixa população de perfilho observadas na área. A presença de alta percentagem de plantas daninhas indica que a pastagem se encontra em estágio de degradação da forrageira e sua presença na área acarreta a diminuição da disponibilidade de forragem, o que pode ser constatado na determinação da MSF e MVF (Quadro 7).

Para Kemp e King (2001), a presença de plantas daninhas na pastagem é sempre reflexo de práticas anteriores, cujo manejo inapropriado levou as espécies desejáveis a se tornarem menos competitivas. Quando áreas de solo descoberto são criadas na pastagem, o caminho estaria aberto para o estabelecimento de plantas oportunistas (Dias-Filho, 2007).

Já para a Pastagem 1, a qual teve baixa altura de forragem com apenas 8,61 cm (Quadro 7), a alta relação folha/colmo estaria relacionado à plasticidade

dade fenotípica da gramínea como forma de resistência a uma intensa e frequente desfolhação, apresentando mudanças na sua estrutura, reduzindo o tamanho de folha e colmo. Segundo Moreira (2015), as desfolhações frequentes e severas ocasionam redução no tamanho de perfilhos individuais, induzindo a planta a desenvolver folhas com bainhas menores, com lígulas posicionadas logo abaixo do nível do corte e as lâminas, tornam-se mais horizontais, permitindo a gramínea manter material foliar verde sob o horizonte de pastejo.

De maneira geral, os resultados obtidos neste estudo são coerentes com o observado em campo. No entanto, algumas das áreas identificadas com a classe Pastagem 5 tiveram assinatura espectral confundidas com áreas de várzea, podendo estar relacionado à resolução espacial das imagens do sensor. Neste caso, o NDVI parece indicado para se analisar a pastagem quantitativamente, mas é limitado na análise qualitativa, corroborando o observado por Andrade *et al.* (2013).

5. Conclusões

O mapa temático de uso e ocupação do solo gerado para o município de Colorado do Oeste e, em particular a classe pastagem, mostrou grande precisão e fidelidade no processo de classificação, algo que pôde ser comprovado com a validação dos resultados por meio índice Kappa, atendendo assim às necessidades exigidas para este trabalho.

O índice de vegetação NDVI apresentou resultados satisfatórios no que diz respeito à identificação de diferentes níveis de degradação de pastagens. Evidenciando que houve relação das classes identificadas pelo Algoritmo de Jenks com as informações de forragem coletadas em campo.

O NDVI identificou cinco diferentes classes de degradação existente no município: Extremamente degradada, fortemente degradada, moderadamente degradada, levemente degradadas e não degradadas. Os dados coletados em campo demonstraram que o índice de vegetação forneceu um bom indicativo da quantidade de fitomassa que, por sua vez, possui relação direta com os níveis de degradação, havendo diferença significativa entre os níveis identificados pelo sensoriamento remoto.

A metodologia utilizada apresenta-se como uma ótima ferramenta para órgãos de extensão, assim como, os dados da presente análise, facilitando o trabalho de identificação de áreas críticas e auxiliando a tomada de decisão para o planejamento adequado de políticas pública que visem à recuperação e monitoramento das áreas de pastagens degradadas.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, R.G.; RODRIGUES, C.A.G.; SANCHES, I.D.A.; TORRESAN, F.E.; QUARTAROLI, C.F. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens. **Engenharia na Agricultura**, v. 21, n. 3, p. 234-243, 2013.

COSTA, N.L.; RODRIGUES, A.N.A.; GONÇALVES, C.A.G.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; MENDONÇA, J.F.B.; OLIVEIRA, J.R.C.; OLIVEIRA, M.A.S.; PEREIRA, R.G.A.; PAULINO, V.T. **Formação, manejo e recuperação de pastagens em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. 215p.

DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 3.ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007.190p.

DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4.ed. Belém, PA: Ed. So Autor, 2011. 216p.

DIAS-FILHO, M.B.; ANDRADE, C.M.S de. **Pastagens no ecossistema do trópico úmido**. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS, 2., 2005, Goiânia. Alternativas viáveis visando a sustentabilidade dos ecossistemas de produção de ruminantes nos diferentes ecossistemas. Goiânia: SBZ. 2005. p. 95-104.

FONSECA, E.L. **Análise integrada da paisagem na bacia hidrográfica rio Branco/RO**. 2015. 43 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento

Ambiental) – Instituto Federal de Rondônia Colorado do Oeste. Colorado do Oeste-RO, 2015.

FONSECA, E.L.; SALVADOR, J.P.; ORRUTÉA, A.G.; JE SILVA, J.A. Avaliação da degradação das pastagens cultivadas com *Brachiaria Brizantha* cv. Marandú. **Anais... XVIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**. Teresina - Piauí, 2011.

GAO, Q.; LI, Y.; WAN, Y.; LIN, E.; XIONG, W.; JIANGCUN, W.; WANG, B.; LI, W. Grassland degradation in northern Tibet base on remote sensing data, **J. Geographical Sciences**, v.16, n.2, p.165-173, 2006.

GARGANTINI, P.E.; **Irrigação e adubação nitrogenada em capim mombaça (*Panicum maximum* jacq.) na região oeste do Estado de São Paulo**. 2005. 85 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Faculdade de Engenharia da UNESP. Ilha Solteira-SP, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2014**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

IDARON. **Levantamento de dados sobre a produção de leite em Rondônia**. Porto Velho, 2013. Disponível em: <http://www.idaron.ro.gov.br/multimedia/downloads/docs/producao_de_leite_em_rondonia-divulgacao.pdf>. Acesso em: 25 Abr. 2016.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009, 604 p.

JÚNIOR, D.N.; OLIVEIRA, R.L.; DIOGO, J.M.S. Manejo de pastagens. In: SIMPÓSIO DE BRASILÂNDIA, 1., 1999, Brasilândia de Minas. **Anais... Brasilândia de Minas: DZO/UFV**, 1999. p. 61-98.

KEMP, D.R.; KING, W.M. **Plant competition in pastures implications for management. Competition and succession in pastures**. New York: CABI Publishing. 2001, p. 85-102.

KENNEDY, R. E.; COHEN, W. B.; SCHROEDER, T. A. Trajectory-based change detection for automated characterization of forest disturbance dynamics. **Remote Sensing of Environment**, v. 110, n. 3, pp. 370-386, 2007.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. Sistema pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMA DE PASTAGENS, 2., 1993, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1993. p. 216-245.

MOREIRA, L.M. **Estudo das características estruturais e da plasticidade fenotípica do relvado como alternativas de manejo para otimizar o consumo e digestão de forrageiras por ruminantes em pastejo**. Disponível em: <<http://conevajr.ufsc.br/files/2015/03/EstruturadorelvadoConsumo.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2016.

NASCIMENTO, M.C.; et al. Uso de imagens do sensor ASTER na identificação de níveis de degradação em pastagens. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.196-202, 2006.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; KUPLICH, T.M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 176p.

REGO, S.C.A.; LIMA, P.P.S.; LIMA, M.N.S.; MONTEIRO, T.R.R. Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos do Cariri-PB. **Revista geonorte**, V.2, N.4, p.1217 – 1229, 2012.

RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T.J.D. Estabelecimento dos capins do gênero *Cynodon* em áreas de *Brachiaria* spp. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *CYNODON*, 1., 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 1996. p.8-21.

RODRIGUES, T.R.I.; ROCHA, A.M.; PEREZ-FILHO, A. Mapeamento de uso e ocupação das terras na Bacia do Baixo Curso do Rio São José do Dourados-SP por sistemas de informações geográficas e imagem de satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 6091-6097.

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM). **Boletim Climatológico de Rondônia, ano 2008**. Porto velho, 2010, 36 p.

ROUSE, J.W; HAAS, R.H.; CHELL, J.A.; DEFERING, D.W. **Monitoring vegetation system in the Great Plains with ERTS**. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE SYMPOSIUM, 3., 1977, Washington. Proceedings... Washington: NASA, 1973. vol. 1, p.300-317.

SANO, E.E.; CHAVES, J.M.; BEZERRA, H.S.; FEITOZA, L. **Identificação dos principais tipo de pastagens cultivadas do Cerrado a partir de Sensoriamento Remoto**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM: Soil Functioning under Pastures in Intertropical Areas, 1., 2000, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa Cerrados-IRD, 2000.

SANTOS, A.M.; REIS, R.D.; ANDRADE, N.L.R.; ROSA, A.L.D.; SOUZA, J.G.R. Sensoriamento Remoto orbital e SIG aplicados a análise espacial de áreas degradadas na cidade de Ji-Paraná, Rondônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, 2011. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011.

SIMONI, T.C. **O produto interno bruto dos municípios de Rondônia – 2013**. Disponível em: < <http://www.seplan.ro.gov.br> >. Acesso em: 25 Abr. 2016.

VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991.

CAPÍTULO 4

GESTÃO AMBIENTAL DO TERRITÓRIO: UNIDADES DE CONSERVAÇÃO FRENTE AO USO E COBERTURA DO SOLO EM RONDÔNIA

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF THE TERRITORY: CONSERVATION UNITS AGAINST LAND USE AND COVERAGE IN RONDÔNIA

Gean Magalhães da Costa

Hemili Vitória do Carmo Pimentel

Maria Madalena de Aguiar Cavalcante

INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma significativa biodiversidade mundial (15% a 20%), além de conter uma expressiva quantidade de espécies consideradas endêmicas, dado as características determinadas por essa região geográfica. O bioma amazônico, além de ser o maior dos biomas brasileiros, abriga mais de 2.500 mil espécies de árvores e 30 mil de plantas, segundo dados registrados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2020).

A importância biológica e socioambiental que a Amazônia apresenta, tem sido ameaçada pelas crescentes intervenções públicas e privadas que já ultrapassam os limites de áreas protegidas - APs, em especial as voltadas às unidades de conservação – UCs. O bioma amazônico apresenta aproximadamente 328¹ UCs, sendo 82 unidades de conservação destinadas ao grupo de

¹ Esse quantitativo de unidades de conservação englobam as Reservas Particulares de Patrimônio Natural e as unidades de conservação sobre a gestão Federal e Estadual.

proteção integral e 246 voltadas ao uso sustentável. Estes dois grupos (Integral e Sustentável) somam um total de cerca de 116 milhões de hectares, sendo 42.880.325 hectares voltados a UCs de proteção integral e 72.783.413 hectares voltados ao uso sustentável (MMA, 2021).

A criação de unidades de conservação consiste em uma importante estratégia para a conservação e preservação do bioma amazônico, no entanto essa área tem sido afetada pelas conversões de suas florestas para usos destinados à pastagem e agricultura. No ano de 2019 na extensão territorial do bioma amazônico foram registrados aproximadamente 59.066.515 hectares de uso destinados às pastagens e agricultura, o que de certo modo, a intensificação de tais atividades tem contribuído para as intervenções de alteração nos limites das unidades de conservação com o objetivo de legalizar a ocupação irregular e a inserção de grandes obras de infraestruturas (usinas hidrelétricas e estradas).

Sobre essa perspectiva, o objetivo do presente capítulo consiste em compreender e analisar a alteração do uso e cobertura do solo em Rondônia e como essa dinâmica repercute sobre as alterações nos limites de área destinadas às unidades de conservação. O estado de Rondônia está localizado ao sul da Amazônia ocidental, não difere da dinâmica de uso e cobertura da lógica dos demais estados que compõe a Amazônia, dispõem de uma quantidade expressiva de UCs que estão sob pressões e ameaças de alterações de seus limites devido a intensificação da conversão de florestas para uso da agropecuária (pastagem e agricultura) e ampliação de grandes obras de infraestruturas (hidrelétricas, estradas, áreas de mineração entre outras).

As alterações do uso e cobertura do solo em Rondônia embora tenham sido dinâmicas, com a rápida convecção da floresta para as atividades agropecuária, a criação das unidades de conservação, materializadas atualmente em 53 unidades existentes, (12 UCs sob a gestão do Governo Federal e 41 de responsabilidade do estado) são responsáveis pela manutenção de florestas existentes. No entanto, somente a criação das UCs não é o suficiente para conter a conversão da floresta, haja vista as pressões e as ações voltadas à alteração de seus limites, fato que torna essa discussão e análise pertinente a compreensão dessa dinâmica, com vistas à gestão ambiental dos territórios protegidos.

2. Ensaio Sobre a Gestão Ambiental do Território

Inicialmente é preciso compreender que a sociedade desenvolveu diversos mecanismos e técnicas de uso dos recursos naturais e alguns conceitos apresentam-se como possibilidade de compreensão. Sendo assim o conceito de gestão ambiental tem caráter interdisciplinar, presente nas abordagens que envolvem as dinâmicas sociais e naturais. Este conceito está associado ao ato de manejar e gerenciar a partir do domínio privado/público de um determinado bem, para que este alcance a sua efetividade frente às variadas dinâmicas de usos convergentes ou não (Farias, 2004).

O conceito de gestão ambiental é agregado aos variados tipos de usos sobre um dado território, neste sentido pode ser compreendido como gestão ambiental do território, que privilegia o território não apenas enquanto suporte físico, mas ao compreender enquanto espaço receptor de políticas públicas de variadas formas, sejam elas econômicas ou ambientais na busca da intermediação entre os variados tipos de usos convergentes ou divergentes e que se manifestam sobre o território, mediando e garantindo que esses, possam permanecer de modo equalizado nos mais diversos tipos de uso (Mello-Thery, 2011).

As relações de uso e ocupação dos solos na Amazônia e as políticas públicas territoriais descritas por Melo (2003), sob a lógica pioneira de ocupação do espaço com seus eixos de penetração viária e suas frentes de colonização para uma lógica de implantação de redes de circulação, de energia, de comunicações e de investimentos com vínculos ao mercado mundial e à integração continental nos últimos 50 anos, refletiu em Rondônia, segundo Cavalcante (2012), como uma das formas mais materializadoras da reprodução do capital e por extensão, materializou-se entre outras ações, nas conversões do uso e cobertura do solo em Rondônia. No entanto a década de 1980 e sobretudo 1990, as ações ambientais tomam fôlego na Amazônia, inclusive com apelo internacional de modo a assegurar ações voltadas ao ordenamento territorial, se materializam em Rondônia inicialmente com os limites de áreas protegidas, dando início às primeiras unidades de conservação.

As áreas com vistas à preservação de seus recursos naturais foram criadas em Rondônia, com a primeira aproximação do Zoneamento Socioeconômico e Ecológico - ZSEE, elaborado entre os anos de 1986 e 1988, instituído pelo Decreto Estadual nº. 3.782 de 14 de junho de 1988. Posteriormente, com a Lei n.º 52 de 1991, diversas UCs estaduais foram propostas, criadas, mas não implantadas efetivamente. Mais tarde a segunda versão do Zoneamento foi instituída pela Lei complementar n.º. 233, de 06 de junho de 2000.

Como um dos instrumentos de gestão ambiental do território a nível de Rondônia, consta-se o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC, estabelecido no decreto Lei n.º 9.985, de 2000, e no Sistema Estadual de Unidades de Conservação do Estado de Rondônia – SEUC/RO, criado pelo Decreto lei n.º 1.144, de 12 de dezembro de 2002, com a seguinte definição:

Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos sobre regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000, p.1).

As UCs têm seu uso formal definido pelo SNUC e SEUC-RO em dois grupos de proteção. As de proteção integral que visam preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei nº 9.985. E as de uso sustentável, com o objetivo de compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais (BRASIL, 2000). Assim, o estado de Rondônia, compreendido enquanto área de estudo, possui 53 unidades de conservação, sendo 41 de uso sustentável e 12 de proteção integral, conforme está disposto no quadro 01, bem como seu quantitativo por categoria.

Quadro 01: Grupos de proteção de uso sustentável e proteção integral das unidades de conservação localizadas em Rondônia

Grupo de proteção de UCs	Categoria das UCs	Quantidade de UCs	Total de áreas de UCs (hectares)
Proteção Integral	Parque estadual e nacional - PES e PARNA	5	1.687.726
	Estação ecológica estadual e nacional -ESEC	3	211.690
	Reserva biológica estadual e nacional – REBIO	4	1.022.313
Uso Sustentável	Floresta estadual - FES e Floresta estadual de rendimento sustentado – FERS	10	409.847
	Área de proteção ambiental – APA	2	24.891
	Reserva extrativista estadual e nacional – RESEX	25	1.414.807,599
	Floresta nacional – FLONA	3	715.644
	Floresta extrativista – FLOREX	1	1.055.000
Subtotal		53	5.541.918,72

Fonte: Elaborado a partir Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2021; Secretária de Estado do Desenvolvimento Ambiental de Rondônia - SEDAM, 2021.

As políticas ambientais na Amazônia, segundo Mello (2003), no primeiro momento estiveram fundamentadas no controle ambiental e de proteção de áreas e no segundo momento, passaram à difusão de instrumentos de ordenamento territorial, bastante conhecidos nas esferas de planejamento, a exemplo do Zoneamento Socioeconômico e Ecológico, entre outros, com investimentos em programas que visam o estabelecimento de novas unidades de conservação e dispositivos modernos de suas gestões.

3. Dinâmica de Uso e cobertura do solo e Unidades de Conservação em Rondônia: Percursos metodológicos

Os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa evidenciam a compreensão e análise de como a conversão do uso e cobertura do solo e das alterações de limites das unidades de conservação, sendo sistematizadas em duas etapas operacionais, a primeira baseia-se na obtenção de dados e a segunda na sistematização dos mesmos:

I - Obtenção de dados – adquiridos em banco de dados de sites oficiais:

- A. Unidades de Conservação** – Baseou-se na coleta de informações quantitativas e qualitativas referentes às unidades de conservação localizadas no estado de Rondônia: Cadastro Nacional de Unidades de Conservação – CNUC do Ministério do Meio Ambiente - MMA (MMA, 2021), e Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia – SEDAM (SEDAM, 2021). No que refere à identificação e análise de alteração de limites das UCs no estado de Rondônia, foi adquirido junto ao Instituto Socioambiental - ISA (ISA, 2021).
- B. Uso e Cobertura do Solo** – foi adquirido a partir de arquivos em planilha e vetoriais representativos do uso e ocupação do solo nas UCs em Rondônia através da coleção número 05, disponibilizados na plataforma de uso e cobertura do solo no banco de dados do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil – MapBiomias (2019), para o ano de análise. Entre as classes de uso e cobertura do solo, deu-se maior detalhamento aos usos e ocupações voltados às florestas, pastagens e agricultura sobre os limites das UCs em Rondônia ano 2019.

II - Sistematização dos dados – Após a aquisição dos dados mencionados, foi realizado a sistematização dos mesmos, de modo a evidenciar as tipologias de uso e cobertura do solo e de alteração de limites das unidades de conservação, sendo estes descritos a seguir:

- A) A elaboração de gráficos, quadros e mapas temáticos** - com apoio de software em excel os dados puderam ser organizados e quantificados para o uso de gráficos e quadros. Os mapas foram realizados através do Sistema de Informação Geográfica – SIG, por meio do software Quanton Giz, versão 3.16.3. Os arquivos já georreferenciados considerou o perímetro das unidades de conservação em Rondônia, onde foram inseridos no ambiente de processamento, realizando-se assim a separação das classes de uso do solo e cobertura (dando evidência às classes de florestas, pastagem e agricultura).
- B) Alteração de limite das unidades de conservação Rondônia** – Os dados extraídos do Instituto Sociambiental (ISA, 2021) e da publicação técnica Desmatamento em Áreas Protegidas Reduzidas na Amazônia (Martins *et al*, 2014), foram sistematizados em quadros de modo a demonstrar os tipos de alteração de limites e quantitativo de áreas alteradas.

4. Alteração do Uso e Cobertura do Solo e Redefinições de Limites das UCs: Pontos de Reflexões para a Gestão Ambiental do Território

As unidades de conservação localizadas no Estado de Rondônia representam uma extensão territorial de cerca de 6 milhões de hectares. Estas unidades de conservação, conforme dados do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil MapBiomias (2019), vem apresentando um quantitativo de 201.569 hectares de áreas voltadas ao uso de pastagem e 2.661 hectares com uso voltado à agricultura sobre os limites internos das unidades conservação. Entre o uso voltado à pastagem, as unidades de conservação de uso sustentável apresentam maior proeminência deste tipo de cobertura em relação às unidades de conservação de uso integral, conforme é expresso na figura 01.

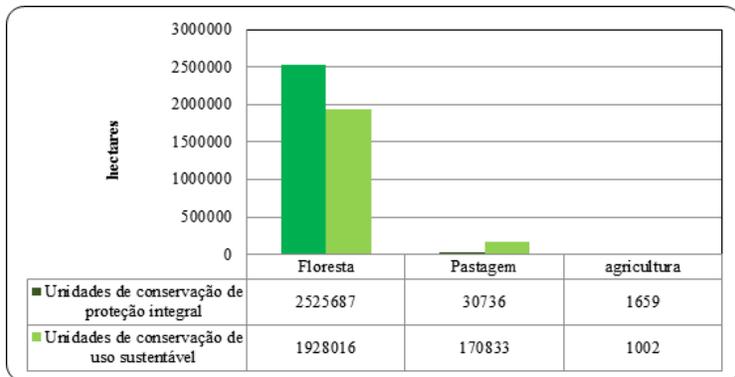


Figura 01: Extensão de áreas de uso e cobertura do solo nos limites internos por grupos de proteção de unidade de conservação no Estado de Rondônia

Fonte: Elaborado a partir dos dados disponibilizados pelo Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil- MapBiomas, 2019.

Ao analisar as categorias das unidades de conservação localizadas no Estado de Rondônia, constatou-se que os parques estaduais Corumbiara, Guajará Mirim e Serra dos Reis, e os nacionais Pacaás Novos e Serra da Cutia, são os que apresentam a maior cobertura florestal dentro dos seus limites, com um total de área de 1.285.877 hectares, seguido das reservas extrativistas que, embora apresente um quantitativo de áreas florestadas de 1.230.813 hectares, também apresenta a maior quantidade de áreas voltadas ao uso e cobertura do solo de pastagens, cuja extensão em área é de 136.927 hectares, conforme é destacada na figura 02.

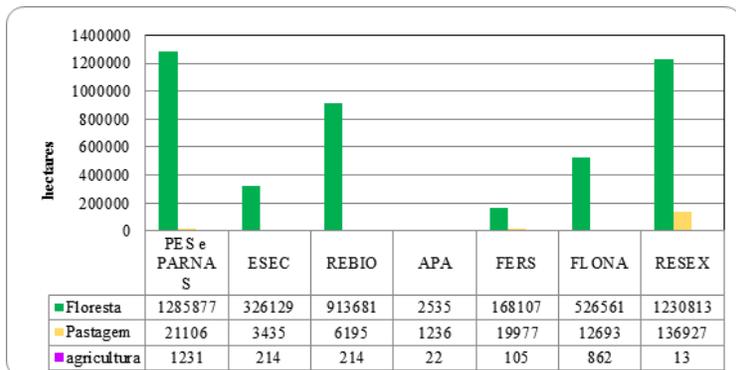


Figura 02: Extensão de áreas de uso e cobertura do solo nos limites internos por tipo de categoria de unidade de conservação no Estado de Rondônia

Fonte: Elaborado a partir dos dados disponibilizados pelo Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil- MapBiomas, 2019.

Observa-se que as UCs de uso sustentável, especialmente as reservas extrativistas possuem o maior percentual de área para pecuária, comparado as demais. No entanto, ao considerar todas as unidades de conservação de Rondônia, percebe-se que a manutenção das UCs compõem uma importante estratégia voltada à proteção e conservação dos recursos naturais, considerando que 96% do uso e cobertura predominante nos limites internos das UC é de florestas. A evidência de que estas UCs vem sendo pressionadas por outros usos adentrando em seus limites, representado aqui por 4% para o uso de pastagem, são indícios de que é preciso a atenção na gestão dessas áreas para sua manutenção enquanto importante ferramenta de proteção e conservação, conforme destaca a figura 03.

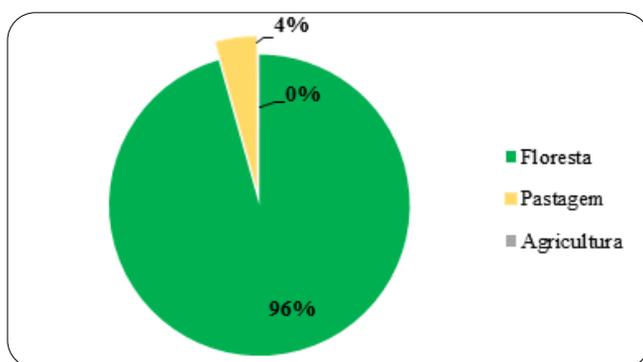


Figura 03: Extensão de áreas de uso e cobertura do solo nos limites internos nas unidades de conservação no Estado de Rondônia
Fonte: Elaborado a partir dos dados disponibilizados pelo Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil- MapBiomias, 2019.

Ao compreender o cenário de uso e cobertura do solo a partir dos dados do Projeto Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil, na coleção número 05, para o ano de 2019, o Estado de Rondônia, apresenta uma extensão expressiva, no valor de 8.203.227 hectares de áreas voltadas ao uso de pastagem, assim como 350.641 hectares de uso voltado à agricultura e cerca de 13.847.951 hectares de florestas. Tais números precisam ser considerados de forma espacial, conforme apresenta a figura 04 para melhor visualização

e compreensão dessa dinâmica de uso e cobertura do solo em Rondônia. As machas de florestas estão circunscritas às unidades de conservação e os demais usos e coberturas, principalmente as pastagens são expressiva na área onde o estado, entre anos 60 e 80 recebeu as maiores intervenções sobre políticas de povoamento e infraestrutura, onde a agropeculiarização (expansão das pastagens e agricultura), se estabeleceu e agora avança sobre as UCs, demonstrando neste caso, a importância da gestão ambiental destas áreas frente à expansão do agronegócio, como é o caso da soja, já predominante na parte sul do estado.

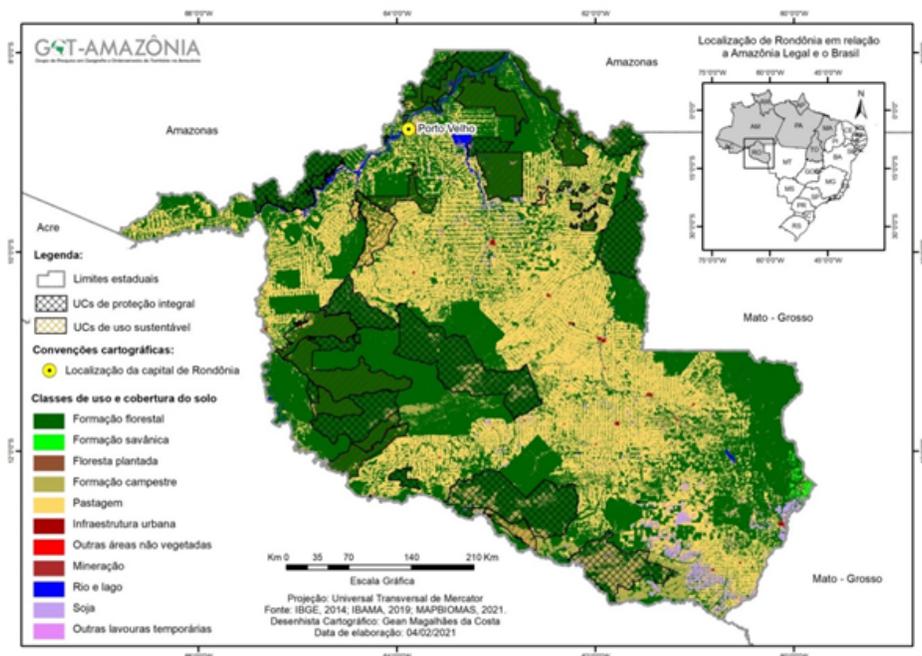


Figura 04: Extensão de áreas de uso e cobertura do solo no estado de Rondônia

Fonte: Elaborado pelos autores (2021) a partir dos dados disponibilizados pelo Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil- MapBiomias, 2019.

As unidades de conservação em Rondônia, assim como em todo o bioma amazônico vem apresentando uma dinâmica de conversão do uso e cobertura do solo e que somadas a outro tipo de pressão e ameaça, têm contribuído para a redefinição dos seus limites das UCs, com o objetivo de regulamentar as ocupações irregulares nestas unidades, viabilizar a implantação de grandes

obras de infraestrutura (hidrelétricas, estradas, hidrovias, portos e atividades de mineração entre outras) que favorecem tal dinâmica. Compreende-se que estas redefinições de limites fazem parte de uma ação de maior envergadura, que mescla âmbitos econômicos, políticos e sociais, no sentido de flexibilizar os territórios das unidades de conservação, diminuir ou mesmo desafetar estas áreas para que se desenvolvam a expansão destas obras de infraestruturas, atividades relacionadas ao agronegócio, áreas de pastagens, agricultura, pelo processo de desmatamento (Almeida, 2011; Torres, 2012 Raisg; 2015).

As alterações de limites das UCs em Rondônia apresentam tipologias de redefinição: I) redução, que representa a redução de limites de unidades de conservação; II) revogação, que é representado pelo processo de cancelamento da criação da unidade de conservação; e por fim a III) ampliação, que está associado à ampliação de uma unidade de conservação, assim como a junção de uma outra unidade aos seus limites (Costa, 2019).

As UCs em Rondônia que tiveram seus limites reduzidos, segundo dados do Instituto Socioambiental (2019) e Martins *et al* (2014), foram 11 UCs no total, neste contexto, 7 foram por ocasião da implantação de usinas hidrelétricas, 5 por ocupações, sendo que destas, 1 pela implantação de estrada, conforme destaca o quadro 02.

Quadro 02: Quadro representativo da redução dos limites das unidades de conservação em Rondônia

Categoria de UCs	Grupo de proteção de UCs	Área antes redução (hectares)	Área após redução (hectares)	Motivo
FLOREX Rio Preto Jacundá	Uso sustentável	1.055.000	95.300	Ocupação
PES Guajara-Mirim	Proteção Integral	258.813	216.568	Ocupação e estrada
RESEX Jaci Paraná	Uso Sustentável	205.000	196.897	Usinas Hidrelétricas

ESEC Serra dos Três Irmãos	Uso Sustentável	99.813	87.409	Usinas Hidrelétricas
APA do Rio Madeira	Uso Sustentável	6.741	5.554	Usinas Hidrelétricas
FERS Rio Vermelho B	Uso Sustentável	152.000	97.976	Usinas Hidrelétricas e ocupação
FERS Rio Vermelho C	Uso Sustentável	20.212	4.063	Usinas Hidrelétricas
Flona do Bom Futuro	Uso Sustentável	280.000	97.357	Usinas Hidrelétricas
Flores Rio Pacaás	Uso Sustentável	351.219	342.904	Ocupação
PARNA Mapinguari	Proteção Integral	1.572.422	1.715.952	Usinas Hidrelétricas
PES Curumbiara	Proteção Integral	586.031	384.055	Ocupação

Fonte: Elaborado a partir de Martins et al, 2014 e Instituto Socioambiental – ISA, 2019.

As UCs que foram extintas em Rondônia, com seus decretos revogados, compõe ao todo 12 UCs que se tiveram seus limites redefinidos motivados pela ocupação irregular sobre seus limites, conforme é expresso no quadro 03, resultando na perda dessas áreas para a homologação da ocupação, que até então era irregular.

Quadro 03: Quadro representativo das revogações dos limites das unidades de conservação em Rondônia

Categoria das UCs	Grupo de proteção de UCs	Área antes redução (hectares)	Área após redução (hectares)	Motivo
FERS Rio Mequens	Uso Sustentável	425.944	0	Ocupação
FERS Rio Vermelho B	Uso Sustentável	152.000	0	Implantação de usina hidrelétrica e ocupação
FERS Rio São Domingos	Uso Sustentável	267.375	0	Ocupação
ESEC Antônio Mujica Nava	Uso Sustentável	18.281	0	Ocupação
PES Candeias	Uso Sustentável	8.985	0	Ocupação
FERS Rio Madeira C	Uso Sustentável	30.000	0	Ocupação
FERS Rio Vermelho D	Uso Sustentável	137.843	0	Ocupação
FERS Rio Vermelho A	Uso Sustentável	63.813	0	Implantação de usina hidrelétrica e
FERS Rio Abunã	Uso Sustentável	62.219	0	Ocupação
FOREX Laranjeiras	Uso Sustentável	30.668	0	Ocupação
PES Serra Dos Parecis	Uso Sustentável	38.950	0	Ocupação
FERS Rio Rooverselt	Uso Sustentável	27.860	0	Ocupação

Fonte: Elaborado a partir de Martins et al, 2014 e Instituto Socioambiental – ISA, 2019.

A ampliação de limites de unidades de conservação, foram representadas por 3 unidades de conservação, sendo elas o Parque Estadual de Guajara-Mirím, Parque Nacional Mapinguari e Estação ecológica do Cuniã. A motivação foi a implantação de usinas hidrelétricas, ocupação ilegal e estradas, conforme expresso quadro 04.

Quadro 04: Quadro representativo das ampliações das unidades de conservação no Estado de Rondônia

Categoria de UCs	Grupo de proteção de UCs	Área antes redução (hectares)	Área após redução (hectares)	Motivo
PES Guajara-Mirím	Proteção Integral	258.813	216.568	Ocupação\Es-trada
PARNA Mapinguari	Proteção Integral	1.572.422	1.744.852	Usinas Hidrelétricas
ESEC Cuniã	Proteção Integral	53.221	189.661	Usinas Hidrelétricas

Fonte: Elaborado a partir de Martins et al, 2014 e Instituto Socioambiental – ISA, 2019.

As alterações de limites das UCs em Rondônia expressaram conforme demonstrado, sendo elas redução, revogação e ampliação, sendo os principais motivos: a implantação de usinas hidrelétricas, ocupações ilegais, compensações de reservas legais de assentamentos e implantação de estradas, revela as relações predominantes de uso que repercutem sobre o estado e como refletem sobre as UCs, tornando essas área flexíveis às mudanças e interesses hegemônicos, evidenciando a emergência de se pensar a gestão ambiental dos territórios das UCs.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de compreender e analisar a alteração do uso e cobertura do solo em Rondônia e como essa dinâmica repercute sobre as alterações nos limites de área destinadas às unidades de conservação, os resultados demonstraram que Rondônia possui grande parte de área-

as destinadas às unidades de conservação, as mesmas vêm passando por processos de redefinição de limites, bem como a conversão de áreas de florestas para pastagens, comprometendo sua função ambiental e social para as quais foram criadas e destinadas originalmente.

A contínua conversão da floresta para determinados usos e cobertura do solo em Rondônia tem sido motivada pela desarticulação entre as estruturas administrativas voltadas aos territórios protegidos e às estruturas de consolidação de infraestruturas econômicas que se expandem, não só no estado, mas sobre todo o bioma amazônico, o que significa que as ameaças não são só sobre as unidades de conservação, é o comprometimento de todo o bioma evidenciando a emergência de planos de gestão ambiental que elevem as áreas protegidas a partir da valorização dos serviços ambientais, dos produtos oriundos da floresta e de toda a sua biodiversidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A.W.B. A reconfiguração das estratégias: novo capítulo da guerra ecológica. In: SAUER, S.; ALMEIDA, W. (Org.). Terras e Território na Amazônia demandas, desafios e perspectivas. Brasília: Abaré, 2011. p. 27-44.

BRASIL. **Decreto-lei nº 9.985, 18 de julho de 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. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/sistema-nacional-de-ucs-snuc>. Acesso em: 21fev. 2020.

CAVALCANTE, M. M. A. **Hidrelétricas do Rio Madeira-RO: Território, tecnificação e meio ambiente.** Curitiba. 2012. 161f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

COSTA, G. M. **Unidades de conservação e usinas hidrelétricas na Amazônia: Avaliação de implementação de gestão das UCs do entorno das usinas do rio**

Madeira. 2019. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Rondônia: Porto Velho, 2019.

FARIAS, H.H. Eficácia de gestão de unidade de conservação gerenciadas pelo instituto florestal de São Paulo, Brasil. 2004. 385 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências e de Tecnologia da Universidade Estadual Paulista de Presidente Prudente: Presidente Prudente, 2004.

INSTITUTO SOCIAMBIENTAL (ISA). Unidades de Conservação no Brasil. 2021. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/>. Acesso em: 23 fev. 2021.

MARTINS, H. et al. Desmatamentos em áreas Protegidas reduzidas na Amazônia. Belém: IMAZON, 2014.

MELLO, N. A. Contradições territoriais: signos do modelo aplicado na Amazônia. Sociedade e Estado. vol. 18 n. 12. p.339 – 360. 2003

MELLO - THERY, N. A. Território e Gestão ambiental na Amazônia-Terras Públicas e os Dilemas do Estado. São Paulo: Anablume, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Biodiversidade. 2020. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs>. Acesso em 10 Jul.2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC). Brasília. 2021. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs>. Acesso em 10 Jan.2021.

PROJETO DE MAPEAMENTO ANUAL DA COBERTURA E USO DO SOLO NO BRASIL (MAPBIOMAS). Plataforma de uso e cobertura do solo no Brasil. Coleção 05. 2019. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 05 Jan. 2021.

RONDÔNIA. **Decreto lei nº 1.144, de 12 de Dezembro de 2002.** Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza de Rondônia - SEUC/RO e dá outras providências. Disponível em: <http://goo.gl/Lf0MBm>. Acesso em: 21.02.2019.

RAISG. Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada. **Cartografia Histórica de Áreas Naturales Protegidas y Territorios Indígenas en la Amazonía.** 2016. 171 p. Disponível em: <https://url.gratis/mW9KM>. Acesso: 05 Dez. 2019.

SECRETARIA ESTADUAL DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL DE RONDÔNIA (SEDAM). **Cordenadoria de Unidades de Conservação (CUC).** 2021. Disponível em: <http://cuc.sedam.ro.gov.br/>. Acesso em 04 jan. 2021.

TORRES, M. G. Terra privada vida devoluta. 2012. 879 f. Tese. (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras, Ciências Humanas da Universidade de São Paulo: São Paulo, 2012.

CAPÍTULO 5

MAPEAMENTO DO REGOLITO LATERÍTICO E ASPECTOS MORFOPEDOGENÉTICOS DA PORÇÃO NORTE DO ESTADO DE RONDÔNIA¹

LATERITIC REGOLITH MAPPING AND MORPHO-PEDOGENIC ASPECTS OF THE NORTH PORTION OF THE STATE OF RONDÔNIA

Isabel Leonor Iza Echeverria Herrera

Eliomar Pereira da Silva Filho

Edgar Romeo Herrera de Figueiredo Iza

Introdução

O termo regolito está relacionado a todo material sobreposto à rocha sã. Neste sentido, a zona de alteração imediatamente sotoposta à rocha (saprolito), assim como a zona argilosa, mosqueada, a crosta laterítica, o solo sotoposto (pedolito), e todo e qualquer material resultante do processo de alteração da rocha submetido ou não aos processos de erosão, transporte e deposição, são constituintes do regolito. Outros exemplos incluem colúvio, alúvio, sedimentos evaporíticos, depósitos glaciares, acumulações orgânicas, depósitos eólicos etc. (Scott e Pain, 2008).

O mapeamento do regolito é utilizado amplamente com o objetivo de compreender aspectos da evolução da paisagem (geologia, geomorfologia, solos etc.), exploração mineral, aspectos hidrológicos e qualquer outra atividade que possa contribuir com o entendimento dos problemas e soluções na gestão

¹ Texto originalmente publicado na RBG [Online]: DOI <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i3>

territorial e no manejo da terra e do solo (Scott e Pain, *Op. Cit.*). Por sua vez, Taylor e Eggleton (2001) afirmam que o mapeamento do regolito pode ser útil para o registro de informação sobre a natureza e distribuição dos seus respectivos materiais constituintes, no fornecimento de mapas de aplicação específica, como por exemplo, parâmetros geológicos de engenharia do regolito, no auxílio da visualização da distribuição espacial das crostas lateríticas, canais de drenagem etc. e como base de grande parte das pesquisas e estudos pedológicos, geomorfológicos, de recursos minerais, entre outros. Adicionalmente, os referidos autores afirmam que o estudo das crostas lateríticas permite a compreensão da evolução da paisagem em termos paleoclimáticos.

De acordo com Anand e Paine (2002), o mapeamento do regolito considera a integração de dados multifonte, tais como aerogeofísica, geoquímica, modelos digitais e elevação (altimetria), mapas geológicos, topográficos, geomorfológicos, de solos etc. O mapa final destaca, portanto, os materiais superficiais e sua relação com os três principais regimes: Residual, Erosional e Depositional (RED).

Na Austrália, por exemplo, o mapeamento do regolito é de grande importância, pois as rochas afloram em menos de 15% da área total do território, sendo amplamente coberto por regolito de espessura variável (Scott e Pain, 2008). Similarmente, a Amazônia tem uma área extensa coberta por perfil laterítico (solos e crostas lateríticas), materiais constituintes do regolito, fazendo do referido mapa um produto útil e necessário para diversas aplicações.

Dessa forma, o objetivo do trabalho é integrar dados multifonte no intuito de mapear o regolito, buscando uma melhor compreensão da distribuição dos materiais regolíticos e dos processos modeladores da paisagem, dando ênfase às crostas lateríticas (plintossolos) e latossolos associados. Dentre os objetivos específicos destacam-se a cartografia inédita do regolito laterítico na porção norte do estado de Rondônia (extremo sul da Amazônia Brasileira); a descrição preliminar dos aspectos morfopedogenéticos e de vertentes com

ênfase na importância das crostas lateríticas no modelamento da paisagem e a definição das suas prováveis rochas fonte baseado em dados geofísicos.

1. Localização, Geologia, Geomorfologia e Pedologia

A área de estudo está localizada na porção norte do estado de Rondônia, entre as coordenadas geográficas de latitude $-9^{\circ}9'0''$ e $-8^{\circ}44'52''$ e longitude $-64^{\circ}7'5''$ e $-63^{\circ}18'00''$, tem aproximadamente 4.000 km², e envolve os municípios de Porto Velho, Candeias e Jamari. Os rios mais importantes da área são o rio Madeira, o rio Candeias e o rio Preto do Candeias, e secundariamente o rio das Garças (Figura 1).

A área de estudo está localizada na porção sudoeste do Cráton Amazônico, nos domínios da Província Rondônia-Juruena, mais exatamente, no Domínio Jamari localizado na região centro-ocidental de Rondônia (Quadros e Rizzotto, 2007). Este domínio é composto por tonalitos, quartzo-dioritos, granitos, anfibolitos e rochas supracrustais subordinadas, com rochas ortoderivadas com idades entre 1,76 e 1,73 Ga (U-Pb). Na área deste trabalho, a unidade geológica mais antiga é o Complexo Jamari, constituído por quartzo-dioríticos e ortognaisses tonalíticos (Quadros e Rizzotto, 2007). Em todo caso, a ocorrência é restrita, há pequenos afloramentos localizados na porção sudeste e noroeste da área, não cartografáveis em escalas de menor detalhe do que 1:100.000. Também ocorrem suítes intrusivas, tais como a Serra da Providência, constituída por sieno e monzogranitos, charnockito, mangerito, e rochas máficas associadas, com idades entre 1606 ± 24 Ma (U-Pb), e 1532 ± 5 Ma (U-Pb) (Bettencourt *et al.*, 1999); e a Suíte Intrusiva Santo Antônio, constituída por monzogranito grosso, equigranular a porfirítico e sienogranito com eventuais texturas rapakivi e anti-rapakivi. A idade de cristalização interpretada por Rizzotto e Quadros (2005) foi de 1358 ± 2 Ma (U-Pb). A suíte intrusiva Teotônio ocorre de forma restrita, e é composta por granitos bandados, sienitos e sienogranitos com idades de cristalização de 1387 ± 16 Ma (U-Pb) (Tosdal *et al.*, 1995).

A unidade denominada coberturas detrito-lateríticas, regionalmente mapeada por Quadros e Rizzotto (2007), está composta por crostas lateríti-

cas ferruginosas, com perfis completos ou não, e depósitos resultantes de seu desmantelamento. Na área de estudo também ocorre a unidade denominada coberturas sedimentares indiferenciadas igualmente mapeada pelos autores. Esta unidade, além de outros materiais, também apresenta crostas lateríticas. A primeira ocupa uma área de 10,72%, já a segunda ocupa 37,93% totalizando 48,65% da área de estudo, com ocorrência de perfis lateríticos. As crostas lateríticas sustentam grande parte do relevo, formando platôs em áreas onde a porção superior do perfil é mais endurecida e com maior incisão da drenagem. A porção superior dos perfis é, em geral, colunar/concrecionário. Nas encostas aflora a parte intermediária dos perfis lateríticos, caracterizada por horizonte mosqueado parcialmente coberto por colúvios/alúvios areno-argilosos.

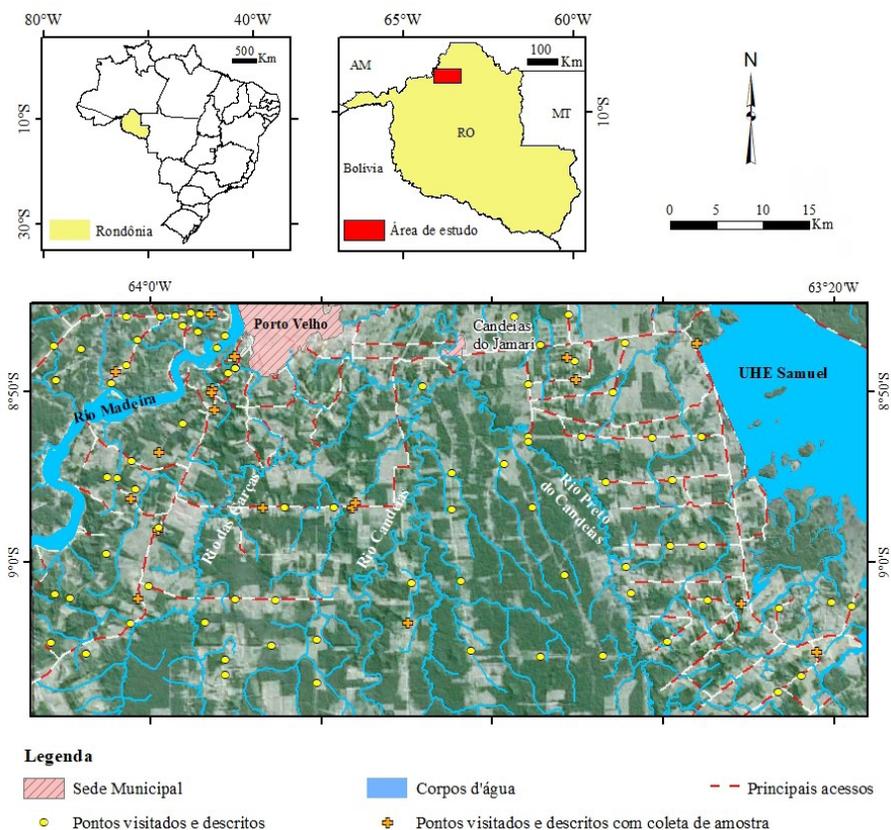


Figura 1 – Mapa de localização da área e respectivos pontos visitados e de coleta de amostras. Imagem Google Earth (2015) sobrepostao relevo sombreado.

Em termos geomorfológicos, a área de estudo apresenta dois domínios diferentes: a) margem direita do Rio Madeira, de dissecação homogênea com formas de relevo de topos tabulares, com densidade de drenagem muito baixa em altitudes entre 120 e 200 m; b) margem esquerda do rio Madeira, de dissecação homogênea com relevo suavemente ondulado de topos convexos, esculpidas em rochas cristalinas e, eventualmente em sedimentos, com densidade de drenagem baixa, e altitudes entre 80 e 110 m.

Em termos pedológicos, a área está coberta por uma variedade de latossolos, desde latossolos vermelhos eutróficos, passando por latossolos vermelho-amarelos distróficos, até latossolos amarelos distróficos, em grande parte com crostas lateríticas associadas. Essas crostas formam platôs de acordo com Herrera *et al.* (2016a) e ocorrem em altitudes acima de 120 m.

2. Materiais e Métodos

2.1 Dados Aerogeofísicos

Os dados de aerogeofísica (gamaespectrometria e magnetometria) foram aqueles adquiridos pela FUGRO para a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) no projeto Rondônia Central (CPRM, 2010). Na gamaespectrometria são medidas as concentrações de potássio e séries de radioisótopos de urânio e tório em profundidades de até 45 cm (Gregory e Howwood, 1961; Dickson e Scott, 1997). Na magnetometria são medidas as variações na intensidade no campo magnético terrestre (Reitz e Milford, 1966).

Dados de aerogeofísica para a identificação de materiais regolíticos têm sido usados por outros autores, tais como Wilford *et al.* (1997, 2012), Carrino *et al.* (2011), Iza *et al.* (2016), Herrera *et al.* (2017), Iza *et al.* (2018), Albuquerque (2018), Herrera (2019), Albuquerque, *et al.* (2020), Iza *et al.* (2020), entre outros. Wilford *et al.* (1997) identificou materiais regolíticos integrando dados de aerogeofísica e dados de altimetria para Austrália. O autor afirma que os dados de gamaespectrometria são bem entendidos quando são relacionados a rochas, porém, a resposta gamaespectrométrica é menos conhecida quando relacionada a regolitos. Carrino *et al.* (2011) aplicou técnicas de estatística

multivariada a dados gamaespectrométricos, para caracterizar o espesso regolito em uma área ao leste do estado Amazonas (Região central da Amazônia Brasileira). Os referidos autores associaram altos valores de e^{Th} , e e^{Th}/K e baixos valores de K e K/eU a platôs lateríticos e destacaram a importância da técnica para a prospecção mineral.

Wilford *et al.* (2102) desenvolveu o índice de intensidade de intemperismo para Austrália, permitindo assim um melhor entendimento do regolito. Por sua vez, Iza *et al.* (2016) identificou superfícies de aplanamento por meio da identificação de áreas com potencial para a ocorrência de crostas lateríticas utilizando dados gamaespectrométricos.

Os dados gamaespectrométricos do projeto Rondônia Central (CPRM, 2010) foram usados por Herrera *et al.* (2017) para a identificação de áreas potenciais para a ocorrência de crostas lateríticas, enquanto que os dados de aeromagnetometria foram utilizados nesse trabalho com o objetivo de se avaliar a origem das crostas lateríticas (fontes mais ou menos magnéticas). Para esse fim, utilizou-se o gradiente total que permite o posicionamento de corpos magnéticos, pois compreende uma função simétrica em que os picos do gradiente total estão centrados nas bordas das anomalias magnéticas segundo Nabighian (1972, 1974) e Roest *et al.* (1992). Dessa forma, o gradiente total foi dividido em duas classes: menos magnético contendo os dados com sinal menos intenso, indicando rochas menos magnéticas; e mais magnéticos contendo os dados com gradiente total mais intenso, indicando rochas mais magnéticas.

Esses dados foram correlacionados com as áreas delimitadas por Herrera *et al.* (2017), como de alto potencial para a ocorrência de crostas lateríticas. Por meio de álgebra de imagens (álgebra de mapas) foi obtida uma terceira imagem com 2 classes finais. A primeira classe representa as áreas potenciais para a ocorrência de crostas lateríticas e simultaneamente alta intensidade magnética. A segunda representa as áreas potenciais para a ocorrência de crostas lateríticas e simultaneamente baixa intensidade magnética. As interpretações obtidas permitiram a delimitação das áreas com crostas lateríticas e fontes com tendências mais máficas ou mais félsicas de acordo com cada classe obti-

da. Os dados geofísicos foram tratados inicialmente usando o software Oasis Montaj 9.2 (Geosoft) com apoio do Serviço Geológico do Brasil – CPRM.

2.2 Mapeamento do Regolito

O procedimento para mapear o regolito incluiu o cruzamento de dados aerogeofísicos, especialmente os gamaespectrométricos e os aeromagnetométricos, com os mapas geológico de Quadros e Rizzotto (2007), altimétricos (SRTM), geomorfológico de Rondônia (2002) e o de solos de Rondônia (2002), assim como dados de campo.

Na etapa de campo foram visitados e descritos 100 pontos escolhidos de acordo com aspectos representativos relacionados a geologia (rocha), geomorfologia (feições geomorfológicas) e pedologia (exposição do perfil etc.). Esses pontos foram distribuídos em toda a área de acordo com a Figura 1. As descrições focaram no tipo de perfil (residual ou transportado) e nos seus respectivos materiais constituintes (solos, rocha etc.). Em 19 desses pontos, com perfis residuais mais representativos, foram coletadas amostras para descrição macroscópica onde se avaliaram estrutura, textura etc.

Adicionalmente, os dados utilizados para o mapeamento do regolito incluíram, além das fontes supracitadas, os dados de Herrera *et al.* (2017), que identificaram crostas lateríticas na área utilizando dados de aerogamaespectrometria, por meio da técnica booleana, mais especificamente pelo método Index Overlay. A similaridade entre os atributos observados em cada ponto de descrição contribuiu para definir as diferentes unidades presentes no mapa. O procedimento de integração dos dados foi realizado em ambiente SIG utilizando o software ArcGIS 10.3 da ESRI (licença corporativa) com apoio do Serviço Geológico do Brasil.

Na Austrália, de acordo com Pain e Kilgour (2003), dois esquemas para a realização do mapa do regolito têm sido sistematicamente usados. O primeiro chamado (RED) que classifica as unidades em três diferentes regimes: Residual, Erosional e Depositional, de acordo com o processo de formação do regolito. O segundo esquema (regolito-formas de relevo / RTMAP) classifica

as unidades de acordo com o material dominante na superfície e suas respectivas formas de relevo. É importante destacar que a partir de um mapa RTMAP é possível reclassificar as unidades para o sistema RED, devido à informação detalhada no RTMAP, porém a partir do RED não é possível reclassificar para o sistema RTMAP, pois as informações no sistema RED não são suficientes para a reclassificação (Pain e Kilgour, 2003). Nesse sentido, fica claro que não há padronização de procedimentos, ou mesmo uma única metodologia de mapeamento do regolito. Neste trabalho optou-se por utilizar essencialmente o esquema RTMAP (Pain *et al.*, 1991, 2001; Gozzard, 2004; Scott e Pain, 2008) atualizada em 2013 pelo GSWA – Serviço Geológico da Austrália Ocidental). Desse modo, as unidades observadas foram divididas nos seguintes grupos: a) regolito in situ, que inclui solos residuais e crostas lateríticas assim como saprólito; b) regolito transportado, que inclui, na escala utilizada, depósitos aluvionares; e c) Embasamento rochoso que inclui afloramentos rochosos.

Assim, para a realização do mapa, considerou-se a revisão mais recente da nomenclatura do regolito, onde as unidades contêm um código primário que representa o ambiente/processo, um código secundário que representa o tipo do regolito e um terceiro código, ou modificador, que representa o grau de endurecimento do material (0 a 3, sendo 0 material inconsolidado e 3 material endurecido). Por exemplo, a sigla AFrs0 corresponde a planície de inundação, composto por areias com grau de endurecimento 0 (material inconsolidado). A Figura 2 mostra os procedimentos seguidos e os materiais utilizados neste trabalho.

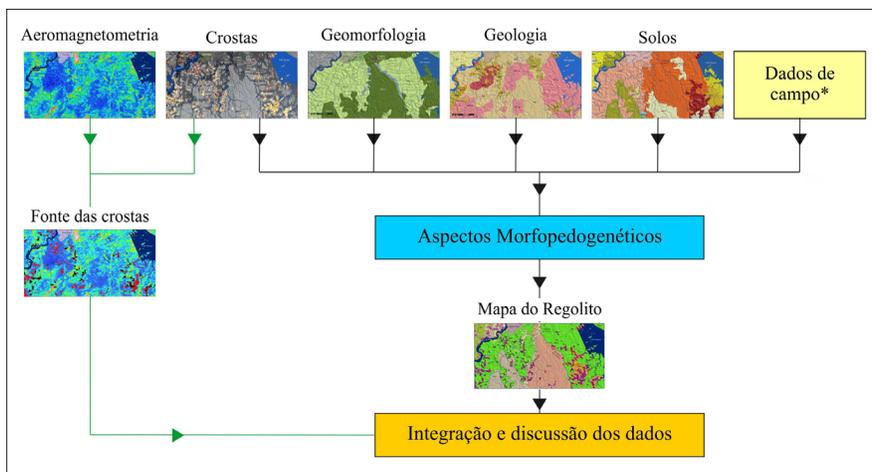


Figura 2 – Fluxograma de procedimentos realizados nesse trabalho. *Descrição de afloramentos, paisagem, relevo etc.

3. Resultado

3.1 Aspectos Morfopedogenéticos

De modo geral, as atividades de campo permitiram a descrição não apenas dos solos (latossolos, cambissolos), mas de todo o perfil laterítico e seus respectivos horizontes subjacentes. Em termos gerais, os perfis podem ser completos ou incompletos sendo tipicamente ferruginosos, e de acordo com o grau de evolução descrito por Costa (1991), são invariavelmente classificados como imaturos por não apresentarem horizonte aluminoso. Quadros e Rizzoto (2007), Oliveira e Costa (2006), Castro (2015), Iza *et al.* (2016) e Iza (2017) corroboram esses resultados na medida em que descrevem apenas perfis imaturos no estado de Rondônia. Castro (2015), descrevendo crostas lateríticas no norte de Rondônia, afirma que a ausência de crosta bauxítica (horizonte aluminoso) é típica de perfis pouco evoluídos, indicando que a lateritização da área se desenvolveu a partir do Plio-Pleistoceno, época da segunda fase de lateritização na Amazônia (Costa, 1997; Kotchoubey *et al.*, 2005; Quadros e Rizzotto, 2007).

Dentre os principais horizontes descritos, destacam-se o pisolítico/nodular, o horizonte colunar, horizonte mosqueado e saprólito. Na área de

estudo, o horizonte nodular/pisolítico (Figura 3A), localizado na porção superior do perfil, é composto por cascalho laterítico (nódulos e pisólitos) formados a partir da desagregação física das crostas subjacentes. A composição predominante é de óxidos e Oxi-hidróxidos de ferro e subordinadamente de hidróxidos de alumínio suportados por matriz argilosa. Em alguns afloramentos este horizonte encontra-se coberto por latossolos. De acordo com Horbe e Costa (1997, 1999, 2005), a imposição de regime permanentemente úmido traz como consequência diminuição da flutuação do nível freático, evitando a formação do horizonte mosqueado, acelerando a degradação da crosta laterítica, favorecendo assim a geração de latossolos na superfície. Dessa forma, sugere-se que a forte atuação de um clima úmido e quente na área estudada, resultou no desmantelamento do topo das crostas formando horizontes concrecionários e solos associados.

A crosta laterítica (horizonte ferruginoso colunar) (Figura 3B), nos perfis completos, ocorre imediatamente abaixo do horizonte pisolítico/nodular, é composta por material vertical a subvertical endurecido constituindo estruturas colunares de até 4 metros de altura, com paleocanais intercolunares preenchidos por material argiloso e pisolítico. Em alguns casos, o horizonte colunar ocorre sem nenhuma cobertura de solo ou produtos do seu desmantelamento. Sua composição predominante é de óxidos e Oxi-hidróxidos de ferro similar ao horizonte pisolítico/nodular.

O horizonte mosqueado está localizado logo abaixo do horizonte ferruginoso colunar. É pouco expressivo na área de estudo, não cartografáveis em escalas de menor detalhe do que 1:100.000, e está constituído por material argiloso. Sua principal característica é a presença de manchas avermelhadas de material ferroso cercadas por argila esbranquiçada. Sua espessura pode variar até 2 m na área estudada. Em todo caso, Oliveira e Costa (2006) descrevem a presença de horizontes mosqueados de até 7 m de espessura, em áreas próximas a Porto Velho, não identificadas neste trabalho.

O saprólito, pouco expressivo na área de estudo, está localizado na parte inferior do perfil e é constituído pela rocha com avançado grau de alteração. Na área de estudo observou-se, nas cercanias de Porto Velho, raros afloramentos

de saprólito de rocha granítica onde notaram-se cristais de feldspato em avançado estágio de caulinição, e matriz totalmente alterada com raros veios de quartzo preservados, de espessura de cerca de 10 cm.

De forma geral, as crostas lateríticas apresentam forte resistência à erosão e são responsáveis pelo controle topográfico da área, ocorrendo nos topos dos platôs, especialmente na margem direita do rio Madeira. Herrera *et al.* (2016a) destacaram a altitude de ocorrência destas crostas, mais especificamente, entre 120 e 150 m, na porção oeste na margem direita do rio Madeira, e acima de 150 m na porção leste da área. Dantas e Adamy (2010), corroborando os resultados supracitados, afirmam que os perfis lateríticos do estado de Rondônia são demarcados por baixos platôs lateríticos que estão ressaltados por volta de 30 a 80 m acima das superfícies aplainadas devido à erosão diferencial. Segundo os autores, as crostas ferruginosas, muito resistentes à erosão, formam cornijas que sustentam o topo desses baixos platôs. Autores como King (1956), Braun (1970), Mamede (1996), Ambrosi *et al.* (1986), Bui *et al.* (1990) e Zeese (1996) ratificam a importância das crostas lateríticas no modelamento do relevo no momento em que destacam que as superfícies de aplainamento são geralmente capeadas por “couraças lateríticas” e que desempenham importante função na manutenção desta feição geomorfológica (Nascimento, 2011).

Em nível de afloramento, as crostas lateríticas da área apresentam frequentemente basculamento de 45°, efeito que pode ser o resultado de parte dos movimentos verticais e horizontais derivados de neotectônica, Figura 4.

Guerra (1952 e 1953), também destaca o efeito da neotectônica sobre as crostas lateríticas nas adjacências da cidade de Porto Velho. O autor descreve a existência de uma queda d'água, também registrada durante a fase de campo desta pesquisa, produzida pelo afloramento de um laterito maciço e complementa descrevendo margens abruptas, constituídas de lateritos, ao longo do igarapé dos Tanques. Em termos geomorfológicos, o autor ressalta a baixa erodibilidade das crostas afirmando que a cidade de Porto Velho permaneceu alta por ser uma área coberta por crostas lateríticas. Em termos regionais, a própria existência dos platôs lateríticos em níveis de até 30 metros

acima do atual nível base, assim como o encaixe de drenagens, evidenciam o papel da neotectônica na área de estudo.

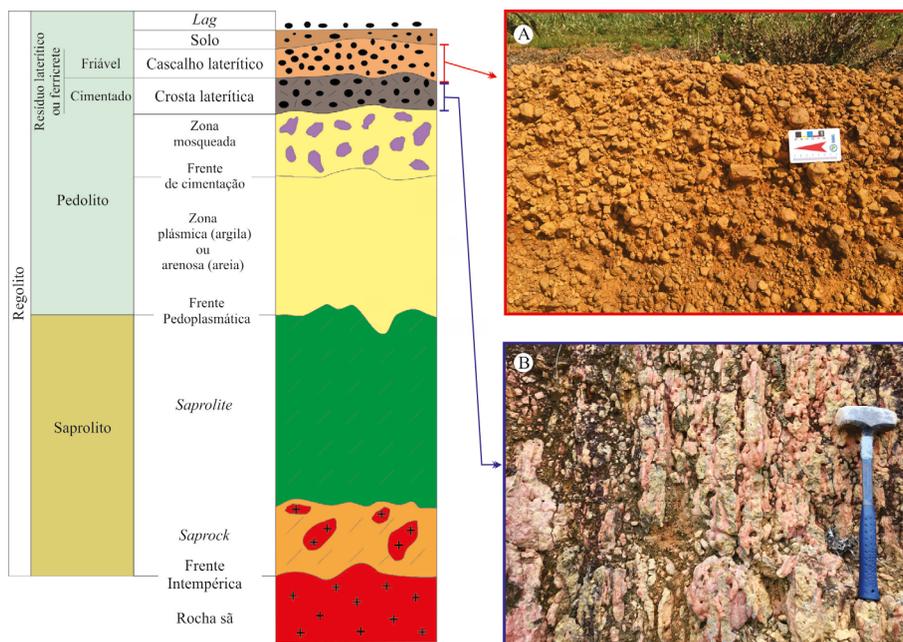


Figura 3 – Perfil laterítico completo típico da área de estudo, destacando os diversos horizontes. A) Horizonte pisolítico/ nodular (cascalho laterítico), e B) Crostas lateríticas (horizonte de estrutura colunar). Modificado de Anand and Butt (1988); Anad *et al.* (1989); Eggleton (2001).

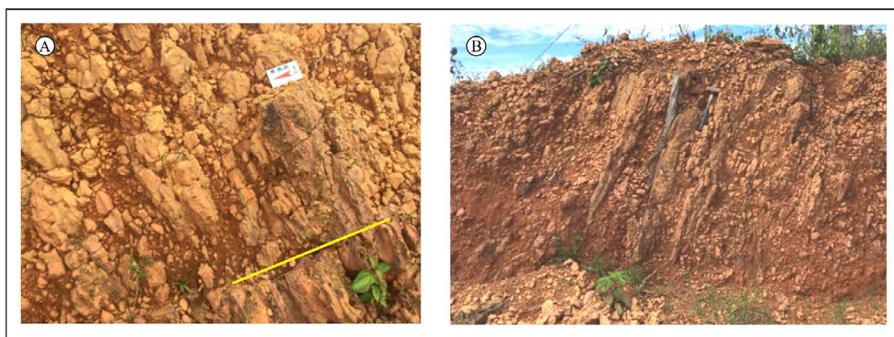


Figura 4 – Perfil laterítico A) Crosta laterítica com colunas incluídas e fraturadas. B) Crosta laterítica com evidências de basculamento.

Em termos geomorfológicos, existem diversos trabalhos de mapeamento na área de estudo, sendo os mais importantes os de Melo *et al.* (1978), Ron-

dônia (2002) e IBGE (2013). Segundo Melo *et al.* (*Op. cit.*), a área de estudo encontra-se inserida no Planalto Rebaixado da Amazônia (Ocidental) a qual constitui extenso domínio aplainado e conservado, com trechos de dissecação suaves, dando origem a interflúvios tabulares.

A avaliação geomorfológica realizada neste trabalho considerou inicialmente as feições observadas e localização em relação ao rio Madeira. Na margem esquerda do rio Madeira, as altitudes variam entre 80 e 110 m com relevo suavemente ondulado, constituindo áreas de terraços altos não dissecados com densidade de drenagem baixa. O material em superfície está composto principalmente por latossolos amarelos, além de exposição de crostas lateríticas. Nas adjacências do rio Madeira há frequentes depósitos de origem fluvial, representados por sedimentos arenosos e argilosos. De acordo com IBGE (2013), esse domínio está inserido na Depressão do Ituxi-Jari, representado por áreas de dissecação homogênea com topos convexos com densidades de drenagens baixa e média. Por sua vez, Rondônia (2002) descreve a presença de couraças ferruginosas em uma área restrita no extremo noroeste da área, não representando de forma plena as ocorrências de crostas lateríticas, identificadas nesse trabalho.

Para a margem direita do rio Madeira, as unidades mais destacadas, estão localizadas entre 80m e 200 m de altitude, e têm dissecação baixa e com densidade de drenagem muito baixa. Essa região foi descrita por IBGE (2013) como Depressão de Porto Velho, que está representada por áreas de dissecação homogênea e tabulares. Essas últimas feições estão fortemente associadas aos platôs lateríticos descritos neste trabalho. Por sua vez, na margem direita do rio Madeira, Rondônia (2002), não destaca a presença de platôs nem de couraças ferruginosas.

A porção centro-oeste (oeste do rio Candeias e leste do rio Madeira) constitui um domínio com feições geomorfológicas particulares. É caracterizada por região plana com altitudes de até 120 m, coberta por latossolos amarelos e vermelho-amarelos argilosos e francos bem drenados e cambissolo. Há presença de feições sobressalentes (platôs, morrotes e afloramentos de matacões rochosos) que podem alcançar 150 m de altitude

(diferença altimétrica de até 30 m). Essas feições são cobertas por material laterítico e apresentam vertentes com ângulos entre 15° e 25°.

A porção central da área, localizada entre os rios Candeias e rio Preto do Candeias, constitui extenso domínio plano coberto por latossolos vermelho-amarelos argilosos bem drenados, com esporádica presença de inselbergs e afloramentos de matacões rochosos e rara exposição de platôs lateríticos, especialmente localizados a leste do rio Candeias.

Por fim, na região a leste do rio Preto do Candeias (domínio leste da área de estudo) observa-se uma área plana, coberta por latossolos vermelho-amarelo argilosos e francos e vermelho escuros argilosos e ligeiramente pedregosos, com altitudes abaixo de 150 m. Há ocorrências de pequenos afloramentos rochosos (20 x 20 m), e pequenas colinas associadas e frequente presença de platôs lateríticos com altitudes de até 200 m (diferenças altimétricas de até 50 m), apresentando densidade de drenagem muito baixa. As vertentes são mais expressivas neste domínio com ângulos de cerca de 25° onde por vezes aflora material laterítico.

Esse último domínio apresenta feições geomorfológicas similares às aquelas da porção centro-oeste da área (entre os rios Madeira e Candeias), sendo elas diferenciadas apenas pelas altitudes de exposição dos platôs lateríticos. Em termos pedológicos, os dois domínios apresentam material similar, diferenciando apenas a presença de latossolos vermelhos escuros na porção leste da área de estudo.

É na margem direita onde estão localizadas as vertentes mais proeminentes da área de estudo (domínios centro-oeste, entre os rios Madeira e Candeias e leste do rio Preto do Candeias). Elas estão associadas aos platôs lateríticos com desníveis de até 50 m. Na região de convexidade nos topos das vertentes, o material aflorante são as crostas lateríticas (horizonte colunar e/ou pisolítico/nodular). Já para os segmentos, ou encostas, os ângulos são de aproximadamente 25°, onde aflora material laterítico, horizonte mosqueado, ou há a presença de colúvio, por vezes composto por resíduos das crostas lateríticas. As regiões de concavidade estão normalmente cobertas por material de colúvio, latossolos, rochas aflorantes etc.

Os resultados de Herrera *et al.* (2016b) destacam altos valores das razões eTh/K e eU/K e valores de K próximos a zero para as crostas lateríticas localizadas nas proximidades de Porto Velho associadas a platôs com altitudes acima de 120 m, e para as crostas lateríticas localizadas na margem esquerda do rio Madeira. Por sua vez, quando o material aflorante nas encostas ou nas concavidades é de crosta laterítica, seja colunar ou desmantelada, as respostas gamaespectrométricas são similares às descritas anteriormente. Já para os afloramentos rochosos, as respostas são diferentes, tendo altos valores de eTh , eU e K quando com tendências ácidas e valores baixos de eTh , eU e K quando com tendências básicas (Figura 5).

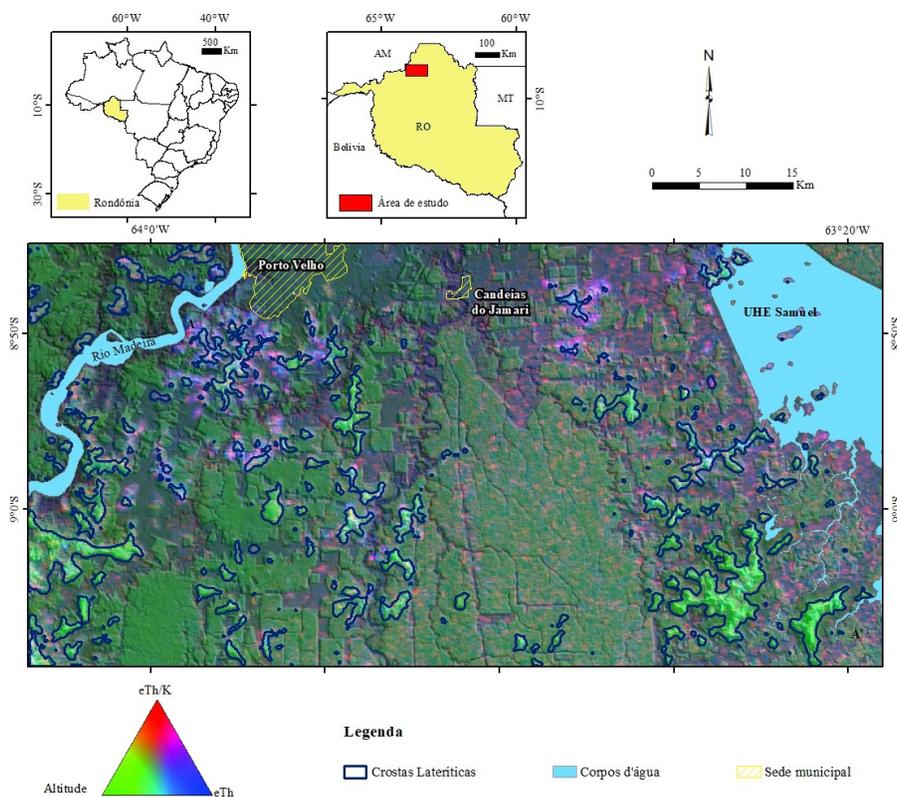


Figura 5 – Mapa de padrões de resposta gamaespectrométrica sobreposto ao relevo sombreado, destacando o padrão para a ocorrência de crostas lateríticas com contorno azul escuro. Modificado de Herrera *et al.* (2016b). Dados gerados a partir do Projeto Aerogeofísico Rondônia Central (CPRM, 2010).

Notadamente, as crostas lateríticas e latossolos associados à convexidade das vertentes, apresentam maiores valores de eTh , eU e menores valores de K . Por sua vez, os latossolos associados à superfície plana (120 m de altitude), vinculados à concavidade das vertentes, têm maiores valores de K e intermediários de eTh . Outro padrão de resposta diferente é relacionado aos cambisolos que apresentam valores intermediários de K e baixos valores de eTh e eU , também normalmente presentes nas áreas de concavidades das vertentes. De acordo com Vieira (1975) este solo tem horizonte B incipiente (horizonte câmbico) não hidromórfico, apresentando certo grau de desenvolvimento, porém não o suficiente para decompor completamente os minerais primários de fácil intemperização. Apesar de apresentar o material originário já bastante alterado, não possuem acumulação em quantidade significativa de óxido de ferro, argila e húmus para serem considerados como solos com B argílico, fato que provavelmente justifica o seu padrão gamaespectrométrico.

A Figura 6 representa um modelo com a integração dos resultados apresentados por Herrera *et al.* (2016a), por Herrera *et al.* (2016b) e por este trabalho, destacando os aspectos relacionados às vertentes, os principais materiais constituintes e os padrões de resposta gamaespectrométricos associados.

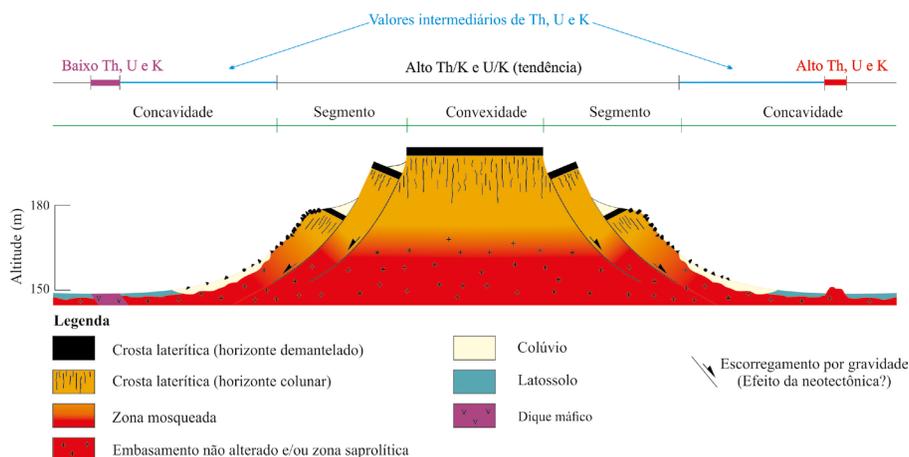


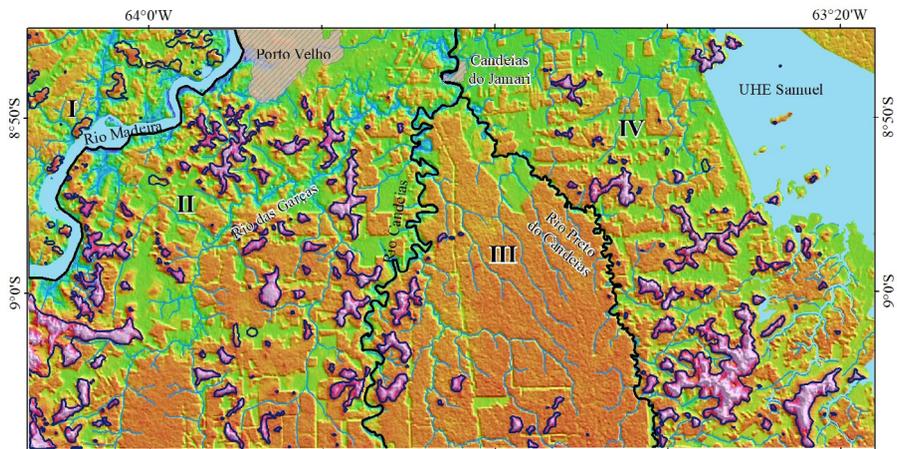
Figura 6 – Modelo de vertente da porção sudeste da área evidenciando os aspectos pedológicos (regolito) e gamaespectrométricos. Modificado de Taylor e Eggleton (2001) e Christofolletti (1980).

Os resultados apresentados acima (aspectos pedológicos, geomorfologia, aerogamespectrometria e altimetria), em conjunto com as descrições de campo, associadas aos domínios com características particulares, permitiram dividir a área de estudo em quatro principais compartimentos morfopedogenéticos, tal como mostrado na Tabela 1 e na Figura 7.

Tabela 1: Compartimentos morfopedogenéticos.

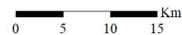
Compartimento	I	II	III	IV
Límites	Entre o limite oeste da área e rio Madeira	Entre os rios Madeira e Candeias	Entre os rios Candeias e Preto do Candeias	Entre o rio Preto do Candeias e limite leste da área
Relevo	Suavemente ondulado	Planície com platôs lateríticos	Planície	Planície com platôs lateríticos
Altitudes	80-110 m	Planície: <120m Platôs: 120-150m	<120m	Planície: <150m Platôs: 150-180m
Feições sobres-salentes	-	Platôs	Raros <i>inselbergs</i> e afloramentos de matacões rochosos	<i>Inselbergs</i> , morrotes e platôs
Material aflorante	Latossolos amarelos, depósitos fluviais e crostas lateríticas.	Planície: Latossolos amarelos e vermelho-amarelos, cambissolos Platôs: crostas lateríticas	Latossolos amarelos e vermelho-amarelos	Planície: Latossolos vermelho-amarelos e vermelho escuro Platôs: crostas lateríticas

Crostras lateríticas	Associadas a relevo suavemente ondulado	Associadas a platôs	Raras exposições associadas a platôs	Associadas a platôs
Diferenças altimétricas	-	30 m	-	50 m
Densidade de drenagem	Baixa	Muito baixa	Baixa	Muito baixa
Vertentes	Sem vertentes (<5°)	15 – 25°	Sem vertentes (<5°)	25°



Legenda

— Limites dos compartimentos morfológicos



Compartimento I - Região de relevo suavemente ondulado, com altitudes entre 80 e 110 m, com presença de afloramentos de crostras lateríticas, limitado a leste pelo rio Madeira. O padrão de drenagem observado é do tipo dendrítico.

Compartimento II - Região plana, com altitudes de 120 m, com exposição de crostras lateríticas associadas a platôs que têm diferenças de altitudes de até 30 m, limitada pelo rio Candéias a leste e pelo rio Madeira a Oeste. O padrão de drenagem observado é do tipo retangular.

Compartimento III - Região plana, limitada a leste pelo rio Preto do Candéias e a oeste pelo rio Candéias, com altitudes menores que 120 m, com raras exposições de crostras lateríticas. O padrão de drenagem observado é do tipo paralelo.

Compartimento IV - Região plana, limitada a oeste pelo rio Preto do Candéias, com altitudes menores que 120 m, com exposição de crostras lateríticas acima de 150 m de altitude. O padrão de drenagem observado é do tipo radial centrífugo.

Crostras Lateríticas
 Sede municipal
 Corpos d'água
 Drenagens

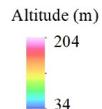


Figura 7 – Mapa da área destacando os diferentes compartimentos morfológicos sobrepostos ao modelo digital de elevação (SRTM).

3.2 Aspectos Magnetométricos e Geológicos

A aeromagnetometria auxiliou na avaliação do tipo de rochas fonte associadas às crostas lateríticas, pois ela reflete informações magnetométricas dos materiais em profundidade. Os níveis de intensidade de magnetismo (altos e baixos) foram associados a rochas mais ou menos magnéticas (tendências mais básicas, associadas a materiais com granitoides; ou ácidas associadas a materiais como diabásio/basaltos, respectivamente). A Figura 8 representa o gradiente total da área, onde é possível observar regiões menos magnéticas representadas em azul e regiões mais magnéticas representadas em rosa. As regiões em azul são coincidentes com domínios graníticos, enquanto as regiões com tons rosa e verde destacam corpos máficos, alguns em forma alongadas, sugerindo a presença de diques.

Na mesma imagem observa-se a sobreposição das áreas potenciais para ocorrência de crosta laterítica identificadas por Herrera *et al.* (2017) com o gradiente total. As áreas mostradas em vermelho correspondem às crostas associadas a rocha fonte menos magnética, já as áreas mostradas em preto correspondem às crostas associadas a rocha fonte mais magnética.

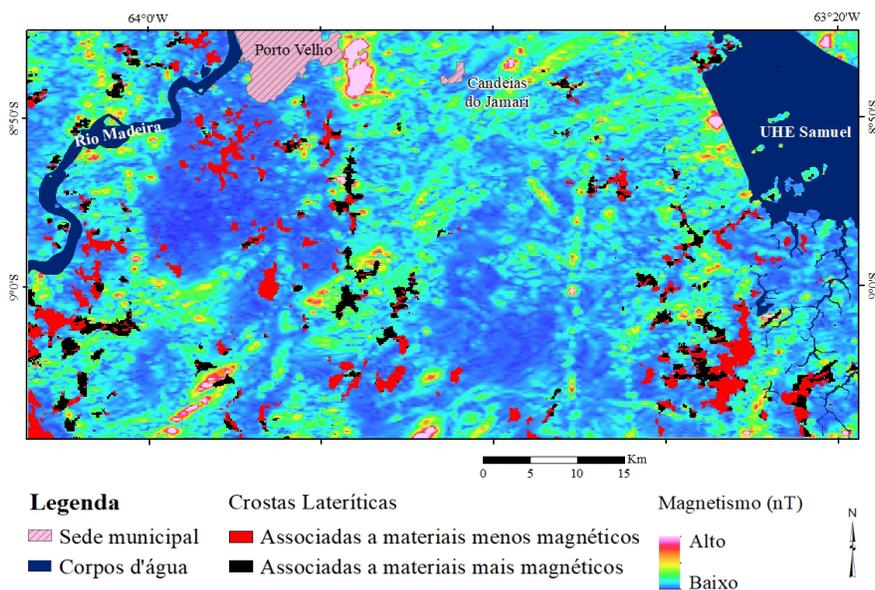


Figura 8 – Mapa das crostas identificadas por Herrera *et al.* (2017) sobrepostas ao gradiente total. Dados gerados a partir do Projeto Aerogeofísico Rondônia Central (CPRM, 2010).

3.3 Mapa do Regolito

No mapeamento do regolito foram identificados 8 materiais representados por uma variedade de latossolos, cambissolos, crostas lateríticas, rocha e sedimentos aluvionares. A maior parte da área está coberta por latossolos divididos em latossolos amarelos, vermelho-amarelos e vermelhos escuros.

O regolito in situ está representado por unidades do embasamento com diferentes níveis de intemperismo: embasamento altamente intemperizado, representado por perfis lateríticos completos ou truncados, assim como por solos variando desde cambissolos húmicos até diferentes variedades de latossolos, já especificados anteriormente, por vezes associados às crostas lateríticas subjacentes; aos principais rios da região. O embasamento pouco ou nada intemperizado é representado por afloramento rochoso de granitos. O regolito transportado está representado por sedimentos aluvionares associados aos principais rios da região.

As unidades representadas no mapa seguiram a classificação proposta pelo GSWA (2013). A Tabela 2 mostra os diferentes códigos usados para representar as diferentes formas de relevo e a composição do regolito. A combinação de uma forma de relevo com um tipo de regolito, em conjunto com um modificador indicando o nível de endurecimento, resulta nas diferentes unidades representadas no mapa.

Tabela 2: Códigos das unidades de mapeamento do regolito.

Tipo de forma de relevo	Código	Tipo de Regolito	Código	*Nível de Endurecimento	Código
Forma de relevo aluvionar	AL	Argilas	c	Material Inconsolidado	0
Relevo Ondulado	UP	Crosta laterítica	dc	Material Friável	1
Platôs	PT	Granitos	pg	Material endurecido	2
Planície erosional sem afloramentos de matacões rochosos e morrotes.	EP	Areias e argilas	sc	Material muito endurecido	3
Planície erosional com afloramentos de matacões rochosos e morrotes.	EX	Solo residual	rt		
Afloramento rochoso	X				

As unidades representadas no mapa do regolito estão descritas a seguir:

-UPrt₀: Latossolos amarelos (LA) constituídos por materiais argilosos e francos, distróficos. Estão localizados na região noroeste da área, na margem esquerda do rio Madeira, com presença de crostas lateríticas associadas a relevo

suavemente ondulado. Estes latossolos ocorrem em um domínio onde não são registrados platôs ou desníveis topográficos significativos (<5 m).

- EXrt₀: Latossolos vermelhos escuros (LVd), amarelos (LA) vermelho-amarelos (LVA) constituídos por materiais francos e argilosos, distróficos e, no geral, bem drenados. Estão localizados na regiões centro-oeste (nas proximidades de Porto Velho) e sudeste, e no nordeste, próximo à hidrelétrica de Samuel. Neste domínio ocorrem ainda afloramentos de matacões rochosos e morrotes que sobressaem em uma superfície plana com altitudes de 120 m constituindo a mais expressiva superfície da área, em termos de extensão.

- EPrt₀: Latossolos vermelho-amarelos (LVAd) constituídos por materiais argilosos, distróficos e bem drenados, encontram-se na porção central e centro-leste da área, envolvendo a cidade de Candeias do Jamari. Esse domínio é caracterizado por superfície plana com altitudes de 120m onde não foram observados *inselbergs*, afloramentos de matacões rochosos e/ou morrotes.

- EPc₀: Cambissolos (CXbd) constituídos por materiais argilosos, distróficos e bem drenados. Encontram-se na região sul e em uma área restrita na margem esquerda do rio Madeira. Neste domínio, com altitudes de até 120m, não foram observados *inselbergs*, afloramentos de matacões rochosos ou morrotes.

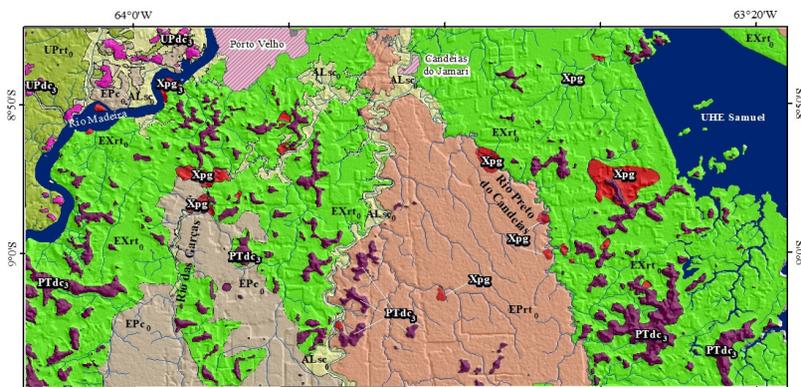
- PTdc₃: Crostas lateríticas ferruginosas (FFc), com estruturas colunares, e comumente texturas pisolíticas/ nodulares, contendo frequentemente horizonte desmantelado, muitas vezes recoberto por latossolos. Em diversos afloramentos, as crostas apresentam-se basculadas, fato evidenciado por deslocamentos das estruturas colunares de até 45°, especialmente aquelas localizadas na margem direita do rio Madeira. Estão associadas a platôs com diferenças altimétricas de até 50 m, variando sua exposição entre 120 até 180 m de altitude.

- UPdc₃: Crostas lateríticas ferruginosas (FFc) com estruturas colunares e texturas pisolíticas/nodulares, vermiformes, associadas a relevo suavemente ondulado, localizadas na margem esquerda do rio Madeira.

- ALsc₀: Sedimentos aluvionares associados, em grande parte, aos principais rios da região, tais como o Rio Madeira e seus afluentes, Rio das Garças e Rio Candeias. Na área de estudo, estes sedimentos ocorrem não apenas nos leitos e margens de canais fluviais atuais, mas também em paleocanais, e correspondem a amplo ambiente deposicional, onde são observados grandes depósitos arenosos e/ou argilosos.

- Xpg: Afloramentos rochosos (AR) correspondentes a granitos porfíricos das Suítes Intrusivas Santo Antônio e Serra da Providência. Em ambos os casos, a textura é grossa, equigranular a porfírica, por vezes apresentando textura rapakivi.

Essas unidades foram cartografadas de acordo com a escala de trabalho, assim, os colúvios associados às encostas dos platôs não foram cartografados. A integração multifonte permitiu a confecção do mapa do regolito seguindo, de forma geral, os procedimentos propostos por Anand e Paine (2002). Desse modo, o mapa do regolito (Figura 9) permitiu a visualização dos materiais em superfície (Figura 10) e sua relação com a geomorfologia da área.



Legenda

Regolito Transportado

Sedimentos Aluvionares

ALsc₀ Depósitos arenosos e/ou argilosos associados a planícies de inundação de canais ativos e paleocanais.

Regolito *in situ*

EPc₀ Argilas residuais constituindo material distrófico e bem drenado, em uma planície com altitudes de 120 m, sem a presença de *inselbergs*, *tors* ou *hillocks*.

EXrt₀ Areias e argilas residuais, constituindo materiais distróficos e, no geral, bem drenado, em uma planície localizada acima de 120 m de altitude, com *tors* e *hillocks* que sobressaem.

UPrt₀ Argilas e areias residuais constituindo material distrófico e bem drenado, em relevo suavemente ondulado, com altitudes entre 80 e 110 m, com presença de crostas lateríticas associadas. Constituem latossolos que ocorrem em um domínio onde não são registrados platôs ou desníveis topográficos significativos (<5 m).

EPrt₀ Argilas residuais constituindo material distrófico e bem drenado, em uma superfície plana com altitudes de 120 m onde não foram observados *inselbergs*, *tors* ou *hillocks*. Há afloramentos de crostas muito restritos e há ausência de platôs ou desníveis topográficos significativos (< 20 m).

PTdc₀ Crostas lateríticas ferruginosas, com estruturas colunares, e texturas pisolíticas/modulares, contendo frequentemente um horizonte desmantelado, por vezes recoberto por latossolos, associados a platôs expostas acima de 120 m. Presença de basculamento, evidenciado por deslocamentos das estruturas colunares de até 45°.

UPdc₀ Crostas lateríticas ferruginosas, com estruturas colunares, e texturas pisolíticas/modulares, contendo frequentemente um horizonte desmantelado associadas a relevo suavemente ondulado.

Embasamento pouco ou nada intemperizado

Xpg₀ Granitos porfíricos pertencentes às Suites Intrusivas Santo Antônio e Serra da Providência, de textura grossa, equigranular a porfírica, por vezes apresentando textura rapakivi.

Sede Municipal

Corpos d'água

Drenagens

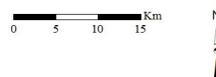


Figura 9 – Mapa do regolito confeccionado a partir da integração das bases geológica (Quadros e Rizzotto, 2007), geomorfológica (RONDÔNIA, 2002), de solos (RONDÔNIA, 2002), e aerogeofísica (CPRM, 2010) com o suporte dos dados de campo.



Figura 10 – Alguns dos principais constituintes do regolito observados em campo: Latossolo vermelho (A), latossolo amarelo (B) crostalaterítica (C). Embasamento rochoso (D).

3.4 Aspectos Preliminares do Uso e Ocupação da Terra

O mapa de uso e ocupação do solo é uma ferramenta que pode ajudar no crescimento econômico da região, pois as informações contidas nele facilitam o entendimento dos recursos naturais expostos e sua distribuição espacial. Milton Santos (2004, 2006) propõe a avaliação da configuração territorial e as relações sociais. Christofolletti (1980) afirma, neste mesmo sentido, que há necessidade de integrar os resultados do espaço físico com aspectos socioeconômicos. Assim, o mapa do regolito, além das informações de materiais expostos (formações superficiais) contém simultaneamente informações sobre a geomorfologia, que pode auxiliar no planejamento do uso e ocupação do solo, assim como no aproveitamento dos recursos naturais.

O mapa de uso e ocupação do solo de Rondônia (2002) apresentado na Figura 11 mostra a sobreposição das áreas de assentamento apresentadas pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, 2014), assim como as unidades de conservação, além de mostrar áreas de extração mineral (água mineral, argila, ouro, areia e granito, Sigmene, 2019). O referido mapa também mostra as áreas com sugestões para o uso racional da terra baseado nos resultados deste trabalho (mapa do regolito). Apesar de ter diretrizes apontando para a ocupação das áreas próximas à cidade de Porto Velho, o Plano Diretor do município não considerou áreas para fins de exploração de materiais destinados à construção civil.

Por outro lado, as crostas apresentam baixa fertilidade e, na área de estudo, elas estão expostas nos topos dos platôs. Essas condições podem dificultar as atividades de agricultura ao haver a necessidade de correção do solo (utilização de fertilizantes), que encarece o processo, assim como a dificuldade do manejo da terra (o arado torna-se difícil pelo fato das crostas serem materiais endurecidos). Além das condições do solo, a própria estruturação geomorfológica dificulta a utilização de maquinária em áreas com desníveis topográficos notáveis, como é o caso dos platôs lateríticos da área. Essas áreas deveriam ser consideradas como terras de aptidão restrita para lavouras em pelo menos um

dos níveis de manejo A, B ou C, tal como sugerido por Herrera (2016), baseada na classificação de Rondônia (2002).

Dessa forma, devem-se priorizar essas áreas para a extração de cascalho laterítico, útil para a construção civil e atividades pecuárias, e evitar a estruturação de Planos de Assentamento. Nesse sentido, as áreas a serem priorizadas para a estruturação de assentamentos são aquelas onde as condições para a utilização do terreno sejam mais adequadas, por exemplo: 1) as planícies, pois facilitam os deslocamentos de máquinas e equipamentos; 2) áreas onde o solo seja de fácil tratamento, tanto para o arado quanto para a utilização de fertilizantes em menor quantidade, e que permita fácil acesso ao lençol freático etc. 3) áreas onde a aptidão agrícola definida seja de pelo menos aptidão regular para lavouras em pelo menos um dos níveis de manejo, tal como sugerido por Rondônia (2002).

Por outro lado, de acordo com a Figura 11, as áreas cinzas apresentam as melhores exposições de rochas graníticas e por este motivo foram consideradas com maior potencial para estudos de viabilidade para uso como brita. As áreas em laranja apresentam grandes exposições de cascalho laterítico, frequentemente utilizado como sub-base para pavimentação de estradas, e como material de empréstimo (aterro), e por esse motivo foram consideradas como prioritárias para estudos de viabilidade para seu uso na construção civil.

Por fim, as áreas em amarelo claro apresentam exposições (associadas aos principais rios da região) de areias e argilas utilizadas para a confecção de cerâmicas (tijolos etc.), cimento e concreto, por isso foram consideradas como prioritárias para estudos de viabilidade para uso na construção civil. Assim, fica evidente a necessidade de ter um mapeamento e fiscalização contínua e real do uso e ocupação do solo com o fim de ter melhor aproveitamento dos recursos naturais disponíveis e uso racional do território. É importante destacar que todo aproveitamento e eventual exploração devem estar respaldados pelos aspectos legais e em equilíbrio com o meio ambiente.

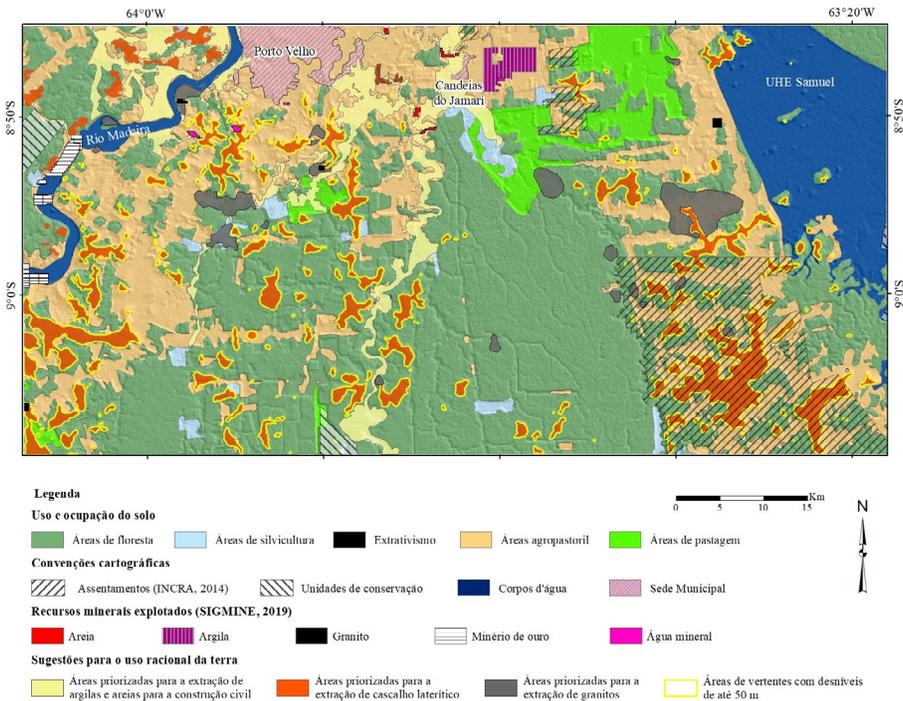


Figura 11 – Mapa de uso e ocupação do solo com priorização de áreas de acordo com o seu uso racional, adaptado de Rondônia (2002)

4. Discussão dos Dados

Os trabalhos de campo e a integração multifonte em ambiente SIG permitiram realizar algumas considerações, sugestões e interpretações sobre o meio físico, geomorfologia e aspectos preliminares de uso e ocupação do solo.

O mapeamento do regolito permitiu a identificação das áreas com crostas lateríticas, solos, sedimentos etc., a geomorfologia associada e descrição mais detalhada do perfil laterítico da área, entre outros resultados. Nesse sentido, fica evidente a predominância de áreas residuais fortemente relacionadas à formação do perfil laterítico. Esses domínios são representados por platôs e planícies com presença de crostas lateríticas (colunar, horizonte desmantelado), latossolos e cambissolos. O domínio deposicional (transportado) é representado, na escala de estudo, pelos sedimentos aluvionares associados à planície de inundação do rio Madeira e rio Candéias. O embasamento inalterado ocor-

re de forma restrita e é representado majoritariamente por rochas graníticas das suítes intrusivas Santo Antônio e Serra da Providência. Os afloramentos rochosos são, portanto, raros e quando existentes têm no geral dimensões que variam desde poucos metros a poucas dezenas de metros, em alguns casos, formando morrotes e afloramentos de matacões rochosos e em escala de afloramento ocorrem sob a forma de matacões e por vezes em lajedos.

O mapa do regolito também permitiu a avaliação integrada dos aspectos morfopedogenéticos, das ocorrências de crostas lateríticas e das encostas associadas. As principais vertentes estão relacionadas a estas feições e têm inclinações médias de cerca de 15° especialmente nos compartimentos morfopedogenéticos II e IV. Nos compartimentos I e III as vertentes são inexistentes ou inexpressivas.

Nota-se regionalmente que as principais encostas da área, em termos de desnível entre a convexidade e a concavidade, estão relacionadas às ocorrências de crostas lateríticas. Esse é outro aspecto que deve ser levado em consideração, pois como afirmado anteriormente, o crescimento desordenado da cidade de Porto Velho para sul, implicará em habitações em áreas com desníveis locais importantes (até 50 m), ampliando assim as atuais áreas de risco mapeadas pelo Serviço Geológico do Brasil (Silva e Mendonça, 2016).

Os dados gamaespectrométricos destacam altas razões Th/K e U/K nos topos dos platôs (Figura 6) ratificando a presença das crostas lateríticas, enquanto os domínios de concavidade das vertentes tendem a ter razões mais baixas. Nesse sentido, os padrões de resposta observados contribuirão para a análise, estudo e cartografia na medida em que discriminam os seus materiais constituintes (crostas lateríticas, solos etc.).

As áreas mapeadas como de alto potencial para a ocorrência de crostas lateríticas (altas razões Th/K e U/K), sobrepostas aos dados magnetométricos (gradiente total), indicaram que elas têm fontes derivadas de rochas com alta e baixa intensidade magnética, com prevalência desta última, indicando fontes com tendências félsicas. Os dados geológicos, associados às interpretações aerogeofísicas indicam que as crostas têm como rocha fonte, em grande parte, os granitos das suítes intrusivas Santo Antônio e Serra da Providência. Esses re-

sultados implicam na restrição da probabilidade de ocorrência de alguns bens minerais e direcionamento para outros.

Outro aspecto que deve ser levado em consideração é que as áreas com crostas lateríticas apresentam descontinuidades laterais formando assim corpos com dimensões limitadas (platôs isolados) e invariavelmente encostas concavas. Esses corpos, como afirmado anteriormente, têm diferença de nível de até 50 metros o que implica em afirmar que o lençol freático, caso exista, é restrito lateralmente (baixa continuidade lateral). Essa asserção é particularmente verdadeira até as cotas do nível base atual ou rebaixado.

O mapa do regolito também permitiu avaliar as áreas potenciais para a ocorrência de argila, areia, cascalho e brita. Nos dois primeiros casos as margens dos principais rios da área (rio Madeira, Candeias, Preto do Candeias e das Garças) são potencialmente as mais promissoras para estes recursos minerais. Deve haver, portanto, atenção redobrada quanto a esses insumos já que estas áreas são extremamente sensíveis e protegidas por lei. As áreas de extração de brita estão vinculadas aos afloramentos rochosos, alguns localizados a sul de Porto Velho. Caso a cidade mantenha a tendência de crescimento para sul os setores alternativos mais promissores são aqueles localizados na porção centro-sudeste onde há maiores exposições do embasamento, tal como evidenciado no mapa do regolito. Isso poderá garantir vida útil maior e provavelmente impactará menos no desenvolvimento e planejamento das cidades de Porto Velho e Candeias do Jamari.

O uso da argila aplicada à indústria cimenteira (argila pozolânica) tem grande potencial na área. Este tipo de material tem sílica reativa e pode ser encontrado, por exemplo, nos horizontes intermediários do perfil laterítico, tal como as argilas caulínicas encontradas no pedolito, mais especificamente, na zona pedoplasmática. Nesse sentido, mapas mais detalhados do regolito podem contribuir ainda mais com a delimitação de eventuais jazidas. Vale destacar que na porção norte da área já há uma mina onde é extraída argila com essa finalidade ratificando assim o potencial para esse bem mineral.

As crostas lateríticas na área de estudo são expressivas e apresentam grande potencial para a exploração de insumos para a construção civil. Della

Justina (1994) afirma que há dezenas de frentes de lavra nas cercanias de Porto Velho com essa finalidade. Atualmente é notável que o crescimento da cidade de Porto Velho tem tendência para sul, e nessa região há importantes ocorrências de crostas lateríticas. Na área como um todo elas ocupam aproximadamente 361 km², além de terem espessura média aflorante de 2,5 m (cálculo conservador e incluindo o horizonte concrecionário). Esses resultados permitem estimar um volume aproximado de 1,35 x 10⁸ m³ de reservas de cascalho laterítico para a área de estudo. Nesse aspecto, há necessidade de considerar áreas prioritárias para moradia e outras para extração do bem mineral tão importante para o desenvolvimento da cidade de forma a ponderar o melhor custo benefício, em outras palavras o melhor uso do solo.

Essas asserções também têm implicações importantes na agricultura, pois áreas com ocorrência de crostas lateríticas além de dificultar a aragem do solo exigem o uso amplo de corretivos, ambas as situações indesejáveis na agricultura, especialmente em assentamentos rurais (agricultura familiar). De acordo com Marques *et al.* (2014), os plintossolos (crostas lateríticas) têm potencial entre médio e baixo para agricultura e apresentam baixa fertilidade natural, drenagem imperfeita a má, pedregosidade e camadas de impedimento; e baixa disponibilidade de água quando concrecionário. Outros autores ratificam essa asserção (McNeil 1972; Nogueira, 1985; Costa, 2007; Chandrasekaran *et al.*, 2010). Ocasionalmente as crostas são utilizadas como substrato para culturas agrícolas de ciclo curto e pastagem; e mais amplamente na pecuária extensiva e preservação ambiental.

Notadamente na área de estudo há pelo menos um caso de assentamento (assentamento Vale do Jamari) parcialmente posicionado sobre extensa área de ocorrência de crosta laterítica (porção sudeste da área). Esse caso é considerado indesejável já que esses assentamentos têm como um dos objetivos o incentivo à agricultura. Situação similar é encontrada no assentamento Joana D'Arc localizado na margem esquerda do rio Madeira, adjacente à porção oeste da área de estudo. O mapeamento do regolito permitiu a identificação dessas situações indesejáveis, mostrando mais uma vez a utilidade do referido mapa no planejamento rural e urbano.

5. Considerações Finais

A integração multifonte em ambiente SIG e o mapeamento do regolito permitiram avaliações dos aspectos geomorfológicos, de recursos minerais, e sua relação com o uso da terra. Os principais avanços desta pesquisa incluem a descrição dos perfis lateríticos, dos aspectos morfopedogenéticos e altimétricos da área de estudo, cartografia inédita do regolito laterítico no norte do Estado de Rondônia e discussão e contribuições do mapa do regolito sobre os aspectos de uso e ocupação do solo.

É importante destacar que os mapas já existentes, como o geológico, geomorfológico e de solos representam apenas parte do conjunto de fatores presentes na superfície. Assim, o mapa geológico fornece apenas informações sobre o material geológico, fazendo interpretações generalizadas pela integração de observações em campo. Por sua vez, o mapa geomorfológico fornece informações sobre as formas de relevo sem mencionar, na maioria das vezes, o material presente. Similarmente o mapa de solos fornece informações sobre materiais de solo em superfície sem fazer referência, por exemplo, a afloramentos rochosos ou ao relevo. Dessa forma, o mapa do regolito, ao integrar esses dados, forneceu uma visão mais fiel e integrada da paisagem (superfície), incluindo informações mais detalhadas sobre materiais (independente da origem) e formas de relevo associadas.

Estudos futuros mais detalhados sobre a correlação das crostas lateríticas com a neotectônica (estudos de estrutural) devem ser realizados, pois elas são testemunhos importantes do paleoclima e representam antigas superfícies de aplainamento. Nesse sentido, estudos geocronológicos em crostas lateríticas utilizando o método U-Th/He podem ajudar a definir a idade de formação, o que contribuirá na avaliação da história intempérica da área, assim como dos aspectos da neotectônica e de forma mais ampla a evolução da paisagem.

No norte de Rondônia há grande ocorrência de granitos que naturalmente apresentam maiores valores de Th e U, elementos radioativos que têm grande impacto na saúde humana. A ocorrência de crostas lateríticas derivadas dessas rochas contribui para concentrar ainda mais esses elementos. Des-

se modo, a afirmação de que as crostas têm, em grande parte, origem félsica abre naturalmente caminho para estudos futuros, por exemplo, relacionados a avaliação da água subterrânea, os teores desses elementos e o impacto à saúde humana local, tais como, os índices de câncer e outras doenças.

A realização de ensaios mecânicos em crostas lateríticas, assim como estudos de resistência e desempenho na compactação, podem ser extremamente úteis no aproveitamento dos recursos disponíveis na região, aplicados à engenharia civil.

Por fim sugere-se o uso de imagens de satélites em trabalhos futuros com o intuito de ter mais uma ferramenta para a identificação de diferentes materiais, como por exemplo, materiais ferrosos com a finalidade de ratificar e/ou refinar alguns dos resultados obtidos neste trabalho.

Agradecimentos

Agradecemos a CAPES pela concessão da bolsa de Doutorado ao primeiro autor do trabalho. E.P. Filho agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa. Agradecemos ao Serviço Geológico do Brasil CPRM, departamento DISEGE, por disponibilizar parte dos dados usados nesta pesquisa e apoio aos trabalhos de escritório.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, M.F.S. **O Contexto Laterítico do Sudeste do Estado do Amazonas: Uma Abordagem Mineralógica, Geoquímica, Aerogeofísica e Geocronológica**, Brasília. 2018. Tese (Programa de Pós-graduação em Geologia) – Universidade de Brasília.

ALBUQUERQUE, M.F.S.; HORBE, A.M.C; SOARES, T.M.; SOUSA, E.M.D.; IZA, E.R.H.F. Airborne radiometric data for identifying lateritic surfaces in southwestern Amazonia, Brazil. **Journal of Applied Geophysics**. 175, 2020. DOI: 10.1016/j.jappgeo.2020.103989.

AMBROSI, J. P.; NAHON, D.; HERBILLON, A. J. The epigenetic replacement of kaolinite by hematite in laterite-petrographic evidence and the mechanisms involved. **Geoderma**, v37, 283-294, 1986.

ANAND, R.R.; SMITH, R.E.; INNES, J.; CHURCHWARD, H.M. **Exploration geochemistry about the Mt Gibson gold deposits, Western Australia**. Restricted Report 20R, CSIRO Australia, Division of Exploration Geoscience, Perth, 1989.

ANAND, R. R.; BUTT, C.R.M. **The terminology and classification of the deeply weathered regolith**. CSIRO Australia, Division of Exploration Geoscience, Perth. Discussion paper, 1988.

ANAND, R. R.; PAINE, M. Regolith geology of the Yilgarn Craton, Western Australia: implications for exploration. **Australian Journal of Earth Sciences**, v. 49, 3-62, 2002.

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 implications. **Precambrian Research**, v.95, p.41- 67, 1999.

BRAUN, O.P.G. Contribuição à geomorfologia do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v.3 (32): 3-39, 1970.

BUI, E.N.; DIXON, J.B.; SHADFAN, H.; WILDING, L.P. Geomorphic features and associated iron oxides of the Dallol Bosso of Niger (West Africa). **Catena**, v.17, n.1, p. 41-54, 1990.

CARRINO, T. A.; SILVA, A.M.; BOTELHO, N.F.; SILVA, A.A.C. Discriminação de áreas de espesso regolito do leste do Estado do Amazonas usando estatística multivariada, algoritmo hiperespectral e modelagem de dados espaciais. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 29, n. 1, p. 155-172, 2011.

CASTRO, R.T. **A Lateritização na Amazônia Ocidental: Sul de Roraima e Norte e Noroeste de Rondônia, Manaus.** 2015. Dissertação (Pós-graduação em Geociências) – Universidade Federal do Amazonas.

CHANDRASEKARAN, B.; ANNADURAI, K ; SOMASUNDARAM, E. **A textbook of Agronomy.** New Delhi: New Age International (P) Limited, Publishers, 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COSTA, M.L. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. **Revista Brasileira de Geociências**, 21, 146-160, 1991.

COSTA, M.L. Lateritization as a major process of ore deposit formation in the Amazon region. **Exploration and Mining Geology**, 6, 79-104. 1997.

COSTA, M. L. da. Introdução ao intemperismo laterítico e à laterização. In: LICHT, O. A. B.; MELLO, C. S. B. de; SILVA, C. R. da (Eds.). **Prospecção geoquímica: depósitos minerais metálicos, não metálicos, óleo e gás.** Rio de Janeiro: SBGq; CPRM, 2007. p. 199-244.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Projeto Aerogeofísico Rondônia Central: relatório final de levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos. Rio de Janeiro: Lasa Engenharia e Prospecções; **Prospeções Aerolevantamentos e Sistemas**, 27 v. 1, 2010.

DANTAS, M. E.; ADAMY, A. Compartimentação Geomorfológica. In: Adamy, A. (Org). **Geodiversidade do estado de Rondônia.** Porto Velho. CPRM, p. 37-54, 2010.

DELLA JUSTINA, E.E. **Retrato Social da Exploração de Recursos Minerais no Município de Porto Velho-Rondônia: O caso dos lateritos.** 1994.

Monografia (Especialização em Geografia) – Amazônia, questão Regional e Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 1994.

DICKSON, B. L.; SCOTT, K. M. Interpretation of aerial gamma-ray surveys - adding the geochemical factors. **Journal of Australian Geology & Geophysics**, v. 17, n. 2, p. 187-200, 1997.

EGGLETON, R.A. **The Regolith Glossary**, CRC LEME Perth, 2001. GEOLOGICAL SURVEY OF WESTERN AUSTRALIA. A revised classification system for regolith in Western Australia, and the recommended approach to regolith mapping: Geological Survey of Western Australia, Record, 2013. 26p.

GOZZARD, J.R. Part 2: **Predictive regolith-landform mapping in SEG 2004 Workshop 1, How to look at, in and through the regolith for efficient predictive mineral discoveries**, Workshop notes: Perth, Western Australia, SEG 2004, 163p.

GREGORY A. F.; HORWOOD J. L. **A laboratory study of gamma-ray spectra at the surface of rocks**. Ottawa: Department of Energy, Mines and Resources, (Mines Branch Research Report, 85). 1961.

GUERRA A.T. Formação de lateritos sob a floresta equatorial amazônica (Território Federal do Guaporé). **Revista Brasileira de Geografia**, 4, 33-52, 1952.

GUERRA, A.T. Observações geográficas sobre o Território do Guaporé. **Revista Brasileira de Geografia**, 2, 183-302, 1953.

HERRERA, I.L.I.E. **Utilização de Dados Altimétricos, Geomorfológicos e Gamaespectrométricos para a Identificação de Crostas Lateríticas em uma área da Porção Norte do Estado de Rondônia**. 2016. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Geografia) – Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho.

HERRERA, I.L.I.E.; FILHO, E.P.S.; IZA, E.R.H.F.; HORBE, A.M.C. Cartografia Geológica e Geomorfológica de Crostas Lateríticas na porção

Norte do Estado de Rondônia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, no.1, p. 177-190, 2016a. (doi: 10.20502/rbg.v17i1.880).

HERRERA, I.L.I.E.; FILHO, E.P.S.; IZA, E.R.H.F.; HORBE, A.M.C. Utilização de dados gamaespectrométricos no apoio à cartografia geomorfológica. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 11, Maringá. **Anais**, 2016b. UGB: União de Geomorfologia Brasileira.

HERRERA, I.L.I.E.; IZA, E.R.H.F.; FILHO, E.P.S.; HORBE, A.M.C.; SANTOS, S.L.M.; CABRAL, L.N. Técnica Booleana Aplicada à Identificação De Crostas Lateríticas no Sudoeste da Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.18, no.2, p.411-425, 2017 (doi: 10.20502/rbg.v18i2.1182)

HERRERA, I.L.I.E. **Geomorfologia, Morfopedologia e Mapeamento do Regolito no Norte do Estado de Rondônia**. 2019. Tese (Programa de Pós-graduação em Geografia) – Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho.

HORBE A.M.C.; COSTA M.L. Solos gerados a partir do intemperismo de crostas lateríticas silicoferruginosas. **Acta Amazônica**, 27(4):241-256. 1997.

HORBE A.M.C.; COSTA M.L. Relações genéticas entre Latossolos e crostas lateríticas aluminosas e aluminoferruginosas na região de Paragominas - Pará. **Revista Brasileira de Geociências**, 29(4):477- 504. 1999.

HORBE A.M.C.; COSTA, M.L. Lateritic crusts and related soils in eastern Brazilian Amazonia, **Geoderma**, 126: 225-239. 2005.

IBGE. **Mapas interativos**. 2013. Disponível em: <ftp://geofpt.ibge.gov.br/mapas_interativos/> Acessado em: 20 de junho de 2015.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Mapa de localização de assentamentos**. 2014. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/

servicos/licitacoes-editais-e-pregoes/ anteriores/file/922-mapa-localizacao-de-assentamentos>

IZA, E.R.H.F.; HORBE, A.M.C; SILVA, A.M. Boolean and fuzzy methods for identifying lateritic regoliths in the Brazilian Amazon using gamma-ray spectrometric and topographic data. **Geoderma**, 269, 27-38, 2016. Doi: 10.1016/j.geoderma.2016.01.037

IZA, E.R.H.F. **Coberturas lateríticas do SW do cráton amazônico: aspectos geofísicos e geoquímicos**, Brasília, 2017. Tese (Programa de Pós-graduação em Geologia) – Universidade de Brasília.

IZA, E.R.H.F.; HORBE, A.M.C.; CASTRO, C.C.; HERRERA, I.L.I.E. Integration of Geochemical e Geophysical Data to Characterize and Map Lateritic Regolith: An Example in the Brazilian Amazon. **Geochemistry, Geophysics, Geosystems**, 19, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1029/2017GC007352>.

IZA, E.R.H.F.; SANTOS, R.S.V.; CRUZ FILHO, B.E. Integration of multisource data to support the identification of lateritic regolith in Eastern - Bahia, northeastern Brazil. **Journal of the Geological Survey of Brazil**, v.3, (1), 1-24, 2020. DOI: <https://doi.org/10.29396/jgsb.2020.v3.n1.1>

KING, L.E. A geomorfologia do Brasil central. **Revista Brasileira de Geografia**, v.2 (18): 147-265, 1956.

KOTSCHOUBEY, B.; CALAF, M.J.C.; LOBATO, A.C.C.; LEITE, A.S.; AZEVEDO, C.H.D. Caracterização e gênese dos depósitos de bauxita da provincial bauxitífera de Paragominas, Noroeste da Baía do Grajaú, Nordeste do Pará/Oeste do Maranhão. In: O. J. Marini, E. T. Queiroz & B. W. Ramos (eds.) – **Caracterização de depósitos minerais em distritos mineiros da Amazônia**. Brasília-DF: ADIMB. 691-782, 2005.

MAMEDE, L.O. O significado das coberturas terciárias nas chapadas da região Centro-oeste. **Sociedade e Natureza**, ano 3, n. 15, p. 26-29, 1996.

MARQUES, F. A.; NASCIMENTO, A. F.; ARAUJO FILHO, J. C. de; SILVA, A. B. **Solos do Nordeste**. Recife: Embrapa. 2014.

MCNEIL, M. Lateritic Soils in distinct Tropical Environments: Southern Sudan and Brazil. In: FARVAR, T., MILTON, J. (eds) **The Careless Technology: Ecology and International Development**, Garden City: The Natural History Press, 1972.

MELO, D.P.; COSTA, R.C.R.; E NATALI FILHO, T. **Geomorfologia da folha SC.20-Porto Velho**. In: BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC.20-Porto Velho. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral (Levantamento de Recursos Naturais, 16), 1978.

NABIGHIAN, M.N. The Analytic Signal of Two-Dimensional Magnetic Bodies with Polygonal Cross-Section: Its Properties and Use for Automated Anomaly Interpretation. **Geophysics**, 37, 507-517, 1972. <http://dx.doi.org/10.1190/1.1440276>

NABIGHIAN M.N. Additional comments on the Analytic Signal of Two-Dimensional Magnetic Bodies with Polygonal Cross- Section: **Geophysics**, 39, 85-92, 1974.

NASCIMENTO, R.O. **Evolução de um perfil laterítico no domo estrutural de Sobradinho – Distrito Federal**, Uberlândia, 2011. Tese (Programa de Pós-graduação em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia.

NOGUEIRA, J. 1985. **Lateritas**. **Boletim Técnico**. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 46 p.

OLIVEIRA, J. G. F.; COSTA, M. L. **Caracterização geológica de um perfil laterítico imaturo na região de Porto Velho-Rondônia**. In: IX Simpósio de Geologia da Amazônia, 2006, Belém-PA. Trabalhos apresentados, 2006. Belém: SBG-NÚCLEO NORTE, p. 01-04.

PAIN, C.; CHAN, R.; CRAIG, M.; HAZELL, M.; KAMPRAD, J.; WILFORD, J. RTMAP BMR. **Regolith Database Field Handbook**. Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics Australia, Record, 1991/29, 1991.

PAIN C.F.; CRAIG M.A.; GIBSON D.L.; WILFORD J.R. Regolith-landform mapping: an Australian approach. In: BOBROWSKY P.T. (ed). **Geo-environmental mapping, method, theory and practice**. A.A. Balkema, Swets and Zeitlinger Publishers, The Netherlands, 2001. 29-56

PAIN, C., KILGOUR, P. Regolith Mapping – a discussion. In: ROACH, I.C. (Ed.), **Advances in Regolith**. CRC LEME Geoscience Australia, Canberra, p. 309-313, 2003.

QUADROS, M.L. do E.S.; RIZZOTTO, G.J. (Orgs.). **Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais do Estado de Rondônia**- escala 1:1.000.000. Porto Velho: CPRM. 116 p. Programa Geologia do Brasil-PGB, 2007.

REITZ, J.R., MILFORD, F.J. **Foundations of Eletromagnetic Theory**, Addison-Wesley: Reading, 1966.

RIZZOTTO, G.J.; QUADROS, M.L. do E.S. Geologia do sudoeste do Craton Amazônico. In: HORBE, A.M.C.; SOUZA, V da S. (Coords.). **Contribuições à geologia da Amazônia**. Belém: SBG-Núcleo Norte, v.4, p 69-84, 2005.

ROEST, W.R., VERHOEF, J., PILKINGTON, M. Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal, **Geophysics**, 57, 116-125, 1992.

RONDÔNIA, Secretaria de Estado do Planejamento. **Plano agroflorestal e Pecuario de Rondônia – PLANAFLORO (bando de dados geográfico)**. Porto Velho, 2002. Disponível em: <http://www.sedam.ro.gov.br/index.php/component/content/article/109-cogeo/168-acervo-tecnico>. Acessado em 20 de junho de 2015.

SANTOS, M. **Por uma geografia nova: Da Crítica da Geografia a uma Geografia Crítica**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

SCOTT, K.; PAIN, C. **Regolith Science**. Melbourne: Csiro Publishing, 2008.

SIGMINE. **Sistema de Informações Geográficas da Informação**. 2019. Disponível em: < <http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/> > Acessado em: 27 de junho de 2019.

SILVA, J.A.; MENDONÇA, R.R. **Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes: Porto Velho, Rondônia**. Porto Velho, CPRM, 2016.

TAYLOR, G.; EGGLETON, R. A. **Regolith geology and geomorphology**. Chichester: John Wiley, 2001.

TOSDAL, R.M.; BETTENCOURT, J.S.; LEITE Jr., W.B.; PAYOLLA, B.L. Pb isotopic compositions from middle Proterozoic rondonian rapakivi massifs, southwestern margin of the Amazonian Craton, Brazil. In DALL'AGNOL, R.; MACAMBIRA, M.J.B.; COSTI, H.T. (EDS). **Symposium on Rapakivi Granites and Related Rocks**, 1, Belém. Abstracts Volume. Belém: Center for Geosciences. University Federak of Para. 88p. 78-79. 1995.

VIEIRA, L.S. **Manual da Ciência do Solo**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1975.

WILFORD, J. R.; BIERWIRTH, P.N.; CRAIG, M.A. Application of airborne gamma-ray spectrometry in soil/regolith mapping and applied geomorphology. **Journal of Australian Geology & Geophysics**, v.17(2), 201-216, 1997.

WILFORD, J. A weathering intensive index for the Australian continent using airborne gamma-ray spectrometry and digital terrain analysis. **Geoderma**, 183-184, 124-142, 2012. doi: 10.1016/j.geoderma.2010.12.022

ZEESE, R. Tertiary weathering profiles in central Nigeria as indicators of paleoenvironmental conditions, **Geomorphology**, v. 16, p. 61-70, 1996.

CAPÍTULO 6

USO DO SENSORIAMENTO REMOTO NA ANÁLISE DO DESMATAMENTO: UM ESTUDO DE CASO NAS RESERVAS EXTRATIVISTAS DE MACHADINHO D'OESTE (ÁREA SUL) - RONDÔNIA

USE OF SENSORING IN DEFORESTATION ANALYSIS: A CASE STUDY IN MACHADINHO D'OESTE EXTRATIVIST RESERVES (SOUTH AREA)- RONDÔNIA.

Thatyellen Edyte Alves da Silva Rufino

Alcione Gomes Botelho

Siane Cristhina Pedroso Guimarães

Helen Rose Oliveira da Silva

1. INTRODUÇÃO

As primeiras Unidades de Conservação, conhecidas internacionalmente como áreas protegidas foram criadas com intuito de preservar as paisagens naturais. No Brasil, a primeira unidade de conservação criada foi a do Parque Nacional do Itatiaia, regulamentada em 14 de junho de 1937, e está localizada na Serra da Mantiqueira, nos limites dos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, tem como um dos objetivos, propiciar o lazer para a população através da visitação e a pesquisas científicas.

A partir da década de 60, o governo brasileiro incentiva a ocupação e exploração para desenvolvimento da Amazônia brasileira, com o discurso político chamado “Integrar para não entregar”. No Território do Guaporé, atualmente denominado estado de Rondônia, a incitação ocorreu através da construção e aberturas de rodovias, instalação de postos telegráficos, da agricultura, ou ate mesmo, com a possibilidade de ter o seu próprio fragmento de terra.

Em 1981, foi criado e implantado, para melhorar o desenvolvimento da economia no estado, o Programa Integrado de Desenvolvimento do Noroeste do Brasil – POLONOROESTE, responsável pelos maiores índices de desmatamento, utilizando-se de técnicas ainda mais prejudiciais.

Posteriormente, foi implantado o PLANAFLORO - Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia, em 1993, com intuito de interromper o desmatamento ocasionado pelo programa anterior (POLONOROESTE), e promover a preservação da biodiversidade. Como resultado várias unidades de conservação foram criadas simultaneamente.

No ano de 2000, é criado o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000), que é um conjunto de normas e leis que viabilizam às três esferas governamentais federal, estadual e municipal para a criação, implantação das Uc's. Entende-se por Unidades de Conservação segundo o próprio SNUC: “Espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”.

O SNUC divide as unidades em duas categorias de uso, no qual cada uma tem suas características específicas, sendo elas de Proteção Integral e as de Uso Sustentável. Nas unidades de Proteção Integral inclui-se a Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio da vida silvestre. Já as unidades do grupo de sustentável estão as Áreas de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva Particular do Patrimônio Natural e a Reserva Extrativista.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação, também, conceitua a zona de amortecimento como sendo uma área que fica ao redor da unidade de conservação com intuito de minimizar os impactos que venha atingir diretamente a mesma, conhecida também como zona tampão.

A presente pesquisa objetiva realizar uma avaliação no desmatamento da Zona de Amortecimento da Reserva Estadual Extrativista de Machadinho

D'Oeste (Parte Sul) - Rondônia, utilizando o Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica, abrangendo as Resex's Roxinho, Seringueira, Piquiá, Itaúba, Jatobá, Castanheira, Aquariquara e Freijó, totalizando, juntas, uma área de aproximadamente 34.662,2195 ha.

Pesquisa em Unidades de Conservação, assim como, em sua Zona de Amortecimento torna-se importantes para compreender às pressões externas sobre as unidades. A utilização das ferramentas do Sensoriamento Remoto e do SIG são importantes aliados em estudos dessa natureza, à medida que possibilitam ao interprete ter uma visão sinóptica da área, em curto prazo de tempo, e a baixo custo.

2. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MEIO AMBIENTE

Pode se considerar que os primeiros registros da utilização da Cartografia se deram desde os tempos remotos, antes mesmo da utilização da escrita onde ela era usada para a representação do espaço. Conforme afirma Carvalho (2008):

É dos babilônios, por exemplo, a autoria do mapa encontrado na localidade de Ga-Sur, considerado por muitos o mais antigo exemplar da arte de representar o espaço. Trata-se de um artefato feito de barro cozido contendo traços que indicam a presença de um rio ladeado por montanhas. A interpretação feita por arqueólogos é que seria uma representação da antiga Mesopotâmia (atual Iraque) e que esse artefato teria entre 2.500 e 4.500 anos de existência.

O conceito de Cartografia, de acordo com o Manual de Noções Básicas de Cartografia- IBGE (1998) é:

Estabelecido em 1966 pela Associação Cartográfica Internacional (ACI), e posteriormente, ratificado pela UNESCO, no mesmo ano: A Cartografia apresenta-se como o conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que, tendo por base os resultados de observações diretas ou da análise de documentação, se voltam para a elaboração de mapas, cartas e outras formas de expressão ou representação de objetos, elementos, fenômenos e ambientes físicos e sócio-econômicos, bem como a sua utilização.

“Os SIGs dependem fundamentalmente de mapas e de como podem ser estabelecidas, claramente, as relações entre eles. Dessa forma, a história dos SIGs está, de certa maneira, diretamente relacionada com início da produção de mapas.” (Silva, 2003. p.59)

Portanto, desde a década de 80 quando essa ciência passou a serem mais utilizados devido aos avanços da tecnologia mundial, vários autores passaram a trabalhar com o Sistema de Informação Geográfica (SIG) conceituando de várias formas, uns abrangendo todo o sistema como os softwares e hardwares e outros apenas os termos tecnológicos, conforme se mostra a seguir, para Silva (2003, p.27):

Os Sistemas de Informação Geo - Referenciadas ou Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são usualmente aceitos como sendo uma tecnologia que possui o ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais e, portanto, oferece, ao ser implementada, alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico, compondo o chamado universo da Geotecnologia, ao lado do Processamento Digital de Imagens (PDI) e da Geoestatística.

Diante disso, para Guimarães (2008, p. 21) os Sistemas de Informação Geográfica:

Facilitam a manipulação de um número grande de dados geográficos, realizando inúmeras funções: i) o cruzamento de dados, ii) análise estatísticas, iii) produção de mapas, iv) análise espacial dos dados, v) armazenamento de dados em banco de dados geográficos, dentre outros. Toda essa gama de informações e dados adquiridos a partir da análise de dados digitais em SIG's vem tornando seu uso cada vez mais difundido, em todos os campos das ciências.

Outros pesquisadores também trabalham com um forte aliado do Sistema de Informação Geográfica, que é o Sensoriamento Remoto no qual pode ser definido por Rocha (2002, p. 115) “O Sensoriamento Remoto pode ser definido como aplicação de dispositivos que, colocados em aeronaves ou satélites, nos permitem obter informações sobre objetos ou fenômenos na superfície da Terra, sem contato físico com eles”.

Para Rosa (1995) o Sistema de Informação Geográfica e o Sensoriamento Remoto em conjunto podem também ser aplicados em diversos campos de pesquisa vinculados as ciências da natureza, sendo eles considerados como “instrumentos poderosos no levantamento, mapeamento e monitoramento dos recursos naturais” (Rosa, 1995 p.111).

A utilização do sensoriamento remoto assim como o uso das ferramentas disponíveis de geoprocessamento nos estudos na área ambiental, torna-se essenciais por permitirem a realização do trabalho a baixo custo e duração de execução do mesmo em menor tempo (Guimarães, 2008).

Segundo Câmara, Devis (2001) e Hamada, Gonçalves (2007) Os Sistemas de Informação Geográfica teve um avanço significativo na década de 80 devido aos avanços computacionais, no qual possibilitaram na diminuição dos custos dos softwares e hardwares necessários para manipulação dos dados.

O Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informação Geográfica juntos são um grande aliado ao combate no desmatamento principalmente para as Unidades de Conservação, pois proporcionam acompanhamentos regulares através de imagens de satélite, que podem ser acessados de maneira gratuita e a qualquer momento. Auxiliando pesquisadores e trabalhadores da área em alertas de incêndios e de que forma a ação antrópica está influenciando na desarborização, principalmente, em áreas resguardadas por lei em se manterem preservadas e ou conservadas.

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As Reservas Extrativistas foram criadas simultaneamente, em 04 de setembro de 1995, estando localizada duas dentro dos municípios do Vale do Anari (Aquariquara e Itaúba) e seis na parte sul de Machadinho D'Oeste (Roxinho, Seringueira, Piquiá, Jatobá, Castanheira e Freijó), situadas na região nordeste do estado de Rondônia, entre as coordenadas geográficas 8° 54' 00" S e 9° 48' 00" S entre os meridianos 62° 18' 00" W e 61° 42' 00" W. Tendo como principal via de acesso a RO-133 e a RO-257 (Figura 01).

Todas as reservas juntas abrangem uma área total de aproximadamente de 34.662,2195 ha, sendo a Resex Aquariquara com 18.100,00 ha, Itaúba

com 1.758,0759 ha, Piquiá com 1.448, 9203 ha, Jatobá com 1.135,1793 ha, Castanheira 10.200 há, Roxinho com 882, 2142 ha, Freijó 600, 3607 ha e Seringueira com 537, 4691 ha. Criadas, respectivamente, através dos Decretos nº 7.106, nº 7.100, nº 7098, nº 7102, nº 7.107, nº 7097 e nº 7.108.

A bacia predominante na área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Machado, afluente do rio Madeira. Na área é possível identificar o rio Machado e os igarapés Abacaxi, Tararé, Dois de Agosto, Itamarati e Ananás, já próximo as resex's identifica se o rio Ji-Paraná ou Machado e o Anari.

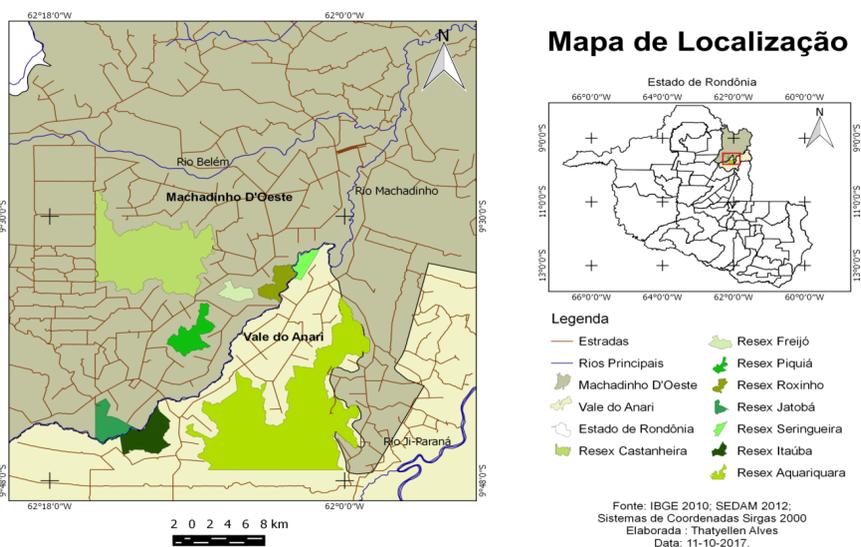


Figura 01: Mapa de Localização das Reservas Extrativistas Castanheira, Freijó, Piquiá, Roxinho, Jatobá, Seringueira, Itaubá e Aquariquara.

Diante de um contexto de instrumentos normativos para o gerenciamento do estado de Rondônia, pode-se destacar que entre os anos de 1986 a 1988 foi desenvolvido o primeiro Zoneamento Socioeconômico e Ecológico do estado, o qual serviu de apoio para que os objetivos do PLANAFLORO fossem alcançados, com a finalidade de interromper os danos acarretados ao meio ambiente ocasionado pela fronteira agrícola (Barbosa, 2007, p. 14).

A realização da primeira aproximação do Zoneamento Socioeconômico Ecológico do Estado instituído pelo Decreto Estadual nº 3.782, foi elaborado

na escala de 1:1.000.000. O mesmo foi produzido para ser um instrumento técnico e político para o planejamento da organização territorial, dividindo o Estado em 06 (seis) zonas que tinha como meta a Intensificação da Exploração Agropecuária, pequenos produtores em coletividade, ribeirinha, extrativista, manejo florestal, conservação e Preservação, cada um com seus objetivos, e tendo o tamanho de suas áreas, respectivamente, definidas.

No ano de 2000 foi realizada a segunda aproximação do Zoneamento Socioeconômico e Ecológico, com um maior detalhamento das informações e das escalas de trabalho (escalas 1: 250.000 e 1: 100.000), e constituiu-se no principal instrumento de planejamento da ocupação e controle de utilização dos recursos naturais do Estado de Rondônia, e foi aprovado pela Lei Complementar nº 233, de 06 de junho de 2000. Posteriormente, esta Lei (Nº233, de 6 de junho de 2000) foi alterada pela Lei complementar nº 312, de 06 de maio de 2005, acrescentando e revogados dispositivos da mesma (Rondônia, 2010).

Na segunda aproximação do Zoneamento do Estado levou-se em consideração temas relevantes como o solo, a vegetação, as formas do relevo, a ocupação do solo, entre outros. Após esse levantamento, o estado foi dividido em três grandes zonas, onde cada uma se subdividia em subzonas. A Zona 1 é composta de áreas de uso agropecuário, agroflorestal e florestal, na Zona 2 é composta a conservação dos recursos naturais, passíveis de uso sob manejo sustentável, e a Zona 3 constituídas pelas Unidades de Conservação e Terras Indígenas.

As Reservas Extrativistas, em foco, estão enquadradas nas sub-zona 3.1, que é a área constituída por Unidade de Conservação de Uso Sustentável e a Zona de Amortecimento na subzona 1.2, classificado como região em acelerado processo de ocupação.

4. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foram utilizados os seguintes produtos:

- Imagens de Satélite LANDSAT 5-TM dos anos de 1995 e 2006 (Órbita/Ponto: 231/067) com resolução espacial de 30 metros nas bandas 3,4 e 5.
- Imagens de Satélite Sentinel 2 20LNQ e 20LPQ para o ano de 2017, com resolução espacial de 10 metros nas bandas 5,4 e 3.

- Imagens de Satélite Sentinel 2 20LNQ e 20LPQ para o ano de 2020, com resolução espacial de 10 metros nas bandas 5,4 e 3.
- Imagens SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission)
- Cartas da Diretoria do Serviço Geográfico DSG/IBGE, folha SC 20-X-C , na escala 1:100.000.
- Banco de dados da Rede Hidrográfica e Malha Viária do estado de Rondônia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010).
- Software QGIS, versão 2.8.9 Livre (open layers).

4.2 Procedimentos Metodológicos

A pesquisa aborda sobre o crescente desmatamento ocorrido em Rondônia, chegando adentrar em áreas que são legalmente instituídas pelo poder público para preservação, consequentemente incitados pelos planos de colonização.

Diante disso, a pesquisa foi dividida em etapas. Inicialmente foram realizados os levantamentos bibliográficos de autores que abordam sobre unidades de conservação e desmatamento na região Amazônica, além de levantamentos Cartográficos. Em seguida, foi feita a construção da base de dados cartográficos, utilizando as Cartas da Diretoria do Serviço Geográfico – DSG, na escala 1:100000, contendo rios, estradas, limites das Unidades e limites administrativos dos municípios onde se encontra as áreas dessas Uc's. A partir do preparo das imagens, foi realizada a interpretação digital das imagens de satélite direto da tela do computador, utilizando as ferramentas disponíveis no programa Qgis (quantum gis), considerando os fatores interpretativos de textura, cor e forma.

Por fim, depois de todos os dados obtidos e informações encontradas, foi realizada a análise dos resultados e a elaboração do relatório final da pesquisa apresentado ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC.

5. MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

“O município de Machadinho D'Oeste surgiu com o NUAR – Núcleo Urbano de Apoio Rural, do Projeto de Colonização e Reforma Agrária – IN-

CRA, em 1982, como parte do POLONOROESTE, cujo nome foi dado em homenagem ao importante rio, afluente do rio Machado, que corta a área do projeto” (Filho, 1995, *apud* Barbosa, 2007).

Já o Município do Vale do Anari, onde se encontram outras duas áreas de estudo (Aquariquara e Itaúba), surgiu a partir da implantação do Projeto Fundiário Vale do Anari, que povoou grande parte da área rural do município na década de 80. Em 1983 formou-se um povoado que ficou conhecido como Setenta, originado a partir da abertura da estrada que ligava Jaru ao Projeto Fundiário Vale do Anari (IBGE, 2016).

As oito Unidades de Conservação da presente pesquisa se encontram próximas uma das outras, e devido as zonas de amortecimento das mesmas possuírem um raio de 10 km que acabam sobrepondo até mesmo os limites das UCs, foi feito a junção das áreas circunscritas das mesmas, sendo elas divididas em 3 grupos, ficando assim agregadas: no primeiro grupo as Reservas Extrativistas Itaúba e Jatobá; no segundo grupo as Reservas Piquiá, Roxinho, Seringueira, Castanheira e Freijó e no terceiro grupo ficando a Reserva Extrativista Aquariquara.

O desmatamento ocorrido no ano da criação das unidades em 1995, se deu devido aos diversos projetos de colonização implantados nessa região. Segundo a contagem populacional feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística no Município de Machadinho D’Oeste haviam cerca de aproximadamente 27.642 habitantes em 1996, e 31.475 para a contagem populacional de 2007 e 31.135 habitantes no censo demográfico de 2010. Já no município do Vale do Anari não houve contagem populacional em 1996, mas em 2007 haviam cerca de 8.751 habitantes e em 2010 cerca de 9.384 habitantes no censo de 2010.

Além disso, de acordo com a Segunda Aproximação do Zoneamento Sócioeconômico e Ecológico do Estado de Rondônia todo o município de Machadinho D’oeste é enquadrado nas sub-zonas 1.1,1.2,1.3,2.1,3.1,3.2, totalizando cerca de seis zonas, ocupando em sua grande maioria a zona 1.2 (principalmente na área que se encontram as zonas de amortecimentos das Reservas) que apresenta uma “região em acelerado processo de ocupação”. No

município do Vale do Anari é dividida em três sub-zonas 1.1, 1.2, e 3.1, sendo elas encontradas ao sul das Resexs Aquariquera e Itaúba predominantemente a sub-zona 1.1 “área de intensa ocupação” e ao norte das duas Resexs 1.2 “região em acelerado processo de ocupação” (RONDÔNIA, 2010).

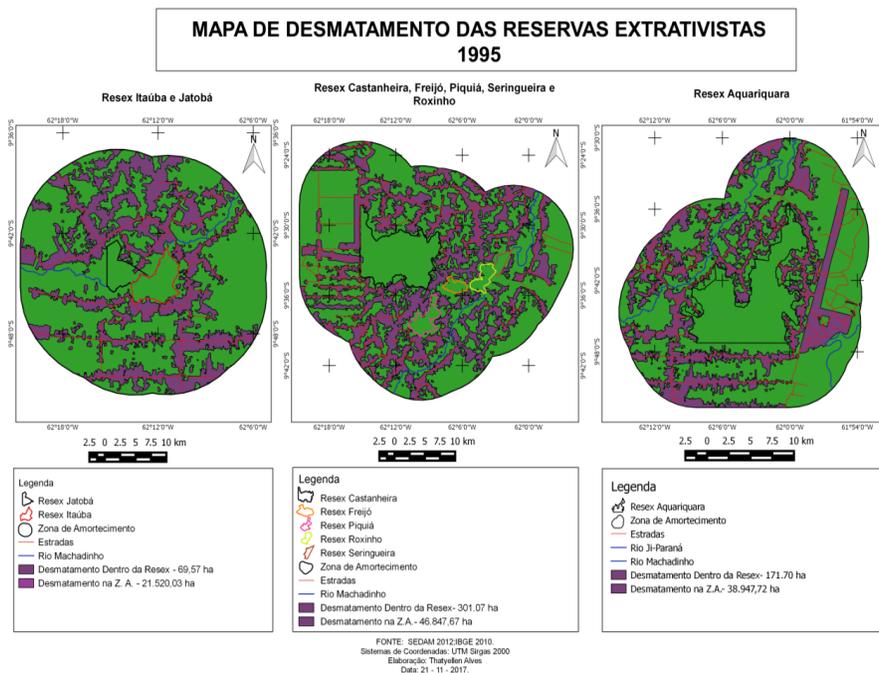


Figura 02: Mapa de Desmatamento das Reservas Extrativistas Castanheira, Freijó, Piquiá, Roxinho, Jatobá, Seringueira, Itaúba e Aquariquera 1995. Elaborado: As Autoras

Na figura 2 (acima), os índices de desmatamento dentro das Reservas Extrativistas, no ano de criação das mesmas (1995), já era de aproximadamente 69,57 hectares para as reservas de Itaúba e Jatobá, o que corresponde a cerca de 2,40%. Nas Resexs Roxinho, Seringueira, Castanheira, Piquiá e Freijó o desmatamento no interior das mesmas já era de cerca de 301,07 hectares que equivale a 2,11 %. E dentro do limite da Resex Aquariquera por volta de 171,70 hectares, que caracteriza aproximadamente 0,95% da área total.

Outro fator que influenciou e ainda traz consigo consequências para as áreas das unidades é a presença da rodovia RO-133 e a RO-257, além das estradas vicinais que contribuem significativamente para o aumento da taxa de

desmatamento. Apesar dos variados tipos de leis criadas e alteradas para conter o desmatamento, desde a sua criação, como por exemplo, a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, para regularização e melhoria no âmbito nacional das UC's e o desenvolvimento da Segunda aproximação da Lei do Zoneamento Socioeconômico do Estado de Rondônia, em algumas Reservas o desflorestamento aumentou tanto dentro, quanto nas áreas que circundam as unidades.

Onze anos após a criação das Reservas, em 2006 (dados acumulados), foram encontrados por volta de 54,39 ha que correspondem a 1,89% desmatados dentro das Resex's no primeiro grupo (Itaúba e Jatobá), no segundo grupo (Roxinho, Seringueira, Castanheira, Piquiá e Freijó) foram quantificados cerca de 661,52 ha equivalente a 4,66% da área total, e no terceiro grupo (Aquariquara) 575,26 ha de desmatamento, aproximadamente 3,18% da área. Os maiores índices de desmatamento estão na Zona de Amortecimento das Reservas Extrativistas, objeto desse estudo. No ano de 2006 o desmatamento acumulado nas Z.A. do primeiro grupo (Itaúba e Jatobá) foram de cerca de 40.246,00 ha, o que correspondente a 67,27% da área, no segundo grupo (Roxinho, Seringueira, Castanheira, Piquiá e Freijó) foram mensurados, aproximadamente, 84.619,49 ha o que equivale a 72,12% e o terceiro grupo (Aquariquara) mais ou menos 76.911,52 ha desmatados, que equivale a cerca de 71,06% do total da área (Figura 3).

MAPA DE DESMATAMENTO DAS RESERVAS EXTRATIVISTAS 2006

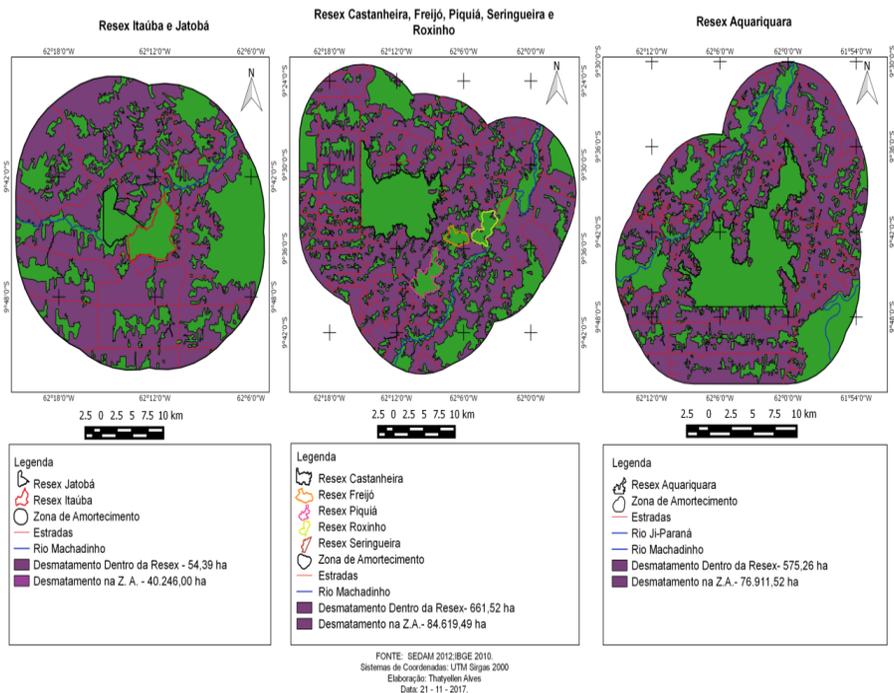


Figura 03: Mapa de Desmatamento Acumulado das Reservas Extrativistas Castanheira, Freijó, Piquiá, Roxinho, Jatobá, Seringueira, Itaúba e Aquariquera 2006 Elaborado: As Autoras

Segundo Rondônia (2002) o principal produto explorado dentro das Unidades é a borracha, seguido juntamente com o óleo de copaíba e a castanha. Já no entorno dessas UCs a dinâmica do desmatamento se dá através da derrubada da floresta para dar lugar primeiramente a agricultura, extração seletiva da madeira e a pecuária.

Na Reserva Extrativista de Aquariquera, que fica localizada no município do Vale do Anari com o limite no município de Machadoinho D'Oeste, “encontra-se com destaque a produção agrícola, com ênfase no café. Além do projeto que funciona desde 1998 com a comercialização da farinha do babaçu, no qual o processo é feito manualmente” (Rondônia, 2002).

Em 2017, foram encontrados indícios de desmatamentos, dentro das Resex's, Itaúba e Jatobá 7,63 ha, nas Resex's Roxinho, Seringueira, Castanheira,

Piquiá e Freijó 141,41 ha e na Resex's Aquariquara 142,56 ha, o que correspondem respectivamente a 0,26%, 0,99% e 0,79% da área total desmatada. Nas Zonas de Amortecimento o desmatamento mensurado foi de cerca de 39.587,73 ha para as Resex's Itaúba e Jatobá 81.162,24 ha para as Resex's Roxinho, Seringueira, Castanheira, Piquiá e Freijó e 76.173,40 ha para a Resex's Aquariquara o que equivale a respectivamente 66,17%, 69,18% e 70,37%.

Se for comparar o desmatamento, tanto dentro das Reservas quanto nas Zonas de Amortecimento, desde o ano de criação das UCs até 2006, as oito Unidades de Conservação que estão divididas em três grupos tiveram uma redução de 0,5% para o primeiro grupo (Itaúba e Jatobá), e aumento no desflorestamento em 2,55% para o segundo grupo (Roxinho, Seringueira, Castanheira, Piquiá e Freijó) e 2,17% para o terceiro grupo (Aquariquara). No entanto, em 2006 a 2017 o desmatamento dentro dos três grupos das Resexs reduziu, cerca de 1,63% para o primeiro grupo das Reservas, 3,67% para o segundo grupo das Reservas e 2,39% para o terceiro grupo das Resexs (Figura 04).

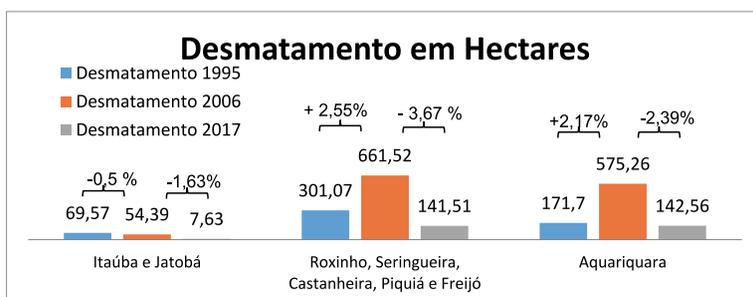


Figura 04: Índice Comparativo de desmatamento Acumulado em hectares dentro das Reservas Extrativistas.

Nas Zonas de Amortecimento das Resexs, em 1995 a 2006 os três grupos das UC's tiveram um aumento de 31,30% para o primeiro grupo que é composta pelas Reservas de Itaúba e Jatobá, de 32,15% para o segundo grupo que incluem as Resexs Roxinho, Seringueira, Castanheira, Piquiá e Freijó e de 35,16% para o terceiro grupo que é representada pela Resex de Aquariquara.

Já para os anos 2006 a 2017 todas as zonas de amortecimento tiveram uma pequena redução, por volta de 658,27 ha no primeiro grupo, 3.457,25 ha para o segundo grupo e 738,12 ha para o terceiro grupo, como mostra na Figura 05.

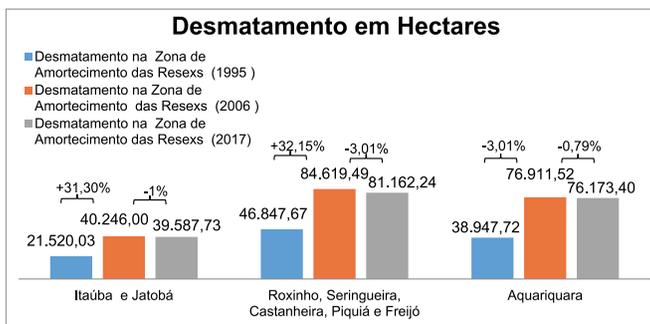


Figura 1: Índice Comparativo de desmatamento Acumulado em hectares da Zona de amortecimento das Reservas Extrativistas.

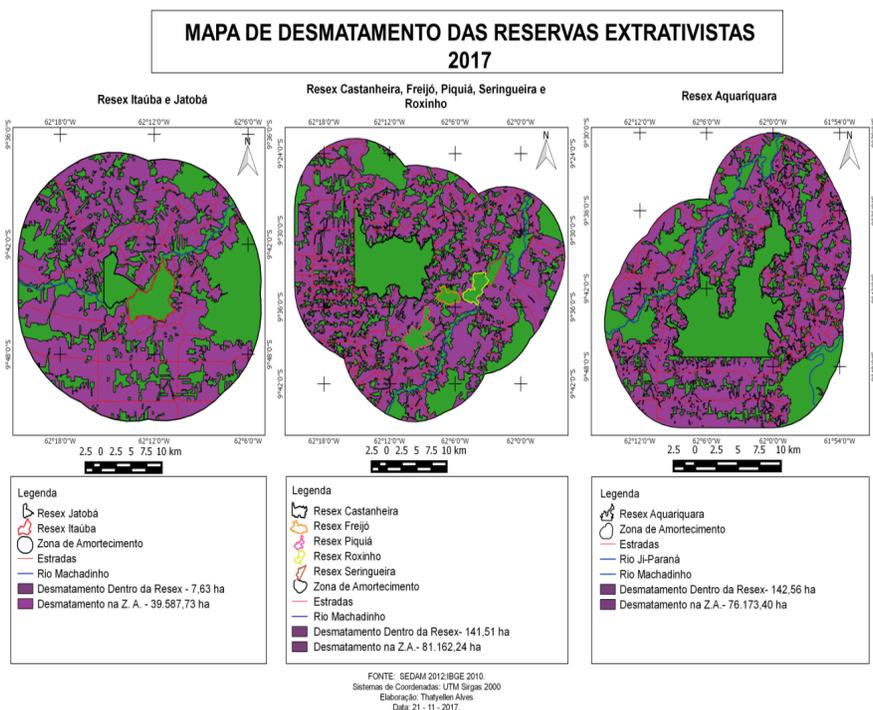


Figura 06: Mapa de Desmatamento Acumulado das Reservas Extrativistas Castanheira, Freijó, Piquiá, Roxinho, Jatobá, Seringueira, Itaúba e Aquariquara 2017. Elaborado: As Autoras

Embora as áreas das unidades de conservação trabalhadas serem consideradas pequenas, com exceção da resex Aquariquara, elas enfrentam constantes conflitos, devido serem considerada, por muitos, como um obs-

táculo para o desenvolvimento do município, além de estarem situadas no chamado arco do desmatamento.

Apesar do desmatamento ter reduzido em algumas unidades no ano de 2017 se comparado ao anos anteriores, até agosto de 2020 as Reservas Extrativistas Itaubá e Jatobá tornaram a apresentar indícios de desmatamento dentro das unidades sendo este de aproximadamente 22,61 hectares. As Reservas Extrativistas Roxinho, Seringueira, Castanheira, Piquiá e Freijó não apresentaram indícios de desmatamento dentro das unidades e a Reserva Extrativista de Aquariquara apresentou aproximadamente 152,11 hectares de desmatamento.

Já para as Zonas de Amortecimento em 2020 todas apresentaram um aumento nos desmatamentos, pouco se levar em consideração á média de como estava ocorrendo nos anos anteriores. As Resex's Itaubá e Jatobá passaram a possuir 41.453,84 hectares de desmatamento em sua zona de amortecimento, as Resex's Roxinho, Seringueira, Castanheira, Piquiá e Freijó passaram a possuir 81.238,90 hectares de desmatamento em sua zona de amortecimento é a Reserva Extrativista de Aquariquara passou a possuir 77.978,79 hectares de desmatamento.

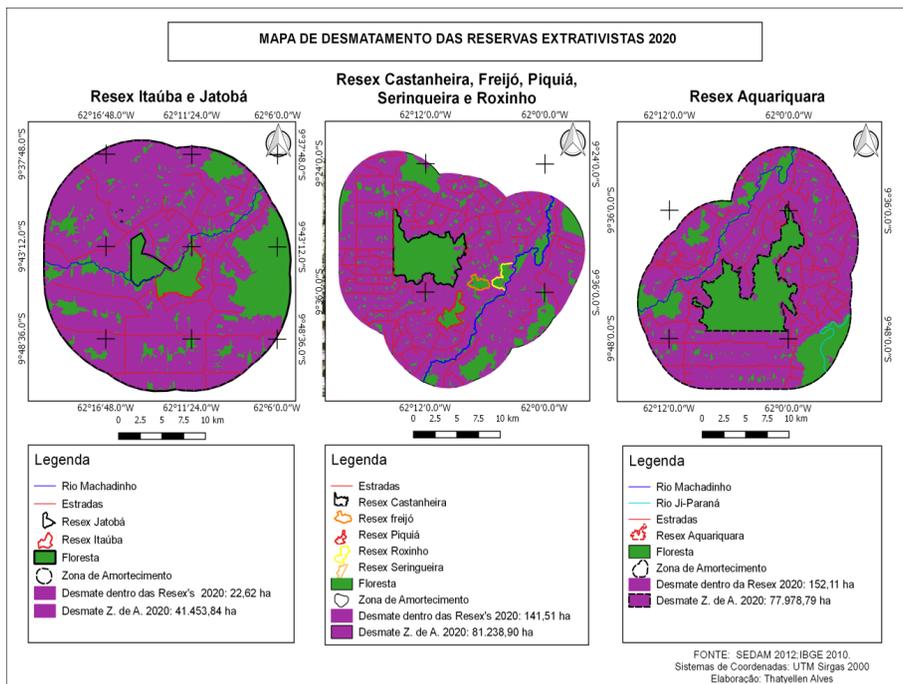


Figura 07: Mapa de Desmatamento Acumulado das Reservas Extrativistas Castanheira, Freijó, Piquiá, Roxinho, Jatobá, Seringueira, Itaubá e Aquariquara 2006. Elaborado: As Autoras

6. CONCLUSÃO

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, que teve como objetivo principal mapear e analisar o efeito que a ação antrópica possui sobre as Reservas Estaduais Extrativistas, nas Zonas de Amortecimento e nas Áreas de Preservação Permanente das Resexs de Itaúba, Jatobá, Roxinho, Seringueira, Castanheira, Freijó, Piquiá e Aquariquara que ficam situadas nos municípios de Machadinho D'Oeste e Vale do Anari, o uso do sensoriamento remoto mostrou-se eficaz nesse acompanhamento, tendo em vista a viabilidade que trouxe na aquisição das imagens.

Como já visto, são diversos os fatores que, de forma conjunta influenciaram para o desflorestamento das Reservas Estaduais Extrativistas. A primeira delas foi o contexto histórico, ressaltando a sua forma de colonização através dos inúmeros projetos de colonização do governo, a que esses municípios foram submetidos. Além do grande contingente de pessoas que foram assentadas nessas regiões com o passar dos anos, fazendo com que as Unidades de Conservação ficassem cada vez mais expostas ao desmatamento.

Destaque, ainda para a abertura de estradas próximas às Unidades de Conservação, a qual facilita a entrada de invasores nessas regiões para a extração ilegal, principalmente, da madeira como já foi explanado anteriormente.

Outro fator que contribuiu para o aumento do desmatamento, tanto nas áreas das Zonas de Amortecimento quanto para dentro dos limites das unidades, se deve ao fato também das mesmas estarem situadas no arco do desmatamento, onde a agropecuária avança com intensidade sobre a floresta Amazônica.

Analisando os dados obtidos por intermédio das imagens, o efeito da ação antrópica sobre essas oito reservas extrativistas ao longo de vinte e cinco anos, sendo elas desde o ano de criação dessas unidades em 1995 até em 2020, foi constatado que os maiores índices de desmatamento ocorrem nas Zonas de Amortecimento das Resex's.

Dentre os anos analisados, 2006 foi que se obteve as maiores taxas de desmatamento nas Áreas das Unidades representando cerca de 1,89% para o primeiro grupo das Reservas Itaúba e Jatobá, 4,66% para o segundo grupo das Re-

seus Roxinho, Seringueira, Castanheira, Freijó, Piquiá e 3,18% total da área do terceiro grupo da Resex Aquariquara. Nas Zonas de Amortecimento os índices foram bem maiores sendo 67,27% para o primeiro grupo, 72,12% para o segundo grupo das Resexs e 71,06% para o terceiro grupo. Nas Áreas de Preservação Permanente foram 52,49% para o primeiro grupo das Reservas Itaúba e Jatobá, 48,08% para o segundo grupo das Resexs Roxinho, Seringueira, Castanheira, Freijó, Piquiá e 42,15% total da área do terceiro grupo da Resex Aquariquara.

As Reservas Extrativistas têm uma importância não somente para a biodiversidade, mas para a população tradicional em si, pois os mesmos dependem da extração de produtos da natureza para sobreviver. As Reservas Estaduais Extrativistas em conjunto com as Áreas de Preservação Permanente têm grande relevância para o meio ambiente por proteger as áreas de floresta consequentemente protege o ciclo dos rios.

Apesar das diversas Leis criadas para conter o desmatamento nessas regiões, os índices de desmatamento ainda são elevados. Se continuar dessa forma, com o passar dos anos não terá floresta nem dentro das Unidades de Conservação e grande parte dos rios irão ser assoreados, devido às invasões ilegais que estão ocorrendo constantemente. Cabe então a conscientização, por parte da gestão pública das UC's, juntamente para as populações residentes quanto a importância da manutenção da floresta em pé para ambos, sociedade e meio ambiente. Assim como, a intensificação em toda área vizinha da unidade com ações educativas, para que no futuro ainda exista floresta e a manutenção da biodiversidade.

7. REFERÊNCIAS

AHRENS, Sergio. **O “novo” código florestal brasileiro: conceitos jurídicos fundamentais.** Trabalho Voluntário apresentado no VIII Congresso Florestal Brasileiro, 25 a 28-08-2003, São Paulo, SP. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura; Brasília: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 2003.

ALVARENGA NETO, Itagyba. **Uso de ferramentas de SIG e sensoriamento remoto para o monitoramento do desmatamento em unidades de conser-**

vação: estudo de caso da Floresta Nacional do Bom Futuro -RO / Itagyba Alvarenga Neto. Porto Velho, Rondônia, 2010.

SEDAM – Secretaria de desenvolvimento ambiental do estado de Rondônia. **Atlas Geoambiental de Rondônia.** Porto Velho: Sedam 2012.

BARBOSA, Fabiana. **Modo de Ocupação no município de Machadinho D'Oeste/RO e suas relações com o equilíbrio natural da paisagem e ajustes morfodinâmicos.** Rondônia, 2007. Disponível em : [http://www.mestradogeografia.unir.br/downloads/3474_fabiana_barbosa_i_2007__\(2\).pdf](http://www.mestradogeografia.unir.br/downloads/3474_fabiana_barbosa_i_2007__(2).pdf) Acessado em: 03/07/2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. SNUC – **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002; Decreto nº 5.746, de 5 de Abril de 2006. Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas: Decreto nº 5.758, de 13 de Abril de 2006/Ministério do Meio Ambiente** – Brasília: MMA/SEF, 2011.

BRASIL. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBIO.** Série : Legislação ICMBIO. Volume 2 : Proteção em Unidades de Conservação.

BORGES, Luís *et al.* **Áreas de preservação permanente na legislação ambiental.** Ciência Rural, Santa Maria, v.41, n.7, Agos./Junh., 2011.

CARVALHO, Edilson Alves de. **Leituras cartográficas e interpretações estatísticas I: geografia /** Edilson Alves de Carvalho, Paulo César de Araújo.- Natal, RN. EDUFRN, 2008.

CÂMARA; DEVIS *et al.* **Introdução à Ciência da Geoinformação.** INPE. 2011.

FIGUEIREDO, Divino. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto.** 2005.

Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais / Teresa Gallotti Florenzano, (org). – São Paulo: Oficina de textos, 2008.

GIL, Antônio Carlos, 1946 – G392m. **Métodos e técnicas de pesquisa social**/ Antonio Carlos Gil. São Paulo: Atlas, 1987.

GUIMARÃES, Siane Cristhina Pedroso. **Sistema de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto na avaliação do processo de mudança de uso da terra para subsidiar o planejamento de bacias hidrográficas**, 2008, 165 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). UNESP, São Paulo, 2008.

HAMADA, Emília. **Introdução ao geoprocessamento: princípios básicos e aplicação** / Emília Hamada, Renata Ribeiro do Valle Gonçalves. – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. 52 p. : il. — (Embrapa Meio Ambiente. Documentos; 67)

HASSLER, Márcio Luís. **A importância das Unidades de Conservação no Brasil. Sociedade & Natureza**, Uberlândia. 79 – 89. Dez. 2005. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/viewFile/9204/5666>

IBGE (2016). Contexto Histórico Vale do Anari – RO. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?codmun=110175>. Acessado : 01/12/2017.

JACOVINE, Laércio *et al.* **Quantificação das áreas de preservação permanente e de reserva legal em propriedades da bacia do rio pomba-mg**. Viçosa-MG. Sociedade de Investigações Florestais. v.32, n.2. Dez. / Fev. 2008.

Lei nº 12.651, de 25 maio de 2012. Novo Código Florestal.

MACIEL, Marcela Albuquerque. **Unidades de Conservação: breve histórico e relevância para a efetividade do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado**. In: **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, XIV, n. 90, jul 2011. Disponível em: http://ambitojuridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=9870&revista_caderno=5. Acessado: 20/11/2017.

CPRM - **Mapa Geológico Do Estado De Rondônia**. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/plgb/rondonia/rondonia_ctgeologica.pdf

MESQUITA, Richard *et al.* **A importância das áreas de preservação permanente (APP's)**. Disponível em: http://www.catolica-to.edu.br/portal/portal/downloads/docs_gestaoambiental/projetos2010-1/3periodo/A_importancia_das_areas_de_preservacao_permanete.pdf. Acessado: 15/10/2017.

Inpe – Coordenação Geral De Observação Da Terra São José Dos Campos. **Monitoramento Da Cobertura Florestal Da Amazônia Por Satélites**, 20 De Junho De 2008. Disponível em: http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter/pdfs/metodologia_v2.pdf. Acessado: 03/01/2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Noções básicas de cartografia** – 1998. Disponível em: file:///C:/Textos_TCC/textos_base/sensoriamento%20remoto_sig/Nocoos-Basicas-Cartografia.pdf. Acessado : 23/10/2017.

Pereira, Paula Moraes. **Implementação de uma Área de Proteção Ambiental na Baía de Sepetiba: Educação para o Ambiente.**/ Dissertação(Mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, 1999.

Resolução CONAMA 013/1990. Áreas Circundantes das Unidades de **Conservação**. Disponível em: : <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=110> Acessado em: 20/03/2017.

ROCHA, César Henrique Barra. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar/ César Henrique Barra Rocha** – Juiz de Fora, MG: Ed. Do Autor, 2000.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto**, 3º Ed. Uberlândia, Ed. Da Universidade Federal de Uberlândia, 1995.

RONDÔNIA, SEPLAD/PLANAFLORO/PNUD, BRA/00/004. **As Unidades de Conservação de Rondônia**. 2.ed. Porto Velho, 2002.

RONDÔNIA. Zoneamento Socioeconômico Ecológico do Estado de Rondônia: Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável e Proteção Ambiental” 21 anos 1998 -2009. Porto Velho 2010.

SILVA, Ardemiro de Barros. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas e fundamentos/** Ardemiro de Barros Silva. – Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003.

SILVA, Jucicleide Theodoro da.**Revogação de unidades de conservação no Estado de Rondônia: o caso da Floresta Estadual de Rendimento Sustentado do Rio Mequéns/** Jucicleide Theodoro da Silva. Porto Velho, Rondônia, 2014.

CAPÍTULO 7

POTENCIAL MICROBIOLÓGICO EM ÁREA DE FLORESTA E PASTAGEM: ESTUDO DE CASO DO *BACILLUS CEREUS* NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO - AMAZÔNIA SUL OCIDENTAL¹

MICROBIOLOGICAL POTENTIAL IN FOREST AND PASTURE AREAS: A CASE STUDY ABOUT *BACILLUS CEREUS* IN SÃO FRANCISCO RIVER BASIN - SOUTHWESTERN AMAZON

Adriana Cristina da Silva Nunes

Adriely Ferreira da Costa Nery

Selma Maria de Arruda Silva

Najla Benevides Matos

1. Introdução

As investigações física, química e biológica do solo permitem entender a dinâmica ecológica na qual os microrganismos estão inseridos. Desta forma, o *Bacillus cereus*, enquanto bactéria gram-positiva, preferencialmente aeróbica com crescimento facultativo anaeróbico presente no solo, desenvolve seu ciclo de vida saprofítico, germinando e crescendo em associação com animais ou plantas, o que resulta em interações simbióticas e/ou patogênicas de forma cosmopolita (Santos, 2009). Ele pertence ao gênero *Bacillus*, filo Firmucutes, apresentando maior correlação em áreas de pastagem em detrimento das áreas de florestas (Vilain *et al.* 2006; Mendes *et al.* 2015).

¹ Texto publicado originalmente na Revista Geoambiente (on-line): DOI <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i35.58710>

A intensidade de uso do solo na região amazônica tem provocado a substituição da cobertura vegetal nativa por áreas de pastagem e agricultura, sendo o corte e a queima as principais atividades praticadas que induzem a mudanças nos ciclos biogeoquímicos (Cenciani, 2009 & Rodrigues *et al.*, 2013; Navarrete *et al.*, 2015), os quais podem levar o ambiente a um stress ambiental acarretando desequilíbrio microecológico no solo. A premissa deste estudo é a de que a influência do processo de desmatamento desencadeia fator de virulência do *Bacillus cereus* em área de pasto comparado com área de floresta independentemente do tipo de solo. Segundo Araújo e Monteiro (2007), a atividade microbiana concentra-se na camada mais superficial do solo, entre 1 a 30 cm; nesta camada, os microrganismos ocupam um percentual menor que 0,5 do volume total do solo, o que representa menos que 10% da matéria orgânica.

O solo é um sistema complexo formado por fatores geológicos, topográficos e climáticos que possibilitam grandes variedades de bactérias, fungos e protozoários, os quais são essenciais para a manutenção de agroecossistemas, uma vez que os microrganismos têm sido cada vez mais associados à qualidade ambiental, nos teores dos atributos do solo, e interferindo nos processos de interações microbianas (Brasil, 1978; Moreira *et al.*, 2006). Considerando o crescente avanço da transformação da floresta em pasto na região Amazônica, o objetivo da pesquisa foi identificar e caracterizar a bactéria *Bacillus cereus* a partir da análise de parâmetros físicos e biológicos do solo na bacia hidrográfica do rio São Francisco – PVH-RO. Neste sentido, a expansão da pecuária no Estado de Rondônia, pode ter sido um fator potencializador negativo no equilíbrio do ecossistema local (Nunes *et al.*, 2015).

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo

Localizada à noroeste do Estado de Rondônia, a bacia hidrográfica do rio São Francisco é um exemplo de recurso hídrico que foi atingido pelos empreendimentos Hidrelétricos de Jirau e Santo Antônio. É uma sub-bacia do

rio Jaci-Paraná com aproximadamente, 98% de sua área inserida no município de Porto Velho-RO, totalizando 2.252,77 Km² (Figura 1).

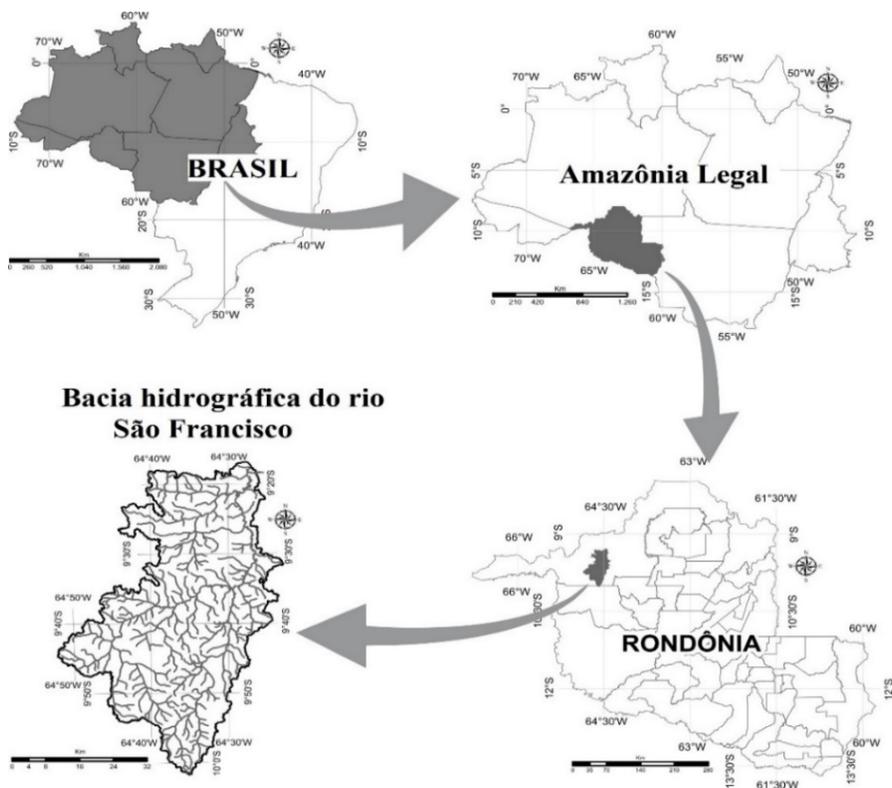


Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco-RO
Fonte: Organizado pelos autores.

Quanto ao uso e cobertura da terra, a vegetação predominante é do tipo Floresta Ombrófila densa, com expressiva atividade econômica no setor da pecuária extensiva, com área de 879,06 km² (Nunes, 2014).

O clima é do tipo Aw, conforme a classificação de Köppen, com registro de temperatura para o mês mais frio superior a 18 °C, apresentando estação seca de pequena duração e elevada precipitação. As médias anuais dos índices pluviométricos apresentam variações de 1.800 a 2.100 mm aa⁻¹, assegurando chuvas intensas e concentradas em pequenos períodos (Nimer, 1989; Rondônia, 2001; Rondônia, 2005).

2.2 Amostras de solo

A coleta de solo foi realizada em áreas de floresta e pastagem com Trado Holandês na profundidade de 0-20 cm, conforme metodologia descrita por Faoro (2010). As amostras para extração de DNA e aplicação da técnica de Reação em Cadeia de Polimerase – PCR foram encaminhadas para o Centro Interdepartamental de Biologia Experimental e Biotecnologia/UNIR. Os testes microbiológicos foram realizados no laboratório de microbiologia da FIOCRUZ-RO. Os pontos de coleta com a identificação das tipologias de uso e cobertura da terra, assim como as características dos tipos de solo estão listados na Tabela 1, com as respectivas coordenadas geográficas.

Tabela 1 - Localização dos pontos de coleta, uso da terra e tipo de solo da bacia do rio São Francisco-BSF.

Pontos de Coleta	Latitude	Longitude	Uso da terra	Tipo de solo
BSF 01	64° 35' 31.6" W	9° 31' 48.6" S	Pastagem	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico-LVAd
BSF02	64° 35' 29.6" W	9° 32' 5" S	Floresta	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico-LVAd
BSF 03	64° 31' 8.5" W	9° 25' 19.8" S	Pastagem	Neossolo Litólico Distrófico-Rybd
BSF 04	64° 31' 18.4" W	9° 25' 21.2" S	Floresta	Neossolo Litólico Distrófico-Rybd
BSF 05	64° 28' 12.8" W	9° 42' 5.2" S	Floresta	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico-LVAd
BSF06	64° 28' 13.9" W	9° 42' 8.6" S	Pastagem	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico-LVAd
BSF 07	64° 42' 27.5" W	9° 26' 3.7" S	Pastagem	Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico PVAd

BSF 08	64° 42' 29.7" W	9° 26' 11.2" S	Floresta	Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico PVAd
BSF 09	64° 39' 17.9" W	9° 29' 18.5" S	Floresta	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico- -LVAd
BSF 10	64° 35' 22" W	9° 28' 28.5" S	Pastagem	Neossolo Litólico Distrófico-Rybd

Fonte: Adaptado de RONDÔNIA (2001) e levantamento de campo.

2.3 Macro e Micronutrientes do solo

Os atributos do solo foram analisados pelo Laboratório de Análises de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/RO) que determinou pH, matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), Alumínio (Al), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por alumínio (m), saturação por base (v), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn). Os valores de pH foram realizados em água 1:2,5 e a matéria orgânica por digestão úmida. O fósforo e o potássio foram determinados pelo método Mehlich-1 e o Ca, Mg e Al trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol L⁻¹.

2.4 Teor de umidade do solo

O teor de umidade do solo foi determinado a partir do protocolo descrito pela EMBRAPA (1997), que consistiu em pesar 50g de solo úmido e, em seguida secá-lo em estufa a 105 °C por 24 horas. Após secagem, a amostra foi novamente pesada para a realização do cálculo de umidade.

2.5 Isolamento e identificação do *Bacillus cereus*

O isolamento da bactéria *B. cereus* seguiu a metodologia descrita pela World Organization (1985). Segundo Mossel *et al.* (1967), Raimundo e Robbs (1988), Wong *et al.* (1988), Stadhouders (1992), Van Netten e Kramer (1992) e Giffel *et al.* (1995).

2.6 Bioquímica do *Bacillus cereus*

Para confirmar as colônias isoladas com características do *B. cereus* foram realizados os seguintes testes bioquímicos: fermentação da lactose, glicose, produção de gás, produção de H₂S, descarboxilação de ornitina e arginina, produção de urease, indol, motilidade e crescimento rizoide, conforme descritos por Rajkowski e Bennett (2003) e Murrey *et al.* (2008).

2.7 Extração de DNA

A extração de DNA foi realizada a partir do cultivo de células, que foram isoladas do solo pelo método Fenol Clorofórmio Álcool-isoamílico, seguindo o protocolo descrito por Sambrook *et al.* (1989). Para a quantificação em ng µl⁻¹ do DNA extraído das amostras isoladas utilizou-se o aparelho NanoDrop 1000 *Spectrophotometer* da Thermo Scientific.

2.7.1 Identificação de *Bacillus cereus* a partir de amplificação do gene *NHE*

A identificação da presença e/ou ausência do gene tripartido *NHE* nos isolados de *Bacillus cereus* foi detectado por Reação em Cadeia de Polimerase – PCR utilizando Master Mix/PCR (Tampão de reação 10x (100 mM de Tris-HCl, pH 8,5 e 500 mM KCl, 1,7 mM de MgCl₂, 0,2 mM de dNTPs e 1,5 U de Taq DNA Polimerase), primer 200 nM de cada oligos, DNA e água Milliq. As condições de amplificação do gene *nheABC* foram: ciclo inicial de 10 minutos a 95 °C, seguido de 35 ciclos de 3 segundos a 96 °C, anelamento de 3 segundos a 58 °C, extensão de 15 segundos a 68 °C e extensão final de 10 segundos a 72 °C. Foram utilizados os seguintes *primers*: *nheA* 5'GTTAG-GATCACAAATCACCGC3', 3'ACGAATGTAATTTGAGTCGC5'; *nheB* TTTAGTAGTGGATCTGTACGC, 3'TTAATGTTCTGTTAATCCTG5'; *nheC* 5'TGGATTCCAAGATGTAACG3', 3'ATTACGACTTCTGCTT-GTGC5', conforme descrito por Guinebretiére *et al.* (2002). Após realizada a PCR, as amostras foram submetidas à eletroforese em gel de poliacrilamida 5% para visualização dos fragmentos amplificados da região de interesse.

3. Resultados e Discussão

Os atributos químicos do solo, em diferentes tipologias da bacia do rio São Francisco (BSF) revelaram variações em áreas de floresta e pastagem. As amostras BSF 01, BSF 02, BSF 05, BSF 06 e BSF 09 caracterizaram-se como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico-LVAd. Segundo Lopes e Guilherme (2004), apesar da alta percentagem de argila, o Latossolo se comporta quimicamente de modo similar ao solo arenoso por apresentar baixa atividade de caulinita, sesquióxidos de ferro e alumínio. As amostras BSF 03, BSF 04 e BSF 10 foram classificadas como Neossolo Litólico Distrófico-RLd. Apresentaram baixa intensidade pedogenética, cuja constituição tem sua gênese em processos mineralógicos.

Os Neossolos Litólicos são rasos e ocorrem em área mais elevada (Morato de Carvalho e Ribeiro Zuchi, 2009). As amostras BSF 07 e BSF 08 foram caracterizadas como Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico-PVAd que compreendem solos com minerais não hidromórficos e argila de baixa ou alta atividade. Após análise laboratorial de micro e macro nutrientes os dados foram submetidos à estatística experimental e descritiva (Tabela 2) (Rondônia, 2001).

O potencial hidrogeniônico (pH) do solo permaneceu ácido nos dois ecossistemas, variando de 4,6 a 4,7, resultado peculiar de solos da região da Amazônica Tropical. Os grandes teores de acidez em áreas de floresta corroboraram dados de Neill *et al.* (2006) e Cenciani (2009) que identificaram que a troca catiônica K^+ , Ca^{+} e Mg^{2+} desencadeiam o aumento teor do pH.

A média de saturação de alumínio (m) foi maior em área de pasto em detrimento da floresta, e o ferro (Fe) apresentou teor médio superior em pasto quando comparamos com a floresta. Os Latossolos apresentam óxido de ferro bastante comum na Amazônia, cuja coloração é sobretudo avermelhada. Por sua vez o fósforo está presente nos dois ecossistemas de forma similar, indicando certo equilíbrio nos processos de solubilização e mineralização realizados por bactérias, fungos e actinomicetos, os quais, segundo Silva Filho e Vidor (2000) não são potencializados na presença de ferro, cálcio, nitrogênio e carbono.

Tabela 2 – Análise físico-químicas de micro e macro nutrientes em área de pastagem e floresta da bacia do rio São Francisco-RO.

Profundidade 0-20 m															
Área de Pastagem	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	M	V	Cu	Fe	Mn	Zn
	Água	G Kg ⁻¹	Mg dn ⁻³	Cmol dm ⁻³						-%-		Mg/dm ⁻³			
Média	4,5	12,5	6	0,1	0,4	0,23	7,7	1,5	7,06	70,2	9,6	0,2	305,9	9,0	0,9
Mediana	4,8	12,4	5	0,1	0,2	0,13	7,7	1,3	6,7	78,0	7	0,2	400,1	3,0	0,9
Desvio Padrão	0,3	2,3	1,8	0,05	0,4	0,07	2,6	0,6	1,8	19,4	7,7	0,3	233,2	14,3	0,3
Variância	0,1	5,4	3,5	0,0	0,2	0,06	6,7	0,40	3,3	377,7	59,8	0,09	54404,6	205	0,1
Coefficiente de variação %	8,2	18,4	31,1	56,1	117,1	32,08	33,7	40,5	25,9	27,6	80,5	102,4	76,2	158,5	34,5
Profundidade 0-0,20 m															
Área de Floresta	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	M	V	Cu	Fe	Mn	Zn
	Água	G Kg ⁻¹	Mg dn ⁻³	Cmol dm ⁻³						-%-		Mg/dm ⁻³			
Média	4,7	33,7	6,6	0,1	1,6	0,49	7,54	1,6	12,3	49,4	24,2	1,1	175,1	55,9	1,4
Mediana	4,2	12,4	5	0,1	0,1	0,13	6,9	1,3	9,7	67,0	12	0,7	139,9	15,3	1,4
Desvio Padrão	0,8	24,3	4,6	0,02	2,09	0,27	3,2	1,2	5,2	40,04	26,89	1,2	165,6	63,6	0,5
Variância	0,7	589,5	21,3	0,0	4,4	0,07	10,86	1,6	27,5	1603,0	723,2	1,6	27435,8	4045,8	0,3
Coefficiente de variação %	18,5	72,04	69,9	15,3	129,1	56,4	43,7	78,5	42,6	81,05	111,1	110,6	94,5	113,7	38,9

Fonte: Organizados pelos autores.

A média do atributo manganês (Mn) em área de floresta apresentou-se maior quando comparado com área de pastagem, isso pode estar relacionado à baixa ausência de bactérias do gênero *Pedomicrobium*, cuja função é realizar oxidação (Moreira, 2013). Os demais atributos, como matéria orgânica (MO), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), não apresentaram alterações significativas do esperado para o tipo de solo que apresentam características físico-químicas próprias.

De modo geral, os resultados da mediana demonstraram proximidade entre os dois ecossistemas no que se refere à uniformidade e à espacialização, somente ocorrendo diferenciação nos atributos Fe e Mn – estes observados no momento das análises. Todos os elementos químicos são essenciais para o meio ambiente, mas as altas concentrações podem afetar a produtividade ecossistêmica, afetando a sustentabilidade microecológica do solo.

O desvio padrão dos atributos do solo em áreas de pastagem e de floresta apresentou-se de forma distinta nos dois ecossistemas, indicando uma variabilidade e um comportamento singular entre os dois sistemas, principalmente na floresta, cujo desvio padrão foi maior nos atributos de saturação de alumínio (M), ferro (Fe) e manganês (Mn) quando em comparação com área de pasto, o que indica condições favoráveis para a manutenção das atividades microbiológicas na produção de matéria orgânica. Na pastagem, o desvio padrão foi menor quando comparado com a floresta, na saturação por base (V) e na matéria orgânica (MO), demonstrando que o ecossistema de pastagem não recebe aporte nutricional adequado para suprir a necessidade orgânica dos microrganismos. As condições ambientais (sol e chuva) no pasto, possivelmente estão contribuindo para esse baixo valor de V e MO. Em área de floresta, em detrimento da pastagem, a média da MO foi de 33,7% e desvio padrão 24,3. Os dados demonstram uma dispersão significativa entre pasto e floresta que pode estar associado ao desmatamento e ao manejo inadequado do solo.

Os dados de floresta e de pastagem foram plotados no Software XLS-tart 2017 para a Análise das Componentes Principais – PCA, considerando os atributos do solo, a tipologia e o uso e cobertura da terra. A direção dos vetores indicou o aumento dos atributos nos diferentes ecossistemas estudados. No quadrante superior direito (Figura 2), a distribuição dos atributos Al e H+Al

foi de alto teor, mostrando grande acidez do solo coberto com pastagem no tipo Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico-LVAd. Entre os atributos investigados o ferro apresentou, em média, maior contribuição em área de pastagem em detrimento da floresta. O ferro tem um papel importante, pois está associado ao funcionamento das enzimas citocromo, catalase e succinil desidrogenase. Já o fósforo, cuja representação foi comum em ambos os ecossistemas, participa de forma peculiar na síntese de ácidos nucleicos e ATP, facilitando a proliferação de *Bacillus cereus*, causador de mastite no gado.

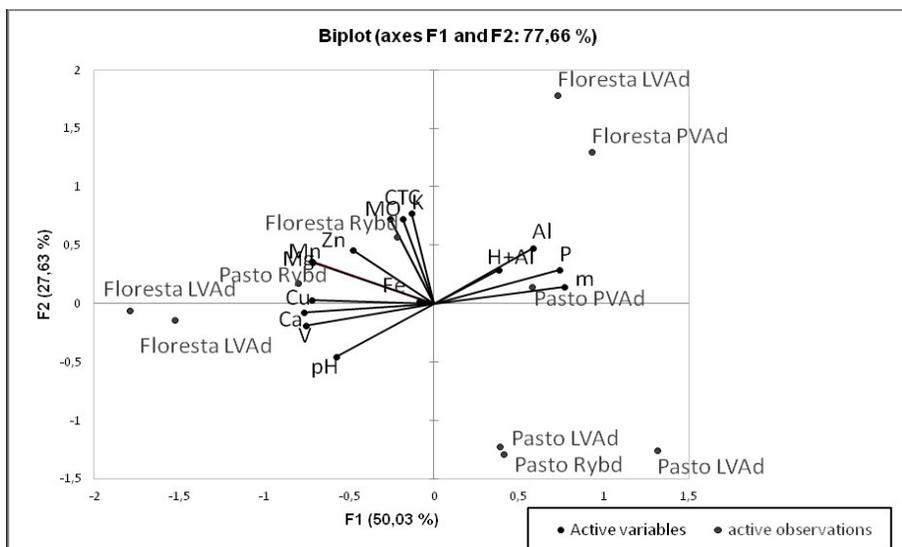


Figura 2 - Projeção de variáveis em plano fatorial
 Fonte: Produzido pelos autores. Software XLStart, 2016

O menor teor de matéria orgânica em solo com pasto pode ser explicado pelo recente processo de substituição da floresta. Os maiores teores de P e Al são característicos de Neossolo por apresentar elevado potencial de acidez. Todas as amostras de solo em área de floresta e de pasto foram caracterizadas com pH ácido próprio de região tropical, altamente intemperizados, cujo principal caráter químico é a baixa de CTC (Conceição *et al.*, 2005; Jesus *et al.*, 2009). A contribuição do elemento ferro em área de pasto corrobora os dados de Jesus *et al.* (2009) como característico de Latossolo. Observou-se,

ainda, uma forte correlação dos atributos Zn, Ca, Mg, Mn e Cu em área de floresta em detrimento do pasto.

A média de teor de umidade nas amostras em área de pastagens foi de 9,92%, já nas amostras de floresta a média de teor de umidade foi de 20,24%. A compactação do solo, o pisoteio do gado e a alta incidência da luz solar podem contribuir para deixar o solo com pouca umidade, particularmente nos períodos de estiagem amazônica (NUNES, 2014). A substituição da floresta por pasto induz a alterações químicas, físicas e biológicas no solo, acarretando variações de pH e de teores de micro e macro nutrientes (JESUS *et al.*, 2009). Os dados obtidos neste trabalho para o teor de umidade de solo confirmam a influência da manutenção da matéria orgânica proveniente da decomposição de restos de animais e vegetais.

Após caracterização química e física do solo, determinou-se a presença do *Bacillus cereus* nas amostras a partir das técnicas clássicas da microbiologia e modernas da biologia molecular. Os esporos de *Bacillus cereus* podem ser encontrados no solo desenvolvendo-se em alguns insetos terrestres, como filamentos de *Arthromitus* (Margulis *et al.*, 1998; Jensen *et al.*, 2003) e na rizosfera (Halverson *et al.*, 1993; Saile e Koehler, 2006).

Das 10 amostras analisadas, 100% foram positivas para a presença de *Bacillus cereus* em solo de floresta e pasto. Investigando o gene tripartido do *B. cereus*, o gene *nbeA* foi encontrado em 80% das amostras de pasto e em 60% das amostras de floresta, enquanto o gene *nbeB* foi encontrado em 40% das amostras de pasto e nenhuma nas de floresta. O gene *nbeC* foi encontrado em 40% das amostras de floresta e em 20% nas amostras de pasto. Neste contexto, o gênero *Bacillus*, onde se encontra agrupado, a espécie *Bacillus cereus*, apresenta maior correlação nas áreas de pastagem em detrimento de floresta (Mendes *et al.* 2015). Observou-se que o solo, em condições favoráveis de teor de umidade, matéria orgânica, pH, temperatura e nutrientes, constitui-se um reservatório natural para o *Bacillus cereus*.

A mesma tipologia de solo pode não ser fator determinante para indicar a presença do *Bacillus cereus*, com relação ao gene *nbeB*, identificado em área de pasto e não ausente nas áreas de floresta. A presença do gene *nbeB* na

área de pasto pode ser atribuído a fatores e condições ambientais, assim como também aos processos evolutivos. Quanto ao *nheC*, Lindbäck *et al.* (2004) afirmam que com o aumento da concentração do componente gênico Nhe, ocorre o decréscimo da atividade citotóxica que inibe a ação do *nheB*, sendo este o componente responsável pela ligação das células alvo, pois estas mudanças podem estar relacionadas às ações antrópicas no ambiente. Consoante com as pesquisas de Ehling-Schulz *et al.* (2006), dentre as estirpes de *Bacillus cereus*, o gene tripartido que codifica três proteínas NHE, denominados *nheA*, *nheB* e *nheC*, codifica enterotoxina não hemolítica, a qual constitui maior evidência de produção de toxinas. O gene, portanto, está presente em cerca de 100% dos isolados bacterianos (Soares, 2008).

A região *nheA* foi identificada com maior frequência em detrimento das regiões *nheB* e *nheC*, na área de pasto. Em pesquisa desenvolvida por Hansen *et al.* (2001), pelo menos dois dos três genes do NHE faltavam nas amostras dos *Bacillus cereus*, enquanto que em outras cepas faltavam os três genes. Além da presença dos três componentes do gene *NHE*, o fator de transcrição *plcR*, localizado antes do gene *nheA*, é importante para expressar a toxina.

A caracterização bioquímica dos isolados de *Bacillus cereus* apresentou-se de forma variada: apenas uma amostra teve resultado positivo para a produção de lactose; duas cepas foram capazes de produzir uréase; dois isolados tiveram resultados negativos para a utilização de glicose; e cinco isolados foram negativos para motilidade. Foram também negativos para sulfeto de hidrogênio (H₂S), produção de gás na presença de carboidratos e atividade de ornitina (Cf.: Tabela 3). O *Bacillus cereus* apresentou colônias esbranquiçadas, não fermentadoras de manitol, com aspecto rugoso e seco, medindo entre três e seis milímetros de diâmetro, com a presença de halo esbranquiçado devido a ação da lecitinase (Figura. 3).



Figura 3 - Cultura de *Bacillus cereus* em meio MYP
 Fonte: Cultivo realizado pelos autores na FIOCRUZ-RO.

A partir dos testes bioquímicos apresentados na Tabela 3, os resultados indicaram que a bactéria está em plena atividade funcional em área de floresta e pasto, qualquer alteração ambiental poderá causar transformação no ecossistema provocando mudanças nos aspectos físico-químico do solo.

Tabela 3 – Testes bioquímicos de isolados bacterianos para seleção do gênero *Bacillus*

AMOSTRA	LAC	GLI	GÁS	H2S	ORN	ARG	URE	IND	MOB	CRESC RIZ.
BSF 01	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
BSF 02	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
BSF 03	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-
BSF 04	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
BSF 05	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
BSF 06	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-
BSF 07	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
BSF 08	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BSF 09	-	+	-	-	-	+	+	-	+	-

Legenda: LAC-Lactose; GLI-Glicose; GÁS- Produção de gás na presença de carboidrato; H2S-Sulfeto de hidrogênio; ORN-Ornitina; ARG-Arginina, URE- Ureia; IND- produção de Indol; MOB-Motilidade; CRESC RIZ- Crescimento rizóide.

Fonte: Organizado pelos autores

Para verificar a relação entre os parâmetros físico-químicos do solo e a incidência do *Bacillus cereus* foi utilizado o método estatístico Boxplot (Cf.: Figura 4) para demonstrar a distribuição de variáveis físico-químicas do solo em área de floresta e pasto. O valor da mediana do potencial hidrogeniônico, teor de matéria orgânica, teor de umidade, e teor de fósforo foram considerados significativamente variáveis entre os dois ecossistemas. Não há *outlier* no conjunto dos dados apresentados indicando que não há discrepância na representação das informações dos parâmetros químicos.

A concentração mais elevada de fósforo foi encontrada em área de floresta indicando equilíbrio microecológico desempenhado por organismos solubilizadores de fosfatos, os quais proporcionam melhor crescimento vegetativo e conseqüentemente a produção de biomassa. De modo geral, o pH e o teor de umidade correlacionaram positivamente com a presença do *Bacillus cereus* em área de floresta. As variáveis quando em desequilíbrio podem causar alterações físico-químicas, interferindo no processo de ciclagem dos nutrientes, e conseqüentemente na vida de micro-organismos presente no solo.

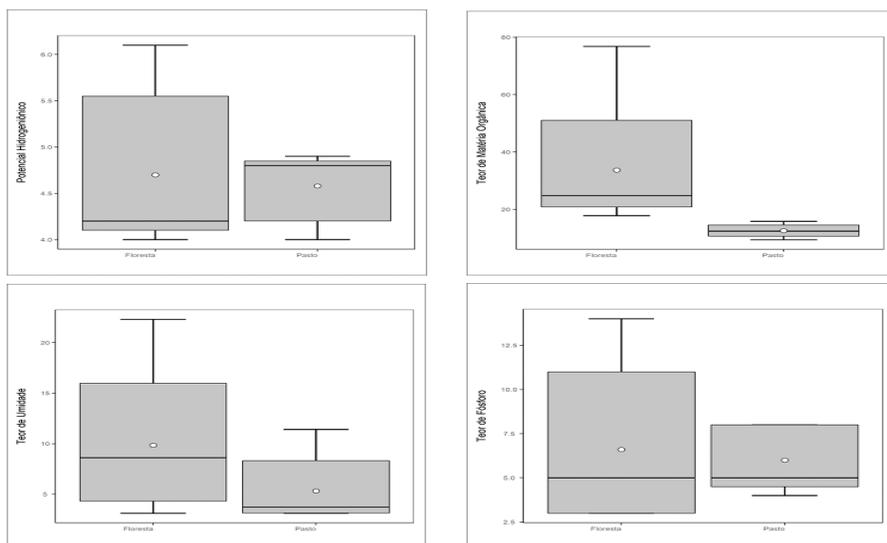


Figura 4 – Representação por “*box-plot*” das variações dos parâmetros avaliados em ecossistemas de floresta e pasto de amostragem situadas na bacia do rio São Francisco/RO. Software Action Arat 3.3.2 /2018.

Fonte: Organizado pelos autores.

Na área de pastagem a densidade da matéria orgânica apresentou valores simétricos em relação a área de floresta, demonstrando baixa quantidade desse elemento. As variáveis pH, teor de umidade e fósforo foram significativamente diferentes para cada parâmetro quando comparados no ambiente de pasto e floresta. A concentração do potencial hidrogeniônico em área de floresta está representada entre o 1º e 3º quartil demonstrando o agrupamento do teor de acidez. Segundo Melloni (2007) o estresse biológico causado pela mudança de parâmetros físico-químicos afeta direta ou indiretamente a microbiota do solo.

As distribuições das variáveis foram assimétricas nas áreas de floresta e pasto com exceção do teor de matéria orgânica que se apresentou de forma simétrica para a área de pastagem. Os resultados corroboram a premissa da influência sobre o processo de desmatamento que desencadeia o fator de virulência do *Bacillus cereus* em área de pasto comparado com área de floresta, independentemente do tipo de solo, quanto à presença do gene tripartido do *Bacillus cereus*.

Para tanto as variações dos elementos abióticos potencializam estresse ambiental em decorrência de atividade antrópica. Segundo Fortes Neto, Fernandes e Jahnel (2007) atividade microbiana no que se refere à presença do *Bacillus cereus* na floresta e no pasto qualifica o solo, assim como os resultados constatados nesta pesquisa. Os resultados bioquímicos do *Bacillus cereus* demonstraram que a bactéria está em plena atividade microbiológica no ecossistema abrindo perspectiva para investigação de patologia no gado, a exemplo da mastite. Por fim, a sustentabilidade ambiental pode ser uma alternativa para a manutenção da atividade microbiana evitando a proliferação de organismos fitopatogênicos.

4. Considerações Finais

As amostras de solo analisadas indicaram a presença do *Bacillus cereus* em diferentes condições ambientais como teor de umidade, tipo de solo, matéria orgânica, pH e temperatura, proporcionando boas condições de desenvolvimento bacteriano. A presença do gene *NHE*, codificante da enterotoxina não-hemolítica, em amostra de floresta apresentou, ao menos, um dos genes,

sendo aqueles potencialmente positivos para o desencadeamento de patogenicidade. Tal assertiva indicou a presença do *Bacillus cereus* em todas as amostras de solo, independente da tipologia e dos atributos encontrados. Conclui-se que a análise molecular do gene *NHE*, codificante da enterotoxina não-hemolítica foi positiva para área de pasto e floresta, sendo assim, estes isolados são potencialmente patogênicos já que apresentaram ao menos um dos genes que compõem o gene tripartido *NHE*, podendo levar patogenicidade quando associado ao desequilíbrio dos parâmetros abióticos. O estresse ocasionado pela perturbação antrópica eventualmente potencializará a competição por nutrientes do solo, e a proliferação de microrganismos oportunistas.

5. Agradecimentos

Ao Laboratório de Geografia e Planejamento Ambiental – LABO-GEOPA/UNIR pelo apoio logístico na coleta das amostras de solo. Ao Prof. Dr. Michel Watanabe pelo apoio no desenho cartográfico. A Fundação de Amparo ao Desenvolvimento das Ações Científicas e Tecnológicas e à Pesquisa do Estado de Rondônia – FAPERO. A FIOCRUZ/RO, CNPq FINEP e CAPES pelo apoio financeiro e instrumental.

6. Referências

ARAÚJO, A.S.F; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. In. **Revista Bioscience Journal**, 23: 66-75. 2007.

BRASIL. Departamento Nacional de Pesquisa Mineral. **Projeto RADAM-BRASIL**. Folha SC 20 Porto Velho: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. 1978.

CENCIANI, K.; LAMBAIS, M.R.; CERRI, C.C.; BASÍLIO DE AZEVEDO, L.C.; FEIGL, B.J. Bacteria diversity and microbial biomass in forest, pasture and fallow in the southwestern Amazon basin. In. **Revista Brasileira Ciência Solo**, 33: 907-916. 2009.

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. In. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 29: 777-788. 2005.

EHLING-SCHULZ, M.; GUINEBRETIERE, M. H.; MONTHAN, A.; BERGE, O.; FRICKER, M.; SVENSSON, B. Toxin gene profiling of enterotoxigenic and emetic *Bacillus cereus*. In. **FEMS Microbiology Lett.**, 260: 232-240. 2006.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, p 212. 1997.

FAORO, H. **Prospecção metagenômica de biocatalisadores da microbiota de solos da floresta atlântica paranaense**. 2010. 214 f. Tese (Doutorado em Bioquímica), Programa de Pós-Graduação em Bioquímica/Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

GIFFEL, M.C.; BEUMER, R.R.; SLAGHUIS, B.A.; ROMBOUST, F.M. Occurrence and characterization of (psychotropic) *Bacillus cereus* on farms in the Netherlands. In. **Netherlands Milk and Dairy Journal**, 213: 125-138. 1996.

GUINEBRETIERE, M. H.; BROUSOLLE, V.; NGUYEN-THE, C. Enterotoxigenic profiles of foodpoisoning and food-borne *Bacillus cereus* strains. In. **Applied Environmental Microbiology**, 40: 3053-3056. 2002.

HALVERSON, L.J.; CLAYTON, M.K.; HANDELSMAN, J. Population biology of *Bacillus cereus* UW85 in the rhizosphere of field-grown soybeans. In. **Soil Biology Biochemistry**, 25: 485-493. 1993.

HANSEN, B.M.; HENDRIKSEN, N.B. Detection of enterotoxigenic *Bacillus cereus* and *Bacillus thuringiensis* strains by PCR analysis. In. **Applied Environmental Microbiology**, 67: 185- 189. 2001.

JENSEN, G.B.; HANSEN, B.M.; EILENBERG, J.; MAHILLON, J. The hidden lifestyles of *Bacillus cereus* and relatives. In. **Environmental Microbiology**, 5: 631-640. 2003.

JESUS, E.C.; MARSH, T.L.; TIEDJE, J.M.; MOREIRA, F.M. Changes in land use alters the structure of bacterial communities in Western Amazon soils. In. **The ISME Journal**, 3: 1004- 1011. 2009.

LINDBECK, T.; FAGERLUND, A.; RØDLAND, M.S.; GRANUM, P.E. Characterization of the *Bacillus cereus* Nhe enterotoxin. In. **Microbiology**, 150: 3959-3967. 2004.

LOPES, A.S., GUILHERME, L.R.G. 2004. **Interpretação de análise de solo conceitos e aplicações**. Boletim Técnico. Associação Nacional para Difusão de Adubos-ANDA. Disponível em:< www.portal.ufra.edu.br/attachments/641_Boletim_02.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2017.

MARGULIS, L.; JORGENSEN, J.Z.; DOLAN, S.; KOLCHINSKY, R.; RAINEY. The Arthromitus stage of *Bacillus cereus*: intestinal symbionts of animals. In. **PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of American**, 95: 1236-1241. 1998.

MENDES, L.W.; BROSSI, M.J.L.; KURAMAE, E.E.; TSAI, S.M. Land-use system shapes soil bacterial communities in Southeastern Amazon region. In. **Applied Soil Ecology**, 90: 151-160. 2015.

MORATO DE CARVALHO, T.; RIBEIRO ZUCHI, M. Morfometria e caracterização do meio físico de ambientes lacustres no vão do Paranã-Goiás, Brasil. Uma primeira aproximação. **Terra Nueva Etapa**, Vol. XXV, No. 38, 2009, pp 111-139. Disponível em: < <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=72112047006>>. Acesso em: 31 nov. 2017.

MOREIRA, W.M.Q. **Estudo da diversidade e atividade bacteriana em solos de floresta e sob cultivo de cana-de-açúcar**. 2013. 103 f. Tese (Doutorado Ci-

ências Agrárias e Veterinárias), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/ Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2a edição, Editora UFLA. 2006 729 p. (Disponível gratuitamente: <http://www.prpg.ufla.br/solos/wp-content/uploads/2012/09/MoreiraSiqueira2006.pdf>)

MOSSEL, D.A.A.; KOOPMAN, M.J.; JONGERIUS, E. Enumeration of *Bacillus cereus* in foods. In. **Applied Microbiology**, 15: 650-653. 1967.

MURREY, P.R.; BARON, E.J.; JORGENSEN, J.H.; LANDRY, M.L.; PFALLER, M.A. Manual of clinical microbiology. In. **ASM Press**, 1(9). 2008.

NAVARRETE, A.A.; TSAI, S.M.; MENDES, L.W.; FAUST, K.; DE HOLLANDER, M.; CASSMAN, N.A.; RAES, J.; VAN VEEN, J.A.; KURAMAE, E.E. Soil microbiome responses to the short-term effects of Amazonian deforestation. In. **Molecular Ecology**, 24: 2433-48. 2015.

NEILL, C.; PICCOLO, M.C.; CERRI, C.C.; STEUDLER, P.A.; MELILLO, J.M. Soil solution nitrogen losses during clearing of lowland Amazon forest for pasture. In. **Plant Soil**, 281: 233-245. 2006.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. IBGE/Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro, 1989. 427p.

NUNES, D.D. **Análise da vulnerabilidade à erosão em bacia hidrográfica na Amazônia sul ocidental: estudo de caso na bacia do rio São Francisco – Rondônia**. Relatório de pesquisa científica, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia. 79p. 2014.

NUNES, D. D.; WATANABE, M.; NUNES, A. C. S.; CAVALCANTE, M. M. de A. Formação Socioambiental do estado de Rondônia. In: SIMONIAN, L. T. L.; BAPTISTA, E. R. (Org.). **Formação Socioambiental da Amazônia**

nia. Belém: Editora do NAEA, 2015. p. 527-622, ISBN: 978-85-7143-142-3. [Coleção Formação Regional da Amazônia, v. 3].

RAIMUNDO, S.M.C.; ROBBS, P.G. **Pesquisa de Staphylococcus aureus, Bacillus cereus e Salmonella sp em alguns produtos de laticínios comercializados na cidade do Rio de Janeiro.** Arquivos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 11: 69-76. 1988.

RAJKOWSKI, K.T.; BENNETT, R.W. BACILLUS CEREUS. In: MILIOTIS, M.D.; BIER, J.W. (Ed.). In. **Intenational Handbook of Foodborn Pathogens.** 1. ed. Maecel Dekker, Inc., New York, p. 809. 2003.

RONDÔNIA. Plano Agroflorestal de Rondônia – PLANAFLORO. **Relatório Técnico. Tecnosolos,** Porto Velho, Rondônia. 2001.

RODRIGUES, J.L.M.; PELLIZARI, V.H.; MUELLER, R.; BAEK, K.; JESUS, E.C.; PAULA, F.S. Conversion of the Amazon rainforest to agriculture results in biotic homogenization of soil bacterial communities. In. **PNAS Proceedings of the Nationl Academy of Sciences of the United States of American,** 110: 3988-3993. 2013.

RONDÔNIA. **Boletim Climatológico de Rondônia, ano de 2003.** Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM), Porto Velho, Rondônia. 2005.

SAILE, E.; KOEHLER, T.M. Bacillus anthracis multiplication, persistence, and genetic exchange in the rhizosphere of grass plants. In. **Applied Environmental Microbiology,** 72: 3168-3174. 2006.

SAMBROOK, J.; FRITSCHI, E.F.; MANIATIS, T. **Molecular cloning: a laboratory manual.** 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press 1989., New York, 720p.

SANTOS, C.A. **Ocorrência e Diversidade de Fatores de Virulência em Isolados Brasileiros de Bacillus cereus Provenientes de Alimentos e do Solo**. 2009. 70 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular), Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

SILVA FILHO, G.N.; VIDOR, C. Solubilização de fosfato por microrganismos na presença de fonte de carbono. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24: 311-319. 2000.

SILVEIRA, A P. D.; FREITAS, SUELI S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. 312 p.: il.

SOARES, C. M.; VALADARES, G.F; AZEREDO, R.M.C.; KUAYE, A.Y. Contaminação ambiental e perfil toxigênico de Bacillus cereus isolados em serviços de alimentação. Santa Maria. In. **Ciência Rural**, 38: 504-510. 2008.

STADHOUDERS, J. Taxonomy of Bacillus cereus. **Bulletin of International Dairy Federation**, 275: 4-8. 1992.

VAN NETTEN, P.; KRAMER, J.M. Media for the detection and enumeration of Bacillus cereus in foods: a review. In. **International Journal of Food Microbiology**, 17: 85-99. 1992.

VILAIN, S.; LUO, Y.; HILDRETH, M.B.; BROZEL, V.S. Analysis of the life cycle of the soil saprophyte Bacillus cereus in liquid soil extract and in soil. In. **Applied Environmental Microbiology**, 72: 4970-4977. 2006.

WONG, H.C.; CHANG, M.H.; FAN, J.Y. Incidence and characterization of Bacillus cereus isolates contaminating dairy products. In. **Applied and Environmental Microbiology**, 54: 699-702. 1988.

WORLD ORGANIZATION. Informal consultation on the development of Bacillus sphaericus as microbial larvicide. UNDP/World Bank/WHO **Special programmer of research and training in tropical diseases**, Geneva, 24p. 1985.

CAPÍTULO 8

GEOSSISTEMA E PERDA DE SOLO NA AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUTUM-PARANÁ/RONDÔNIA¹

GEOSYSTEM AND LOSS OF SOIL IN THE SOUTH-WESTERN AMAZON: HYDROGRAPHIC BASIN OF RIO MUTUM-PARANÁ / RO

Michel Watanabe

Dorisvalder Dias Nunes

Fabiano Antonio de Oliveira

Tatiane Emílio Checchia

Allan Rodrigues Augusto

1. Introdução

O Geossistema, entendido como conjunto de inter-relações entre a natureza e o homem, é resultado de processos sistêmicos de diversos elementos (físicos, químicos e biológicos) e, necessita, cada vez mais, de estudos integrados que possam compreender de maneira holística seus processos e resultados. A grande variedade de elementos a serem quantificados nos remete a escalas de análise variadas, que possam compreender os fenômenos de forma satisfatória, independente do viés que é tratado.

E para analisar os processos de maneira integradora, corroboramos as afirmativas de Christofolletti (1980) que destacou o caráter sistêmico da bacia hidrográfica, caracterizando-a como um sistema aberto, recebendo influência

¹ Texto publicado originalmente na Revista Confins (on-line): DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.11552>

de outros subsistemas como o substrato geológico, pedológico e climatológico. Assim, parte-se da premissa de que a bacia hidrográfica é utilizada tanto como unidade de análise quanto como unidade de gestão. Onde o primeiro caso apresenta um caráter eminentemente técnico-científico, e o segundo um caráter político administrativo.

A bacia hidrográfica é uma unidade de investigação antiga no campo da Geografia Física e é definida pela área da superfície terrestre drenada por um rio principal e de seus tributários, sendo limitada pelos divisores de água, compostas por microbacias e diferentes ecossistemas. Seus limites territoriais quase sempre não coincidem com as delimitações político-administrativas dos municípios, de modo que uma mesma bacia pode ser compartilhada por diferentes países, estados ou municípios (CUNHA & CUNHA, 2003). Além disso, uma bacia hidrográfica constitui uma unidade hidrológica natural, e apresenta-se como a unidade mais lógica para o planejamento dos recursos hídricos, pois permite o foco direto nesse recurso e detém uma visão de conjunto dos problemas que os afetam (Martins, 2005).

Assim, destaca-se a água como um dos principais elementos do sistema ambiental essencial à existência humana, grande modeladora das paisagens, podendo ser considerada como o mais dinâmico da paisagem dentre os demais do meio natural, além de reguladora do ritmo dos processos no sistema ambiental. Tal elemento soma-se aos processos de construção e modelagem da erosão hídrica, que por sua vez, apresenta-se como grande potencial na redução da capacidade produtiva dos solos, comprometendo tanto os recursos hídricos quanto a agricultura. Essa grandeza é medida por índices, tais como o de Erosividade, Erodibilidade dos Solos, Topografia e Cobertura Vegetal. Desse modo, a compreensão de cada índice responsável pela erosão é necessária e importante para a prevenção de problemas ambientais.

Além da atuação dos elementos naturais no sistema ambiental, a intervenção humana, por meio de atividades agrícolas, propicia a redução da infiltração de água no solo e, por conseguinte, o aumento do escoamento superficial, desencadeando, muitas vezes, fluxo torrencial sob fortes chuvas podendo favorecer o desenvolvimento dos processos de erosão do solo podendo

promover maior carga sedimentar ao fluxo de água nos canais. Na Amazônia, o risco de erosão é considerável, devido aos temporais intensos e às pesadas chuvas. Muitos solos da Amazônia são arenosos e altamente erosionáveis, onde após a derrubada da floresta a matéria orgânica e a fertilidade do solo decaem rapidamente tornando-o improdutivo (Fearnside, 1993; Bigarella, 2003).

Dependendo de cada regime hídrico, os processos de desagregação das rochas, dos solos e o transporte de materiais pela água são influenciados por atividades bióticas e antrópicas que podem aumentar ou diminuir a quantidade desses processos e os materiais na água, bem como o regime do fluxo de água que afeta diversos habitats, ou seja, a água permeia os demais elementos do meio natural regulando o ritmo dos processos no sistema ambiental.

A bacia hidrográfica utilizada como ambiente de ensaio para compreender o processo erosivo na região é a bacia do rio Mutum-Paraná, que por sua vez, é uma sub-bacia do Rio Madeira, localizada à noroeste do estado de Rondônia (Amazônia Sul-Occidental), onde os principais problemas são a pressão antrópica para retirada da floresta e a implantação de atividades agropecuárias com técnicas rudimentares, acarretando em muitos impactos sobre o meio ambiente. Tais atividades intensificam o processo de erosão dos solos e, conseqüentemente, promovem transtornos para a própria sociedade. O objetivo deste trabalho foi o de analisar através de modelagem a perda de solo por erosão hídrica na bacia do rio Mutum-Paraná a partir dos índices que compõem a Equação Universal de Perda de Solo Revisada – EUPSR (Erosividade, Erodibilidade, Topografia e Uso e Cobertura da Terra). A área de estudo corresponde a aproximadamente 3450 km² e localiza-se a noroeste do estado de Rondônia, compreendendo parte dos municípios de Porto Velho e Nova Mamoré (Cf. Figura 1).

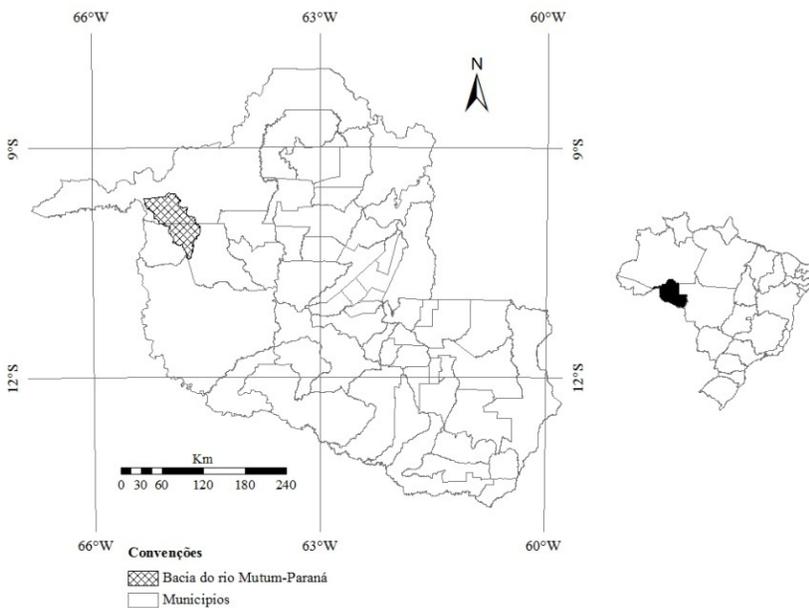


Fig. 1 – Localização da área de estudo

Fonte: Organizado pelos autores.

O critério para escolha da área de estudo tomou por base três problemas fundamentais: o primeiro centrou-se na proximidade do exutório da bacia em relação ao sistema hidrográfico do rio Madeira que por força da implantação dos empreendimentos hidroelétricos das Usinas de Jirau, onde a área da bacia está inserida, e de Santo Antônio, ambas localizadas no alto rio Madeira, deve alterar as condições do meio físico e potencializar o processo de ocupação na área. O segundo problema está caracterizado pela expansão da pecuária na bacia, cujo histórico remonta ao início da segunda metade dos anos 90 do século passado, cujos dados de pesquisas mais recentes dão conta de que esta atividade tanto em Rondônia, como na Amazônia tem apresentado crescimento expressivo e, no caso da área de estudo, após o ano de 2000 observou-se o redirecionamento da pecuária que era praticada no centro sul e sul do estado de Rondônia para sua porção norte, especialmente no município de Porto Velho (Nunes, 2012). Por fim, tem-se a expansão do desmatamento como reflexo

dos novos e grandes investimentos em curso na área, com destaque para a) o agronegócio, representado pela inserção da soja na área de influência da bacia, b) o sistema de transporte representado pela possibilidade de conexão hidroviária das bacias dos rios Beni, Mamoré/Guaporé e Madeira; e por fim, c) pela produção de energia que neste caso está representado pelas Usinas de Jirau e Santo Antônio, no alto rio Madeira (Nunes, 2004).

A modificação e/ou alteração do manejo dos ambientes amazônicos, legitimada pelo discurso do “desenvolvimento sustentável”, não reflete a realidade das intervenções em curso na bacia, as quais indicam um vigoroso processo de ocupação desordenado. Tal cenário se deve à característica da economia da região, que tem na pecuária extensiva e na agricultura de subsistência suas principais bases. Com a consolidação das hidrelétricas na região de Mutum-Paraná, projeta-se uma aceleração dessas atividades econômicas e, por conseguinte, intensificação das práticas de substituição da floresta por pastagens na região. Soma-se ainda o aumento da especulação fundiária e do contingente populacional local, além da extração ilegal de madeira (Batista, 2014; Cavalcante, 2008; Cavalcante *et al.*, 2007).

1.1 Sobre os Geossistemas

Para entender sobre Geossistema faz-se necessário o entendimento de conceitos pré-definidos, como é o caso dos Sistemas. Desse modo, deve-se entender o sistema como união de várias partes, sendo formado por vários elementos. Um sistema não se sustenta isolado, fazendo sempre parte de um todo, ou seja, pode ser geral para os elementos que o compõe, mas, pode ser também um elemento de composição de outro sistema maior (Uhlmann, 2002).

Ainda, segundo Uhlmann (2002), os sistemas podem ser divididos em três tipos, o sistema cósmico (o Universo), o sistema natural (sendo que o sistema maior é a Terra) e o sistema social (Comunidade humana). Nos sistemas pode-se perceber que os mesmos possuem um potencial que expressa seus estados internos, demonstrando a sua estabilidade, ou seja, quanto maior o potencial, maior a estabilidade.

Alguns autores tiveram grande contribuição nos debates e ideias sobre Geossistema, tais como: Sotchava (1962), Strahler (1952), Bertrand (1972), Chorley *et al.* (1971), Terjung (1976) e Christofolletti (1999). Entretanto, os que se destacaram nessa linha de abordagem foram dois: Sotchava e Bertrand, considerados de expressiva importância para o desenvolvimento da concepção geossistêmica. O primeiro foi responsável pelo termo Geossistema, no entanto, a teoria foi difundida por meio do trabalho de Bertand.

Outros autores tratam o Geossistema como sendo sinônimo de paisagem natural ou paisagem antro-po-natural, o que difere da conceituação de Bertrand. Para o autor o Geossistema acaba sendo uma categoria espacial caracterizada por uma relativa homogeneidade dos seus componentes, cuja interação entre o potencial ecológico, a exploração biológica e a ação antrópica são resultados da vasta estrutura, complexidade e dinâmica, e que se identifica por um mesmo tipo de evolução (Dias, 1998).

Para Sotchava (1962), os Geossistemas são fenômenos naturais, todavia, os fatores econômicos e sociais, ao influenciarem sua estrutura e peculiaridades espaciais, devem ser tomados em consideração, ou seja, os geossistemas são sistemas territoriais naturais que se distinguem na envoltura geográfica, em diversas ordens dimensionais, generalizadamente as regionais e topológicas. “Em condições normais deve-se estudar, não os componentes da natureza, mas as correções entre eles; não se deve restringir à morfologia da paisagem e suas divisões, mas, de preferência, projetou-se para o estudo de sua dinâmica, estrutura funcional, conexões, etc” (Sotchava, 1962).

Para Troppmair (1989) o Geossistema acaba sendo parte da geosfera e, numa perspectiva vertical natural, engloba as camadas superficiais do solo ou pedosfera, a superfície da litosfera com os elementos formadores da paisagem, a hidrosfera e a baixa atmosfera, mas abrange também a biosfera, como exploradora do espaço ou do sistema.

O Geossistema faz parte de um sistema aberto, homogêneo e “espacial natural” e distinguido por três aspectos que são a sua morfologia (expressão física do arranjo dos elementos e da conseqüente estrutura espacial), sua dinâmica (fluxo de energia e matéria que passa pelo sistema e que varia no espaço e no tempo, e sua exploração biológica (flora, fauna e homem) (Troppmair, 1989).

O espaço e o tempo são fatores a serem considerados em um geossistema, onde o tempo deve ser avaliado por meio de eras e a mobilidade no interior do estágio de uma Era é a essência de sua dinâmica e a transição de um estágio temporal para outro, significando sua evolução (Sotchava, 1962).

Entretanto, Bertrand sobrepõe-se à Sotchava por incorporar o elemento antrópico em sua definição de Geossistema, ou seja, o autor leva em consideração o fator “homem” para o entendimento dos processos. Além de definir os geofácies como um setor fisionomicamente homogêneo, desenvolvendo-se uma mesma fase da evolução geral do geossistema, e o geótopo é definido como uma microforma no interior do geossistema e dos geofácies, que por sua vez, é a menor unidade geográfica homogênea diretamente discernível ao terreno, ou seja, uma particularidade do meio ambiente.

1.2 Elementos Naturais dos Geossistemas

Ao analisar os Geossistemas é preciso destacar os elementos físicos que estão em constante modificação e que afetam e/ou definem as características futuras. A Geologia é considerada por muitos geógrafos a principal responsável pela dinâmica que se observa na superfície terrestre e os processos endógenos constantes promovem as características potenciais de determinadas paisagens.

Após o processo de formação geológica, temos o clima como outro fator que irá modelar o relevo conforme suas mudanças e oscilações. Como agente externo, o clima atua com o seu processo intempérico esculpindo o produto que os processos endógenos promoveram.

O clima se apresenta através de seus elementos meteorológicos como: a temperatura que influencia no processo de erosão, provocando dilatações e contrações sucessivas que enfraquecem o solo, facilitando a remoção das partículas pela ação hídrica; a precipitação e umidade que dependem de sua intensidade, quantidade, duração e frequência, ou seja, uma chuva forte de certa duração pode provocar grandes estragos erosivos devido à energia exercida pela gota ao tocar no solo; além dos organismos como: a fração do solo que é fornecida pelos vegetais e animais e é responsável, em geral, pela cor escura dos horizontes; o

material originário referente ao material não consolidado a partir do qual o solo se formou (saprolito); e o tempo, apresentando certo período necessário para o desenvolvimento de horizontes do solo (Guerra & Cunha, 1996).

O solo se apresenta como recurso básico que suporta toda a cobertura vegetal de terra sem a qual os seres vivos não poderiam existir. Nesta cobertura, incluem-se não só as culturas como também todos os tipos de árvores, gramíneas, raízes e herbáceas que podem ser utilizadas pelo homem. Além da grande superfície que ocupa no globo, o solo é uma das maiores fontes de energia para o grande drama da vida em que, geração após geração, homens, plantas e animais atuam sobre a terra (Bertoni & Lombardi Neto, 1999). De maneira geral, o solo é formado por um conjunto de corpos naturais tridimensionais, resultantes da ação integrada do clima e organismos sobre o material de origem condicionado pelo relevo em diferentes períodos de tempo, o qual apresenta características que constituem a expressão dos processos e dos mecanismos dominantes na sua formação (Guerra & Cunha, 1996).

1.3 Erosão dos solos

A erosão é um dos principais fenômenos geológicos que ocorre na Terra e se processa de várias formas, considerando seu ambiente de ocorrência, podendo ser acelerada ou induzida, sendo assim muito mais rápida que a natural, primariamente como resultado da influência das atividades do homem, ou, em alguns casos, de animais (Silva, *et al.*, 2004).

A erosão, em ambiente tropical, é causada pela ação da precipitação, provinda do impacto das gotas de chuva e pelo escoamento. O poder de dispersão e de transporte é determinado pelo efeito de desagregação da gota de água, pela quantidade e velocidade do escoamento e, em último lugar, pela resistência do solo à desagregação e ao movimento.

Quando se utiliza métodos convencionais de manejo do solo e da terra, que mobiliza totalmente a superfície e ocasiona rugosidade superficial relativamente elevada, nota-se um aumento da porosidade total da camada preparada e, num curto espaço de tempo, predispõe a superfície do solo ao selamento superficial (Duley, 1939).

Então verifica-se a importância de se adotar técnicas de manejo agrícola mais eficientes. O primeiro passo consiste em diagnosticar os processos erosivos, de maneira a subsidiar o planejamento da ocupação agrícola (Salomão, 1999).

Consequentemente, a rugosidade superficial criada pelo preparo neste sistema de manejo poderá diminuir, reduzindo drasticamente a capacidade do solo de reter e infiltrar água na superfície, aumentando a enxurrada e a erosão hídrica (Bertol *et al.*, 1997; Schick *et al.*, 2000a).

As perdas de água da chuva na forma de enxurrada geralmente são menos influenciadas pelo efeito da cobertura e manejo do solo do que as perdas de solo, uma vez que este apresenta capacidade limite de absorção de água (Bertol, 1994; Morais & Cogo, 2001; Mello *et al.*, 2003). Desse modo, ao ultrapassar tal limite o excesso de água da chuva escoar independentemente do sistema de manejo empregado. Isso ocorre especialmente sob chuvas de longa duração, portanto de elevado volume, as quais saturam o solo e, assim, produzem grandes enxurradas.

2. Materiais e Métodos

2.1 Geossistema

A estrutura metodológica utilizada neste trabalho foi estabelecida conforme proposta de Bertrand (1972), que definiu elementos essenciais para análise geográfica, estabelecendo categorias como o Geossistema (Cf.: Figura 2). Conforme o autor as características dos Geossistemas são dados ecológicos relativamente estáveis, resultantes da combinação de fatores geomorfológicos (natureza das rochas e dos mantos superficiais, valor do declive, dinâmica das vertentes), climáticos (precipitações, temperatura) e hidrológicos (lençóis freáticos epidérmicos e nascentes, pH das águas, tempos de ressecamento do solo).

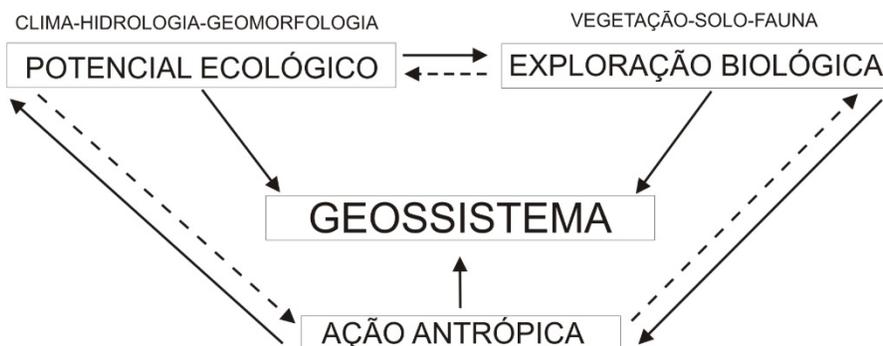


Fig. 2 – Esboço Metodológico de Bertrand.
 Fonte: Bertrand, 1972.

Assim, para mensuração dos elementos descritos anteriormente, foi realizada reestruturação no incremento e definição das variáveis para o modelo da Equação Universal de Perda de Solo Revisada – EUPSR. A adaptação foi estabelecida da seguinte maneira: potencial ecológico (clima, hidrologia e geomorfologia); exploração biológica (Vegetação e Solo) e; Ação Antrópica (uso da terra). Portanto, com a análise geossistêmica de Bertrand e a EUPSR foi possível quantificar as taxas de potencialidades erosivas do meio natural (sem e com intervenção antrópica), além de projetar cenários futuros para o ambiente amazônico.

2.2 Equação Universal de Perda de Solo Revisada - EUPSR

O EUPSR emprega equações empíricas de regressão múltipla com incorporação de parâmetros que influenciam na erosão (Morris e Fan, 1997). Os parâmetros são usados em ambiente SIG através da utilização da seguinte equação:

$$A = K \times R \times LS \times C \times P$$

Segundo Morris & Fan (1997), esta equação é denominada universal porque incluem os quatro principais fatores que influenciam a perda de solo (A):

A: estimativa de erosão específica, em unidades compatíveis com as adotadas para K, e para o período de tempo considerado para o cálculo da erosividade (R), habitualmente em [ton/(ha.ano)];

K: fator de erodibilidade do solo. Define-se como a perda de solo de uma parcela-padrão tipo com 22 metros de comprimento, 9% de declividade e continuamente em solo nu, lavrado segundo o maior declive. Representa a susceptibilidade de diferentes solos serem erodidos de acordo com suas características físicas e químicas [ton.ha.h/ha.MJ.mm]. Os dados correspondentes ao fator K foram definidos de acordo com Lombardi Neto & Bertoni (1975) que estudaram 66 perfis de solos do Estado de São Paulo. O Quadro 1 apresenta os valores adaptados.

Quadro 1: Valores de Erodibilidade adotados.

Tipos de Solo	Valores de Erodibilidade [ton.ha.h/ha.MJ.mm].
Latossolo Vermelho-Amarelo	0,009
Latossolo Amarelo	0,017
Argissolo Vermelho Amarelo	0,034
Argissolo Amarelo	0,045
Gleissolo	0,044

Fonte: Adaptado de Lombardi Neto & Bertoni, 1975.

A Figura 3 apresenta a localização das estações pluviométricas utilizadas neste estudo, cujas características das médias pluviométricas variam entre 1600 e 1900 mm.ano⁻¹.

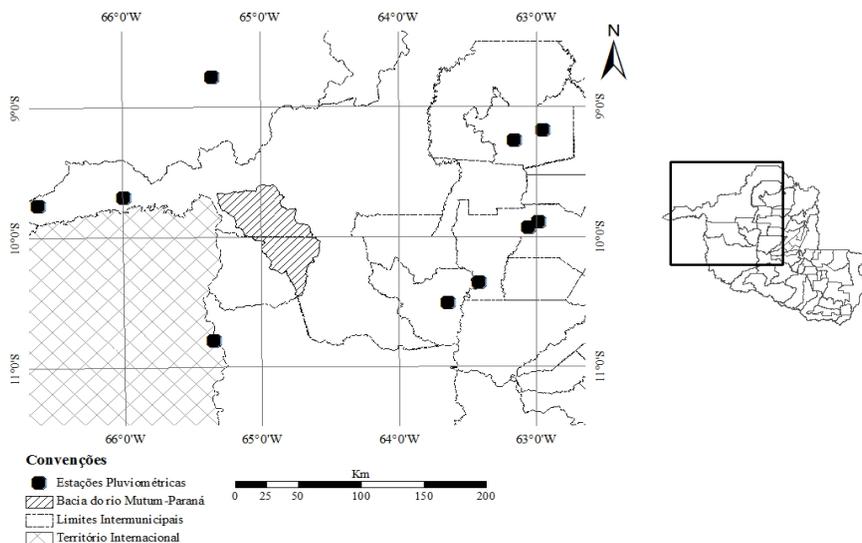


Fig. 3 – Localização das estações pluviométricas utilizadas
 Fonte: Organizado pelos autores.

Os dados foram obtidos junto ao Sistema de Informações Hidrológicas (SNIRH) da Agência Nacional de Águas (ANA), constituindo-se de série histórica de 10 anos coletados em 10 estações pluviométricas, cujos critérios de escolha deram-se em função de sua proximidade com a área de estudo (Cf. tabela 1).

Tabela 1 – Identificação das estações pluviométricas utilizadas – Período: 01/1995 – 12/2004

Estação	Código ANA	Rio	UF	Município	Lat.	Long.	Alt. (m)
JURENÉ	865001	Ituxi	AM	Lábrea	08:46:03 S	65:20:52 W	-
NOVA CALIFÓRNIA	966000	Abunã	RO	Porto Velho	09:45:20 S	66:36:42 W	153
SANTO ANTONIO	963001	Jamari	RO	Porto Velho	09:15:38 S	63:09:43 W	96
PEDREIRAS	966001	Abunã	RO	Porto Velho	09:41:25 S	65:59:35 W	-
ESCOLA CAMURÚ	1063000	Jamari	RO	Ariquemes	10:30:18 S	63:38:46 W	151

MINERAÇÃO JACUNDÁ	962001	Jacundá	RO	Porto Velho	09:10:45 S	62:57:11 W	86
GUAJARÁ-MIRIM	1065002	Mamoré	RO	Guajará-Mirim	10:47:33 S	62:20:52 W	-
FAZENDA RIO BRANCO	963004	Branco	RO	Ariquemes	09:53:14 S	62:59:16 W	137
MINERAÇÃO PONTE MASSANGANA	1063001	Massangana	RO	Ariquemes	10:21:00 S	63:25:00W	-
ARIQUEMES	963000	Jamari	RO	Ariquemes	09:55:54 S	63:03:25W	168

Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA (2010).

O fator R (erosividade da precipitação) é quantificado em termos da energia produzida pelo impacto das gotas de chuva juntamente com a taxa de arraste do solo resultante do escoamento superficial expresso em MJ.mm. ha⁻¹.ano⁻¹.

Para a determinação do fator R da chuva de forma precisa, faz-se necessária a obtenção de dados da intensidade da chuva expressos nos mapas de erosividade. Inicialmente o estudo de erosividade em regiões de clima temperado, segundo Wischmeier e Smith (1958), indicou que a melhor correlação com perdas de solo é dada pelo índice EI30, que é o produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos. A dificuldade de se obter dados de intensidade de chuva para o cálculo da erosividade foi apresentada por diversos autores, entre eles Oduro-Afriyie (1996), Mannaerts e Gabriels (2000), Bertoni e Lombardi Neto (1999) e Silva (2004), cuja melhor solução foi correlacionar o índice de erosão com fatores climáticos que são de fácil medição e aquisição.

No caso da área de estudo, utilizou-se a equação proposta por Oliveira Jr. e Medina (1990), visto que se adapta melhor às variações e características do clima amazônico. Silva (2004) também sugere tal equação, pois apresenta melhores respostas aos índices de chuva da região. Desse modo, os dados pluviométricos foram tabulados e calculados de acordo com a fórmula a seguir:

$$R_x = 3,76 * \left(\frac{M_x^2}{P} \right) + 42,77$$

Onde:

- R_x é o fator R para o mês x ($MJ.mm.ha^{-1}.ano^{-1}$); M_x é a média mensal de precipitação (mm); e P é a média anual de precipitação (mm).

A escolha destas estações foi definida conforme a proximidade com a bacia e a sua série histórica. Para se obter certa homogeneidade nos dados, utilizou-se uma série consecutiva de 10 anos (1995-2004). Assim, foi inserida a fórmula de Oliveira e Medina Jr (1990) para o cálculo e, posteriormente, estes dados foram interpolados através de gradeamento geoestatístico de *Kriging* com a utilização do software *ARCGIS* e foram geradas linhas de isoerosividade anual para a bacia hidrográfica e regiões adjacentes. Inúmeros são os métodos geoestatísticos de interpolação que podem ser utilizados para extração das características dos dados analisados, mas, nesse trabalho foi utilizada a *krigagem*. A *Krigagem* compreende um conjunto de técnicas de estimação e predição de superfície baseada na estrutura de correlação espacial. Tal método permite uma melhor análise dos dados, bem como, melhor análise estrutural para modelagem de correlações espaciais.

Dentre as vantagens da *Krigagem* destacam-se: considerar o número de pontos necessários para se calcular uma média local; Integrar características espaciais dos pontos amostrais e; Otimizar a interpolação através do uso de pesos (Ortiz, 2002; Almeida, 2006; Landin, 2006; Oliveira, 2006; Meirelles *et al*, 2007). Verificando visualmente os resultados de cada interpolador, definiu-se a espacialização com a utilização da *krigagem* ordinária como melhor distribuição das chuvas na região da área de estudo.

- LS: a força gravitacional que influencia no escoamento é representada pelo comprimento de rampa e declividade da parcela-padrão. Resulta do produto das relações de comprimento e de declive que correspondem, respectivamente, aos quocientes entre a perda de solo em uma parcela-padrão com um dado comprimento e uma parcela-padrão com comprimento de 22 metros, em condições idênticas, e ao quociente entre a perda de solo numa parcela-padrão com determinado declive e uma parcela-padrão com um declive de 9%, em condições idênticas (adimensional).

Para o fator LS utilizou-se de Imagens do *Shuttle Radar Topography Mission - SRTM*, onde foi possível extrair curvas de níveis de 5 metros, proporcionando o Modelo Digital de Elevação – MDE, com boa qualidade para análise, mantendo grande fidelidade ao relevo da bacia que, consecutivamente, forneceu dados para a declividade. Entretanto, para melhor clareza e maior precisão, parte dos dados vetoriais foi editado e corrigido com cotas altimétricas, o que forneceu maior confiabilidade nos resultados. O MDE apresenta poucas oscilações, o que é característica de boa parte do Estado de Rondônia. As altitudes da área de estudo podem variar de 85 a 290 metros em relação ao nível do mar, possuindo uma diferença de apenas 205 metros. A geração dos dados de declividade foi realizada através do software *ArcView 9.3* através da ferramenta *Triangular Irregular Network (TIN)* da Extensão *3D Analyst* e, posteriormente, foi gerado a declividade com a Extensão *Hidrology*. A partir do *TIN* gerou-se um arquivo Matricial (30 m x 30 m) ou *Raster (GRID)* com o atributo de elevação através do comando *convert – Tin to Raster*.

Os dados de declividade mostraram-se bastante homogêneos, pois as taxas de declive estão concentradas entre 0 e 3 graus, o que proporciona uma menor velocidade nas taxas de sedimentos desprendidos. E, de acordo com os parâmetros da Embrapa, as predominâncias nas taxas de declividade estão classificadas como Suavemente Ondulado. Num segundo momento, utilizando-se do software *ARCGIS*, e calculou-se o fluxo de acumulação da bacia através da Extensão *Hidrology* que, comparado com a drenagem, mostrou resultado satisfatório, pois os fluxos de acumulação seguem os dados de drenagem de acordo com o declive e o fluxo de direção que a água escoar. Para o cálculo do LS foi utilizada a equação de ENGEL (2003), descrita a seguir:

$$LS = \left(AF \cdot \frac{1}{22,13} \right)^{0,4 \cdot (\text{sen } \theta / 0,0896)^{1,3}}$$

- AF é a acumulação do fluxo expresso como o número de células da malha (cuja leitura é processada a partir do delineamento da bacia);
- l é o tamanho da célula expresso como comprimento lateral da célula;
- θ declividade da vertente.

- C: Relação de cobertura vegetal. Quociente entre a perda de solo de uma parcela-padrão com uma determinada cultura e manejo e uma parcela-padrão continuamente em solo nu, em condições idênticas.

Para a determinação da cobertura vegetal da bacia do rio Mutum-Paraná, foi utilizada Imagem de Satélite TM LandSat-5, Bandas 5R4G3B, adquirida junto ao INPE no ano de 2012 com resolução espacial de 30 metros. Posteriormente foram gerados os polígonos correspondentes às quatro classes analisadas. A estes polígonos foram atribuídos valores adaptados de vários autores para o fator C do modelo, conforme Quadro 2.

Quadro 2: Valores adaptados do Fator C (Uso e Cobertura Vegetal).

Uso da Terra	Autor/Ano	Valores Adaptados Mg. ha/Mg
Floresta	Checchia (2005)	0,001
Campinarana Florestada	Farinasso <i>et al</i> (2006)	0,042
Pastagem	Cunha(1997); Tomazoni <i>et al</i> (2005)	0,01
Solo Exposto	Bertoni & Lombardi Neto (1999)	1,0

Fonte: Organizado pelos autores, 2010.

- P: Relação de prática agrícola. Quociente entre a perda de solo de uma parcela-padrão com uma determinada prática agrícola e de um lavrado segundo a linha de maior declive, em condições idênticas. A determinação de P foi realizada através de visitas a área de estudo. E para estimar o fator (P) foi adotado o valor sugerido por Bertoni & Lombardi Neto (1999), sendo caracterizado como morro abaixo com valor igual a 1,0.

Após a determinação de cada elemento discriminado anteriormente foram calculados o Potencial Natural de Erosão – PNE por meio dos elementos de Erosividade, Erodibilidade e Topografia, pois são as variáveis atuantes na quantidade e intensidade da erosão. Logo em seguida foi calculada a Perda de Solo por Erosão Hídrica da bacia, onde se considera agregado ao PNE as variáveis de Uso e Cobertura da Terra, que minimizam a atuação dos agentes

erosivos. Para ambos os cálculos são consideradas as unidades de medida como sendo ton/há.ano, justificado em função de a área de estudo não possuir um tipo de cultivo específico e predominância espacial.

A integração dos parâmetros foi realizada em ambiente *SIG* obtendo o mapeamento das áreas susceptíveis a perda de solo por erosão hídrica da bacia. Tal mapeamento, deu-se através da álgebra de mapas, que calcula valores determinados em matriz, onde são multiplicados, classificados e medidas geometricamente, conforme a EUPSR.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantificação dos índices erosivos, por meio da EUPSR, apresentou valores de erosão significativos, que podem comprometer a regulação do geossistema analisado. Dentre os fatores, a erosividade da bacia apresentou-se, no período de maio a setembro, com os mais baixos índices de erosividade ($<1000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{mês}^{-1}$), em função de que a pluviosidade é bastante restrita para esse período. Desse modo, o déficit hídrico reduz o rendimento das atividades agrícolas da região, da floração e produção de sementes e frutos, bem como torna a floresta bastante susceptível ao fogo, caracterizando a principal prática de manejo da terra na área da bacia. Nos meses de outubro a março, foram encontrados fortes índices de erosividade, uma vez que, nesse período, a quantidade de precipitação é maior em comparação ao restante do ano e, a depender das atividades de alteração da cobertura florestal praticadas nos meses de estiagem, os índices de erosão tendem a se intensificar, em virtude das fortes chuvas torrenciais. No mês de abril, nota-se um retrocesso nos índices de erosividade, justificado pela diminuição gradativa dos índices pluviométricos no período.

A erosividade anual na bacia do rio Mutum-Paraná chegou a $14.400 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com total anual de precipitação oscilando entre 1600 e 1900 mm. Esses dados mostraram-se muito similares aos de alguns trabalhos na região amazônica, principalmente na região de Manaus, como os estudos de Oliveira Jr. e Medina (1990), que indicaram índice anual acumulado de 14.129

MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹. Arruda (2005), estudando área no município de Coari, Amazonas, apresentou dados de erosividade com valores anuais acumulados de 10.326 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹. As similaridades entre os resultados, as diversas ferramentas e os métodos validam os resultados obtidos no presente trabalho.

Assim, verifica-se que uma maior quantidade de chuva anual não necessariamente produzirá maior EI30, já que esse índice está associado à maior concentração das chuvas, decorrente das características climáticas bem como da dinâmica e da influência de fatores associados à circulação atmosférica. Silva (2004), mapeando a erosividade no Brasil, concluiu que a erosividade anual é altamente dependente do total precipitado, tendo encontrado coeficiente de determinação de 0,97 entre essas grandezas.

Os índices de erosividade elevados podem estar associados ao uso inadequado de manejo da terra, que tem sido potencializado principalmente pelo aumento populacional reflexo das oportunidades de novos postos de serviços criados a partir do empreendimento das hidrelétricas do rio Madeira. Outro fator é a expansão da pecuária extensiva, o que indica um cenário preocupante para a gestão da bacia do rio Mutum-Paraná, pois implica necessariamente a substituição da floresta por pastagens. Somam-se ainda a diminuição da fertilidade dos solos e a limitação dos recursos hídricos em qualidade e quantidade. Tais fatores tendem a ampliar os índices de erosividade na região, cujo resultado estará alinhado com a insustentabilidade do manejo dos recursos hídricos. O estudo mostrou que a erosividade da área de estudo possui valores mensais “moderadamente forte” a “muito fortes” e anuais “muito fortes”, conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Classes de erosividade

Classes de erosividade	Valores de R (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.mês⁻¹)
1 – Fraca	R < 250
2 – Moderada	250 < R < 500
3 – Moderadamente forte	500 < R < 750
4 – Forte	750 < R < 1000
5 – Muito forte	R > 1000

Fonte: Adaptado de Carvalho (1994).

Neste caso, os períodos bem definidos de seca e chuva mostraram-se como determinantes na oscilação da erosividade mensal. Outra característica que ajuda a entender a questão é a mesoescala climática, que rege os processos hídricos da região. As médias de erosividade dos meses, numa série histórica de 10 anos consecutivos, revelaram-se bem de acordo com os níveis de precipitação, respeitando os períodos de estiagem e chuvas da região, conforme Figura 4.

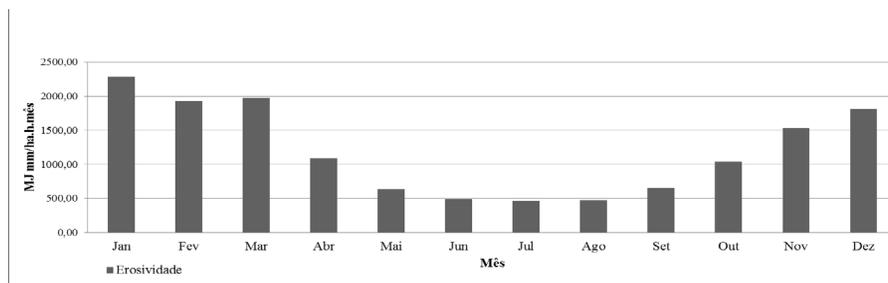


Fig. 4 – Erosividade média mensal da bacia do rio Mutum-Paraná
 Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA (2010).

Embora exista oscilação registrada na Figura 5, correspondente à erosividade média anual, identificou-se significativa diferença nos níveis de erosividade na série histórica da bacia, cuja diferença aproximada da amplitude é de $1.150 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Entretanto, os níveis médios anuais mostram-se altos: com taxas que chegam até $15.000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

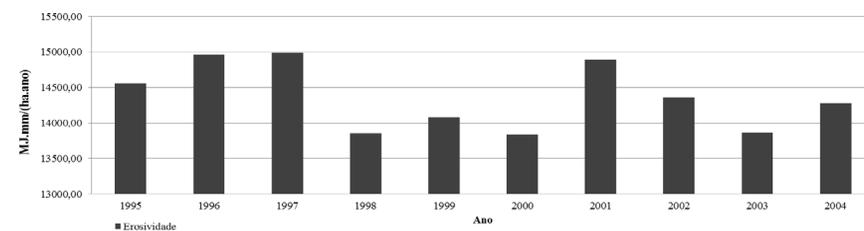


Fig. 5 – Erosividade média anual da bacia do rio Mutum-Paraná
 Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA (2010).

A distribuição da erosividade anual mostra-se com tendência de oeste/leste, comprovando as características morfoclimáticas da região, conforme Figura 6:

Erosividade Anual da bacia do rio Mutum-Paraná

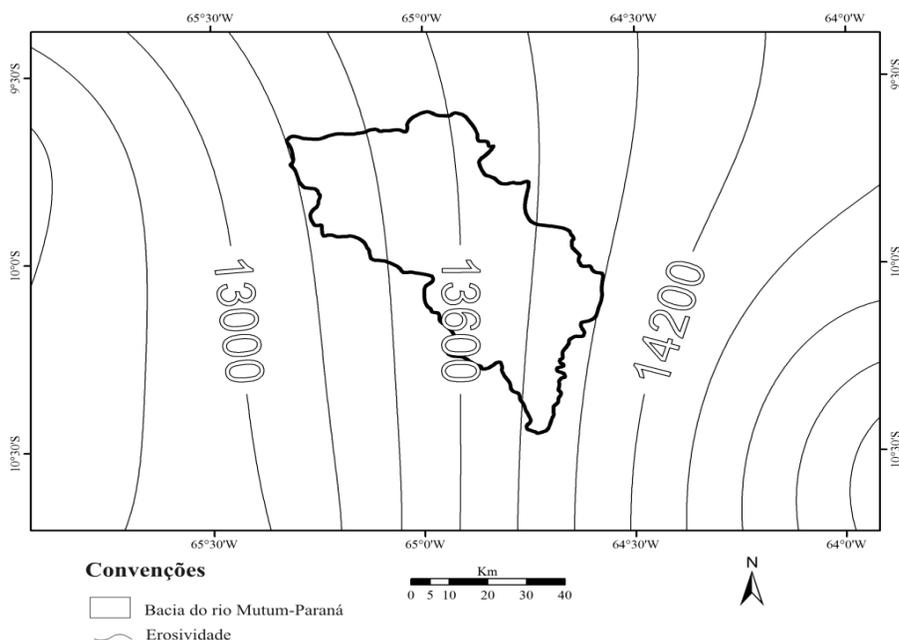


Fig. 6 - Espacialização da erosividade anual da bacia do rio Mutum-Paraná

Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA (2010). Organizado pelos autores.

3.1 Geomorfologia: Fator Topográfico – LS

O Fator LS apresentou valores pouco influentes, em virtude da baixa oscilação do relevo, o que geraram índices de escoamento superficiais baixos. A predominância do intervalo de (0-1), conforme Figura 7, mostra o quanto o fator pode influenciar positiva ou negativamente. A bacia também possui algumas concentrações de maior fluxo de acumulação que seguem as vertentes dos rios principais e boa parte dos secundários. A concentração acima de 7 graus do Fator Topográfico é notável, principalmente nas áreas de vertentes dos rios principais. Além de apresentar os maiores índices de declividade nota-se também que a influência geológica mostra-se moderadamente presente, uma vez que a densidade de drenagem para certos trechos da bacia torna-se muito baixa, o que em alguns casos pode seguir falhamentos estruturais.

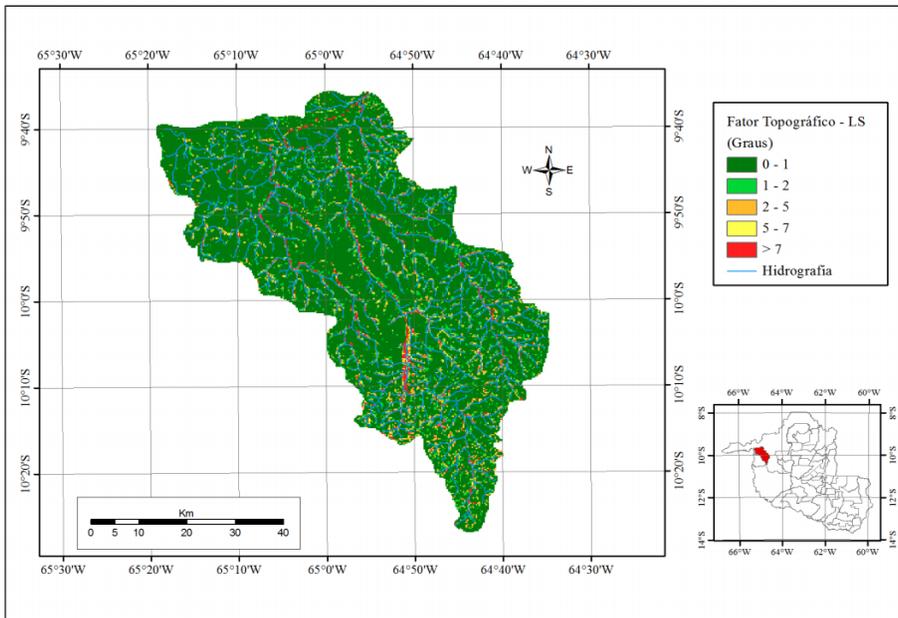


Fig. 7 - Fator Topográfico – LS da bacia do rio Mutum-Paraná.

Fonte: Dados do SRTM. Organizado pelos autores.

A característica plana da bacia estudada, principalmente ao norte da área, pode nos remeter para alguns equívocos, dentre eles, o fato de ser plana a região não significa que os índices erosivos sejam baixos, pois, em virtude de a região estar concentrada em uma grande bacia sedimentar, com solos arenosos e inconsolidados, podemos encontrar altos graus de instabilidade.

3.2 Exploração Biológica: Fator Solos

Os dados de erodibilidade dos solos foram adquiridos a partir de informações digitais de classes de solo do PLANAFLORO, juntamente com valores e características físicas adquiridos na revisão bibliográfica. Entretanto, para um maior nível de detalhe se fez-se necessário o levantamento dos solos da bacia com suas devidas características como supõe o método de Bertoni e Lombardi Neto (1999), permitindo o cálculo do valor de K mais aproximado. Em se tratando dos solos temos uma grande parte considerada como Latossolo Vermelho Amarelo conforme Figura 8, o que caracteriza a região como

sendo de baixa fertilidade natural, necessitando, em alguns casos, de insumos para a produção de grãos, como indica a aptidão agrícola da região.

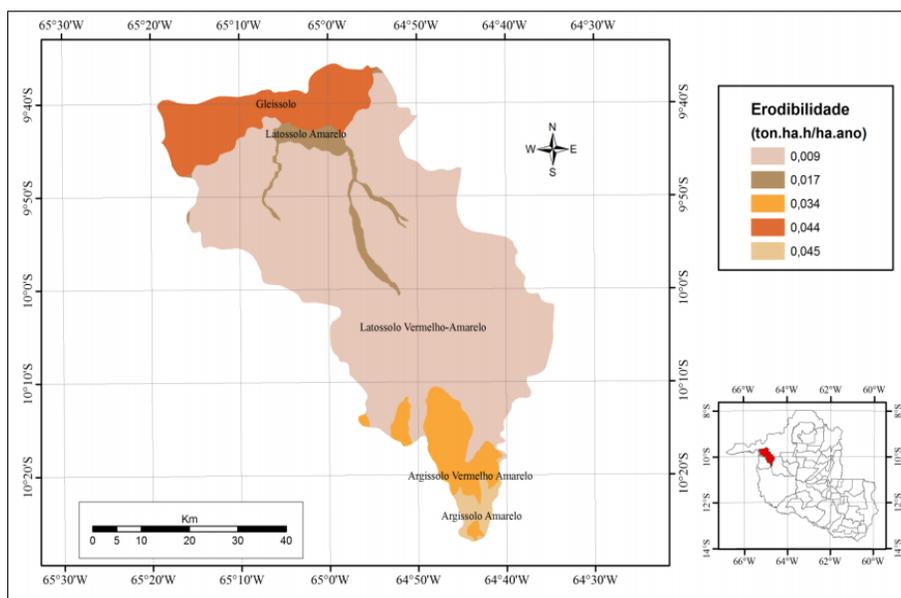


Fig. 8 - Erosibilidade dos solos.
 Fonte: RONDÔNIA, 2001. Organizado pelos autores.

Nota-se que a maior parte dos solos, aproximadamente 74%, é de Latossolo Vermelho Amarelo o que apresenta, em princípio, boa estabilidade estrutural, comparada com os outros tipos de solo. Quando mantida a vegetação original ou contida a intensidade da erosividade, essa predominância certamente caracterizará uma mancha de solo que terá pouca influência nos índices erosivos, por se tratar, de acordo com a descrição, de um solo bem mais estruturado e consolidado.

3.3 Ação Antrópica: Fator Cobertura Vegetal

Ao realizar a classificação do Uso da Terra, por meio de análise espacial constatou-se que a área de estudo possui grande parte de vegetação nativa, com aproximadamente 65,9 % da área total. O uso como pastagem é resultado principalmente das políticas territoriais destinadas para Rondônia conforme

Figura 9, ou seja, a maior parte das propriedades que detêm deste uso é gerenciada pelo pequeno produtor, provenientes de projetos de assentamentos agrários no Extremo Oeste do Estado. A pecuária é o setor que mais se expande na região, promovendo o desmatamento e a exposição parcial dos solos, acarretando em altos índices de perda de solo por erosão hídrica. Para cada classe encontrada na área de estudo foi dado um valor para o fator (C), adaptados de Cunha (1997), Tomazoni *et al.* (2005), Checchia (2005), Bertoni & Lombardi Neto (1999) e Farinasso *et al.* (2006), conforme descrito na metodologia.

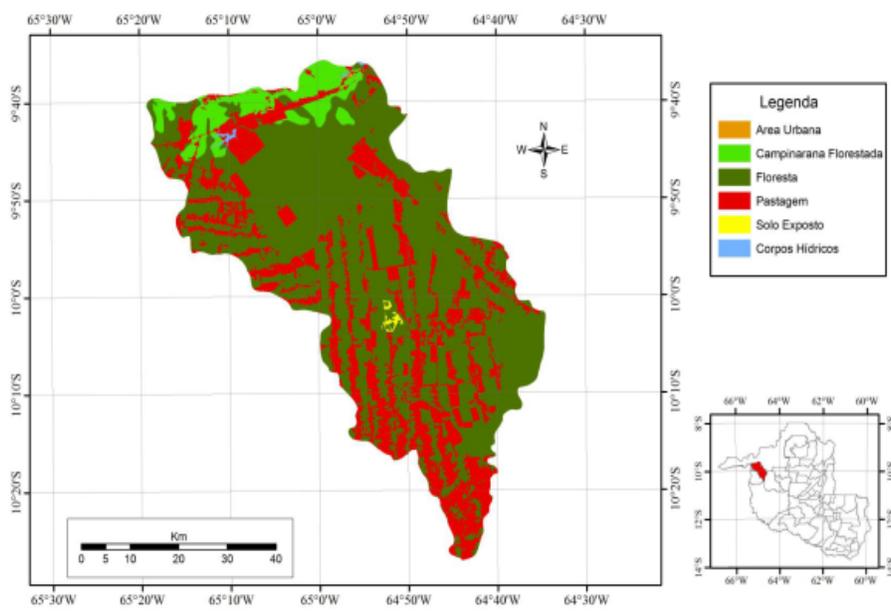


Fig. 9 - Uso e Cobertura da bacia.

Fonte: Imagem Landsat (2012) - INPE e trabalho de campo (Nunes, 2012). Organizado pelos autores.

3.4 Fator Manejo do Solo

Em virtude de a bacia apresentar boa parte de sua vegetação ainda preservada e áreas destinadas principalmente com pastagem, não foram utilizados métodos de manejo do solo como prevê a EUPSR, visto que a agricultura na região é de subsistência (Nunes, 2012).

3.5 Potencial Natural de Erosão – PNE

O resultado do potencial natural de erosão apresenta alta susceptibilidade à erosão da bacia, principalmente em regiões cujos tipos de solos são menos estruturados, como é o caso dos Argissolos e Gleissolos, encontrados no Sul e Norte da bacia, respectivamente. A maior extensão dos intervalos mostra como o PNE pode agir, acarretando grandes perdas de solos, caso haja uma supressão na cobertura vegetal da bacia (Fig. 10). Nas regiões de nascentes, principalmente, na parte sul da bacia verifica-se um maior potencial de erosão, potencializado pelo uso da terra na região (predomínio de pastagem), derivada de antigo projeto de colonização. Portanto, são duas justificativas que temos para definir essa área como vulnerável, sendo a primeira a vulnerabilidade natural ou potencialidade natural e a segunda a área de nascente que congrega a região, que serve de abastecimento para o restante do sistema da bacia.

Por meio de ambiente SIG e auxílio da extensão *raster calculator do software ARCGIS*, o valor calculado de perda de solo PNE foi de 10,479 ton/ha.ano, o que indica alto índice na região, ou seja, apesar de baixos índices de declividade, são outros elementos do sistema que tornam a área instável, com ênfase para as chuvas e os tipos de solo. Nesse sentido, de acordo com a prática que se instale ou se expanda na região, os valores poderão ser maximizados ou minimizados, o que nos remete a pensar em um melhor planejamento da área em questão.

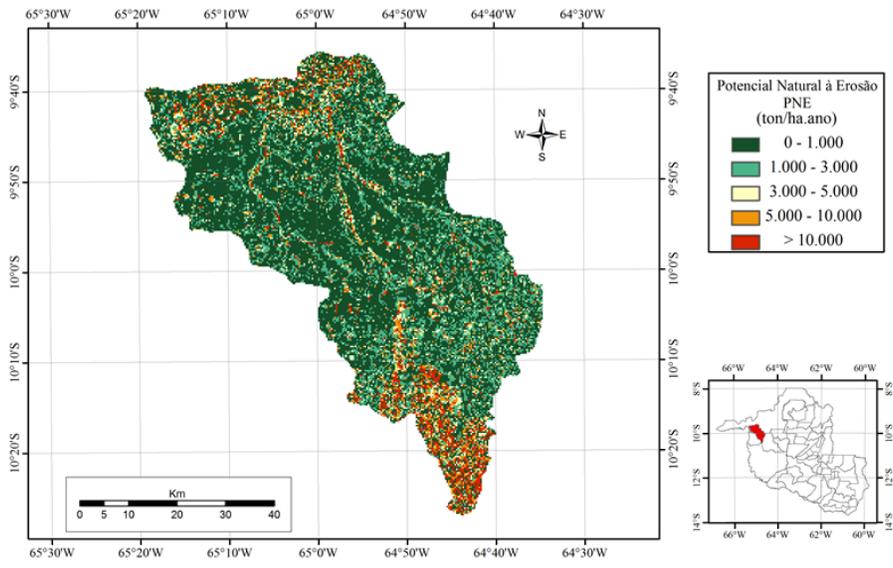


Fig. 10 - Potencial Natural de Erosão da bacia.
 Fonte: Dados da Pesquisa. Organizado pelos autores.

As taxas que predominam na região, conforme figura 11, mostra que aproximadamente 65% da área apresenta-se com índices entre os menores intervalos. Tem-se também, uma concentração de perda de solo nas vertentes que compreendem os principais rios, tais como o Rio Cotia, Rio Água Azul e Rio Mutum-Paraná, o que enfatiza as políticas de proteção das Áreas de Proteção Permanente – APP's. Desse modo, com a intensificação de usos inadequados nas áreas das principais drenagens teremos altos índices de assoreamento em curto intervalo de tempo, implicando na diminuição da quantidade de água nos canais de maior vazão.

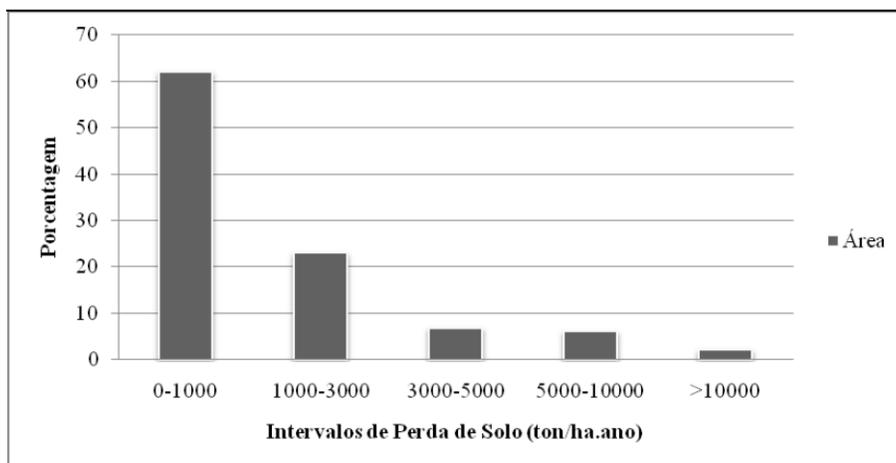


Fig. 11 - Taxa do Intervalo de Perda de Solo do Potencial Natural de Erosão da bacia.

Fonte: Dados da Pesquisa. Organizado pelos autores.

3.6 Perda de Solo Anual

A perda de solo anual calculada para o cenário atual da bacia é de 0,937 ton/ha.ano. O uso que impulsiona tal resultado é principalmente a pecuária extensiva, com uso de pastagem que se estende para boa parte das propriedades. Esse valor corresponde a 26,68% do total da área de estudo, ou seja, 93475,64 ha, o que é um valor bastante expressivo.

Confirmando o que o PNE apresentou nos resultados anteriores, a perda de solo anual está concentrada no norte e sul da área de estudo, destacando os elementos que definem os índices de vulnerabilidade natural a erosão como sendo a chuva e os tipos de solo. Nessas áreas os usos deverão ser restritos, pois a rentabilidade que atualmente se pode ter, acarretam em maiores investimentos para correções do solo, bem como, insumos e até mesmo restrições nos usos que atualmente estão instalados na região. Correspondendo a 2,92%, ou seja, 10230,46 ha da área total, o intervalo de 50 ton/ha.ano concentra-se nas regiões de Gleissolo e Argissolo. No Caso das regiões de Argissolo temos alguns agravantes que não se restringem apenas ao tipo de solo, o que pode ser verificado na Figura 12. A região mais susceptível está concentrada nas zonas de cabeceira da bacia, que abastecem os canais principais, além de se tratar de uma área territorialmente consolidada.

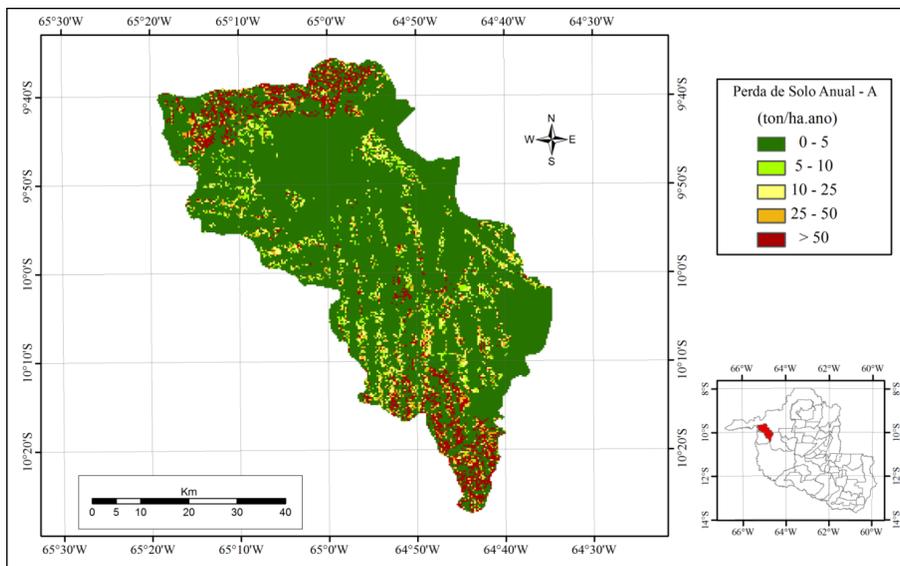


Fig. 12 - Perda de Solo Anual - A da bacia
 Fonte: Dados da Pesquisa. Organizado pelos autores.

De acordo com a Figura 13 temos valores que podem confundir a interpretação, ou seja, mesmo apresentando um maior valor entre os intervalos de 0-5 ton/ha.ano percebe-se que a erosão está concentrada nas áreas de maior instabilidade, em aproximadamente 15% da área de estudo, correspondente ao norte e sul da bacia.

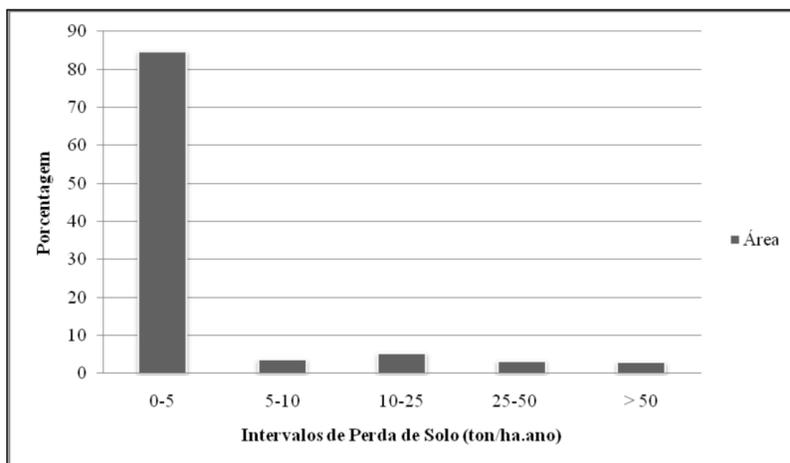


Fig. 13 - Taxa do Intervalo de Perda de Solo do Potencial Natural de Erosão da bacia.
 Fonte: Dados da Pesquisa. Organizado pelos autores.

3.7 Cenário Simulado (Pastagem)

A perda de solo anual calculada para o cenário simulado de pastagem da bacia é de 3,547 ton/ha.ano, ou seja, 2,610 ton/ha.ano maior que o uso atual da área. A Figura 14 apresenta espacialmente similaridade com PNE e com a perda de solo de uso atual. Entretanto, os valores de perda atual aumentam, principalmente nas regiões que são mais susceptíveis à erosão. O uso de pastagem consolidada mostrou-se com maior acúmulo nas regiões norte e sul da bacia, onde respectivamente correspondem aos Gleissolos e Argissolos. Rivero *et al.* (2009) demonstraram correlação positiva entre o desmatamento e a expansão da pastagem, corroborando os cenários indicados neste estudo.

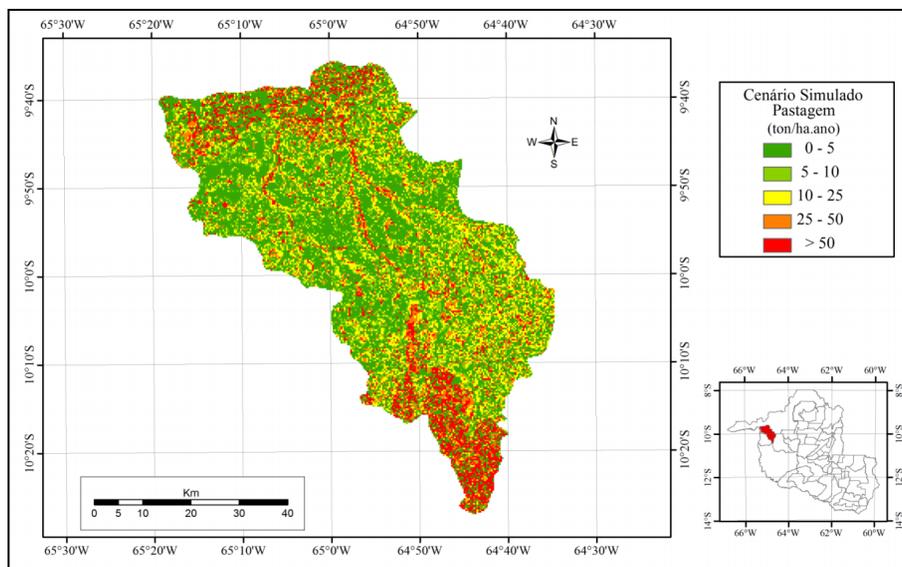


Fig. 14 - Cenário Simulado Pastagem da bacia.

Fonte: Dados da Pesquisa. Organizado pelos autores.

Desse modo, as perdas aumentam entre os intervalos que variam de 5 a 50 ton/ha.ano. Tais valores triplicam-se comparados ao uso atual, o que é significativo se potencializado o uso intensivo da pecuária na região, podendo promover grandes perdas e demandando cada vez mais investimentos para a correção, restauração e regeneração do mínimo de fertilidade natural da bacia.

Os valores apresentados mostram, comprovam e justificam que o uso intensivo por meio de pasto sugere prejudicar significativamente a região, promovendo que a médio e a longo prazos devem atingir o potencial econômico da área e consecutivamente a sociedade, conforme Figura 15. De fato, as pastagens na Amazônia não permanecem produtivas por muito tempo, necessitando de outras áreas para consolidação. Para o produtor torna-se caro fazer a manutenção dessas áreas, o que não justifica a derrubada de novas florestas para a expansão, mas que acaba sendo mais rentável para o investidor. A fim de atender aos anseios das políticas nacionais para a Amazônia, a região passa a mascarar o verdadeiro significado da economia regional, tornando as pressões e demandas internacionais como justificativas para o avanço do gado em novas áreas (FE-ARNSIDE, 1979; HECHT, 1982; SERRÃO, 1990).

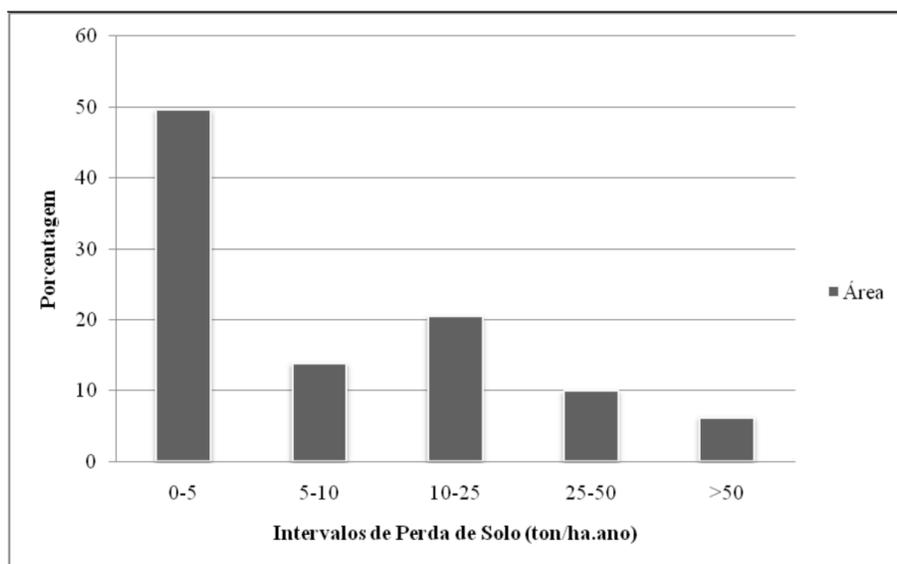


Fig. 15 - Taxa do Intervalo de Perda de Solo do Cenário Simulado Pastagem da bacia.

Fonte: Dados da Pesquisa. Organizado pelos autores.

A criação de gado aumenta a economia de uma dada área e o retorno econômico é reduzido com o passar do tempo, mas para unidades de produção familiar com baixa renda, sua importância não pode ser subestimada, devido aos custos de mão-de-obra a serem baixos e os rendimentos no volume de

produção serem consideráveis (HECHT, 1993). O que se percebe na bacia é o resultado de medidas econômicas voltadas para a região, que favorecem prioritariamente os grandes fazendeiros, por meio de maiores créditos, promovendo mais capital para investir em tecnologia, mantendo na maioria das vezes o cumprimento da legislação vigente.

Oposto ao grande produtor, o pequeno produtor, no entanto, além de ter sua linha de crédito menor, enfrenta problemas do não cumprimento da legislação, onde muitas vezes é penalizado por falta de informações das essências das leis. A região que possui maiores perdas de solo está concentrada onde atuam o pequeno agricultor, mostrando um dos resultados negativos dos projetos de assentamento que modificaram o contexto ambiental da região, e que confirmam a má atuação dos órgãos responsáveis pela Gestão Ambiental.

Importante destacar que o contexto de ocupação da área de estudo foi através de planejamento, possuindo um mínimo de gerenciamento territorial com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA, o que implica afirmar que mesmo com a atuação mínima do Estado, não estamos muito longe de alcançar o ápice da degradação ambiental na região. A diferença entre o uso atual e o cenário simulado como pastagem refletem uma política ambiental e de desenvolvimento sustentável muito longe do ideal.

4. Conclusão

As taxas de perda de solo registradas confirmam a vulnerabilidade da área da bacia de modo geral. Mas, é de suma importância destacar que algumas regiões bem concentradas, principalmente ao norte e ao sul da bacia apresentaram-se com grandes taxas de perda de solo, tendo como principal elemento natural os tipos de solos. O Potencial Natural de Erosão estabelece o grau de susceptibilidade da bacia com uma taxa média de 10,479 ton/ha.ano, apontando para a tendência futura de instabilidade ambiental da área.

Ao analisar o Geossistema da bacia constatou-se que o dinamismo natural, modificado pela colonização e revertido em problemas na qualidade do ambiente, tem aumentado a erosão significativamente em regiões naturalmente estáveis.

A perda de solo por erosão hídrica calculada para a bacia foi de 0,937 ton/ha.ano, sendo 10 vezes menor que a capacidade máxima de perda de solo, e com apenas uma área 96633,68 ha ou 27,58% do total da bacia. A tendência é o aumento da área para o uso de pastagem e consecutivamente maiores taxas de erosão, conforme dinâmica estabelecida pelos empreendimentos Hidrelétricos e a Regularização Fundiária, o que indica que o uso da terra atual pode ser incompatível com o sistema natural da região e que não está longe de alcançar seu ápice de potencial erosivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. **Análise geoestatística das concentrações de mercúrio no lago Puruzinho – Amazônia Ocidental**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente), Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Porto Velho. 82p. 2006.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Sistema de Informações Hidrológicas** – HydroWeb. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 16 dez. 2010.

ARRUDA, W. da C. **Estimativa dos processos erosivos na Base de Operações Geólogo Pedro de Moura, Urucu, Coari–AM**. Manaus, 2005. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais), Universidade Federal do Amazonas.

BATISTA, J.F. **A Evolução da Pecuária Bovina em Rondônia e sua Influência sobre a Configuração Territorial e a Paisagem**. Curitiba, 2014. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia Física), Universidade Federal do Paraná.

BERTOL, I. **Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981-1990**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 29, n. 9, set. 1994.p. 1453- 1458.

BERTOL, I. *et al.* **Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais.** R.Bras. Ci. Solo, 21:409-418, 1997.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** São Paulo, 355 p., 1999.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. In: Cadernos de ciências da terra. São Paulo, v. 13, p. 1-27 ,1972.

BIGARELLA, J.J. **Estruturas e origem das paisagens tropicais e subtropicais.** Florianópolis: EdUSFSC, 2003.

CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia prática.** Rio de Janeiro: CPRM, 1994.

CAVALCANTE M. M. A. *et al.* **Territorial transformations. In: THE AMAZON: Natural resources usage at Region Alto Madeira Rondônia, Brazil.** International Congress Development and natural resources: Mult-level and mult-scale Sustainability, Cochabamba, 2007.

CAVALCANTE M. M. A. **Transformações Territoriais no Alto rio Madeira: Hidrelétricas, Tecnificação e (re) organização.** Porto Velho, 2008. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Rondônia.

CHECCHIA, T. E. **Avaliação de perda de solo por erosão hídrica e estudo de emergia na bacia do rio Caeté, Alfredo Wagner – Santa Catarina.** Florianópolis, 2005. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina.

CHORLEY, R. J. *et al.* **Physical Geography: a system approach.** Londres, Editora Prentice Hall Inc. Co., 1971, 351p.

CUNHA, C. M. L. da. **Quantificação e mapeamento das perdas de solo por erosão com base na malha fundiária.** Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 1997. 93 p.

CUNHA, S. B. *et al.* **A Questão Ambiental: Diferentes Abordagens.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 248p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2ª Edição. São Paulo: Edgar Blücher, 1980. 200 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Ed. Edgard Blucher. 1999. 236 p.

DIAS, J. A. **As potencialidades paisagísticas de uma região cárstica: o exemplo de Bonito, MS.** Dissertação (mestrado em Geografia) 183 p. – Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente: UNESP, 1998.

DULEY, F.L. **Surface factor affecting the rate of intake of water by soils.** Soil Sci. Soc. Am. Proc., 4:60-64, 1939.

ENGEL, B. **Estimating soil erosion using RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) Using ArcView. 2003.** Environmental Systems Research Institute, Inc. ArcView Gis 3.2. USA ,1982-2000.

FARINASSO, M. *et al.* **Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS equação universal de perdas de solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba PI-MA.** R. Bras. Geomorf., 7:73-85, 2006.

FEARNSIDE, P.M. **The development of the Amazon Rain Forest: priority problems for the formulation of guidelines.** Interciencia, 4 (6): 338-342. 1979.

FEARNSIDE, P.M. Migração, Colonização e Meio Ambiente: O Potencial dos Ecossistemas Amazônicos. **Cadernos de Saúde Pública,** Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, p. 448-457, 1993.

GUERRA & CUNHA. **Geomorfologia e meio ambiente**. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 1996. 394 p.

HECHT, S. B. **Cattle ranching development in the eastern Amazon**. Doctoral dissertation, University of California, 1982.

HECHT, S. B. The logic of livestock and deforestation in Amazonia. **BioScience**, 43 (10): 687-695. 1993.

LANDIM, P.M.B. (2006) **Sobre Geoestatística e mapas**. Terra e Didática, 2(1): p.19-33. Disponível em <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica>>. Acesso junho de 2011.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. **Tolerância de perdas de terra para alguns solos de São Paulo**. Boletim Técnico n. 28. Campinas, Instituto Agrônomo, SP. 1975. 12p.

MANNAERTS, C. M.; GABRIELS, D. **Rainfall erosivity in Cape Verde**. *Soil Tillage Research*, Bélgica, n. 55, p. 207-212, 2000.

MARTINS, F.B. *et al.* **Zoneamento Ambiental da sub – bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS). Estudo de caso**. Cerne, Lavras, v.11, n.3, p.315- 322, jul./set. 2005.

MELLO, E. L. *et al.* Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico submetido à chuva simulada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.901-909, 2003.

MEIRELLES, M.S.P. *et al.* **Técnicas de inferência espacial**. In: MEIRELLES, M.S.P.; CAMARA, G. & ALMEIDA, C.M., eds. *Geomática: Modelos e aplicações ambientais*. Brasília, Embrapa, Informação Tecnológica, 2007. 593p.

MORAIS & COGO, N. P. **Comprimentos críticos de rampa para diferentes manejos de resíduos culturais em sistema de semeadura direta em um**

Argissolo Vermelho na Depressão Central-RS. R. Bras. Ci. Solo, 25:1.041-1.051, 2001.

MORRIS, G. L.; FAN, J. **Reservoir sedimentation handbook: design and management of dams, reservoirs, and watercheds for sustainable use.** New York: McGraw-Hill. 1997. 784p.

NUNES, D. D. **Hidrovia do Madeira: (re) configuração espacial, integração e meio ambiente.** Belém, 2004. Tese de Doutorado (Doutorado em Desenvolvimento Socioambiental) - Universidade Federal Do Pará.

NUNES, D. D. **Vulnerabilidade natural a erosão da bacia do rio Mutum Paraná– Porto Velho-RO (2009-2011).** Relatório de Pesquisa. Porto Velho: CNPq (MCT/CNPq/CT-Amazônia), 2012.

ODURO-AFRIYIE, K. Rainfall erosivity map for Ghana. **Geoderma**, Amsterdam n. 74, p. 161- 166, 1996.

OLIVEIRA JR., R. C.; MEDINA, B. F. A erosividade das chuvas em Manaus (AM). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n. 14, p. 235-239, 1990.

OLIVEIRA, F. A. **Estudo do aporte sedimentar em suspensão na Baía da Babitonga sob a ótica da geomorfologia.** Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ORTIZ, G. C. **Aplicação de métodos geoestatísticos para identificar a magnitude e a estrutura da variabilidade espacial de variáveis físicas do solo.** 75 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

RIVERO, S. *et al.* Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Revista Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 41-66, 2009.

RONDÔNIA, **Plano Agroflorestal de Rondônia – PLANAFLORO**. Porto Velho: TECNOSSOLOS, Relatório Técnico, 2001.

SALOMÃO, F. X. D. T. **Controle e prevenção dos processos erosivos**. In: GUERRA,

A. J. T.; SILVA, A. S. D.; BOTELHO, R. G. M. (org.) **Erosão e conservação dos solos** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 339p.

SCHICK, J. *et al.* **Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo**: I. Perdas de solo e água. R. Bras. Ci.Solo, 24:427- 436, 2000a.

SERRÃO, E.A.S. & J.M. TOLEDO. **La búsqueda de sustentabilidad en pasturas Amazónicas**. p. 303-335 In: A. Anderson (compilador) Alternativas a la Deforestación. Ediciones ABYA-YALA, Quito, Equador, 1990. 416 p.

SILVA, A. M. da. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, Amsterdam, n. 3, p. 251-259, 2004.

SILVA, A. M. *et al.* **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2004.

SOTCHAVA, V. B. **Definition de Quelques Notions et Termes de Géographie Physique**. Institute de Geographie de la Sibirie et Extrem Orient. 3: 94-177, 1962.

STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Bulletin of the Geological Society of America**, 63 (10): 1117-1142, 1952.

TERJUNG, W. H. **Climatology for geographers**. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 66, n. 2, p. 119-222, 1976.

TOMAZONI, J. C. *et al.* A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Anta Gorda (PR). **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v.3, n. 1, p. 01-21, jan-jun 2005.

TROPPMAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. 3ª edição. Rio Claro. Ed. do autor. 1989, 258p.

UHLMANN, G. W. **Teoria Geral dos Sistemas. Do atomismo ao sistemismo (Uma abordagem sintética das principais vertentes contemporâneas desta Proto-Teoria)**. 84p. São Paulo: Centro Interdisciplinar de Semiótica da Cultura e da Mídia, 2002.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transactions, American Geophysical Union**. Washington, n. 2, p. 285- 291, 1958.

CAPÍTULO 9

POLÍTICAS TERRITORIAIS E DEGRADAÇÃO DOS SOLOS NA PARTE CENTRO-SUL OCIDENTAL DA AMAZÔNIA

TERRITORIAL POLICIES AND SOIL DEGRADATION IN THE WESTERN CENTRAL SOUTH AMAZON

Luiz Cleyton Holanda Lobato

Leonardo José Cordeiro Santos

Tamires Cunha de Aguiar

1. Introdução

A problemática do processo de ocupação na parte centro-sul ocidental da Amazônia, de modo geral é, em parte, resultado do descontrole do Poder Público no que se refere à gestão das políticas territoriais pensadas e implantadas na região e que, portanto, se constituem como um dos elementos centrais para ampliação do desmatamento a partir da migração e a abertura frequente de novas estradas. Efeitos estes, que evoluem para degradação do ambiente, alterações da paisagem, considerando que a Floresta Ombrófila historicamente na região tem dado lugar ao pasto, e por fim, à extração, quase sempre ilegal, de madeiras (Fearnside, 1987; Ferreira, *et al.*, 2005; Arraes, *et al.*, 2012).

Diante desse cenário, vale salientar que em meio aos vários impactos ambientais, um mereceu destaque neste estudo, pois consistiu no processo de degradação física dos solos pelo efeito de encrostamento e compactação, caracterizado pela modificação dos seus agregados a partir do rearranjo de partículas por meio de processos complexos e dinâmicos que acabam exercendo influência direta na estrutura dos solos, condicionando o desenvolvimento de organismos

que dependem do oxigênio e da água contida no espaço poroso entre os agregados (Valentin e Bresson, 1992; Reis, *et al.*, 2009; Silveira, Seco e Pilatti, 2016).

Na esteira desse raciocínio, as formas de condução das práticas de uso podem alterar as características naturais do solo, diminuindo os poros, resultando em uma maior dificuldade de penetração das raízes, bem como desencadear carência de ar e de água no “*pedon*” (Stefanoski, *et al.*, 2013). Ressalta-se que, em cada região da Amazônia o impacto tende a apresentar diferentes características em função das diversidades dos aspectos geoambientais, por exemplo, do relevo, do solo e da vegetação, entre outros.

A dinâmica de uso e ocupação se expande por meio das vias de acesso, principalmente rodovias, as quais permitem a ocupação de áreas novas, onde se observa um padrão desordenado desse processo. São configuradas a partir de forças de retroalimentação positiva, e produzem mudanças exponenciais no ambiente, ou seja, mais e melhores estradas atraem mais imigrantes, enquanto que o aumento populacional justifica a construção de mais e melhores estradas (Fearnside, 2007; Nepstad *et al.*, 2001).

Ações Políticas Territoriais na área de estudo (Cf.: Fig. 01) são responsáveis pela difusão de ocupação em áreas inadequadas, considerando os fatores pedológicos e, neste caso, há fortes indícios de ocorrência de degradação física do solo a partir de processos de compactação e encrostamento, altamente danosos ao sistema ecológico. Na Amazônia legal, as políticas territoriais se caracterizam como elementos estruturantes de ocupação ao longo de estradas e de outras vias de acessos, fato identificado na área da pesquisa, a qual faz parte das zonas de maior incremento no desmatamento na região amazônica entre os anos de 2000 e 2010 (Brasil, 2012).

O objetivo desse trabalho é, portanto, analisar as relações entre as ações políticas territoriais e os respectivos efeitos sobre a degradação física dos solos a partir do processo de ocupação na área de entorno das rodovias BR-319 e BR-230 no centro-sul da Amazônia ocidental.

1.1 Entendimento das Dinâmicas de Ocupação e dos processos de degradação física do solo na área de estudo

A pesquisa foi estruturada em três partes: a primeira consistiu na fundamentação teórica metodológica, onde delineamos os conceitos que versam sobre o território e suas relações com as características dos processos de degradação ambiental. De modo que, para o entendimento dessa relação, considerou-se o *Território* na sua forma concreta, como expressão das relações de poder onde o suporte físico, objeto de planejamento, e os processos de degradação ambiental foram abordados enquanto elemento de subsídio a análise das propriedades físicas dos solos enquanto condicionantes à sua qualidade (BECKER, 1983; RAFFESTIN, 1993). Em seguida foram tratados aspectos de materiais e métodos, onde os procedimentos foram descritos de forma sistemática em etapas, no sentido de organizar a coleta dos dados, sua seleção, sua análise.

Na segunda parte traçamos uma breve revisão de literatura acerca das políticas territoriais de implantação de grandes obras de construção das principais redes viárias na parte centro-sul ocidental da Amazônia e sua influência na dinâmica de ocupação local, e os seus desdobramentos sobre o meio ambiente, a partir da configuração de redes viárias secundárias, sobretudo na área de influência dos trechos das rodovias BR-319 e BR-230.

A terceira parte versou sobre os resultados da pesquisa, os quais apontam às características da área, no que refere aos aspectos da dinâmica do Uso e Cobertura da Terra, onde foram apresentados os resultados da pesquisa em dois eixos temáticos: o primeiro, relacionado às ações territoriais, onde foram tratados os dados referentes à população; uso e cobertura da terra e desmatamento.

O segundo tratou dos indicadores de degradação ambiental, onde a alteração nas propriedades físicas do solo foi o principal indicador, considerando a resistência mecânica à penetração do solo. Isso serviu de base para elaboração dos gráficos de representação das áreas de maior degradação física dos solos no contexto geográfico da área de estudo.

Por fim, os dados sobre degradação do solo ancoraram as considerações finais da análise, as quais partiram da premissa de que há uma difusão de usos inadequados na área de abordagem da pesquisa em função de políticas territoriais inadequadas sem o devido conhecimento dos fatores ambientais limitantes.

A região estudada abrange uma área de aproximadamente 19.303 km² de extensão. Perpassa por três municípios amazônicos: Porto Velho-RO, Canutama-AM, Humaitá-AM, porém com influência indireta nos municípios de Lábrea, Manicoré e Apuí, todos no estado do Amazonas, conforme mapa da figura 01. Essa região está configurada como importante zona de penetração (migração), cujo fluxo é em grande parte originário de Rondônia e do Centro-Oeste do Brasil (Machado, 1992; Lobato, 2010), a partir dos dois grandes eixos regionais: as rodovias BR-319 e BR-230. Abrange as principais políticas territoriais consolidadas e projetadas na parte centro-sul ocidental da Amazônia.

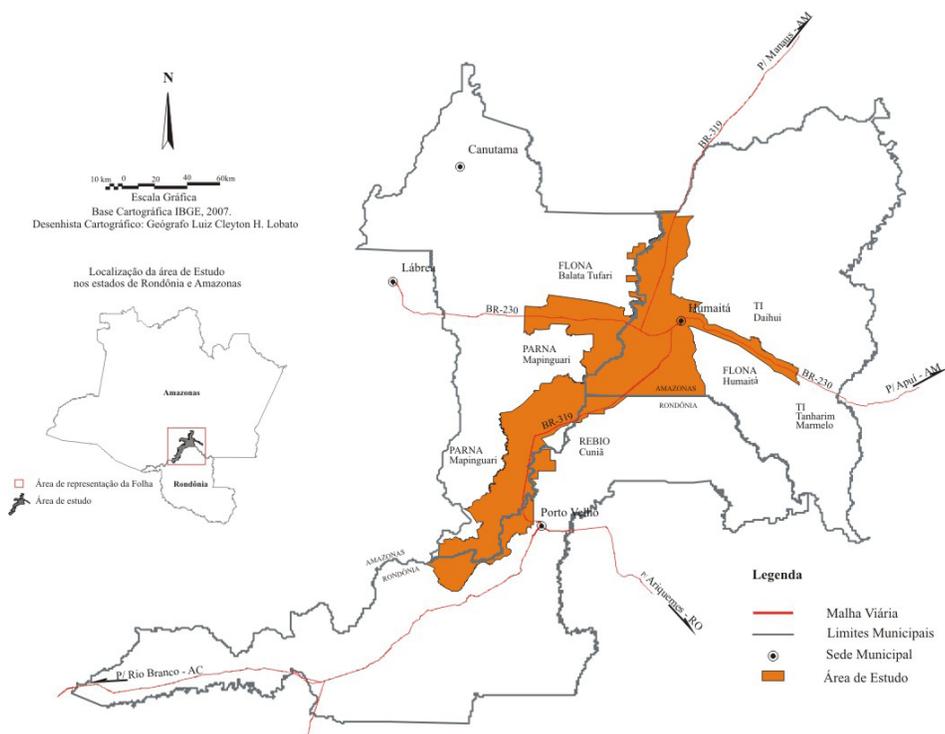


Figura 1 – Mapa de Localização da Área de estudo.

Fonte: Base Cartográfica compilada do Atlas do Brasil Digital fornecido pelo IBGE, 2002. Organizado pelos autores.

2. Fundamentação teórica: aspectos teórico-metodológicos

Como já esboçado, as análises seguiram por duas abordagens teóricas: uma sobre as *questões do território* e outra sobre as *questões ambientais*, de modo que possibilitou a caracterização de zonas de ocupação, assim como a identificação das áreas de contradições socioambientais. A proposta parte do entendimento do território na sua relação com o espaço, sua espacialização e os reflexos dessa trama no meio ambiente.

As *questões do território* tratam dos conceitos que engendram a configuração das políticas territoriais na Amazônia, as quais servem de argumentos importantes na compreensão do processo de ordenação da relação sociedade-natureza, considerando suas incorporações como parâmetros de políticas públicas que, conseqüentemente, se desdobraram em processos de ocupação (Mello-Théry, 2011).

A relação sociedade-natureza e suas complexidades vêm sendo compreendida de forma mais ampla a partir de meados do século XX, quando se iniciou uma maior percepção acerca dos problemas ambientais advindos do modelo de desenvolvimento vigente no contexto mundial (Moreira, 2009). Compreende-se essa relação a partir das zonas de contradições socioambientais, termo adaptado de Martinez-Allier (2007), que permite investigar as questões ambientais para além da internalização das externalidades.

Por sua vez, a *questão ambiental* é tratada a partir dos fatores de degradação física do solo, considerando os tipos inadequados de uso e cobertura da terra, assim como a forma de condução do manejo do solo ao longo das vias na parte centro-sul ocidental da Amazônia, com destaque para processos de degradação física dos solos que estão em curso sem controle do estado, principalmente problemas de compactação e encrostamento.

No entendimento das contradições socioambientais, partiu-se da ideia de Tricart (1977), onde coloca que para o processo de gestão do território ser desenvolvido de forma harmônica com o meio ambiente, considerando sua organização e ou reorganização, é necessário seguir diretrizes que derivam de diagnósticos preliminares, pelos quais as características físicas (geoambientais)

têm que ser identificadas e entendidas. O que definitivamente não se pratica na Amazônia no momento do planejamento de ações no território (Lal, 1977).

2.1 Materiais e métodos

Para identificação e entendimento dos efeitos dessas políticas territoriais no meio ambiente, mais particularmente nos processos de compactação e en-crostamento como formas de degradação física do solo, foram estabelecidas 4 etapas de pesquisa: Na etapa 1, definiu-se as áreas relevantes no contexto da problemática apontada para caracterização morfológica por meio da abertura de trincheira nos tipos de solos a partir de pontos representativos da área de estudo conforme Santos e Silveira (2005); Brasil (1994) e Brasil (1997), bem como realização de revisão bibliográfica sobre Políticas Territoriais na Amazônia.

Na etapa 2 realizou-se ensaios de penetrometria para identificar e entender os processos de alteração na estrutura dos horizontes do solo até a profundidade de 60 cm, considerando que nessa profundidade se dão as principais alterações na Resistência Mecânica à Penetração do Solo (Valentin E Bresson, 1992; Islam e Weil, 2000).

Na etapa 3, efetuou-se o levantamento da dinâmica de ocupação numa escala temporal dos últimos 14 (quatorze) anos. Esses dados foram referentes aos processos de ocupação, com destaque para os grandes projetos de infraestrutura; dinâmica populacional; uso e cobertura da terra, além de produção; transporte; redes de cidades, etc.

Por fim, na etapa 4, levantou-se informações referentes ao uso e cobertura da terra no contexto da área de estudo, as quais tiveram um tratamento isolado devido ao método utilizado de coleta na forma de formulário de coleta de dados georreferenciados (FCDG). Houve uma tabulação e cada tipologia de uso foi mapeada e espacializada numa base cartográfica, o que possibilitou a visualização das mesmas ao longo da área focal (Brasil, 2006b; Nunes, 2012).

2.2 Descrição morfológica

As trincheiras tiveram uma profundidade de aproximadamente 0,60m, no intuito de identificar alterações em função do uso e cobertura atual. O pro-

cedimento e os conceitos utilizados estão baseados nas diretrizes do Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Brasil, 1997).

Para o registro da descrição foi utilizado o Formulário de Coleta de Dados Geográficos / Descrição Morfológica de Solo (FCDG/DMS) específico para essa atividade. As informações coletadas são referentes aos elementos da paisagem no ponto de coleta (litologia; declividade; uso da terra atual; vegetação; relevo local e regional; unidade pedológica de mapeamento), e também espessura, transição, cor, textura, estrutura, porosidade, cerosidade e consistência, além de observações gerais no que se refere à presença de atividade biológica no horizonte e presença de raiz.

2.3 Análise da Resistência Mecânica do Solo à Penetração (RMPS)

Utilizou-se a penetrometria como uma metodologia quantitativa, que serviu de base para identificação e análise de áreas com processo de encrostamento e compactação como indicativos de degradação física do solo. Desse modo, o atributo utilizado foi a Resistência Mecânica do Solo à Penetração (RMSP), a partir do Índice de Cone (IC), pelo qual se obteve a comparabilidade e variabilidade estrutural dos diferentes tipos de solo. A resistência a penetração é uma das propriedades físicas do solo afetada pela compactação e pode ser investigada a partir da penetrometria (Beutler, et al., 2007; Camargo e Alleoni, 1997).

Para determinar o Índice de Cone (IC) da RMSP foi utilizado um *Medidor Estático Eletrônico*, modelo FALKER PenetroLOG – PLG1020; o cone de Tipo 1 de 20,27mm com uma haste de 0,60cm (conforme especificações do fabricante). A velocidade de penetração variou de 0,1mm/s a 0,50mm/s, controle efetuado por calibração prévia do equipamento.

Foram amostrados 14 transectos, com 20m de comprimento cada, e foram efetuadas 06 perfurações amostrais em linha, com intervalos de 4,0m, distribuídos aleatoriamente por cada tipo de solo na área de estudo, considerando os diferentes tipos de uso e cobertura. Os levantamentos de campo aconteceram no mês de junho, término do período chuvoso na região. Para o tratamento estatístico utilizou-se o programa Excel (Microsoft), onde se calculou a média do índice de cone (MPa) de cada transecto.

Os dados alicerçaram a identificação de áreas degradadas que apresentaram processos de encrostamento em decorrência da retirada da cobertura vegetal natural. O experimento foi efetuado em áreas com sinais visíveis de uso, terras abandonadas de pastagens e lavouras, e para efeito de comparação, também foram feitas coletas em áreas sem alterações na sua cobertura natural. Os dados sobre a umidade do solo nos locais de coleta são de caráter secundário compilados de Brasil (1978a; 1978b).

Para análise do grau de compactação e encrostamento, considerou-se os limites para o desenvolvimento radicular, o qual é inversamente proporcional à RMSP, ou seja, quanto maior a resistência mecânica do solo a penetração, menor as possibilidades de desenvolvimento de raízes. Nesse sentido adotou-se parâmetros para avaliação da RMSP baseados em Taylor *et al.* (1966); Tormena *et al.* (1998); Lapen *et al.* (2004), os quais indicaram que valores de 2MPa tem sido um impedimento ao desenvolvimento do sistema radicular e restringem o crescimento de raízes.

3. Políticas Territoriais e degradação dos solos na porção centro-sul ocidental da Amazônia

As Políticas Territoriais que se configuram nessa parte da Amazônia, fazem parte dos planos de desenvolvimento regional, cujo objetivo consiste: na repavimentação da rodovia BR-319; em programas de regularização fundiária; na implantação de projetos de assentamento agrário; na construção do complexo hidrelétrico do rio Madeira; na hidrovia do rio Madeira; no programa “Luz para Todos” de eletrificação rural; assim como em programas de insumo à agricultura familiar como o PRONAF e em programas de financiamentos a grandes produtores rurais, a exemplo do FNO; programa de mobilidade urbana a partir do PAC e; por fim, melhoramento do complexo portuário de Humaitá-AM e de Porto Velho-RO, etc. (Brasil, 2002; 2010; 2011).

Notavelmente as políticas territoriais, que resultaram nas mais diferentes formas de ocupação da Amazônia, ainda causam efeitos de degradação física nos solos (Guerra e Mendonça, 1996), no entanto, diante dos vários aspectos de

degradação, este trabalho visou compreender os resultados sobre os da compactação e encrostamento, de modo que as relações entre as Políticas Territoriais e as características pedológicas pudessem indicar situação de contradições socioambientais no processo de uso e ocupação dessa parte da Amazônia.

O entendimento dessas contradições socioambientais consistiu na identificação e caracterização de localidades resultantes dos processos de ocupação na área de estudo, onde se observou que houve incoerência entre o que se propôs para o tipo de uso, e as características ambientais locais do solo. De modo que pudessemos entender em que medida o meio ambiente absorve os investimentos em infraestrutura, os quais, a depender de sua intensidade e espacialidade, pudessem influenciar na geração de impactos (Guerra e Cunha, 1998; Guerra e Botelho, 2008).

Observou-se que na área de estudo as contradições socioambientais têm sido mediadas por propostas de Zoneamento Socioeconômico e Ecológico, que se configuram em políticas públicas de demarcação de áreas institucionais (Terras Indígenas e Unidades de Conservação), pelas quais o poder público tenta conter a ocupação e seus efeitos impactantes. Contudo, paradoxalmente a estas ações de mitigação, surgem os programas governamentais que estimulam o processo de ocupação, como os programas institucionais de organização fundiária; de financiamentos rurais; de eletrificação rural; programas de recuperação de rodovias entre outros, cujo grande problema está na falta de qualquer estudo de predição de impacto no desmatamento, assim como nos solos da área em questão (Brasil, 1997).

Nessa parte da Amazônia, as ações para sistema viário buscam consolidar duas importantes rodovias: a BR-319 e a BR-230. Na primeira, temos obras de repavimentação e, na segunda, obras de manutenção e melhorias de trafegabilidade. Essas rodovias foram caracterizadas como importantes vetores de expansão de ocupação dessa região (Brasil, 1979), o que justificou a opção pelas análises focadas nessas rodovias e os problemas ambientais decorrentes da ocupação no seu entorno, somado às rodovias secundárias.

Essas duas rodovias foram construídas no final dos anos 60, são importantes eixos de transporte da parte centro-sul da Amazônia, porém, passaram

um longo período sem manutenção e sem a utilização de grande parte de seu traçado, o que possibilitou que o processo de ocupação no seu entorno fosse estagnado nesse período, mantendo as características ambientais naturais sem grandes alterações (Brasil, *op. cit.*).

Nos últimos anos, o projeto de recuperação e reestruturação do sistema de transporte entre Porto Velho-RO e Manaus-AM, está sendo de fato concretizado, gerando expectativas positivas tanto nos produtores rurais quanto no empresariado local, entre os quais pecuaristas e madeireiros (Brasil, 2002). Por outro lado, se tornou uma preocupação sobre as limitações ambientais, mais precisamente sobre o potencial de uso da terra no entorno das vias, mormente pela ocupação desordenada, cujo reflexo é o desmatamento sem controle e diversos tipos de usos inadequados (Lobato, 2010).

Por isso é justo afirmar que o atual curso das Ações Políticas Territoriais na área de estudo tende a ser responsável pela difusão de ocupação em áreas inadequadas, considerando os fatores pedológicos, no que tange à degradação física a partir de processos de compactação e encrostamento, aqui apresentados.

3.1 Características do Uso e Cobertura da Terra

O desafio deste trabalho foi entender que na área de estudo, nem sempre a ocupação antrópica é a principal responsável por processos de degradação física do solo, visto que a região possui características naturais de fragilidades ecológicas em função da composição da paisagem (Brasil, 1978a), o que exige um melhor entendimento sobre a efetividade do uso do território, bem como do uso dos recursos naturais (Fearnside, *et al.*, 2012).

Considerou-se a relação entre processo de ocupação e fatores ambientais de degradação física do solo na área de estudo, como resultado das chamadas Alças Causais, cujo conceito está pautado sobre as forças que existem por traz do desmatamento, e que por sua vez estão ligadas aos processos de retroalimentação positiva (ou negativa), gerando um ciclo vicioso das mudanças mais expressivas sobre fatores ambientais, entre eles a qualidade do solo (Fearnside, 1987).

O rápido avanço do desmatamento evidencia mudanças no Território Amazônico em face do avanço da dinâmica econômica sobre a região. Por exemplo, políticas governamentais de cunho econômico que incidem diretamente na expansão da produção de *commodities*, indicaram para o período de 1990 a 1997, com base nos dados do projeto PRODES (Brasil, 2004) cerca de 100.000 km² de perda florestal na Amazônia brasileira decorrente dessas dinâmicas no território. Segundo Achard *et al.* (2002), para esse mesmo período, a perda florestal para toda a América Latina foi de 150.000 km², ou seja, o desmatamento na Amazônia brasileira correspondeu a aproximadamente 66% do total registrado.

No contexto territorial dessas áreas de expansão da fronteira agrícola, nota-se uma diversificação dos sistemas produtivos, em função da experimentação e da especulação comercial, as quais são marcantes nessas áreas, somado ao fato da qualidade diferenciada dos solos e ao desconhecimento dos efeitos das práticas agropecuárias sobre a fertilidade dos mesmos (Bowman, 1971).

Outro motivo a ser considerado para essa diversificação é a desigualdade referente ao grau de capitalização dos ocupantes, o que contribui para configuração de zonas de conflito na região, marcadas por apropriação de terras, diversidade cultural entre os agentes sociais, e os diferentes acessos aos sistemas de comercialização, somado às dificuldades impostas pelas características geoambientais da região (Coy, 1987; Machado, 1992).

As do desmatamento na Amazônia explica-se por questões historicamente inter-relacionadas, e compreendidas a partir dos incentivos fiscais (Mahar, 1998; Moran, 1993) e das políticas de colonização que contribuíram no processo de ocupação da região (Hecht, 1985; Hecht e Cockburn, 1990; Andersen e Reis, 1997; Laurence, 1999). Resultado do processo migratório originado de regiões com problemas sociais – Sudeste e Nordeste principalmente (Skole *et al.*, 1994). Também pode ser explicado pelos cenários macroeconômicos atuais, que configuram modos de utilização/exploração da terra mais sofisticados e “agressivos” (Margulis, 2003; Mertens *et al.*, 2002; Kaimowitz *et al.*, 2004), com destaque para formação de pastagens e cultura temporária, principalmente a soja (Alencar e Moutinho, 2005).

Outro fator atribuído a esse quadro diz respeito aos investimentos em infraestrutura, sobretudo a abertura de estradas e pavimentação (Carvalho *et al.*, 2001; Laurence, 2000; Huertas, 2009). Os investimentos planejados para asfaltamento de rodovias na região servem de vetor à expansão da fronteira agrícola, desencadeando a conversão de florestas em pastagens e ou áreas agrícolas (Nepstad, *et al.*, 2001).

As rodovias enquanto resultado prático das Políticas Territoriais, funcionam como vetor de ocupação nessa parte da Amazônia centro-sul ocidental, diferentemente das ações em relação às hidrovias. Estudos dos impactos ambientais e ou de vizinhança (EIA e EIV) que antecedem a construção das rodovias, não são capazes de antever problemas que extrapolam a área do seu traçado passando a ser geridas pela administração pública e não mais pela organização construtora (Soares-Filho, 2005).

A tabela 01 expressa o resultado da mensuração da área do uso e cobertura da terra. Conforme se observou, as Florestas apresentam 78% e as Estruturas Campestres 4,65% da cobertura total da área de estudo.

Tabela 1: Área total por tipo de Uso e Cobertura da Terra na área de estudo.

Tipologias de uso e cobertura da terra	Área km²	% proporção
Florestas	10.240,0	78,03
Estrutura Campestre	610,9	4,65
Área Urbanizada	29,5	0,22
Pesca de Subsistência	39,8	0,30
Aquicultura	0,9	0,01
Lavoura Permanente	8,5	0,06
Lavoura Temporária	122,7	0,93
Pecuária	1.035,0	7,89
Sistema Agroflorestal	2,5	0,02
Sistema Agropecuário	602,0	4,59
Sistema Agrossilvipastoril	324,8	2,47
Sistema Silvicultura	107,1	0,82

Fonte: Dados de Campo coletados e organizados pelos autores, 2013/2014.

Dentre os tipos de uso da terra, nota-se a predominância da pecuária, o que pode explicar os impactos nesse sistema produtivo sobre o meio ambiente, entre os quais o de compactação (Lobato, 2010). A evolução do rebanho bovino na área de estudo confirma a efetividade da rentabilidade da pecuária nessa parte da Amazônia, visto que o crescimento do rebanho bovino na área, possui taxa maior do que a nacional e da região norte. O que indica que o processo de avanço da fronteira pecuária em direção a essa parte da Amazônia é atual e contínuo, seguindo dois grandes vetores: o eixo das rodovias BR 319 e BR 230. Outras atividades produtivas são encontradas na região, como lavouras temporárias e permanentes, que se caracterizam de menor incidência, mas não deixam de ter sua importância no sistema produtivo local, e que somadas, possuem forte influência no desmatamento por configurarem a primeira fase do avanço da fronteira na região.

3.2 Solos e os seus fatores de formação na área de estudo

Entende-se por fatores de formação dos solos, as características geoambientais, a distinção dos aspectos geopedológicos e considerações sobre os processos ambientais existentes na área em evidência que influenciam na formação dos solos. Na tabela 2 estão descritos os tipos de solos presentes na área de estudo e a representatividade de cada tipologia de solo na área de estudo conforme mapeamento compilado do Projeto RADAMBRASIL (Brasil, 1978a; 1978b).

TABELA 2: Tipos de solos e sua representatividade na área de estudo

Pedologia	Letra símbolo	Área km²	Representação %
Cambissolo háplico alítico	CXal	997,38	7,63
Espodossolo ferrihumilúvico írtico	ESKo	99,9	0,76
Plintossolo argilúvico aluminico	FTa	282,8	2,16

Plintossolo argilúvico distrófico	FTd	0,7	0,01
Plintossolo háplico aluminico	FXa	987,2	7,55
Gleissolo háplico ta distrófico	GXvd	338,3	2,59
Latossolo amarelo distrófico	LAd	312	2,39
Latossolo vermelho-amarelo aluminico	LVAa	815,5	6,24
Latossolo vermelho-amarelo distrófico	LVAd	89	0,68
Argissolo vermelho-amarelo aluminico	PVAa	712,7	5,45
Argissolo vermelho-amarelo distrófico	PVAd	8.216,2	62,82
Neossolo flúvico tb distrófico	RYbd	227,6	1,74

Fonte: Projeto RADAMBRASIL, tema Solos (BRASIL, 1978a; 1978b). Organizado pelos Autores, 2014.

A área de estudo consiste numa região predominantemente dissecada em interflúvios tabulares e em colinas na porção sul, próximo a cidade de Porto Velho-RO. Na parte dissecada desses interflúvios ocorre uma definição de horizonte argílico devido ao processo de podzolização, facilmente identificado em campo. São formados por sedimentos da Formação Solimões do Pliopleistoceno (TQs), arenitos de granulometria fina a média, argilitos e argilitos siltitos, siltitos maciços ou finamente laminados (Brasil, 1978b).

Essas características litológicas formam solos com capacidade de troca da argila geralmente inferior a 16%; soma baixa de bases, característico das argilas do grupo da caulinita na sua formação. Há predomínio de Argissolos Vermelho Amarelos Álicos Plínticos, associados a Laterita Hidormórfica Álica, com

sedimentos formadores pertencentes ao Holoceno. Fato que explica a predominância de solos com cores variegadas (vermelho, amarelo, marrom e cinza-esverdeado), com textura arenosa a franco arenosa, solos pobres, de caráter **álico**, com B textural e fertilidade natural média a baixa. Estas características dos solos dão-se em função da composição físico-química das litologias predominantes, conforme dito anteriormente (Brasil, *Op. Cit.*; Resende *et al.*, 1999).

Os Argissolos observados em áreas de depressão com características estreitas e alongadas em forma de filetes, dando suporte a uma vegetação de Formação Pioneira das depressões, ou seja, características geomorfológicas primárias de áreas de Acumulação Inundável (Ai). Caracterizam-se pela presença de um horizonte A2 espesso, apresentando perda de argila, ferro ou alumínio, de coloração pálida. Também apresentando acúmulo de húmus e ferro iluvial revestindo as partículas de areia e silte. Nessa classe de solo, algumas vezes pode ocorrer o processo de cimentação em decorrência da aglutinação de silte e areia. Também são encontrados em regiões dissecadas de interflúvios tabulares, comportando-se em manchas contínuas e sinuosas compondo a paisagem dos bordos dissecados dos relevos movimentados.

Vale salientar que a interação do teor de ferro com as condições climáticas influencia na cor do horizonte B, é um importante atributo taxonômico. Desse modo, menores teores de ferro, característico dessas formações litológicas e clima úmido favorecem a formação de goethita, que é o mineral responsável pela coloração amarelada nos solos da área (Figura 02a). Alguns desses solos apresentam horizonte mosqueado resultantes da flutuação do lençol freático (Figura 02b), onde o óxido de ferro aparece nas fendas e manchas de textura menos compactada, sendo consequência da segregação e oxidação do ferro que anteriormente se achava na rocha inalterada. As condições de ocorrência desses mosqueados nos perfis variam de 10 a 20cm da superfície, e estende-se por todo o horizonte B e C, evidenciam a oscilação do lençol freático.

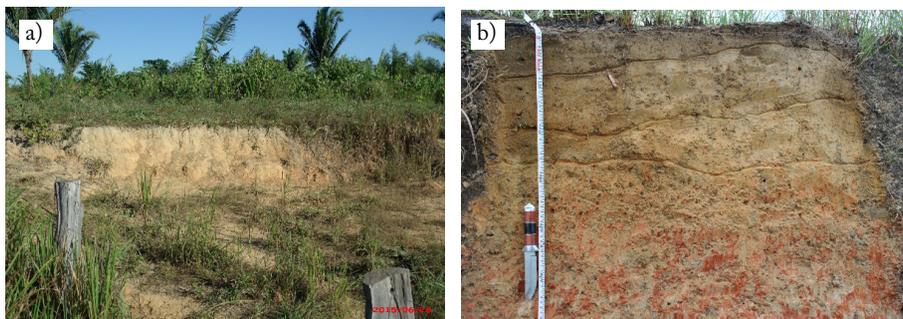


Figura 02: a) Foto de perfil de Argissolo com coloração amarelada sobre a Formação Solimões. Localização: Linha 09, P.A. Joana D'Arc III, Porto Velho-RO. Localização W 64°30'48" / S 09°01'57". b): Foto de perfil de Argissolo com mosqueado. Ramal de acesso ao PARNA Mapiunguari, km 120 de Porto Velho. Localização W 63°49'27" S 07°57'27".

Fonte: Luiz Cleyton Holanda Lobato, 2015.

A vegetação sobre grande parte desses solos plínticos é de Floresta Tropical Aberta de Terras Baixas com palmeiras. Todavia, existem algumas manchas de solo que comportam vegetação do tipo Cerrado, como as que ocorrem na parte central da área de estudo nas proximidades da cidade de Humaitá-AM. Nessas áreas ocorrem Plintossolos em manchas contínuas nos topos aplainados, nas áreas centrais dos interflúvios (Figura 03a). São solos mais ou menos drenados, que apresentam um horizonte argílico com a plintita formando uma fase contínua abaixo dos 30 cm da superfície.

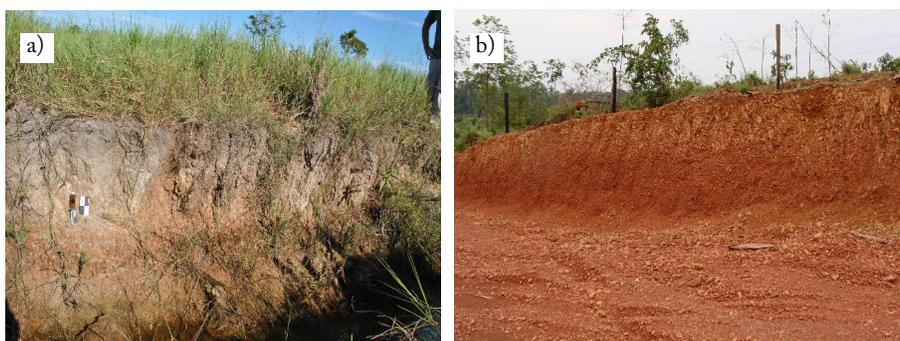


Figura 03: a) Foto de perfil de Plintossolo sob vegetação de Savana Parque. Rodovia BR-319, km 127 de Porto Velho. Localização W 63°46'38" S 08°09'00". b) Formação de horizonte plíntico em Laterita Hidromórfica, perfil de estrada. Ramal Jatuarana. Formação Detrito-laterítica. Localização: W64°07'43" S 08°49'31".

Fonte: Luiz Cleyton Holanda Lobato, 2015.

Nesse processo pedogenético também se encaixa o Cambissolo, que foi identificado na parte norte da área de estudo, normalmente encontrado em interflúvios tabulares de entalhes incipientes e nos terraços fluviais mais altos. Possui características de um solo embriônico, em início de formação, não hidromórficos. Apresentam horizonte B insipiente, cuja textura varia de franco-argilosa a argilosa e a estrutura é geralmente maciça, ocorrendo também situação de estrutura de blocos sub-angulares.

A Laterita Hidromórfica apresenta um horizonte argílico com a plintita formando uma fase contínua abaixo dos 30 cm da superfície do solo, também podem apresentar um horizonte óxido com a plintita distribuída abaixo ou dentro dos 30cm superficiais do solo (Figura 03b).

Esses perfis de concreções lateríticas, comumente encontrados na porção sul da área de estudo, supostamente têm sua origem na desagregação de antigas superfícies laterizadas, resultante de intensos processos erosivos constituindo padrões de drenagem muito denso, o que se observa nas cabeceiras do rio Mucuí (divisa do município de Canutama-AM com Porto Velho-RO), limite sul da área focal.

Outro processo pedogenético identificado na área de estudo está relacionado a características que evidenciam contribuições das rochas do Pré-Cambriano. São solos bem drenados, profundos, friáveis e de textura predominantemente média, caracterizados por apresentar a relação K_i inferior ou próximo de 2, elevado grau de flocculação, relação silte/argila inferior a 0,65 na maioria das ocorrências, evidenciando a presença de podzolização, nesse contexto identificou-se os Latossolos. Nesses solos a cobertura vegetal é predominantemente formada por Floresta Ombrófila Aberta com palmeiras (Abp) (Brasil, 1978b; Lepsch, 2010).

3.3 Degradação Física dos Solos: circunstâncias e efeitos

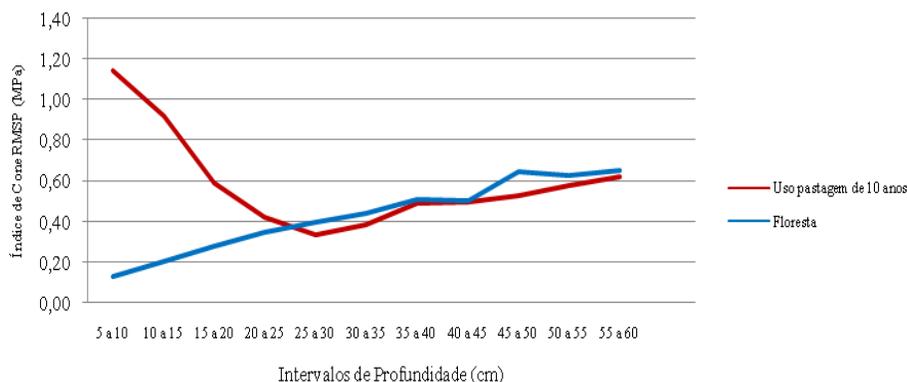
Neste item se desdobram as discussões acerca do processo de degradação física dos solos por compactação e encrostamento a partir da variação da resistência mecânica dos solos à penetração (RMSP), como resultado da dinâ-

mica de ocupação, considerando a temporalidade do uso e da cobertura atual. Essas mensurações indicaram os efeitos sobre a estrutura física do solo. O intuito é o de demonstrar processos de degradação física do solo por compactação e encrostamento em áreas ocupadas inadequadamente, e que estão sob influência de ações de políticas territoriais. Os levantamentos foram realizados conforme as diferenças entre as situações de uso e cobertura por tipo de solo.

3.3.1 Resistência Mecânica à Penetração Dos Solos (RMPS)

As implicações iniciais foram constatadas em Argissolos, e evidenciadas nos gráficos 01 e 02, onde são demonstradas alterações nos valores do índice de cone da RMSP de dois usos distintos, comparados com situação de floresta primária. O primeiro consistiu em uma área de pastagem com 10 anos de uso, e o segundo, se refere a uma área de lavoura permanente de 15 anos, ambos identificados em campo como fazendo parte de áreas sob manejo familiar de pequeno porte, localizados na parte sul da área de estudo.

Gráfico 01 - da comparação do índice de cone da RMSP entre pastagem e floresta sobre Argissolo



Fonte: Organizado pelos autores.

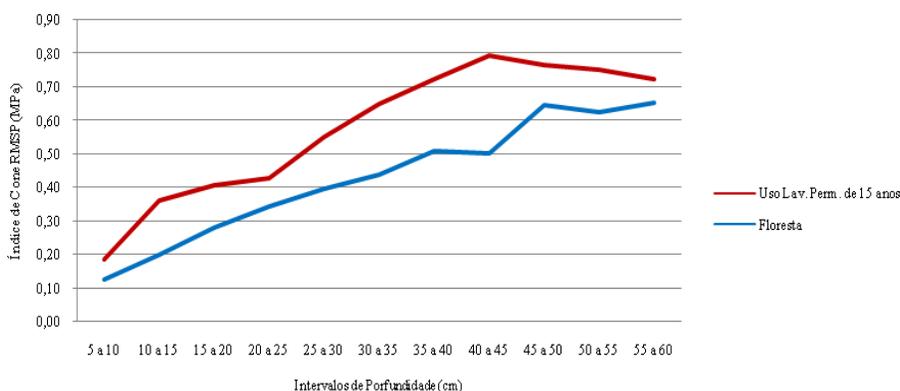
O gráfico 01 mostrou que a principal diferença de valores do índice de cone da RMSP encontra-se até a profundidade de 25 cm. Para pastagem de 10 anos os dados apontam um índice de 1,15 MPa, enquanto que para floresta de 0,13 Mpa. Após esta profundidade o comportamento do índice fica semelhante entre as duas situações. Salienta-se que o valor do índice ainda não alcança o

limite para o crescimento de plantas e raízes, que é de 2,0 MPa, entretanto está aproximadamente 800% acima do índice em condição natural do solo identificado em áreas com cobertura de floresta natural.

Nota-se as alterações ocorridas nos horizontes superficiais depois da retirada da cobertura natural, indicando que ocorreu o processo de alteração física do solo, desencadeando a degradação por compactação a partir do uso estabelecido de pastagem. Entende-se então que a pastagem plantada nesse tipo de solo, se caracteriza como atividade danosa e que se mostra como indicador de degradação física do solo a partir da compactação dos horizontes superficiais, sobretudo em propriedades de projetos de assentamento agrários, onde o produtor é de pequeno porte econômico e não possui capital de investimento para melhoramento da produção.

Na análise sobre a lavoura permanente, verificou-se que a curva de tendência das duas situações está no mesmo sentido (Gráfico 02), tanto no uso quanto na cobertura original. O índice de cone inicia com valores baixos no intervalo de 5 a 10 cm de profundidade, não chegando a 0,20 MPa, o que indica a manutenção da estrutura física do solo.

Gráfico 02 - comparação do índice de cone da RMSP entre lavoura permanente e floresta sobre Argissolo.

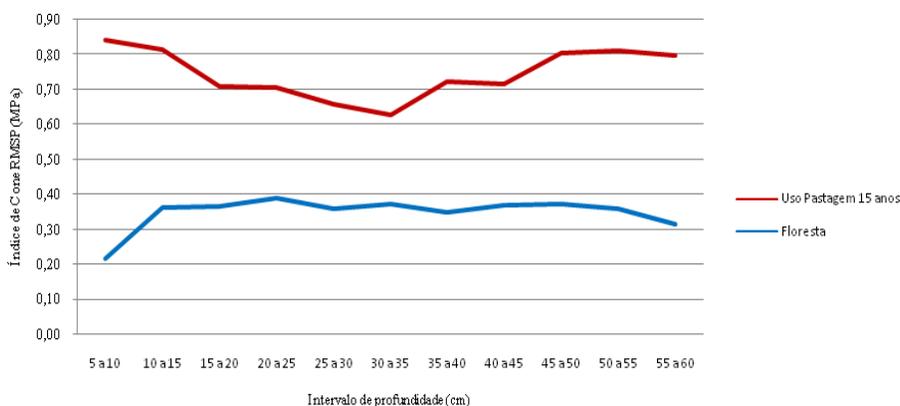


Fonte: Organizado pelos autores.

Depois, observando somente o índice do uso, os valores obtêm um aumento, com pico de 0,79 MPa na profundidade de 40 a 45cm, porém, medida

que ainda não compromete o desenvolvimento de plantas e raízes. Entende-se então, que as lavouras permanentes mantêm níveis de RMSP considerados sem grandes alterações, excluindo essas áreas das que estão com processos de degradação por compactação e encrostamento na área de estudo. Nos Cambissolos os valores do índice de cone foram bem diferentes na comparação entre áreas de pastagens e floresta (Gráfico 03), ou seja, observou-se no gráfico que houve uma distância de valores entre as duas situações por todo o perfil analisado. A pastagem obteve índices oscilantes 0,63 até 0,81 MPa, enquanto que na floresta nota-se um aumento no intervalo de 5 a 10cm, de 0,20 para 0,39 MPa, e depois manteve-se estável entre 0,32 e 0,39 MPa até os 60cm de profundidade.

Gráfico 03 - Comparação do índice de cone da RMSP entre pastagem e floresta sobre Cambissolos.

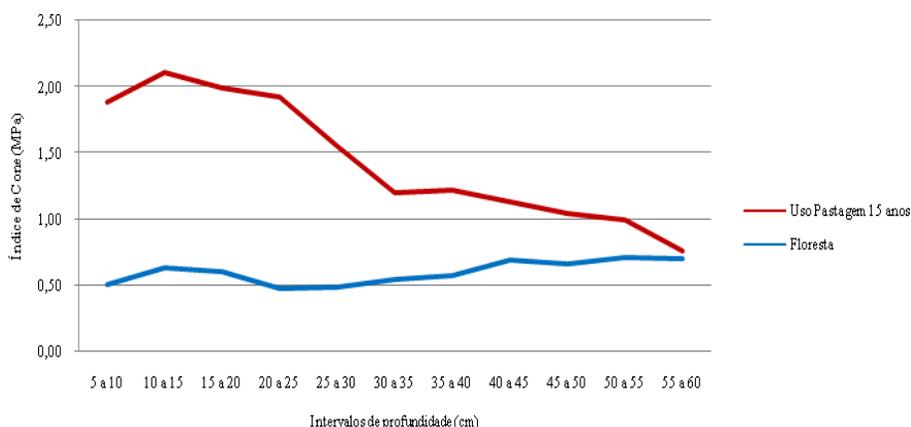


Fonte: Organizado pelos autores.

Nos Cambissolos as áreas de pastagem estão com um grau de compactação que não compromete o desenvolvimento de plantas e raízes. De outra sorte, a RMSP nesse ambiente apresenta índice de cone bem acima dos valores encontrados na situação de floresta, em condições naturais de cobertura, ou seja, observou-se que em média um índice 121% mais elevado em todos os intervalos de profundidade do perfil analisado. Isso indica o processo de alteração na estrutura física que está ocorrendo nesse solo sob o uso da pecuária. Em se tratando de Latossolos, os valores do índice de cone da RMSP expressaram que áreas de pastagem com 15 anos de uso ultrapassaram o limite de 2,0 MPa,

chegando a 2,10 MPa na profundidade de 10 a 15cm (Gráfico 04). Definitivamente nessa situação, surgem os problemas associados à compactação, como a redução na infiltração de água, aumento do escoamento superficial, redução na disponibilidade de água às plantas e, conseqüentemente, redução do desenvolvimento de raízes e plantas, bem como a falta de disponibilidade de nutrientes em função redução da porosidade.

Gráfico 04 - Comparação do índice de cone da RMSP entre pastagem e floresta sobre Latossolos.

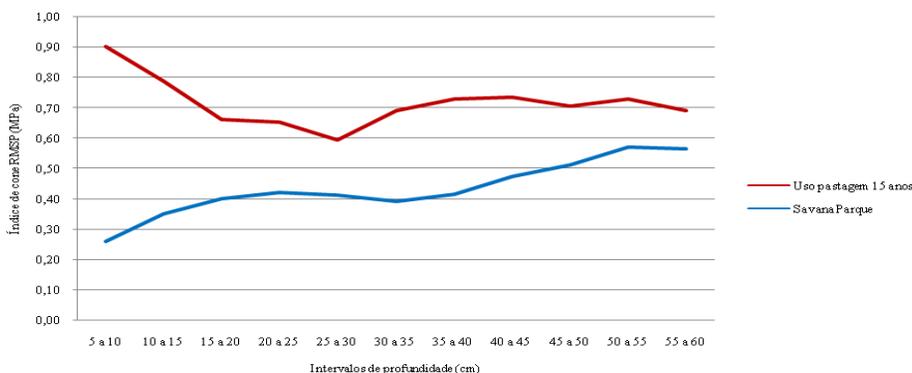


Fonte: Organizado pelos autores.

No contexto territorial da área de estudo, esta constatação reflete um problema ambiental generalizado, marcado não apenas pelo pressuposto de que a atividade da pecuária está em ascensão nos municípios onde as manchas de Latossolos estão situadas, mas também que por sobre esse tipo de solo existem projetos de assentamentos agrários, cujo sistema de manejo não possui acompanhamento técnico e nem investimentos na manutenção e recuperação de pastagens por parte do produtor rural (Lobato, 2010).

Nos Plintossolos os dados levantados demonstraram que os valores de RMSP entre áreas de uso e sem uso seguem padrões semelhantes aos Argissolos, ou seja, a pastagem apresentou índice de 0,90 MPa na profundidade de 5 a 10cm, mais elevado que a área natural de mata nativa, que foi de 0,26 MPa nesta mesma profundidade. Contudo, essa diferença foi diminuindo ao longo do perfil, como observado no gráfico 05.

Gráfico 05 - Comparação do índice de cone da RMSP entre pastagem e savana parque sobre Plintossolos.



Fonte: Organizado pelos autores.

Verificou-se uma semelhança na curva dos gráficos 02 e 05, cuja interpretação é a de que solos com B textural, como é o caso dos Argissolos e Plintossolos, apresentaram o mesmo comportamento no que se refere à RMSP, indicando que a cobertura tipo pastagem ocasiona alterações no índice de cone do horizonte superficial, onde se nota a grande diferença de valores. Com o aumento da profundidade, esses valores tendem a se igualar, ou seja, o índice na condição de floresta aumenta em função do B textural, e da condição de pastagem diminui, em função da diminuição das alterações físicas.

Essas áreas analisadas estão sobre forte pressão de ocupação, pois encontram-se inseridas no contexto do avanço do desmatamento nessa porção da Amazônia, acompanhando a expansão de estradas que são implantadas a partir de ações territoriais tanto de cunho político quanto por iniciativa privada para dar suporte à produção local.

Observou-se que em todas as situações, as grandes alterações estão nos horizontes superficiais, fato que reflete um manejo inadequado que está afetando a estrutura física do solo, o arranjo de agregados e, por conseguinte, ocasionando mudanças na porosidade que incidem nos fluxos de água e ar.

Porém, sob o ponto de vista agrônomo, esta situação somente tem significância quando há comprometimento no crescimento e desenvolvimento das plantas, que em geral é de 2 MPa segundo Imhoff *et.al.*, (2000), fato que se

observou apenas na situação de pastagem nos Latossolos. Nas outras manchas de solo analisadas – Argissolos; Cambissolos e Plintossolos – os valores não alcançaram os níveis limitantes, entretanto se comportam acima da média das condições naturais do solo.

Uma das graves consequências da possível expansão das áreas degradadas por compactação e ou encrostamento consistem no abandono das pastagens, principalmente em manchas de solo onde a recuperação seja difícil em função de suas características de resiliência, como os Plintossolos, por exemplo, onde ocorre naturalmente o endurecimento da plintita nos horizontes subsuperficiais, e que a partir da potencialização desse processo por usos com manejo inadequado, acarretam uma irreversibilidade nas alterações físicas.

A discussão acerca do abandono de áreas por motivo de degradação é bastante difundida na Amazônia, visto que, dos 60 milhões de hectares de áreas alteradas na região, 15 milhões são de pastagens e destes, aproximadamente 40% já apresentam algum grau de degradação (Costa *et.al.*, 2014).

Essa tendência está sendo constatada na área de estudo, principalmente em áreas com mais de 10 anos de uso com pastagem. Situação que, com base nas conclusões desta pesquisa, está associada aos processos de ocupação impulsionados pelas ações territoriais que tem nas rodovias BR-319 e 230 o eixo principal, somado a baixa qualidade natural do solo, o que leva o proprietário descapitalizado a não manter o uso, devido a insustentabilidade da produção.

4. Conclusões

A dinâmica de ocupação na área de estudo está diretamente ligada aos processos espontâneos de uso da terra, e gravitam principalmente em torno de áreas com atuação de políticas territoriais de incentivo à produção, capitaneadas pelos projetos de assentamentos agrários e expansão das rodovias principais e vicinais.

Embora sejam iniciativas do Poder Público com vistas ao desenvolvimento regional, constatado pelo efetivo avanço do crescimento de todos os municípios da área de estudo, se observou que há efeitos colaterais danosos ao meio ambiente, considerando que, com base nos resultados deste estudo, as

limitações ambientais não estão inseridas na fase de avaliação das viabilidades, principalmente as limitações do solo, e a pressão do desmatamento resultante dessa dinâmica de ocupação.

Na área de estudo se estabeleceu vários tipos uso da terra, que são difundidos a partir de eixos das vias terrestres e fluviais. Esse aspecto difuso faz com que o Poder Público perca o controle dos efeitos diretos. De modo que, verificou-se uma tendência no desenvolvimento de processos de degradação ambiental, compreendidos pela erosão de encostas das redes fluviais em função da retirada de matas ciliares e, principalmente, a degradação física do solo por compactação e encrostamento, resultado da retirada da cobertura natural por meio de manejos inadequados em áreas naturalmente susceptíveis a esses fenômenos.

A expansão da ocupação se dá em dois eixos principais: as rodovias BR-319 e BR-230. Ambas cortam a área de estudo nos sentidos Leste/Oeste e Norte/Sul, articulando uma rede de transporte que viabiliza o escoamento da produção regional e de insumos. São importantes vetores do desenvolvimento econômico da porção sul do estado do Amazonas, que também exerce influência desde o estado de Rondônia até o Acre.

Associadas a esses dois eixos se encontram as estradas secundárias, mais conhecidas regionalmente como “Linhas Vicinais”. Exercem papel fundamental no processo de ocupação, são geridas pelo poder público municipal e/ou pela iniciativa privada. Essas estradas são caracterizadas pela precária infraestrutura, pela péssima condição de trafegabilidade, e por sua ilegalidade, etc. Seguem o padrão de desmatamento que predomina na Amazônia, ou seja, estão diretamente ligadas a políticas territoriais de ocupação.

Esses vetores fazem parte de uma rede de vias onde se localizam as principais cidades, vilas e povoados que configuram o território da área de estudo, caracterizando o sistema de bens e serviços locais. Também ao longo de seus trajetos, estão configurados grandes empreendimentos agropecuários que são responsáveis pelo abastecimento de produtos dessa natureza nas respectivas zonas de influência econômica. Consiste num modelo de ocupação que segue uma retroalimentação positiva, partindo do princípio que o processo migratório demanda a abertura de novas estradas, e a abertura de novas estradas

viabiliza novos processos migratórios. Assim como em toda região amazônica, nessas zonas de ocupação se observa processos de expansão e desenvolvimento diferenciados, e que estão contidos numa composição intrincada de ambientes. Nosso estudo analisou os efeitos no solo, onde se constatou que basicamente todas as manchas de solos encontradas na área estão sob pressão da dinâmica de ocupação em maior ou menor grau.

Os efeitos negativos do avanço da ocupação foram detectados em áreas pontuais, com usos estabelecidos há mais de dez anos e de inadequado. Somado à dinâmica dos sistemas produtivos na área de estudo, trazem como resultado a degradação física do solo por compactação e encrostamento, conforme demonstrado nos ensaios de penetrometria, cujo índice de cone da RMSP apontou alterações na estrutura física dos solos analisados até 60 cm de profundidade. As análises e extrapolações desses efeitos, identificaram Zonas de Contradição Socioambiental (ZCSA), ou seja, se em algumas áreas com a mesma característica de solo, de relevo, de uso, já estão ocorrendo processos degradantes do solo, nas demais áreas a probabilidade de ocorrência do mesmo impacto são uma realidade.

Foram observados processos de compactação e encrostamento bastante avançados em pastagens sobre Latossolos e Argissolos, e em fases iniciais no caso dos Cambissolos e Plintossolos. Outros tipos de solo, como os Gleissolos, Neossolos e os Espodosolos, também apresentaram alguma evidência de alteração na RMSP, mesmo que em patamares não muito expressivos, mas que devem ser observados pelos gestores, visto que esses solos compõem ambientes delicados, com espécies endêmicas e contribuem para manutenção da cadeia trófica. São efeitos que efetivamente ao longo do tempo poderão inviabilizar qualquer tipo de uso, e comprometerão o sistema ecológico característico da área, principalmente sistemas endêmicos de vegetação encontrados na área de estudo.

As contradições socioambientais evidenciadas nesta pesquisa são o reflexo de que o planejamento de uso do território não leva em conta as potencialidades e fragilidades ambientais regionais, gerando com isso um quadro de instabilidade ambiental, econômico e social. Por fim, entendemos que as ações Políticas Territoriais na área de estudo são direta ou indiretamente responsá-

veis pela difusão de zonas de ocupação em áreas inadequadas, considerando os fatores pedológicos, cuja recomendação segue o que muitos pesquisadores já indicaram que são ações políticas públicas territoriais que direcionem o processo de ocupação para áreas e ou ambientes que tenham melhor capacidade de absorver atividades agrícolas aqui descritas associadas a um manejo adequado para que esses efeitos sejam minimizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHARD, F.; EVA, H. D.; STIBIG, H.; MAYAUX, P.; GALLEGO, J.; RICHARDS, T. e MALINGREAU, J. P. Determination of Deforestation Rates of the World's Humid Tropical Forests. *Science*, n. 297, pp. 999-1002, 2002.

ALENCAR, A.; MOUTINHO, P. A **Distribuição do Desmatamento na Amazônia: vetores, áreas críticas e mapeamento de fronteiras – IPAM**. III Seminário Técnico-científico de análise dos dados de desmatamento na Amazônia Legal. – São José dos Campos, 27 e 28 de junho de 2005.

ANDERSEN, L.; REIS, E. J. **Deforestation, Development and Government Policy in the Brazilian Amazon: Na Econometric Analysis**. Working Paper 513, Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Aplicadas (IPEA), 1997.

ARRAES, R. de A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. **Causas do Desmatamento no Brasil e seu Ordenamento no Contexto Mundial**. RESR, v. 50, n 1, p. 119-140, 2012.

BECKER, Berta. **O Uso Político do Território: questões a partir de uma visão do terceiro mundo**. In: BECKER, Berta K.; COSTA, Rogério K.; SILVEIRA, Carmem B.; (orgs.) *Abordagens Políticas da Espacialidade*. Rio de Janeiro: UFRJ, 1983.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; LEONEL, C. L.; JOÃO, A. C. G. S.; FREDDI, O. S. Intervalo hídrico ótimo

no monitoramento da compactação e da qualidade física de um Latossolo Vermelho cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1223-1232, 2007.

BOWMAN, I. **The Pioneer Fringer**. New York, 1971.

BRASIL, Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 2006a.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. **Manual de Métodos de Análise de Solo – 2 ed.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **A Organização do espaço na faixa da transamazônica**. Convênio INCRA/IBGE. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Geoestatística dos Recursos Naturais na Amazônia Legal**. Rio de Janeiro: IBGE, p. 247, 2011.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1994.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Ed. 2, - Rio de Janeiro: IBGE, 2006b.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. **Projeto PRODES: Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. INPE, São José dos Campos, São Paulo, Brasil. Disponível em <http://www.obt.inpe.br/prodes/>, 2004.

BRASIL. Ministério do Planejamento. **Avança Brasil. Brasília, DF: Ministério do Planejamento, 2002. Disponível em:** www.abrasil.gov.br/

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Plano Nacional Hidroviário, 2010.** Disponível em: <http://www2.transportes.gov.br/Modal/Hidroviario/PNHidroviario.pdf>

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Geração de energia elétrica, Resultados 2011. PAC-2 - Programa de Aceleração do Crescimento-2, 2011.** Disponível em: www.brasil.gov.br/pac/relatorios/2011-pac-2/2o-balanco/2o-balanco-geracao-de-energia-eletrica/at_download/file

BRASIL. **Projeto RadamBrasil: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Clima, Folha SB-20 Purus.** Brasília: IBGE, 1978a.

BRASIL. **Projeto RadamBrasil: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Clima, Folha SC-20 Porto Velho.** Brasília: IBGE, 1978b.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas.** Piracicaba: ESALQ, 132p. 1997.

COSTA, N. L.; BENDAHAN, A. B.; GIANLUPPI, V.; BRAGA, R. M.; RIBEIRO DE MATTOS, P. S. **Pastagens Degradadas na Amazônia.** Sistema solo-planta-animal. Disponível em: www.clicnews.com.br/agropecuaria/view.htm?id=91481. Acessado em 25 Janeiro de 2014.

COY, M. Rondônia: frente pioneira e programa POLONOROESTE. O processo de diferenciação sócio-econômica na periferia e os limites do planejamento público. *In.*: KOHLHEPP, G.; SHRADER, A. Eds. **Homem e natureza na Amazônia.** Tübingen, 1987, p. 253-270.

FEARNSIDE, P. M. Brazil's Cuiaba-Santarem (BR-163) Highway: The environmental cost of paving a soybean corridor through the Amazon. **Environ. Manage**, v.39, 414-501, 2007.

FEARNSIDE, P. M.; LAURANCE, W. F. **Infraestrutura na Amazônia: as lições dos planos plurianuais.** In: Cad. CRH vol.25 no.64 Salvador Jan./Apr. 2012.

FEARNSIDE, P.M. **Frenesi de desmatamento no Brasil: A Floresta Amazônica irá sobreviver?** P. 45-57 In: G. Kohlhepp & A. Schrader (compiladores) *Homem é natureza na Amazônia.* Tübinger Geographische Studien 95. Alemanha, 1987.

FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos avançados**, v. 19 (53), p.157-166, 2005.

FORMAN, R. T. T.; *et.al.* **Road Ecology: Science and Solutions.** Sland Press: Washington, D.C. 2000.

GALINDO, I. C. de L.; RIBEIRO, M. R.; SANTOS, M. de F. de A. V.; LIMA, J. F. W. F. & FERREIRA, R. F. de A. e L. Relações Solo-Vegetação em Áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32; 1283-1296, 2008.

GUERRA, A. J. T. & CUNHA S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

GUERRA, A. J. T. Degradação dos solos – conceitos e temas. *In.*: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. O. (Org.). **Degradação dos solos no Brasil.** 1ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão dos Solos.** *In.*: CUNHA, S. B. da.; GUERRA, A. J. T. *Geomorfologia do Brasil.* – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

GUERRA, J. T.; MENDONÇA, J. K. S. **Erosão dos solos e a questão ambiental.** *In.*: GUERRA, A. J. T. & VITTE, A. C. (orgs.) *Geomorfologia e meio Ambiente.* Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 372p.

HECHT, S. & COCKBURN, A. **The Fate of the Forest. Developers, Destroyers and Defenders of the Amazon.** Harper Collins, 1990, 357 p.

HECHT, S. **Environment, Developmente and Politcs: Capital Acumulation and Livestock Sector in Eastern Amazonia.** Word Development, n.13, 1985, pp. 663-684.

HUERTAS, D. M. **Da fachada atlântica à imensidão amazônica: fronteira agrícola e integração territorial.** São Paulo: Annablume, 2009. 344p.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P. & TORMENA, C.A. Aplicação da curva de resistência do solo à penetração no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesq. Agropec. Bras.**, 35:1493-1500, 2000.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical Forest ecosystem of Bangladesh. *Agriculture Ecosystems and Environment*, v. 79, p. 9-16, 2000.

KAIMOWITZ, D.; MERTENS, B.; WUNDER, S. e PACHECO, P. Hamburger Connection Fuels Amazon Destruction. Bangor, Indonesia, **Center for International Forest Research**, 2004.

LAL, R. **Review of soil erosion research in Latin America.** In: Greenland, D.J.; Lal, R. (org). *Soil Conservation and Management in the Humid Tropics.* J. Wiley & Sons, New York. P.231-240, 1977.

LAPEN, D.R.; TOPP, G.C.; GREGORICH, E.G. & CURNOE, W.E. Least limiting water range indicators of soil quality and corn production, Eastern Ontario, Canada. **Soil Till. Res.**, v. 78, p.151-170, 2004.

LAURENCE, W. F. Mega-development trends in the Amazon: implications for global change. *In.*: **Environmental Monitoring and Assessment** (61) 2000, p. 113-122.

LAURENCE, W. F. Reflections on Tropical Deforestation crisis. **Biological Conservation**, n. 1999, pp. 109-117.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. -2. Ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LOBATO, L. C. H. **Bacia do Rio Mucuí - AM: Ordenamento e (re) ordenamento Territorial**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação - Mestrado em Geografia da Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR) 118p. Porto Velho, 2010.

MACHADO, L. A Fronteira Agrícola na Amazônia Brasileira. *In: Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro: IBGE, v. 54, n. 2, p. 27-55, 1992.

MAHAR, D. J. **Deforestation in Brazil's Amazon Region: Magnitude, Rate and Causes**. New York, The Word Bank, 1998.

MARGULIS, S. **Causas do Desmatamento na Amazônia Brasileira**. Banco Mundial, Brasília, DF, Brasil, 2003.

MARTINEZ-ALLIER, J. **O Ecologismo dos Pobres**. São Paulo: Ed. Contexto, 2007.

MELLO-THÉRY, N. A. **Território e Gestão Ambiental na Amazônia: terras públicas e o dilema do estado**. – São Paulo: Annablume, 2011.

MERTENS, B.; POCCARD-CHAPUIS, R.; PIKETTY, M.-G.; LACQUES, A.-E. e VENTURIERI, A. Crossing Spatial Analyses and Livestock Economics to Understand Deforestation Processes in the Brazilian Amazon: The Case of São Félix do Xingu in South Pará. **Agricultural Economics**, n. 27, 2002, pp. 269-294.

MORAN, E. F. Deforestation and Land Use in the Brazilian amazon. **Human Ecology**, n.21, 1993, pp. 1-21.

MOREIRA, R. A Geografia e a Educação ambiental: o modo de ver e pensar a relação ambiental na geografia. **Espaço em Revista**, v.11, n.11, p.11-19, 2009.

NEPSTAD, D.; CARVALHO, G.; BARROS, A. C.; ALENCAR, A.; CAPOBIANCO, J.; BISHOP, J.; MOUTINHO, P.; LAFEBVRE, P. E SILVA, U. **Road Paving, Fire Regime Feedbacks, and the future of Amazon Forests**. *Forest Ecology and Management*, n. 5524, pp. 1-13, 2001

NUNES, D.D. **Vulnerabilidade Natural à Erosão da Bacia do rio Mutum-paraná-Porto Velho-RO (2009-2011)**. Porto Velho/RO. CNPq – Proc. nº 575783/2008-7/Edital MCT/CNPq/CT-Amazônia - nº 55/2008 - Amazônia Ocidental, Relatório Final de Pesquisa, 2012. 74p

RAFFESTIN, C. **Por uma geografia do poder**. São Paulo: Ática, 1993.

REIS, M. S., FERNANDES, A. R., GRIMALDI, C., DESJARDINS, T., GRIMALDI, M. Características químicas dos solos de uma topossequência sob pastagem em uma frente pioneira da Amazônia Oriental. **Revista de Ciência Agrária**. v.52, n.3. p.37-47, 2009.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B. de; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 3ª Ed. Viçosa: NEPUT, 1999

SANTOS, M.; SILVEIRA, L. M. **O Brasil: Território e Sociedade no início do Século XXI**, Rio de Janeiro: Record, 2005.

SILVEIRA, L.; SECCO, D.; PILATTI, M. A. Crescimento e Desenvolvimento de Plantas em Solos Compactados. **Journal of Agronomic Sciences**, v.5, n. especial, p.178-190, 2016.

SKOLE, D. L.; CHOMENTOWSKI, W. H.; SALAS, W. A.; NOBRE, A. D. Physical and Human Dimensions of Deforestation in Amazonia. **BioScience**, vol. 44, n.5, pp. 314-322, 1994.

SOARES-FILHO, B. S. **Cenários de desmatamento para Amazônia.** Estudos Avançados, v.19, n.54, p.138-152, 2005.

STEFANOSKII, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. L.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Rev. bras. eng. agríc. ambiente.**, v.17 n.12, p. 1301-1309, 2013.

TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M. & PARKER JR, J.J. Soil strength-root penetration relations to medium to coarse-textured soil materials. **Soil Sci.**, v. 102, p.18-22, 1966.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. & LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 22, p.573-581, 1998.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** – Rio de Janeiro: IBGE-SUPREN, 1977. 91p. il. (Recursos Naturais e Meio Ambiente).

VALENTIN, C.; BRESSON, L. M. **Morphology, Genesis and classification of surface crusts in loamy and Sandy soils.** Geoderma: Amsterdam, v.55, p.225-245, 1992.

CAPÍTULO 10

TÉCNICA BOOLEANA APLICADA À IDENTIFICAÇÃO DE CROSTAS LATERÍTICAS NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA BRASILEIRA¹

APPLIED BOOLEAN TECHNIQUE FOR THE IDENTIFICATION OF LATERITIC CRUSTS IN THE SW PORTION OF THE BRAZILIAN AMAZON

Isabel Leonor Iza Echeverria Herrera

Eliomar Pereira da Silva Filho

Edgar Romeo Herrera de Figueiredo Iza

Adriana Maria Coimbra Horbe

Salem Leandro Moura dos Santos

Laura Nisinga Cabral

1. Introdução

As crostas lateríticas são materiais resultante da ação de intenso intemperismo químico em condições tropicais e, segundo Bigarella *et al.* (1996), os fenômenos de lateritização são importante para a geologia, pedologia e geomorfologia.

Para Penteadó (1978), as crostas lateríticas são de grande importância e têm afinidade com os processos modeladores da paisagem. A autora afirma que elas impedem a infiltração, reduzem a erosão mecânica e têm influência na conservação de antigas superfícies de erosão. Já para Büdel (1982), as crostas têm alta resistência à erosão e favorecem a inversão topográfica e a preservação de relevos antigos (paleosuperfícies).

¹ Texto publicado originalmente na RBG: DOI <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v18i2.1182>

A identificação e definição das áreas de ocorrência de crostas lateríticas pode ser feita diretamente com trabalhos de campo, porém existem áreas de difícil acesso na Amazônia, seja pela limitada quantidade de estradas em extensas áreas ou pela presença de áreas especiais como terras indígenas e de proteção ambiental, e, em outros casos, as crostas estão cobertas por solos, dificultando a sua identificação. Assim, a integração de dados obtidos de forma remota, tais como o relevo (*Shuttle Radar Topographic Mission*) e gamaespectrométricos, pode contribuir na sistematização das etapas pré, sin e pós campo e na identificação das características geoquímicas/geofísicas dos materiais regolíticos nestas áreas.

A aerogamaespectrometria é uma técnica de aquisição remota passiva que mede a concentração de potássio (K) e séries de radioisótopos de urânio (eU) e tório (eTh) em rochas e solos com profundidades de até 45 cm (Gregory e Horwood, 1961; Dickson e Scott, 1997). A intensidade dos raios gama emitidos pela superfície depende da composição mineral da rocha ou regolito, natureza e tipo de intemperismo, heterogeneidade geológica, distribuição de solos alóctones ou autóctones, assim como da cobertura vegetal, umidade, etc. (Wilford *et. al.*, 1997; Minty, 1997; Dickson e Scott, 1997).

Nessa perspectiva, Wilford *et. al.* (1997) utilizou dados gamaespectrométricos para a definição dos materiais regolíticos e sua associação com as formas de relevo e processos geomorfológicos. O autor afirma que a aerogamaespectrometria é bem compreendida quando relacionada a rochas, porém a resposta e distribuição de radioelementos em regolitos é menos conhecida. Em todo caso, o autor afirma que crostas lateríticas ferricretes desenvolvidos sobre *greenstones* são radiometricamente escurecidas em um diagrama ternário RGB (KThU). O referido autor mostra que rochas ácidas/félsicas têm altos valores de K, enquanto as rochas máficas têm baixos valores de K. O Th e o U, segundo Wilford *et. al.* (1997), são encontrados em baixos teores em minerais primários, mas são mais comuns em minerais resistatos (resistentes ao intemperismo) tais como zircão e monazita.

Dickson e Scott (1997) afirmam que durante o processo de intemperismo, há lixiviação dos minerais alcalinos e alcalinos terrosos, implicando em um

decaimento dos valores de potássio, e um enriquecimento de U e Th que tendem a formar óxidos e hidróxidos de ferro ou podem ser absorvidos por argilomineerais, em outras palavras, há um significativo aumento nas razões eTh/K e eU/K .

Há diversos trabalhos que abordam a integração de dados multifonte (gamaespectrometria, magnetometria, geomorfologia, altimetria, solos, etc.) com o objetivo de estudar o regolito, identificar crostas lateríticas, destacar a intensidade do intemperismo ou mesmo caracterizar o solo de diferentes domínios geomorfológicos (Darnley E Grasty, 1971; Tucker *et. al.*, 1984; Duval, 1990; Burrough *et.al.*, 1992; Graham e Bonham-Carter, 1993; Wilford *et. al.*, 1997; Dickson e Scott, 1997; Mckenzie e Ryan, 1999; XIA *et al.*, 2007; Zhu *et. al.* 2010; Wilford, 2012; Dent *et. al.*, 2013).

Xia *et al.* (2007) usaram dados de susceptibilidade magnética de diferentes domínios geomorfológicos para a caracterização de solo recente. Os resultados discriminaram solos com características magnéticas distintas para o Oeste e Norte da China. Wilford (2012), por outro lado, usa dados de gamaespectrometria e altimetria para gerar uma equação matemática baseada em uma regressão múltipla para definir o índice de intensidade de intemperismo para Austrália. Os resultados propiciaram a discriminação de domínios de alto e baixo intemperismo.

No Brasil, a integração de dados multifonte tem sido cada vez mais aplicada contribuindo para estudos de diversas áreas, tais como geologia, geomorfologia, engenharia agrícola, entre outros (Souza, 1998; Ruy *et al.*, 2006; Dos Santos *et al.*, 2008; Carrino *et al.*, 2011; Iza *et al.*, 2016).

Souza (1998) utilizou dados gamaespectrométricos em uma área agricultável para correlacionar anomalias radiométricas com processos pedogenéticos e de fertilização fosfatada. A referida autora afirma que existe relação entre as anomalias de U e Th e latossolos roxos massivamente fertilizados com fosfatos.

Ruy *et al.* (2006) usaram eficientemente dados gamaespectrométricos, magnetométricos e imagens orbitais multiespectrais com o intuito de definir

unidades litológicas para o refinamento do mapeamento geológico em uma área no sul do Cráton de São Francisco.

Por sua vez, Dos Santos *et al.* (2008) usaram dados gamaespectrométricos para a caracterização da fertilização de solos em uma região no noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Os resultados obtidos indicaram uma perda dos radioelementos em relação às rochas fonte, e alegaram que a menor perda de potássio em relação aos outros elementos é associada ao suprimento deste elemento durante o processo de fertilização.

Carrino *et al.* (2011) utilizaram dados de gamaespectrometria e altimetria de uma área no sudoeste do Estado do Pará, e, por meio de estatística multivariada, identificaram platôs lateríticos associados a baixos valores de K e K/Th e altos valores de U/K, corroborando os dados obtidos por Dickson e Scott (1997) e Wilford *et al.* (1997).

Por outro lado, Iza *et al.* (2016) ao integrarem dados altimétricos e gamaespectrométricos delimitaram dois domínios lateríticos em intervalos altimétricos distintos: abaixo de 300 m e acima de 500 m associados a rochas-fonte distintas correlacionando-os com superfícies de aplanamento.

Portanto, o uso de dados multifonte tem se mostrado uma ferramenta útil, especialmente quando apoiada por técnicas matemáticas e álgebra de mapas, no mapeamento do regolito, em estudos agrícolas, geomorfológicos e geológicos.

Desse modo, o objetivo deste trabalho é identificar e cartografar as principais áreas potenciais para a ocorrência de crostas lateríticas, aplicando a técnica booleana, por meio do método *index overlay* e álgebra de mapas, a dados altimétricos e gamaespectrométricos em uma área no sudoeste da Amazônia brasileira. Os resultados foram comparados com os mapas geomorfológico, de solos e geológico no intuito de validar os dados e sugerir refinamentos nas atuais cartografias. Essas informações, além de contribuir no estudo geomorfológico/geológico, poderão ser úteis na definição de áreas potenciais para a extração de cascalho laterítico, no estudo de áreas com limitações agrícolas e na compreensão da evolução paleoambiental da região.

2. Materiais e Métodos

O trabalho consistiu na integração e interpretação prévia dos dados altimétricos, geomorfológicos, pedológicos, geológicos e de aerogeofísica (gamaespectrometria). A base de dados altimétricos utilizada foi a do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 90 metros e recobrem toda a área de estudo.

Os dados gamaespectrométricos foram coletados pela FUGRO AIRBORNE SURVEYS para a CPRM no projeto denominado de “Rondônia Central – RO” (CPRM, 2010). Os principais produtos gerados a partir da aerogeofísica e utilizados neste trabalho foram as razões eU/K e eTh/K , no formato GRD, com células de 125 m. Esses produtos, em conjunto com o modelo digital do terreno (MDT – SRTM) foram integrados no processo seguinte que consistiu na modelagem por meio de álgebra de mapas. Os aspectos metodológicos e resultados apresentados por Iza *et. al.* (2016) são pioneiros na porção sudoeste do cráton amazônico (sudoeste da Amazônia brasileira) e foram utilizados como principal base metodológica para o desenvolvimento deste trabalho.

2.1 Lógica Booleana

A lógica Booleana é um sistema matemático que cria regras ou expressões lógicas para selecionar, analisar e processar dados. Consiste em um sistema binário composto de “1” e “0”, onde “0” representa ‘falso’ e “1” representa ‘verdadeiro’. Bonham-Carter (1994) melhorou a técnica booleana por meio do método index overlay (MIO), o qual consiste na combinação de variáveis dando diferentes pesos a cada mapa de entrada, considerando o nível de importância de acordo com a hipótese avaliada. Assim, os dados de saída são classificados em valores de contagem apropriada para o mapeamento. O objetivo da técnica é produzir um mapa que mostre áreas hierarquizadas e distribuídas por cores de acordo com o nível de importância associado. Nesse trabalho, as áreas com maior nível de importância são aquelas associadas à maior probabilidade de ocorrência de crostas lateríticas.

Os mapas binários (0 e 1) de entrada foram gerados a partir das imagens das razões eTh/K, eU/K, assim como a imagem SRTM, identificando os intervalos altimétricos associados a crostas conforme observado em campo. As razões gamaespectrométricas supracitadas são indicativas de alto intemperismo e são frequentemente associadas a crostas lateríticas (Boyle, 1982; Dauth, 1997; Carrino et. al., 2011; Wilford, 2012; Iza et. al., 2016), motivo pelo qual foram consideradas no modelo matemático. Os valores mais altos (valores iguais ou maiores do que a média mais 1 vez o desvio padrão) de eTh/K e eU/K foram associados à maior probabilidade de ocorrência de crosta laterítica e, portanto, transformados em “1” e os valores mais baixos foram transformados em “0”, gerando novas imagens reclassificadas (0 e 1) para ambas as razões.

O procedimento com a imagem de elevação MDT foi diferente daquele usado nas imagens aerogeofísicas. Na margem direita do rio Madeira, foi usado o valor “1” para elevações maiores ou iguais do que 120 m, e “0” para as menores do que 120 m. Para a margem esquerda do rio, o valor “1” foi relacionado a altitudes entre 80 e 110 m, enquanto o valor “0” foi atribuído às altitudes menores do que 80 m e maiores do que 110m. Esses intervalos de altitude foram determinados de acordo com os dados altimétricos verificados em campo.

2.2 Método *index overlay* (MIO)

No MIO, cada imagem (mapa) de entrada (MDT, eTh/K, eU/K) recebe um peso que depende da hipótese avaliada. Cada imagem é multiplicada pelo respectivo peso e depois somados, para finalmente serem normalizados pela soma dos pesos (Equação 1). O resultado final é representado pela variação de valores entre 0 e 1 (Bonham-Carter, 1994).

$$S = \frac{\sum_i^n W_i \text{class} (MAP_i)}{\sum_i^n W_i} \quad \text{Eq. 1}$$

onde S = score de saída ou classe, Wi = peso do i-ésimo mapa, class (MAPi) representa o mapa de entrada da i-ésima variável, e n = número de variáveis.

Neste método foram usadas as razões Th/K e U/K, assim como o MDT, utilizando álgebra de mapas no ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica). Os pesos utilizados foram 1, 2 e 4 (referentes a uma progressão geométrica de razão 2: $An = 2^{n-1}$) que permitiu discriminar visualmente conjuntos de variáveis em classes favoráveis ou desfavoráveis, assim como a individualização de cada variável ou suas respectivas combinações.

Para a margem direita do rio Madeira os pesos foram distribuídos seguindo a equação $(1 \cdot eU/K + 2 \cdot eTh/K + 4 \cdot \text{relevo})/7$, considerando que o relevo tem maior influência neste domínio e é sustentado por crostas lateríticas. Para a margem esquerda a equação foi $(1 \cdot eU/K + 2 \cdot \text{relevo} + 4 \cdot eTh/K)/7$, considerando que a razão gamaespectrométrica eTh/K , que representa geoquimicamente as crostas com topos planos pouco expressivos, tem maior importância. As classes finais variam entre 0 e 1 e indicam áreas com menor probabilidade (0) e maior probabilidade (1) de ocorrência de crostas lateríticas e seus produtos do desmantelamento.

2.1 Concordância do modelo

Para verificar o grau de concordância entre o modelo e os dados de campo, foi calculado o valor do coeficiente de Cohen kappa. Os dados de campo correspondem aos afloramentos visitados que constam de crostas lateríticas e materiais não lateríticos tanto para a margem esquerda quanto para a margem direita do rio Madeira, totalizando 100 locais.

A equação para o cálculo de kappa está definida como:

$$k = \frac{n \sum_{i=1}^c x_{ii} - \sum_{i=1}^c x_{i+} x_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^c x_{i+} x_{+i}} \quad \text{Eq. 2}$$

onde n é o número de amostras, x_{ii} é o valor na linha i e na coluna i, x_{i+} é a soma da linha i, x_{+i} é a soma da coluna i e c é o número de classes (COHEN, 1960).

Para a interpretação do valor kappa, considera-se, segundo Landis e Koch (1977), os seguintes intervalos: entre 0,8 e 1 concordância quase perfeita, entre 0,6 e 0,79 concordância substancial, entre 0,4 e 0,59 concordância moderada, entre 0,2 e 0,39 concordância fraca, entre 0,01 e 0,19 concordância pobre, e valores de kappa igual a 0 sem concordância.

A etapa final comparou os dados gerados com os mapas geológico, geomorfológico e de solos. Esse procedimento permitiu a análise dos dados gerados, a identificação das áreas com ocorrência de crostas lateríticas e, portanto, a delimitação de áreas de interesse para a extração de cascalho laterítico para construção civil e de áreas menos favoráveis para agricultura. A Figura 1 mostra o fluxograma com todos os procedimentos e respectivas etapas envolvidas no trabalho.

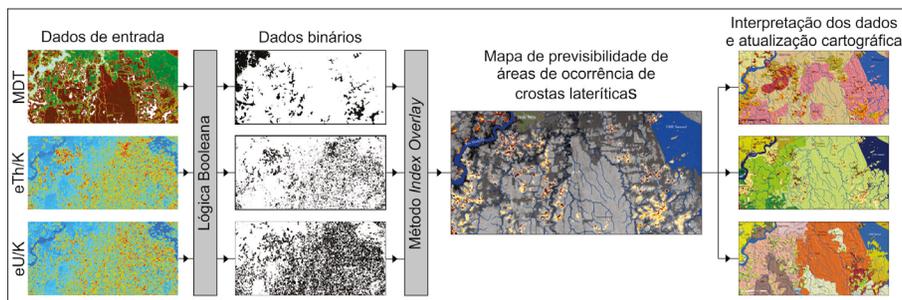


Figura 1 – Fluxograma destacando os principais procedimentos realizados nesta pesquisa.

Fonte: Dados da Pesquisa. Organizado Pelos Autores.

3. Contexto geológico e geomorfológico regional

A região norte do estado de Rondônia está localizada na porção sudoeste do cráton amazônico, mais especificamente na província Rondônia-Juruena que se estende desde o extremo oeste de Rondônia até o alto curso do rio Teles Pires a leste e é constituída pelos domínios Roosevelt-Juruena e Jamari (Quadros e Rizzotto, 2007). Nos principais domínios há rochas graníticas Mesoproterozoicas (1,6 Ga), Neoproterozoicas (1 Ga), terraços fluviais, depósitos aluvionares e lacustres, coberturas detrito-lateríticas e coberturas sedimentares indiferenciadas. Destas unidades, em função do enfoque do trabalho, destaca-se a denominada coberturas detrito-lateríticas que compreende crostas

lateríticas ferruginosas colunar/pisolítica-nodular e depósitos resultantes de seu dismantelamento que, frequentemente sustentam os platôs. Por vezes as crostas lateríticas estão sobrepostas por Latossolo (Figura 2).

O mapa geomorfológico de Rondônia (IBGE, 2013) destaca cinco unidades geomorfológicas: Planície Amazônica, Depressão do Ituxi – Jari, Depressão de Porto Velho, Depressão do Madeira – Ji-Paraná, Planaltos Residuais do Madeira – Ji-Paraná. A Depressão de Porto Velho 262Dt11 cobre a maior parte da área e contém os domínios mais significativos, tem dissecação homogênea, relevo de topos tabulares com rampas suavemente inclinadas e pequenas elevações; e a 262Dt33, de dissecação tabular com densidade de drenagem média, coincide parcialmente com as áreas lateríticas identificadas neste trabalho.



Figura 2 – A) Aspecto do relevo em forma de platôs constituídos por crostas lateríticas. As setas em amarelo indicam platôs até 30 m de mais elevados que a planície de. B) Crosta laterítica com estrutura colunar. C) Horizonte dismantelado recoberto por solo rico em matéria orgânica. Fonte: Dados da Pesquisa. Organizado Pelos Autores.

4. Aspectos econômicos

Os primeiros usos das crostas lateríticas como materiais de construção incentivaram Buchanan a realizar descrições geológicas pela primeira vez, há

200 anos. Atualmente na engenharia civil as crostas têm sido utilizadas na construção de obras rodoviárias, barragens e até mesmo concreto (Nogueira, 1985) devido à grande disponibilidade e baixo custo de extração (Costa, 2007).

Segundo Nogueira (1985), essa aplicação depende das características da jazida, as melhores são aquelas que apresentam concreções com núcleos ferruginosos contínuos e resistentes. Apesar de serem aproveitadas como material para construção civil, as áreas com ocorrência de crostas lateríticas têm limitações para a agricultura devido à baixa fertilidade (Nogueira, 1985; Aleva, 1993; Costa, 2007; Chandrasekaran *et al.*, 2010). De acordo com Nogueira (1985), esse problema está diretamente relacionado ao clima, vegetação e às características dos perfis. Em condições de boa drenagem, silício, ferro e alumínio são concentrados formando as crostas lateríticas, enquanto Ca, Mg, Na e K são lixiviados, comprometendo a capacidade de troca catiônica, a retenção de água e, portanto, a fertilidade do solo (Chandrasekaran *et al.*, 2010). A vegetação típica dos solos lateríticos é representada inicialmente por florestas, que proporcionam nutrientes e matéria orgânica ao solo, mas quando desmatada tende a formar extensas áreas degradadas (Nogueira, 1985).

5. Resultados e Discussões

5.1 Aspectos altimétricos e gamaespectrométricos

Na margem direita do rio Madeira as análises de campo e de relevo preliminares indicaram diversas áreas preferencialmente situadas em dois intervalos altimétricos para a ocorrência de crostas lateríticas: entre 120 e 150 m e entre 180 e 204 m. Entretanto, na margem esquerda do rio Madeira as altitudes entre 80 e 110 m com relevo suavemente ondulado, não favoreceram a identificação de crostas lateríticas por meio da simples análise do relevo (Herrera *et al.*, 2016a).

Herrera *et al.*, (2016b) fizeram a análise dos dados gamaespectrométricos e observaram dois padrões de respostas diferentes associados a crostas lateríticas. O primeiro com altos valores gamaespectrométricos e altitudes entre 120 e 150 m que sobressaem de uma planície de altitudes menores que 120

m, associados principalmente a fontes graníticas da Formação Santo Antônio, próximo à região de Porto Velho. Essa análise corroborou, através da correlação das respostas gamaespectrométricas, a presença de crostas lateríticas na margem esquerda do rio Madeira. O segundo, associado a altitudes acima de 180 m e com resposta gamaespectrométrica dentro da média geral, apesar de apresentar valores localmente altos, na porção sudeste da área. Este segundo padrão de resposta aparece radiometricamente escurecido, sugerindo então a associação a rochas fonte do embasamento ou supracrustais, como constatado por Wilford *et al.* (1997).

5.2 Análise booleana

O modelo booleano (MIO) proporcionou a obtenção de 8 classes de favorabilidade para a ocorrência de crostas lateríticas e seus produtos de desmantelamento. Na margem direita do rio Madeira as áreas favoráveis representam 6,12 %. Estas áreas têm influência do relevo (peso 4) e das combinações das razões eU/K , eTh/K (pesos 5, 6 e 7) (Tabela 1). A aplicação da mesma equação na margem esquerda do rio Madeira gerou resultados inconclusivos, pois o relevo é plano a suavemente ondulado. Desse modo, optou-se por atribuir peso 4 à razão eTh/K . Assim, neste domínio, as classes consideradas favoráveis têm influência principalmente da razão eTh/K e de suas combinações com a razão eU/K e com o relevo (peso 5 referente à combinação de $eTh/K + eU/K$, peso 6 referente à combinação de $eTh/K + \text{relevo}$ e peso 7 referente à combinação de todas as variáveis) (Tabela 2). A reorganização dos pesos destacou 0,54% da área como favoráveis para a ocorrência de crostas lateríticas e seus produtos do desmantelamento em domínios com altitudes abaixo de 110 m (margem esquerda do rio Madeira). Desse modo, as regiões consideradas como favoráveis e extremamente favoráveis para a ocorrência de crostas lateríticas e seus produtos do desmantelamento, cobrem 278,4 km² e representam 6,6% da área de estudo (Tabela 1 e 2 e Figura 3).

Para a verificação da precisão do modelo em questão, foi calculado o coeficiente de Cohen kappa (k) usando a matriz de confusão gerada com os

dados de campo comparados com o modelo previsionial (Tabela 3). O valor de kappa foi de 0,63, tendo então uma concordância substancial entre o modelo previsionial e os dados de campo.

Tabela 1: Classificação das classes obtidas no MIO (margem direita do rio Madeira)

Pesos	Classes MIO	Variável	Área km ²	Área Acum. km ²	Área %	Área % Acum.	Classes
0	0	Nenhuma	2.396,6	2.396,6	57,15	57,15	Desfavorável
1	0,14	eU/K	812,0	3.208,6	19,37	76,52	Desfavorável
2	0,29	eTh/K	18,2	3.226,8	0,43	76,95	Desfavorável
3	0,43	eU/K +eTh/K	483,4	3.710,2	11,53	88,48	Desfavorável
4	0,57	MDT	142,5	3.852,7	3,40	91,88	Favorável
5	0,71	MDT+eU/K	47,6	3.900,3	1,14	93,02	Favorável
6	0,86	MDT+eTh/K	7,4	3.907,8	0,18	93,19	Favorável
7	1,00	MDT+eU/K /K +eTh/K	58,5	3.966,3	1,40	94,59	Extremamente favorável

Fonte: Dados da Pesquisa. Organizado Pelos Autores.

Tabela 2: Classificação das classes obtidas no MIO (margem esquerda do rio Madeira)

Pesos	Classes MIO	Variável	Área km ²	Área Acum. km ²	Área %	Área % Acum.	Classes
0	0	Nenhuma	45,4	45,4	1,08	1,08	Desfavorável
1	0,14	eU/K	1,0	46,3	0,02	1,10	Desfavorável
2	0,29	MDT	154,2	200,5	3,68	4,78	Desfavorável
3	0,43	MDT+eU/K	3,8	204,4	0,09	4,87	Desfavorável
4	0,57	eTh/K	1,2	205,5	0,03	4,90	Favorável
5	0,71	eTh/K +eU/K	5,6	211,2	0,13	5,04	Favorável
6	0,86	MDT+eTh/K	2,7	213,9	0,07	5,10	Favorável
7	1,00	MDT+eU/K +eTh/K	12,9	226,8	0,31	5,41	Extremamente favorável

Fonte: Dados da Pesquisa. Organizado Pelos Autores.

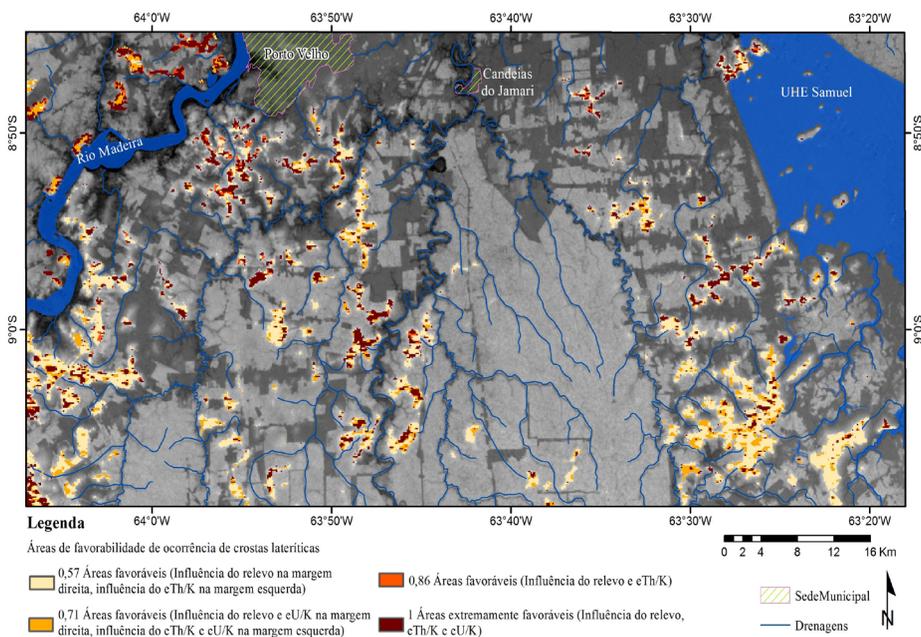


Figura 3 – Mapa de previsibilidade de ocorrência de crostas lateríticas e seus produtos do desmantelamento pelo método index overlay (MIO).

Fonte: Dados da Pesquisa. Organizado Pelos Autores.

Tabela 3: Matriz de confusão para o cálculo de kappa.

	Produtos lateríticos	Produtos não lateríticos
Previsão no modelo como crostas lateríticas	31	3
Previsão no modelo como materiais não lateríticos	15	51

Fonte: Dados da Pesquisa. Organizado Pelos Autores.

5.3 Considerações econômicas e análise cartográfica

Os resultados cartográficos apresentados são similares aos obtidos por Herrera *et al.*, (2016a), para a margem direita do Rio Madeira, entretanto, neste trabalho as áreas com probabilidade de ocorrência de crostas são hierarquizadas (menor e maior probabilidade de ocorrência). A análise gamaespectrométrica permitiu, portanto, a correlação das respostas radiométricas associadas a crostas lateríticas entre ambas as margens.

Herrera *et al.*, (2016a) faz uma sugestão de refinamento cartográfico nos mapas geomorfológicos e geológicos para a área de estudo, apenas para o lado direito do rio Madeira. Com os resultados obtidos neste trabalho sugerimos um refinamento nos referidos mapas para a margem esquerda do rio Madeira, baseado na delimitação das áreas lateríticas por meio da semelhança de padrões gamaespectrométricos observados.

As áreas delimitadas na Figura 3 devem ser consideradas como domínios prioritários no que diz respeito à disponibilidade de cascalho laterítico, pois além de terem localização próxima aos maiores centros consumidores (Porto Velho e Candeias do Jamari), têm fácil acesso e considerável volume disponível. Portanto, devem ser consideradas não apenas como potencial produtivo para a engenharia civil e prospecção mineral, mas também como áreas de baixa produtividade para a agricultura.

5.3.1 Refinamento pedológico

Horbe e Costa (1997, 1999, 2005) observaram uma relação direta entre as crostas lateríticas e o latossolo sobrejacente, usando argumentos texturais, de composição mineralógica e química. Os autores mostram que os latossolos são produtos de alteração derivados diretamente das crostas lateríticas. Neste trabalho, a sobreposição das áreas classificadas como favoráveis e extremamente favoráveis à ocorrência de crostas com o mapa de solos de Rondônia (2002), destaca a forte correlação entre a ocorrência de crostas com Latossolos (Figura 4), e subordinadamente com o Cambissolo Distrófico (CD5).

Na margem direita do rio Madeira, houve uma sobreposição excelente com as áreas mapeadas como latossolos amarelos distróficos, bem drenados e francos; latossolos vermelho-amarelos distróficos, bem drenados e francos; e com latossolos vermelho-escuros eutróficos, bem drenados e argiloso a ligeiramente pedregosos no mapa de solos de Rondônia (2002). No entanto, para o lado esquerdo do rio Madeira, houve sobreposição parcial com o cambissolo distrófico. Assim, sugere-se a inclusão das áreas de crostas lateríticas identificadas na margem esquerda na unidade LAD17: Latossolos Amarelos Distróficos, 2-8% bem drenados e francos.

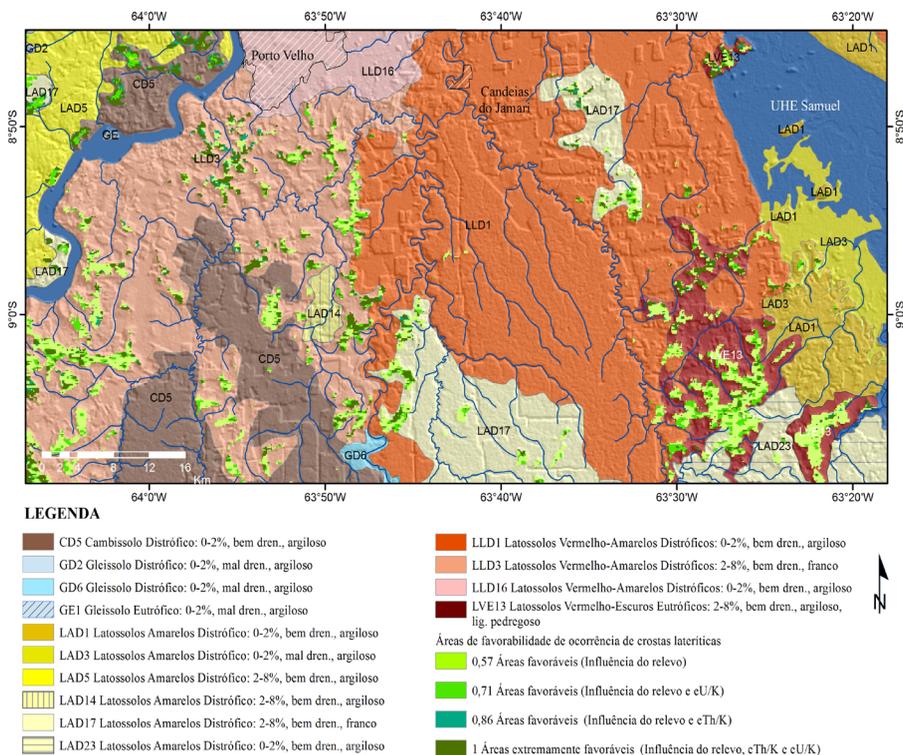


Figura 4 – Mapa de previsibilidade de ocorrência de crostas lateríticas (método Index Overlay) sobreposto ao mapa de solos de Rondônia (2002).

Fonte: Dados da Pesquisa. Organizado Pelos Autores.

5.3.2 Refinamento geológico

Na superposição do mapa de previsibilidade com as crostas mapeadas como Nqdl-Coberturas Detrito-Lateríticas no mapa geológico de Quadros e Rizzotto (2007) (Figura 5), há boa sobreposição, fato que ratifica a eficiência do modelo. Há também sobreposição com as áreas cartografadas como coberturas sedimentares indiferenciadas. Nessas áreas não há evidências de processos sedimentares e sim de processos pedogenéticos (residuais) representados por extensa ocorrência de latossolos e de crostas lateríticas exatamente como previsto pelo modelo.

A Suíte Intrusiva Serra da Providência apresenta sobreposição parcial com o modelo, especialmente no sudeste e leste da área. Nesses domínios o re-

levo tem entre 120 e 204 m de altitude, e as crostas lateríticas sustentam a paisagem. Há, portanto, boa probabilidade de que a rocha fonte das crostas, nestas áreas, seja esta unidade geológica, entretanto, em alguns domínios com padrões gamaespectrométricos escurecidos, as rochas fontes podem estar associadas a outras unidades geológicas (máficas/ultramáficas e/ou supracrustais). Por outro lado, na margem esquerda do rio Madeira, as áreas coincidem parcialmente com a unidade Q1t – terraços fluviais, cujas altitudes variam entre 80 e 110 m.

Por fim, no mapa geológico houve uma excelente sobreposição com a unidade NQdl – coberturas detrito lateríticas, mapeadas por Quadros e Rizzotto (2007) para a margem direita, porém, na margem esquerda houve sobreposição parcial das áreas com a unidade mapeada como Q1t – terraços fluviais. Os dados observados em campo indicam a presença de crostas neste domínio, desse modo, sugere-se a inclusão destas áreas na unidade NQdl – coberturas detrito lateríticas.

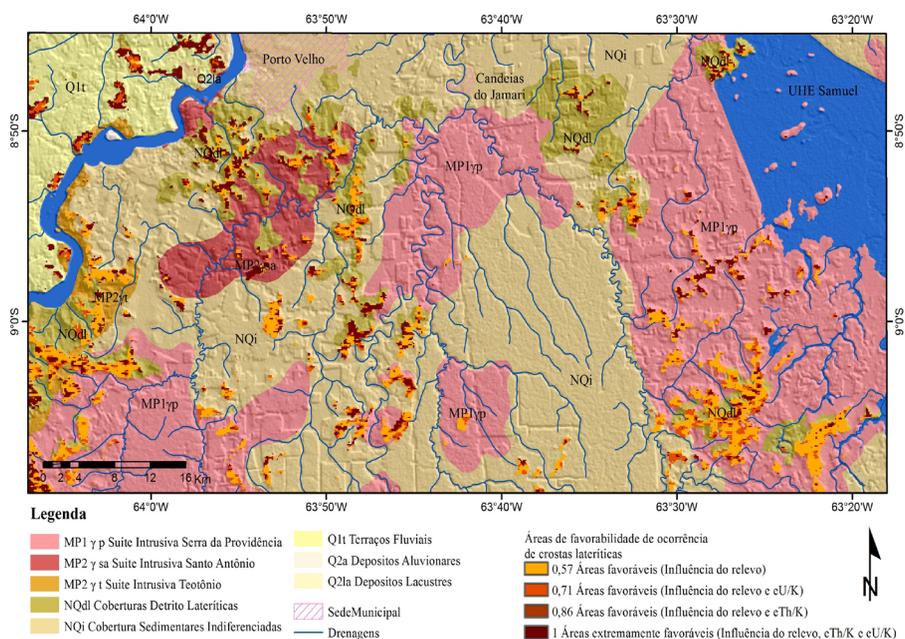


Figura 5 – Mapa de previsibilidade de ocorrência de crostas lateríticas (*método Index Overlay*) sobreposto ao mapa geológico de Quadros e Rizzotto (2007).

Fonte: Dados da Pesquisa. Organizado Pelos Autores.

5.3.3 Refinamento geomorfológico e outras considerações

Na sobreposição com o mapa geomorfológico publicado pelo IBGE (2013), as áreas classificadas como favoráveis e extremamente favoráveis coincidem cartograficamente com a unidade geomorfológica 262Dt33 que corresponde a dissecação homogênea com topos tabulares e densidade de drenagem média (Figura 6).

Guerra (1953) descreve as regiões morfológicas e sua correlação com as formas de relevo, e menciona as várias ocorrências de crostas lateríticas na região de Porto Velho e adjacências, contudo, não faz nenhuma associação das crostas com feições geomorfológicas. Por sua vez, os resultados de mapeamento geomorfológico apresentados por Melo *et al.* (1978) destacaram a existência Lateritas Hidromórficas na unidade morfológica chamada Planalto Rebaixado da Amazônia (Ocidental) onde encontra-se a área de estudo. Entretanto, os autores não fazem a associação das crostas lateríticas com platôs na margem direita do rio Madeira.

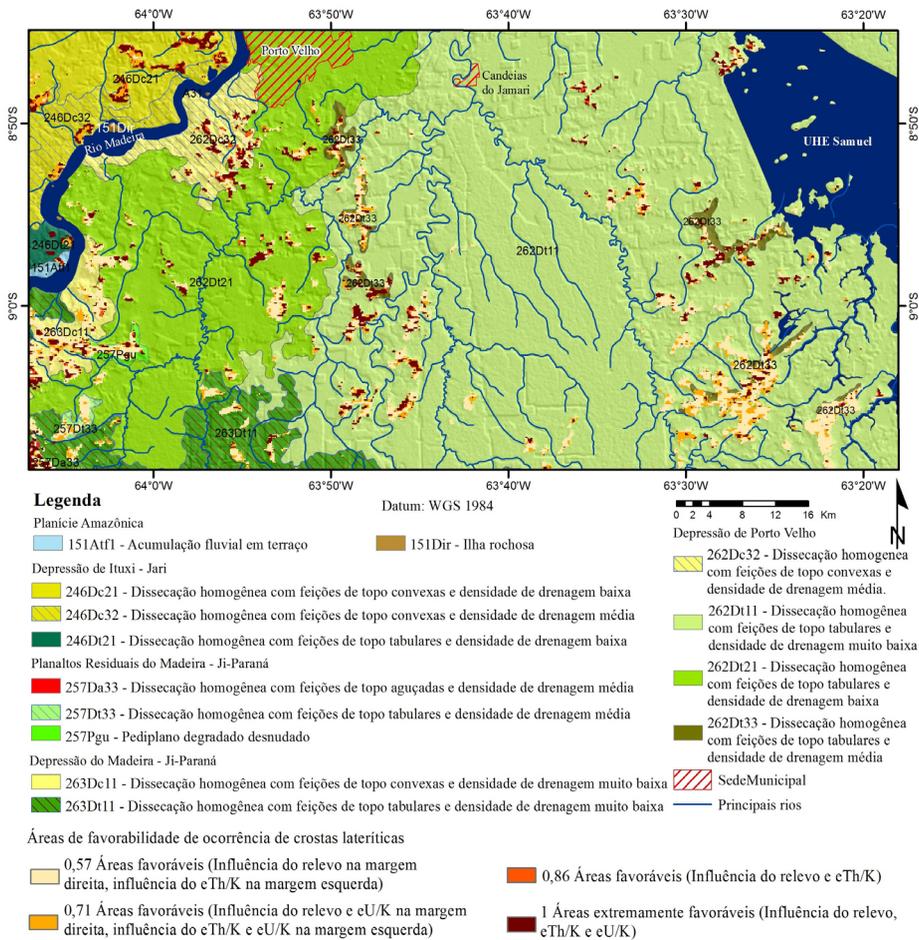


Figura 6 – Mapa de previsibilidade de ocorrência de crostas lateríticas (método Index Overlay) sobreposto ao mapa geomorfológico do IBGE (2013).

Fonte: Dados da Pesquisa. Organizado Pelos Autores.

Por sua vez, Della Justina (1994) estudou a exploração de recursos minerais no município de Porto Velho, considerando os lateritos e aspectos econômicos e ambientais envolvidos. A autora registrou as principais frentes de lavra, e cartografou as principais ocorrências nas proximidades de Porto Velho, contudo, não faz referência à associação das crostas com a geomorfologia.

Nascimento *et al.* (2012) estudaram os materiais lateríticos que ocorrem na área de Porto Velho e adjacências no intuito de entender a

sua natureza e sua relação com a evolução morfológica. Apesar de afirmar a ocorrência de crostas relacionada a platôs, a autora faz estudos em uma área restrita na cidade de Porto Velho.

Santos *et al.* (2012) fizeram o mapeamento geomorfológico da bacia do Igarapé Belmont nas proximidades de Porto Velho, na escala 1:25.000. Dos 10 tipos de relevo identificados, 3 têm relação com crostas lateríticas: i) Denudacional Estrutural Tabular com fraco entalhamento dos vales e pequena dimensão interfluvial, cuja superfície é sustentada por coberturas detrítico-lateríticas; ii) Denudacional Estrutural Tabular com fraco entalhamento dos vales e média dimensão interfluvial, cuja superfície apresenta vertentes íngremes com formato côncavo e geralmente sustentadas por coberturas detrítico-lateríticas imaturas; iii) Denudacional Tabular com muito fraco entalhamento dos vales e média dimensão interfluvial, cuja superfície é dissecada e plana, abrigando coberturas detrítico-lateríticas em colinas de topo plano (platôs).

Os resultados obtidos neste trabalho expõem uma clara relação entre platôs e crostas lateríticas, além da relação com altos valores gamaespectrométricos (valores das razões Th/K e U/K acima da média mais uma vez o desvio padrão).

Os platôs citados por Nascimento (2012) representam parte daqueles registrados neste trabalho, porém a autora não destaca a ocorrência de eventuais superfícies de aplanamento regionais. Apesar de Santos *et al.* (2012) realizarem mapeamento detalhado da área e identificar a presença de crostas lateríticas de forma restrita associadas a topos tabulares, os autores não identificaram o padrão regional de ocorrência das respectivas crostas, nem as eventuais superfícies de aplanamento associadas.

Desse modo, os resultados apresentados aqui ratificam a presença de crostas lateríticas em platôs, não apenas em regiões restritas próximas a Porto Velho, mas em extensão regional, tornando o método uma ferramenta robusta, inclusive abrindo perspectivas para a identificação de superfícies de aplanamento regional.

O mapa geomorfológico do Projeto Planaflo (Rondônia, 2002), apresenta unidades geomorfológicas associadas a platôs, porém não inclui descrições de materiais residuais ferruginosos associados para a margem direita do rio Madeira (Herrera *et al.*, 2016a). Para o lado esquerdo do rio Madeira, o referido mapa faz descrições de materiais ferruginosos, contudo, as crostas não foram totalmente cartografadas. Os resultados apresentados mostraram a presença de crostas lateríticas na margem esquerda do rio Madeira, dados que foram posteriormente constatados em campo. Sugere-se, portanto, a inclusão das áreas lateríticas identificadas neste trabalho na unidade D2210 complementando assim o refinamento feito por Herrera *et al.* (2016a).

No mapa geomorfológico do Estado de Rondônia publicado pelo IBGE (2013), na margem esquerda do rio Madeira, a unidade 246Dc21, onde há maior sobreposição de crostas lateríticas, está descrita como “Conjunto de formas de relevo de topos convexos, em geral esculpidas em rochas cristalinas e, eventualmente, também em sedimentos, às vezes denotando controle estrutural”. Esta área encontra-se localizada em um domínio residual (crostas lateríticas) e sedimentar (depósitos aluvionares, lacustres e terraços fluviais), sem evidências marcantes de topos tabulares como os observados na margem direita do rio Madeira. Portanto, sugere-se a criação da unidade 246Dc11 com a seguinte descrição: “Conjunto de formas de relevo de topos convexos, conformando feições de rampas suavemente inclinadas e lombas esculpidas em crostas lateríticas”.

6. Considerações Finais

A ocorrência de crostas lateríticas em pelo menos três níveis altimétricos (80 a 110 m, 120 a 150 m e entre 180 a 204 m) deixa clara a necessidade estudos geocronológicos e de geologia estrutural com o objetivo de definir a existência de uma ou mais superfícies de aplanamento e detalhar a *neotectônica* da área. O fato é que os platôs ocupam aproximadamente 278,4 km², representam 6,6% da área de estudo, conformando uma importante feição geomorfológica ainda não totalmente cartografada e/ou significativamente subestimada.

Silveira *et al.* (2014) empregou técnicas de inferência espacial no mapeamento geomorfológico para a identificação de unidades de relevo. Os autores constataram o potencial dos dados usados (SRTM) aliados a técnicas de geoprocessamento, para estabelecer critérios para a identificação e delimitação de feições geomorfológicas, normalmente feitas por julgamentos qualitativos. Segundo os autores, o uso de outras variáveis espaciais surge como desafio para estudos posteriores.

Iza *et al.* (2016) utilizaram dados de gamaespectrometria e altimetria para a identificação de crostas lateríticas no sul do Estado de Rondônia e delimitaram com êxito a presença de crostas lateríticas e latossolos em 2 domínios geomorfológicos principais. A área de estudo deste trabalho está localizada em um contexto geológico/geomorfológico/geofísico similar à área estudada por Iza *et al.* (2016), e a técnica apresentada gerou resultados igualmente satisfatórios na identificação de áreas favoráveis para a ocorrência de crostas lateríticas e seus produtos de desmantelamento. Portanto, os dados multifonte utilizados neste trabalho mostraram-se úteis e eficientes no apoio à cartografia geomorfológica e geológica, como constatado nos resultados supracitados.

Em termos gerais, a integração dos dados gamaespectrométricos e altimétricos permitiu a ampliação do conhecimento sobre as crostas lateríticas e mostrou-se extremamente útil na sua cartografia. A técnica booleana (método *index overlay*) mostrou-se eficiente na discriminação de crostas. A gamaespectrometria além de ratificar os atuais mapas existentes, contribui na ampliação da cartografia das crostas e, conseqüentemente, no refinamento dos mapas geomorfológico, pedológico e geológico da área, com destaque à margem esquerda do rio Madeira.

Desse modo, a técnica booleana deve ser considerada uma ferramenta complementar em áreas sem restrições para o estudo no campo e uma ferramenta imprescindível em áreas onde há restrições ou dificuldade de acesso em campo e sua versatilidade permite a adaptação de acordo com as características do terreno. Por último, a técnica também é útil para o planejamento urbano, na delimitação de áreas potenciais para a extração de cascalho laterítico usado para a construção civil e na definição de áreas desfavoráveis para a agricultura.

Por outro lado, os dados aerogeofísicos podem ser utilizados com outros fins, tal como a geração do índice do intemperismo para uma avaliação geral do comportamento intempérico, além de apoio para o próprio mapa do regolito e no desenvolvimento de outros índices dedicados ao estudo do regolito.

Agradecimentos

Agradecemos ao DIGEOF da CPRM pela concessão dos dados. Agradecemos a CAPES pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor do trabalho. E.P. Filho e Horbe agradecem ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEVA, G. J. J. **The CORLAT handbook**: Guidelines and background information for the description of laterite profiles for interdisciplinary use. Brussels: International Soil Reference and Information Centre, 1993.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; PASSOS, E.; HERMANN, M. L. P.; MENDONÇA, M.; SANTOS, G. F.; CARVALHO, S.M. C.; COITINHO, J. B. L. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Vol. II. Florianópolis: Editora da UFSC, 1996.

BONHAM-CARTER, G. F. Tools for map analysis: multiple maps. In: _____. **Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS** Oxford: Pergamon, 1994. Cap 9. p. 267-337.

BOYLE, R.W. **Geochemical prospecting for thorium and uranium deposits**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1982.

BÜDEL, J. **Climatic geomorphology**. Princeton: Princeton University Press, 1982.

BURROUGH, P. A.; MACMILLAN, R.A.; DEURSEN, W.V. Fuzzy classification methods for determining land suitability from soil profile observa-

tion and topography. **Journal of Soil Science**, v. 43, p. 193–210, 1992. (DOI: 10.1111/j.1365- 2389.1992.tb00129.x).

CARRINO, T. A.; SILVA, A.M.; BOTELHO, N.F.; SILVA, A.A.C. Discriminação de áreas de espesso regolito do leste do Estado do Amazonas usando estatística multivariada, algoritmo hiperespectral e modelagem de dados espaciais. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 29, n. 1, p. 155-172, 2011. (DOI: 10.1590/S0102-261X2011000100011).

CHANDRASEKARAN, B.; ANNADURAI, K. ; SOMASUNDARAM, E. **A textbook of Agronomy**. New Delhi: New Age International (P) Limited, Publishers, 2010.

COHEN, J. A coefficient of agreement of nominal scales. **Educational and Psychological Measurement**. 20 (1), 37–46, 1960. (DOI: 10.1177/001316446002000104).

COSTA, M. L. da. Introdução ao intemperismo laterítico e à laterização. In: LICHT, O. A. B.; MELLO, C. S. B. de; SILVA, C. R. da (Eds.). **Prospecção geoquímica: depósitos minerais metálicos, não metálicos, óleo e gás**. Rio de Janeiro: SBGq; CPRM, 2007.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Projeto Aerogeofísico Rondônia Central: relatório final de levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos. Rio de Janeiro: Lasa Engenharia e Prospecções; Prospectores Aerolevantamentos e Sistemas, 27 v. 1, 2010.

DARNLEY, A. G.; GRASTY, R. L. Mapping from the air by gamma-ray spectrometry. *Canadian Institute of Mining Metallurgy*, v. 11, p. 485-500, 1971.

DAUTH, C. Airbornemagnetic, radiometric and satellite imagery for regolith mapping in the Yilgarn Craton of Western Australia. **Exploration Geophysics**, 28, 199–203, 1997. (DOI: 10.1071/ EG997199).

DELLA JUSTINA, E.E., **Retrato Social da Exploração de Recursos Minerais no Município de Porto Velho-Rondônia: O caso dos lateritos.**1994. Monografia (Especialização em Geografia) – Amazônia, questão Regional e Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 1994.

DENT, D. L.; MACMILLAN, R.A.; MAYR, T.L.; CHAPMAN, W.K.; BERCH, S.M. Use of airborne gamma radiometrics to infer soil properties for a forested area in British Columbia, Canada. **Journal of Ecosystems and Management**, v. 14, n. 1, p. 1-12, 2013.

DICKSON, B. L.; SCOTT, K. M. Interpretation of aerial gamma-ray surveys adding the geochemical factors. **Journal of Australian Geology and Geophysics**, v. 17, n. 2, p. 187- 200, 1997.

DOS SANTOS, A.C.L.; MENEZES, P.T.L.; DO NASCIMENTO, C.T.C. Gamaespectrometria aplicada em solo agrícola no noroeste do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geofísica**, Vol. 26(2), p.181-194, 2008. (DOI: 10.1590/S0102- 261X2008000200006).

DUVAL, J. S. Modern aerial gamma-ray spectrometry and regional potassium map of the conterminous United States. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 39, p. 249-253, 1990. (DOI: 10.1016/0375-6742(90)90076-M).

GRAHAM, D. F; BONHAM-CARTER, G. F. Airborne radiometric data: a tool for reconnaissance geological mapping using a GIS. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 58, p. 1243-1249, 1993.

GREGORY A. F; HORWOOD J. L. **A laboratory study of gamma-ray spectra at the surface of rocks.** Ottawa: Department of Energy, Mines and Resources, (Mines Branch Research Report, 85). 1961.

GUERRA, A.T. Observações geográficas sobre o Território do Guaporé. **Revista Brasileira de Geografia**, 2, 183-302, 1953.

HERRERA, I.L.I.E.; IZA, E.R.H.F.; FILHO, E.P.S.; HORBE, A.M.C. Cartografia Geológica e Geomorfológica de Crostas Lateríticas na porção Norte do Estado de Rondônia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, no.1, p. 177-190, 2016a (DOI: 10.20502/rbg.v17i1.880).

HERRERA, I.L.I.E.; SILVA FILHO, E.P.; IZA, E.R.H.F.; HORBE, A.M.C. **Utilização de dados gamaespectrométricos no apoio à cartografia geomorfológica**. In: SIMPOSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 11, 15-21 set. 2016, Maringá. Anais... Maringá: UGB, 2016b. <http://sinageo.org.br/2016/trabalhos/6/6-42-1551.html>

HORBE A.M.C. COSTA M.L. Solos gerados a partir do intemperismo de crostas lateríticas silicoferruginosas. **Acta Amazônica**, 27(4):241-256. 1997.

HORBE, A.M.C.; COSTA, M.L. Geochemical evolution of a lateritic Sn,Zr,Th,Nb,Y,REE- bearing ore body derived from a pogradite: the case of Pitiniga, Amazonas-Brazil. **Journal of Geochemical Exploration**. v. 66. p. 339-351, 1999. (DOI: /10.1016/S0375-6742(99)00002-3).

HORBE, A.M.C.; COSTA, M.L. Lateritic crusts and related soils in eastern Brazilian Amazonia, **Geoderma**, v. 126. p. 225-239, 2005. (DOI: 10.1016/j.geoderma.2004.09.011).

IBGE. Mapas interativos, IBGE 2013. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_interativos/> Acessado em: 20 de junho de 2015.

IZA, E.R.H.F.; HORBE, A.M.C.; SILVA, A.M. Boolean and fuzzy methods for identifying lateritic regoliths in the Brazilian Amazon using gamma-ray spectrometric and topographic data. **Geoderma**, 269, 27-38, 2016. (DOI: 10.1016/j.geoderma.2016.01.037).

LANDIS, J.R., KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics** 33 (1), 159-174, 1977. (DOI: 10.2307/2529310).

MCKENZIE, N. J.; RYAN, P. J. Spatial prediction of soil properties using environmental correlation. **Geoderma**, v. 89, p. 67-94, 1999.

MELO, D.P.; COSTA, R.C.R.; E NATALI FILHO, T. Geomorfologia da folha SC.20-Porto Velho. In: BRASIL. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SC.20-Porto Velho**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral (Levantamento de Recursos Naturais, 16), 1978.

MINTY, B. R. S. Fundamentals of airborne gamma-ray spectrometry. **Journal of Australian Geology and Geophysics**, v. 17, n. 2, p. 39-50, 1997.

NASCIMENTO, T.C.N., MANIESI, V., ADAMY, A., NOGUEIRA, A., A natureza e aplicação dos materiais lateríticos na área urbana e entorno de Porto Velho. **Revista geonorte**, Edição Especial, V.2, N.4, p.11 – 19, 2012.

NOGUEIRA, J. 1985. **Lateritas**. Boletim Técnico. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 46 p.

PENTEADO, M. M^a. Fundamentos de geomorfologia. 2^a ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.

QUADROS, M.L. do E.S.; RIZZOTTO, G.J. (Orgs.). **Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais do Estado de Rondônia- escala 1:1.000.000**. Porto Velho: CPRM. 116 p. Programa Geologia do Brasil-PGB. 2007.

RONDONIA, Secretaria de Estado do Planejamento. Plano agroflorestal e Pecuário de Rondônia – **PLANAFLORO (banco de dados geográfico)**. Porto Velho, 2002. Disponível em: <<http://www.sedam.ro.gov.br/index.php/component/content/article/109-cogeo/168-acervo-tecnico>>. Acessado em 20 de junho de 2015.

RUY, A.C.; SILVA, A.M.; TOLEDO, C.L.B.; SOUZA FILHO, C.R. Uso de dados aerogeofísicos de alta densidade para mapeamento geológico em ter-

renos altamente intemperizados: O estudo de caso da região de Cláudio, porção sul do cráton São Francisco. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 24, n.4, p 535-546, 2006. (DOI: 10.1590/S0102-261X2006000400007).

SANTOS, S.L.N.; DELLA-JUSTINA, E.E.; FERREIRA, M.M. Mapeamento geomorfológico da bacia do Igarapé Belmont, Porto Velho – Rondônia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.3, p.255-266, 2012.

SILVEIRA, R.M.P.; DA SILVEIRA, C.T.; OKA-FIORI, C. Emprego de técnicas de inferência espacial para identificação de unidades de relevo apoiado em atributos topográficos e árvore de decisão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.15, n.1, p.87-101, 2014.

SOUZA JL. 1998. **Anomalias aerogamaespectrométricas (K, U e Th) da Quadrícula de Araras (SP) e suas relações com processos pedogenéticos e fertilizantes fosfatados**. Dissertação de Mestrado (Pós-graduação em Geologia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 1998.

TUCKER, C. J.; HOLBEN, B.N.; GOFF, T.E. Intensive forest clearing in Rondonia, Brazil, as detected by satellite remote sensing. **Remote Sensing of Environment**, v. 15, p. 255-261, 1984. (DOI: 10.1016/0034-4257(84)90035-X).

WILFORD, J. R.; BIERWIRTH, P.N.; CRAIG, M.A. Application of airborne gamma-ray spectrometry in soil/regolith mapping and applied geomorphology. **Journal of Australian Geology and Geophysics**, v. 17, n. 2, p. 201-216, 1997.

WILFORD, J. A weathering intensive index for the Australian continent using airborne gamma-ray spectrometry and digital terrain analysis. **Geoderma**, v. 183-184, p. 124-142, 2012. (DOI: 10.1016/j.geoderma.2010.12.022).

XIA D.; JIN M.; LIU X.; CHEN F.; MA J.; ZHAO H. WANG X.; WEI H. A preliminary study on the magnetic signatures of modern soil in Central

Asia. **Frontiers of Earth Science in China**, v.1, n. 3; 275-283, 2007. (DOI: 10.1007/s11707-007-0034-1).

ZHU A-XING.; YANG, L.; LI, B.; QIN, C-Z.; PEI, T.; LIU, B. Construction of membership functions for predictive soil mapping under fuzzy logic. **Geoderma**, v. 155, n. 3-4, p. 164- 174, 2010. (DOI: 10.1016/j.geoderma.2009.05.024.3).

SOBRE OS AUTORES (AS)

Adriana Cristina da Silva Nunes – Possui Pós-Doutorado pelo programa de Pós-graduação em Microbiologia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Tem Doutorado e Mestrado em Biologia Experimental - PGBIOEXP e Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Rondônia/UNIR. É professora com Dedicção Exclusiva-DE Associada I do Departamento de Arqueologia - DARQ/UNIR. É Coordenadora do Centro Interdepartamental de Biologia Experimental e Biotecnologia - CIBEBI. Líder do Grupo de Estudos e Pesquisas em Biologia Experimental-GEPBIOExp e Pesquisadora Associada do Laboratório de Geografia e Planejamento Ambiental. E-mail: adriananunes@unir.br

Adriana Maria Coimbra Horbe – Possui Doutorado em Geologia e Geoquímica pela Universidade Federal do Pará. É Professora titular do Instituto de Geociências da UNB, pesquisadora do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e responsável pelo Laboratório de Difração de Raios-x. ahobe@unb.br.

Adriely Ferreira da Costa Nery – Possui Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente/UNIR, Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas pela Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR). E-mail: adrielyf_nery@hotmail.com

Allan Rodrigues Augusto – Possui Mestrado em Geografia pela UNIR e Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade Interamericana de Porto Velho em, com especialização em MBA no Instituto de Pós-Graduação de Goiás em Gerenciamento de Obras, Tecnologia & Qualidade da Construção. Atualmente está desenvolvendo tese de Doutorado em Geografia e é Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico no Instituto Federal de Rondônia - IFRO. E-mail: allan.augusto@ifro.edu.br

Alcione Gomes Botelho – Possui Bacharelado em Geografia pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR) e Graduação em Gestão Ambiental pela Faculdade Interamericana de Porto Velho (UNIRON). Atualmente desenvolve Mestrado no programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Rondônia e colaboradora no Laboratório de Geografia e Cartografia (LABCART). E-mail: alcioneg.botelho@gmail.com

Beatriz de Alencar Borst – Acadêmica do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie. E-mail : beatriz.borst@gmail.com

Célia Regina Moretti Meirelles – Possui Doutorado e Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo e graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Maringá. É professora adjunta I da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Integra o quadro de professores da Pós-graduação *stricto-sensu* em Arquitetura e Urbanismo – PPGAU-FAU Mackenzie. É Líder do grupo de pesquisa Sistemas Construtivos na Arquitetura Contemporânea. E-mail: morettimeirelles@gmail.com

Dorisvalder Dias Nunes – Possui Pós-Doutorado pelo Instituto de Geociências/UFMG e Doutorado em Desenvolvimento Socioambiental pelo Núcleo de Altos Estudos Amazônicos -NAEA/UFPA. Mestrado em Geografia Física pela USP. Licenciado e Bacharel em Geografia pela UNIR. É Docente do Quadro Permanente do PPGG/UNIR/Dpto. de Geografia/UNIR. Coordenador do Laboratório de Geografia e Planejamento Ambiental - LABOGE-OPA. É membro do Conselho Consultivo das Revistas RAEGA, Sociedade e Natureza, e avaliador *Ad Hoc* na Revista Environmental Science and Pollution Research. E-mail: dorisval@unir.br

Edgar Romeo Herrera de F. Iza – Possui Doutorado em Geologia pela Universidade de Brasília e graduado em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Atualmente é Geólogo Supervisor da Gerência de Geologia e Recursos Minerais de Salvador - CPRM. E-mail: edgar.iza@cprm.gov.br

Elaine Lima Da Fonseca – Possui Mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Rondônia-UNIR. Bacharel em Agronomia pelo Centro Universitário Luterano de Ji-Paraná (CEULJI-ULBRA) e Licenciada em Geografia pelo Instituto Superior de Educação Elvira Dayrell (ISEED). Especialista em Proteção de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e em Geoprocessamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO). Atualmente desenvolve tese de Doutorado pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR). Atualmente. É docente do Curso de Agronomia e Zootecnia do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) – Campus Colorado do Oeste. E-mail: elaine.fonseca@ifro.edu.br

Eliomar Pereira da Silva Filho – Possui Doutorado em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual de São Paulo – UNESP. Mestrado, Bacharelado e Licenciatura pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. É Professor Titular do Departamento e do Programa de Pós-graduação Mestrado e Doutorado em Geografia da Universidade Federal de Rondônia. Líder do grupo de pesquisa no Laboratório de Geografia e Cartografia - LABCART e Coordenador do Laboratório de Geografia Física 1 (Pedologia, Geomorfologia e Biogeografia) da UNIR. E-mail: eliomar@unir.br e eliomarfilho@uol.com.br

Fabiano Antonio de Oliveira – Possui Doutorado e Mestrado em Geografia Física pela Universidade de São Paulo onde também fez sua graduação na área de Geografia. Professor e pesquisador da Universidade Federal do Paraná, tem experiência na área de Geociências com ênfase em Geomorfologia e Cartografia, atuando principalmente nos temas: geomorfologia aplicada, geomorfologia fluvial, hidrossedimentologia, recursos hídricos, cartografia e planejamento. É docente do Programa de Pós-Graduação Mestrado e Geografia da UFPR. E-mail: foliveira@ufpr.br

Gean Magalhães da Costa – Possui Mestrado, Bacharelado e Licenciatura em Geografia pela Universidade Federal de Rondônia - UNIR. Atualmente desenvolve Doutorado Geografia pelo Programa Mestrado e Doutorado em Geografia - PPGG da UNIR. E-mail: gean.72@gmail.com

Gizele Carvalho Pinto: Possui Doutorado em Geografia Física pela Universidade Federal do Paraná – UFPR. Tem Mestrado, Licenciatura e Bacharelado em Geografia pela Universidade Federal de Rondônia - UNIR. É pesquisadora colaboradora do grupo de pesquisa GEOPLAM no laboratório de Geografia e Planejamento Ambiental - LABOGEOPA. Desenvolve pesquisas relacionadas ao Ordenamento territorial, Planejamento ambiental de bacias hidrográficas e Fragilidade/Vulnerabilidade à erosão. É professora celetista da Secretaria de Ensino do Estado de Rondônia/SEDUC desde 2017. E-mail: gizelepc@gmail.com

Helen Rose Oliveira da Silva – Possui Doutorado e Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação Mestrado e Doutorado em Geografia da Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Graduada em Licenciatura e Bacharelado em Geografia pela UNIR. Pesquisadora do Laboratório de Geografia e Cartografia – LABCART. E-mail: helen.roose1989@gmail.com

Hemili Vitória Do Carmo Pimentel – Possui Bacharelado em Geografia pela Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Gestora ambiental pela Universidade Metodista de São Paulo. Especialista em ciências ambientais e Análise Ambiental pela Universidade Estácio de Sá. Atualmente desenvolve Mestrado no programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Rondônia. E-mail: vivi-fame@hotmail.com

Isabel Leonor Iza E. Herrera – É formada em Engenharia Geofísica pela Universidad Simón Bolívar na Venezuela, em 2004. Concluiu o doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Rondônia em 2019, e o mestrado em 2016 pela mesma universidade. Tem experiência em Geofísica no setor de Controle de Qualidade por 5 anos em empresas de sísmica na Venezuela, Brasil, Angola e Malásia. Na área acadêmica, tem experiência como professora de física na UNIRON (União das Escolas de Rondônia). Tem vários artigos científicos publicados, onde trabalhou com temas relacionados a geomorfologia, pedologia, geofísica e regolito.

João Paulo Assis Gobo – Possui Pós-Doutorado em Ciências. Doutor e Mestre em Geografia Física pela Universidade de São Paulo. Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). É Professor Adjunto (Nível II) do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Rondônia e Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da

mesma instituição. É líder do Grupo de Pesquisas em Bioclimatologia e Mudanças Climáticas na Amazônia – BIOCLAM. E-mail: joao.gobo@unir.br

Laura Nisinga Cabral - Possui Mestrado em Geografia e Graduação em Arqueologia Amazônica, ambos pela Universidade Federal de Rondônia. É docente externa da Universidade Federal de Rondônia pelo departamento de Arqueologia. Pesquisadora vinculada ao Grupo de Pesquisa Arqueologia na Amazônia Meridional (GPAAM) e ao Laboratório de Geografia e Cartografia (LAB-CART). Atualmente trabalha como Chefe de Equipe na Gestão de Acervos do Museu da Memória Rondoniense - MERO. E-mail: nisinga@yahoo.com.br

Leonardo José Cordeiro Santos – Possui Pós-Doutorado no Departamento de Geologia da Universidade do Minho, Braga/Portugal e Pós-doutorado no Centre Européen de Recherche et d'enseignement des Géosciences de l'environnement (CEREGE). Doutor e Mestre em Geografia Física pela Universidade de São Paulo, com estágio sanduíche no Institut de la Recherche Agronomique (INRA), Rennes/França. É professor associado da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPR. E-mail: santos.ufpr@gmail.com

Maria Cristina Celuppi – Possui Mestrado em Arquitetura pelo Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Bacharel em Design pela Universidade Luterana do Brasil – ULBRA. Atualmente desenvolve Doutorado pelo Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie. É Especialista em Design e Arquitetura de Interiores pela Faculdade Meridional - IMED. E-mail: mariaceluppi@hotmail.com

Maria Madalena de Aguiar Cavalcante – Possui Pós-Doutorado em geografia pela Universidade Federal de Roraima - UFRR, Brasil e pela Universitat Autònoma de Barcelona – UAB – Espanha. Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Paraná – UFPR. Mestre, Bacharel e Licenciada em Geografia pela Universidade Federal de Rondônia - UNIR. Professora do Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG da UNIR. Líder do Grupo de Pesquisa em Geografia e Ordenamento do Território na Amazônia (GOT-Amazônia). E-mail: mada.geoplan@gmail.com

Marília Locatelli (*In Memoriam*) – Possui Doutorado em Ciência do Solo pela North Carolina State University . Mestrado em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa. Graduada em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria. Pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e professora do Programa de Pós-graduação em Geografia (Mestrado e Doutorado) da Universidade Federal de Rondônia - UNIR. E-mail: marilia.locatelli@embrapa.br

Michel Watanabe - Doutor em Geografia Física pela Universidade Federal do Paraná - UFPR. Licenciado, Bacharel e Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Rondônia. Líder do Grupo de Estudos e Pesquisas em Geoprocessamento e Hidrossedimentologia na Amazônia. Professor do Departamento de Educação do Campo da UNIR. Docente do quadro Permanente e Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geografia – UNIR (2018-2020). E-mail: micwat85@gmail.com

Najla Benevides Matos - Possui Doutorado em Doct Microbiologie et Virologie - Instituto Pasteur – França-IPF. Doutorado realizado junto ao Laboratório de Membranas Bacterianas do Instituto Pasteur -França pela Universidade Jussieu Denis Diderot Paris VII. Tem Mestrado em Biologia Experimental pela Universidade Federal de Rondônia (2004), onde concluiu sua Graduação em Ciências Biológicas. Pesquisadora da Fundação Oswaldo Cruz de Rondônia, onde desenvolve em Tratamento e Controle de Agentes Bacterianos e Virais Responsáveis pela alta Mortalidade Infantil na Amazônia. E-mail: najla.matos@fiocruz.br

Raquel Cymrot – Possui Mestrado e Bacharelado em Estatística pela Universidade de São Paulo. É professora em regime de período integral da Universidade Presbiteriana Mackenzie. E-mail: raquel.cymrot@mackenzie.br

Salem Leandro Moura dos Santos - Possui Doutorado, Mestrado, Licenciatura e Bacharelado em Geografia pela Universidade Federal de Rondônia – UNIR. E-mail: salemsantos@yahoo.com.br

Selma Maria de Arruda Silva – Possui Mestrado em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação Mestrado e Doutorado em Geografia. É Licenciada e Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso. Atualmente desenvolve Doutorado em Geografia pelo PPGG/UNIR. É Pesquisadora do Laboratório de Geografia e Planejamento Ambiental – LABOGEOPA. E-mail: selmaprofgeo@hotmail.com

Siane Cristhina Pedroso Guimarães – Possui Doutorado e Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente da Universidade Estadual Paulista – UNESP. Licenciada e Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Rondônia - UNIR. Professora Associada II do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação Mestrado e Doutorado em Geografia – PPGG-UNIR. Vice-líder do Grupo de Pesquisa Laboratório de Geografia e Cartografia – LABCART. E-mail: sianecpg@unir.br

Tamires Cunha de Aguiar – Possui Mestrado em Geografia, com ênfase em Geografia Física pelo Programa de pós-graduação Mestrado e Doutorado em Geografia PPGG/UNIR. É Licenciada e Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Rondônia. Atualmente faz seu Doutorado em Geografia pelo PPGG/UNIR. É Professora do Município de Porto Velho-RO. E-mail: mytami92@gmail.com

Tatiane Emílio Checchia - Possui Mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina e Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. É professora do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Rondônia e colaboradora do GE-OPLAM/UNIR e do Instituto Nacional de Hidrologia da Amazônia. Desenvolve estudos em modelagem hidrossedimentológica e Recursos Hídricos. E-mail: tati.checchia@gmail.com

Thatyellen Edyte Alves da Silva Rufino – Possui Licenciatura e Bacharelado em Geografia pela Universidade Federal de Rondônia. Atualmente é colaboradora do Grupo de Pesquisa Laboratório de Geografia e Cartografia – LABCART. E-mail: thatyellenalves@gmail.com

A Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR) é uma instituição pública de ensino superior criada em 1982. Ao longo de aproximados 40 anos, as ações de ensino, pesquisa e extensão formaram profissionais qualificados para atuação em todas as esferas da sociedade e do mercado de trabalho. A partir do ano 2000, com o início da oferta de cursos de Pós-Graduação, essa ação foi sendo ampliada, sendo ofertados, atualmente, 24 mestrados e 04 doutorados, abrangendo diversas áreas do conhecimento e priorizando pesquisas atinentes às questões ambientais, sociais, educacionais, culturais, econômicas e geográficas da Amazônia e especialmente de Rondônia. Como política de apoio e fortalecimento à Pós-Graduação e à pesquisa na Universidade, a Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa (PROPESQ) instituiu a publicação de livros elaborados pelos programas de Pós-Graduação, como atividade de divulgação e compartilhamento dos resultados das pesquisas produzidas por pesquisadores desta Instituição, tendo a Editora da Universidade Federal de Rondônia (EDUFRO), como unidade sistematizadora de todas as produções. Dessa forma, esta coleção, composta por 13 livros elaborados cada um por um PPG da UNIR, apresenta temas e abordagens disciplinares e transdisciplinares, divulga os resultados das pesquisas elaboradas nessa Instituição e aproxima a UNIR das Instituições Estaduais, Municipais e de toda a Sociedade.

Maria Madalena de Aguiar Cavalcante – Diretora de Pós-Graduação

Artur de Souza Moret – Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa

O desafio da Fundação Universidade Federal de Rondônia no ensino de graduação e de Pós-Graduação nunca foi tão grande, principalmente a partir dos recursos cada vez menores. Nesta pandemia por covid-19, o desafio foi não parar e a Pós-Graduação da UNIR não parou: defesas de dissertações e teses tornaram-se on-line e as produções acadêmicas-científicas não cessaram. Estes 13 livros da Coleção Pós-Graduação são a demonstração de que o esforço para o crescimento e a consolidação se mantém firme e constante. O futuro da Pós-Graduação na UNIR é o resultado das ações articuladas entre todos os atores, com maior abertura para a sociedade e para os setores públicos e com um grande objetivo que nos motiva, o de contribuir na formação em excelência de professores e pesquisadores nos países limítrofes. Os resultados nos colocam em papel de destaque na Amazônia e é isso o que desejamos: ser uma Instituição pública e gratuita, com forte apoio da sociedade para a oferta de cursos e formações que promovam o Desenvolvimento Regional e Sustentável do Estado de Rondônia

Marcele Regina Nogueira Pereira – Reitora