

Universidade do Estado do Pará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado



Leonardo Sousa dos Santos

**Condições hídricas e térmicas em diferentes padrões
de uso e cobertura do solo na Floresta Nacional do
Tapajós e seu entorno, Estado do Pará, usando
sensores orbitais e termografia infravermelho**

Universidade do Estado do Pará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado



Leonardo Sousa dos Santos

Condições hídricas e térmicas em diferentes padrões de uso e cobertura do solo na Floresta Nacional do Tapajós e seu entorno, Estado do Pará, usando sensores orbitais e termografia infravermelho

Belém
2016

Leonardo Sousa dos Santos

Condições hídricas e térmicas em diferentes padrões de uso e cobertura do solo na Floresta Nacional do Tapajós e seu entorno, Estado do Pará, usando sensores orbitais e termografia infravermelho

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Lucieta Guerreiro Martorano.

Belém
2016

Leonardo Sousa dos Santos

Condições hídricas e térmicas em diferentes padrões de uso e cobertura do solo na Floresta Nacional do Tapajós e seu entorno, Estado do Pará, usando sensores orbitais e termografia infravermelho

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará.

Data da aprovação: 26/07/2016

_____ - Orientadora - UEPA

Prof.^a Dr^a. Lucieta Guerreiro Martorano
Doutora Fitotecnia/Modelagem Agrometeorológica
Universidade do Estado do Pará
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Amazônia Oriental

_____ - 1º Examinador

Dr. Orlando dos Santos Watrin
Doutor em Geografia
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Amazônia Oriental - EMBRAPA

_____ - 2º Examinador

Prof. Dr. Nicola Saverio Holanda Tancredi
Doutor em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento.
Universidade Federal do Oeste do Pará

_____ - 3º Examinador

Prof. Dr. Altem Nascimento Pontes
Doutor em Ciências, na modalidade Física
Universidade do Estado do Pará - UEPA

*"Deus Pai e Senhor de misericórdia, tudo criaste com tua palavra. Com tua sabedoria formaste os homens para dominar as criaturas que fizeste, para governar o mundo com santidade e justiça e exercer o julgamento com retidão de alma. Concede-me a sabedoria, que está entronizada ao teu lado, e não me excluas do número de teus filhos" **Sb. 9, 1-4.***

AGRADECIMENTOS

Ao nosso bom Deus, supremo arquiteto do universo, por ter nos dado o dom da vida e a capacidade de podermos alcançar tudo que almejamos.

À minha mãe Maria Ivoneide Sousa dos Santos e ao meu pai Manoel Jerônimo Brito dos Santos pelo dom a vida, apoio e por tudo que sempre fizeram por mim, pelo exemplo de amor, superação, amizade e carinho.

Às minhas irmãs, Leonyce Sousa dos Santos e Leonilde Sousa dos Santos, pelo apoio, incentivo e dicas importantes que contribuíram para a minha formação profissional e conquista deste Título. Aos amigos e familiares sempre tão compreensivos nos meus momentos de ausência.

À minha amada e querida esposa, Rafaela da Penha Paiva dos Santos, a qual foi de suma importância para a realização desta vitória, pois sempre incentivadora, pacientemente carinhosa e dedicada deu-me força e coragem para trilhar esse caminho. Ao meu amado filho, Erick Valente Paiva dos Santos, hoje fonte de nossas inspirações, dedicações e felicidade.

A minha orientadora Dra. Lucieta Guerreiro Martorano pela oportunidade, paciência, confiança e motivação, sendo referência na caminhada “lenta e gradual” da ciência e, acima de tudo, por ser uma grande motivadora do meu ingresso na pesquisa científica. À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Amazônia Oriental.

Ao Dr. Altem Nascimento Pontes, pelas oportunidades, orientações acadêmicas e seus conselhos de vida. Por sua dedicação enquanto Coordenador do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, onde não mediu esforços para proporcionar um ambiente acadêmico com toda infraestrutura necessária à realização das atividades do no mestrado.

Ao amigo Raimundo Reis Macedo, grande incentivador do meu crescimento profissional e acadêmico, sempre apoiando para que eu alcançasse essa Pós-graduação.

Aos Professores, Orleno Marques da Silva, doutorando do Programa de Planejamento Energético (Universidade Federal do Rio de Janeiro) e Sarah Batalha, doutoranda do Programa de Pós-graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (Universidade Federal do Oeste do Pará) pelos auxílios nas análises, correções e ajuda nas submissões destes trabalhos de pesquisa.

Ao corpo docente e de funcionários do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, que acreditou no desafio Interdisciplinar, que me permitiu concluir este curso.

Aos colegas do mestrado em Ciências Ambientais pelo apoio, parceria e produções científicas, em especial aos amigos: Carlos Gutierrez, Nayara Dias, Renan Coelho, Arlesson Souza, Thyago Miranda, Priscila Fonseca e Silvia.

E, por fim, a todos que de alguma forma ajudaram-me, agradeço por acreditarem no meu potencial, nas minhas ideias e nos meus sonhos.

TABELAS DO ARTIGO 1

Quadro 1	Resumo do processo metodológico aplicado na análise linear e areal da SBHRM	24
Tabela 1	Características morfométricas da sub-bacia hidrográfica do rio Moju, PA	26
Tabela 2	Relação de bifurcação (Rb) e comprimento médio dos cursos d'água (Rlm) de cada ordem da sub-bacia hidrográfica do rio Moju, PA	27

TABELAS DO ARTIGO 2

Tabela 1	Variáveis utilizadas nos cálculos de parâmetros hidrológicos na FLONA Tapajós (FNT) e Área de Entorno (AE)	36
Tabela 2	Resultados dos cálculos de parâmetros hidrológicos da FNT e AE	37
Tabela 3	Dados obtidos dos canais principais das subáreas (FNT + AE)	39

TABELAS DO ARTIGO 3

Tabela 1	Distribuição das classes de altimetria e declividade da FNT+AE	49
Tabela 2	Distribuição das classes de exposição solar da FNT+AE	50
Tabela 3	Distribuição das classes de pedologia da FNT+AE	52

TABELAS DO ARTIGO 4

Tabela 1	Análise descritiva da TST dos 5.000 pontos aleatórios nas imagens orbitais selecionadas	66
Tabela 2	Valores estatísticos de TST do uso e cobertura da terra, 2012	67
Tabela 3	Valores de temperatura na superfície das principais localidades na FNT+AE	72
Tabela 4	Valores de temperatura na superfície dos pontos de nascentes na FNT+AE	73

FIGURAS DO ARTIGO 1

Figura 1	Localização da SBHRM na FLONA do Tapajós e seu entorno, PA	22
Figura 2	Diagrama metodológico de geração do limite que delimita a bacia hidrográfica com TauDEM	23
Figura 3	Vista da ponte e lado esquerdo do Igarapé Moju na BR-163	25
Figura 4	Sistema de drenagem e hierarquia fluvial da sub-bacia do rio Moju, PA	27
Figura 5	Mapa de precipitação anual e probabilidade de alagamento da sub-bacia do Rio Moju	28
Figura 6	Mapa de declividade e exposição solar do terreno na sub-bacia do rio Moju	29

FIGURAS DO ARTIGO 2

Figura 1	Localização da Floresta Nacional do Tapajós e Área de Entorno	35
Figura 2	Rede de drenagem e hierarquias dos canais na FNT+AE	38
Figura 3	Uso e cobertura do solo da área de estudo em 2012 da FNT + AE	40

FIGURAS DO ARTIGO 3

Figura 1	Localização da Floresta Nacional do Tapajós e Área de Entorno	46
Figura 2	Modelo digital tridimensional da rede de drenagem da FNT+AE	47
Figura 3	Descrição comparativa das quantidades de canais da FNT+AE	48
Figura 4	Análise comparativa de Dd e Dh de alguns igarapés da FNT+AE	48
Figura 5	Visão panorâmica das vertentes norte/sul com relevo plano/ ondulado na FNT+AE	49
Figura 6	Aspectos altimétrico e de declividade da FNT+AE	50
Figura 7	Exposição solar na FNT+AE	51
Figura 8	Sobreposição das classes de Pedologia e rede drenagens da FNT+AE	53
Figura 9	Uso e cobertura do solo e área urbana na FNT+AE	53
Figura 10	Uso e cobertura de floresta e vegetação secundária na FNT+AE	54
Figura 11	Uso e cobertura de pasto e agricultura anual da FNT+AE	55
Figura 12	Visão panorâmica do relevo plano com pasto e agricultura anual na FNT+AE	55
Figura 13	Cadastros ambientais rurais provisórios e definitivos na FNT+AE	56
Figura 14	Modelo digital tridimensional da Sub-bacia do rio Moju na FNT	57

FIGURAS DO ARTIGO 4

Figura 1	Localização da Floresta Nacional do Tapajós e Área de Entorno	63
Figura 2	Diagrama metodológico para conversão de NDs em TST no PCI Geomática/ATCOR	64
Figura 3	Etapas da metodologia da campanha de campo na FNT e AE	65
Figura 4	Imagens termais e valores de TST Min e Max para os anos de 2005, 2009 e 2015 às 13h36mim	66
Figura 5	Descrição gráfica dos valores estatísticos de TST dos anos selecionados	67
Figura 6	Descrição gráfica das médias de TST de uso e cobertura do solo dos anos selecionados	68
Figura 7	Modelagem da temperatura de superfície da FNT+AE para 2005, 2009 e 2015 às 13h36mim	68
Figura 8	Perfil A-B dos campos altimétrico e térmico da superfície da FNT+AE	69

Figura 9	Localidades sobre influência de TST na FNT+AE para 14/07/2015 às 13h 48min	70
Figura 10	Temperatura de superfície em 2005, 2009 e 2015 sobre a rede de drenagem da FNT+AE	70
Figura 11	Principais hidrografias sobrepostas aos elevados valores de temperatura em 2015 na FNT+AE	71
Figura 12	Análise comparativa das médias da TST de nascentes e elevações na FNT+AE	73
Figura 13	Caracterização da temperatura de eixo viário no entorno da FNT	74
Figura 14	Caracterização da temperatura da floresta primária na FNT+AE	75
Figura 15	Caracterização da temperatura de construções e área urbana na AE	76
Figura 16	Caracterização da temperatura de área de agricultura anual na AE	77

FIGURAS DO ARTIGO 5

Figura 1	Diagrama metodológico de geração do “Webgis” no Q.Gis Cloud	84
Figura 2	Área de trabalho do Q.Gis 2.10 antes da publicação do mapa Web no Q.Gis Cloud	85
Figura 3	Mapa Web com dados vetoriais de uso e cobertura da terra e rede de drenagem no Q.GIS Cloud	86
Figura 4	Resultados da aplicações da plataforma Q.Gis Cloud no smartphones e smart Tv	86

SUMÁRIO

	AGRADECIMENTOS	5
1	INTRODUÇÃO GERAL	12
1.2	REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL	16
	TÍTULO DO ARTIGO 1	
2	Morfometria da Sub-bacia do Rio Moju na FLONA do Tapajós, Oeste do Pará	18
2.1	RESUMO	19
2.2	ABSTRACT	20
2.3	INTRODUÇÃO	20
2.4	Materiais e Métodos	21
2.5	Área de Estudo	21
2.6	Avaliações referentes à morfometria da sub-bacia hidrográfica do rio Moju (SBHRM)	24
2.7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
2.8	CONCLUSÃO	29
2.9	AGRADECIMENTOS	30
2.10	REFERÊNCIAS	30
	TÍTULO DO ARTIGO 2	33
3	Caracterização da Rede Hidrográfica na Flona Tapajós e Seu Entorno Associada a Fatores de Pressão Antrópica aos Corpos Hídricos	34
3.1	RESUMO	34
3.1	INTRODUÇÃO	34
3.3	PROCEDIMENTOS	34
3.4	RESULTADOS	36
3.5	CONCLUSÃO	40
3.6	AGRADECIMENTOS	41
3.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
3.8	COPYRIGHT	42
	TÍTULO DO ARTIGO 3	43
4	Aspecto Fisiográficos da Floresta Nacional do Tapajós e seu Entorno – Oeste do Pará, Brasil	44
4.1	RESUMO	44
4.2	ABSTRACT	44
4.3	Introdução	45
4.4	Materiais e métodos	46
4.5	Área de estudo	46
4.6	Ferramentas computacionais e sistemas de informações geográficas	46
4.7	Resultado e Discussão	48
4.8	Considerações Finais	57
4.9	Referências	58

	TÍTULO DO ARTIGO 4	60
5	Imagens Orbitais e Termografia Infravermelho na Avaliação da Temperatura de Superfície em Diferentes Usos e Cobertura do Solo na Floresta Nacional do Tapajós e seu Entorno, PA	61
5.1	RESUMO	61
5.2	ABSTRACT	61
5.3	Introdução	62
5.4	Materiais e métodos	63
5.5	Área de estudo	63
5.6	Base de Dados Geográficos (BDG)	63
5.7	Pré-processamento de imagens digitais	64
5.8	Estimativa e Análises dos Dados de Temperatura de Superfície	65
5.9	Estimativas de Temperatura com Câmera Termográfica	65
5.10	Resultado e Discussões	65
5.11	Conclusões	77
5.12	Referências	78
	TÍTULO DO ARTIGO 5	81
6	<i>SIGWebFNT</i> como ferramenta de organização e gestão da informação em Unidade de conservação na Amazônia: Aplicação na Floresta Nacional do Tapajós, Pará	82
6.1	INTRODUÇÃO	83
6.2	MATERIAIS E MÉTODOS	84
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
6.4	CONCLUSÃO	87
6.5	AGRADECIMENTOS	87
6.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
7	CONCLUSÕES GERAIS	89
8	Normas da Revista Enciclopédia Biosfera (Artigo 1)	90
9	Normas da Revista Sodebras (Artigo 2)	92
10	Normas da Revista Espacios (Artigo 3)	94
11	Normas da Revista Geografia Física (Artigo 4)	96
12	Normas da Revista Scientia Plena (Artigo 5)	98

1. INTRODUÇÃO GERAL

A utilização de tecnologias de sensoriamento remoto (SR) para obtenção de dados e a capacidade dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), para gerir grande quantidade de dados, matriciais e vetoriais, têm permitido agregar dados espaciais de fontes diversas e torná-las informações técnicas importantes para subsidiar diversos estudos (OLIVEIRA, 2015; CALÇAVARA, 2016). Essas tecnologias de geomática constituem importantes instrumentos para a avaliação de condições e mudanças ambientais, bem como monitoramento de eventos extremos, além de possibilitar a caracterização geoambiental para estudos de impactos negativos sobre o meio ambiente.

Neste contexto, interoperabilidade de sistemas, técnicas e produtos de sensoriamento remoto e de sistemas de informações geográficas têm permitido avaliar os impactos negativos em recursos hídricos, solo, relevo, bem como nas mudanças de temperaturas na superfície terrestre (SOUZA; SILVA e SILVA, 2016; HOLZ, LORENA e MARCHIORO, 2016). Neste sentido, tais ferramentas tornam-se extremamente necessárias nas ações de planejamento, gestão, manejo e alterações relacionadas à estrutura do espaço geográfico (SILVA et al., 2016).

Estudos com enfoque sobre dados advindos do Modelo Digital de Elevação (MDE) extraídas de imagens TERRA/NOAA e as imagens do Infravermelho Termal da plataforma Landsat, têm permitido, por exemplo, a delimitação de redes de drenagem em bacias hidrográficas com elevado nível de confiabilidade, sendo importante também na geração de bases de informação referentes as áreas protegidas por leis e dos ecossistemas em geral (LANDAU e GUIMARÃES, 2011; MASCARENHAS, SANTOS e CHAVES, 2016; CARVALHO e NETO, 2016).

Rosa (2011) afirma que os dados de sensores orbitais têm sido utilizados frequentemente para o monitoramento dos recursos terrestres e análises de padrões climáticos como a estimativa de temperatura na superfície terrestre, pois segundo Ponzoni, (2012), são passíveis de conversão em grandezas físicas, através dos parâmetros fixos disponíveis nos metadados das imagens (ZULLO JÚNIOR, 1994; BARSÍ, BARKER e SCHOTT, 2003; SCHOTT et al., 2014; JENSEN, 2009 e COSTA et al., 2013).

De acordo com Prates e Rocha (2014), o mapeamento hidrológico, relevo, solo e da temperatura de superfície têm motivado a comunidade científica a desenvolver metodologias utilizando dados de sensores orbitais em razão do nível de confiabilidade das informações e principalmente em razão dos resultados satisfatórios do processo de modelagem da

realidade de condições hídricas, térmicas e de diferentes padrões de uso e cobertura do solo (FLAUZINO et al., 2010).

Portanto, estudos com enfoque na Amazônia através do uso de um conjunto de dados multisensor orbital, onde há uma carência enorme de informações com maior precisão, têm permitido novas aplicações em estudos sobre espaços urbanos, modificações no uso do solo, hidrografia e temperatura da superfície (KRÜGER, MINELLA e RASIA, 2011).

Assim, o presente estudo visa especificamente identificar e avaliar condições geoambientais (hídrica, relevo, solo, térmico, uso e cobertura) a partir de sensores orbitais e termografia infravermelho na Floresta Nacional do Tapajós (FNT) e Área de Entorno (AE). Para atingir o objetivo geral de aplicar os recursos de sensoriamento remoto e de geoprocessamento para caracterizar uma realidade espacial de condições hídricas e térmicas da FNT+AE, manuseando dados espaciais variados, foram estabelecidos objetivos específicos que estão apresentados na forma de 5 (cinco) artigos, descritos a seguir:

O primeiro artigo “Morfometria da Sub-bacia do rio Moju na FLONA Tapajós, Oeste do Pará” tem-se caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Moju (SBHRM) que integra a bacia do rio Amazonas, que é uma das maiores bacias da FNT+AE. A partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), extraiu-se das imagens orbitais do sensor ASTER, do satélite TERRA/NOAA, área, dimensão e forma da SBHRM identificar canais prioritários para abastecimento hídrico e principais características hidrológicas para auxiliar na tomada de decisão em gestão hídrica. Este primeiro capítulo reflete, principalmente, a aplicação metodológica da geração de dados e informações do limite da bacia hidrográfica através das ferramentas do complemento “*Terrain Analysis Using Digital Elevation Models*” (TauDEM), sobre a plataforma QGis 2.8 e a importância da SBHRM para as subáreas em análises.

No segundo artigo intitulado “Caracterização da Rede Hidrográfica na FLONA Tapajós e seu Entorno Associada a Fatores de Pressão Antrópica aos Corpos Hídricos”, objetivou-se caracterizar a rede de drenagem da FNT+AE, com ênfase nas análises de fatores de pressão antrópica aos corpos hídricos em Unidade de Conservação (UC) na Amazônia Oriental. Foram avaliadas características morfométricas como rede de drenagem, quantidade, hierarquia dos canais, dentre outros na FLONA do Tapajós e na Área de Entorno (AE) de 30 km. Assim, fez-se uma análise integrada do arranjo estrutural, interação entre as vertentes e a rede de canais fluviais da FNT+AE em função da perda de cobertura vegetal, principalmente ao norte e a sul da área de estudo, que estão ocupados por agricultura anual e pastos em vias de degradação ou mal manejados.

O terceiro artigo denominado de “Aspecto Fisiográficos da Floresta Nacional do Tapajós e seu Entorno – Oeste do Pará, Brasil”, envolve o levantamento, análise e síntese das características geoambientais da FNT+AE de forma acurada, proporcionando aos interessados no tema um panorama minucioso de três elementos ambientais básicos, recursos hídricos, relevo e vegetação, principalmente no que tange ao papel destes sobre as diversas atividades humanas, dentre as mais relevantes, as que provocam possíveis implicações na variabilidade climatológica e impactos ambientais nas subáreas em análises. Ou seja, os estudos fisiográficos desempenham um papel fundamental no auxílio de análises ambientais através de coleta de dados em campo, utilização de informações secundárias, levantamentos bibliográficos e cartográficos existentes na área de estudo.

No quarto artigo “Imagem Orbitais e Termografia Infravermelho na Avaliação da Temperatura de Superfície em Diferentes Usos e Cobertura do Solo na Floresta Nacional do Tapajós e seu Entorno, PA” analisou-se a variação da temperatura de superfície terrestre (TST) usando sensores orbitais e termografia infravermelho para identificar respostas térmicas em diferentes padrões de uso e cobertura na FLONA Tapajós (FNT) e seu entorno. A TST, além de ser uma componente importante no balanço de energia à superfície, modula a temperatura do ar nas camadas mais baixas da atmosfera.

Utilizou-se o sensor *Thermal Infrared Sensor* dos satélites Landsat 5 e 8 através dos softwares PCI Geomática 2015 e o QGis 2.8. Fez-se campanha de campo para obtenção de imagens termográficas no infravermelho (câmera *ThermoVision*, modelo A320) para identificar a variabilidade espacial de TST em função da heterogeneidade do uso da terra como a agricultura anual, pecuária extensiva, dentre outros. Os resultados obtidos podem subsidiar diversos estudos, como por exemplo, na avaliação da temperatura de superfície em diferentes usos e cobertura do solo na FNT+AE (MUNIZ, 2014; FRITZSONS e WREGGE, 2015; PAVÃO et al., 2015; AMORIM et al., 2015).

No quinto artigo “*SIGWebFNT*” como ferramenta de organização e gestão da informação em unidade de conservação na Amazônia: Aplicação na Floresta Nacional do Tapajós, Pará” possui como objetivo geral apresentar uma ferramenta para subsidiar a organização, gestão e disseminação de dados produzidos neste trabalho para tomada de decisão, através da combinação de mapas de acesso livre disponibilizados via *Web*. O “*SIGWebFNT*” passa a ser um diferencial na gestão do conhecimento independentemente da localização de seus usuários, sendo uma plataforma de gerenciamento de dados geográficos que permite armazenar, analisar e manipular dados espaciais em ambiente *Web* em redes

corporativas (intranet) ou por meio da “*Internet*”, *podendo ser* acessados por diferentes locais e perfis de usuários (COSTA, 2011; DA SILVA, 2014).

Por fim, os resultados obtidos neste estudo visam subsidiar as avaliações, tanto em termos de recursos naturais, quanto nas avaliações térmicas na FNT+AE, não apenas para alertar o uso conservacionista destes ambientes, mas sobretudo para contribuir com estudos de indicadores de sustentabilidade capazes de serem valorados como prestadores de serviços ambientais. Espera-se que a metodologia aplicada nesta pesquisa possa ser aprimorada em outras áreas legalmente protegidas sob fortes pressões antrópicas na Amazônia.

1.2. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

BARSI, J. A.; BARKER, J. L.; SCHOTT, J. R. An atmospheric correction parameter calculator for a single thermal band earth-sensing instrument. In: **Geoscience and Remote Sensing Symposium**, 2003. IGARSS'03. Proceedings. 2003 IEEE International. IEEE, 2003. p. 3014-3016. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1294665&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D1294665>. Acesso em 10 jun. 2016.

CALÇAVARA, R. A. Uso de Sistemas de Informação Geográfica e Modelo Digital de Elevação para Obtenção de Variáveis Morfométricas da Bacia Hidrográfica do Córrego São Vicente, Cachoeiro de Itapemirim (ES). **Revista Geonorte**, v. 3, n. 5, p. 1788–1800, 2016.

CARVALHO, K. F.; NETO, R. M. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá (Juiz De Fora, MG) como Subsídio à Investigação de Riscos a Inundações: Resultados Preliminares. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 5, p. 138-149, 2016.

COSTA, F.S. Sopa de Letras Geográfica. **Revista FossGis Brasil**. Março, 2011. Disponível em; <<http://www.geocursos.net/fossgis/>>. Acesso em: 25 Fev. 2016.

COSTA, P. F.; SAPIENZA, J. A. Avaliação da Necessidade de Correção Radiométrica para Comparação de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, INPE, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013.

DA SILVA, C. O Webgis como Ferramenta no Processo de Ensino-Aprendizagem de Geografia e Cartografia. **Revista GeoAmazônia**, 2014

FLAUZINO, F. S.; SILVA, M. K. A.; NISHIYAMA, L. ROSA, R. Geotecnologias Aplicadas à Gestão dos Recursos Naturais da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba no Cerrado Mineiro. **Revista Sociedade & Natureza**, n. 22, p. 75-91, 2010.

HOLZ, S.; LORENA, R. B.; MARCHIORO, E. O Uso de Sensoriamento Remoto para Análise do Campo Térmico da Superfície Urbana completa do Município de Vitória (ES). **Revista GeoNorte**, v. 3, n. 5, p. 1674–1682, 2016.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. São José dos Campos/SP: Parênteses editora, 597p, 2009.

KRÜGER, E. L.; MINELLA, F. O.; RASIA, F. Impact of Urban Geometry on Outdoor Thermal Comfort and air Quality From Field Measurements in Curitiba, Brazil. **Building and Environment**, 46(3), 621-634, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310002763>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P. Análise Comparativa entre os Modelos Digitais de elevação ASTER, SRTM e TOPODATA. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**. Curitiba. p.4003 São José dos Campos: INPE. 15; 4003, 2011.

MASCARENHAS, A. F. S.; SANTOS, R. L.; CHAVES, J. M. Modelagem Hidrológica de uma Bacia de Médio porte na Região Semiárida: O Caso da Bacia do Curumataí (Ba). **Revista Geonorte**, v. 5, n. 20, p. 350-355, 2016.

OLIVEIRA, B. R.; ANTÔNIO, G. B. Mapeamento Cartográfico do Município de União dos Palmares – AL. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 3, 2015. Disponível em: < <http://periodicos.ufsm.br/index.php/reget/article/view/17757>>. Acesso em 22 mai. 2016.

PONZONI, F. J. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. Ed. Atualizada e ampliada – São Paulo: Oficina de Texto, 2012.

PRATES, R.; ROCHA, P. C. Geotecnologias e Mapeamento Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe, Oeste do Estado de São Paulo. **Revista Geonorte**, v. 5, n. 16, p. 155-160, 2014.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, 16: 81-90, 2011.

SANTANA F. C.; MOURA, C. M.; PIEROZZI JUNIOR, D.C. O Uso do WEBGIS como Ferramenta de Gestão de um Município: Estudo de Caso de Lagoa Santa. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil: INPE p. 5487-5489, 2007.

SCHOTT, J. R.; GERACE, A.; RAQUENO, N.; IENTILUCCI E.; RAQUENO, R. **Chasing the TIRS ghosts: calibrating the Landsat 8 thermal bands**, Proc. SPIE 9218, Earth Observing Systems XIX, 92181A, 2014. Disponível em: < <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=1915139>>. Acesso em: 12 Abr. 2016.

SILVA, R. A.; PIRES, E. V. R.; IZIPPATO, F. J.; MIRANDOLA, P. H. Geoprocessamento Aplicado a Análise do Uso e Ocupação da Terra e APPs De Nascentes no Rio Indáia Grande–Chapadão Do Sul/Cassilândia/Inocência (MS). **Revista Geonorte**, v. 3, n. 5, p. 1497–1508, 2016.

SOUZA, J. F.; SILVA, R. M.; SILVA, A. M. Influence of land use on surface temperature: a case study in João Pessoa-PB. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 21-37, 2016.

ZULLO-JUNIOR, J. **Correção atmosférica de imagens de satélite e aplicações**. 1994. 204 p. 1994. PhD Thesis. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Artigo 1

Título: Morfometria da Sub-bacia do Rio Moju na FLONA do Tapajós, Oeste do Pará.

Autores: Leonardo Sousa dos Santos, Lucieta Guerreiro Martorano, Sarah Suely Alves Batalha, Altem Nascimento Pontes, Nicola Saverio Holanda Tancredi.

Submetido: Revista Enciclopédia Biosfera (ISSN: 2317-2606. Qualis B3).

MORFOMETRIA DA SUB-BACIA DO RIO MOJU NA FLONA DO TAPAJÓS, OESTE DO PARÁ

Leonardo Sousa dos Santos¹, Lucieta Guerreiro Martorano², Sarah Suely Alves Batalha³, Altem Nascimento Pontes⁴, Nicola Saverio Holanda Tancredi⁵

¹ Mestre em Ciências Ambientais, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Brasil. e-mail: leonardocbmpa@yahoo.com.br

² Pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Amazônia Oriental, Brasil.

³ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento, Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Brasil.

⁴ Professor e Pesquisador do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Brasil.

⁵ Doutor em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento. Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Brasil.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a morfometria da sub-bacia hidrográfica do rio Moju (SBHRM) que integra a bacia do rio Amazonas, importante via de escoamento do polo de grãos no oeste paraense. A partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), extraído de imagens orbitais do sensor *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER), satélite TERRA/NOAA, fez-se o recorte na Área de Entorno para obtenção de dados de MDE. As análises foram realizadas no Sistema de Informação Geográfica QGIS 2.8, aplicando a ferramenta *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM). Os resultados evidenciaram que 77% dos canais da SBHRM são de 1ª ordem, totalizando um desdobramento do sistema de drenagem com 1.233 canais que correspondem a 2.907,87 km de curso d'água. O rio Moju possui categoria hierárquica de 6ª ordem, evidenciando sua característica ramificada de natureza dendrítica, semelhante a uma árvore. A morfometria da sub-bacia do rio Moju permite caracterizá-la de acordo com o coeficiente de capacidade (1,57); fator forma alongada (0,16) e tipo de drenagem dendrítica como de baixa suscetibilidade a enchente e acúmulo de água em eventos de chuvas intensas na bacia do Amazonas. Cerca de 60% da sub-bacia do rio Moju possui elevada e média iluminação. Conclui-se que as características morfométricas da sub-bacia podem subsidiar o gerenciamento e outorgas de água, canais prioritários para abastecimento hídrico e principais vias de contaminação de água pelo processo antrópico.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos hídricos. SRTM. Delimitação Automática de Bacias. Análise espacial.

MORPHOMETRY OF THE SUB-BASIN OF THE MOJU RIVER IN THE TAPAJÓS NATIONAL FOREST IN WESTERN PARÁ

ABSTRACT

This study aimed to characterize the morphometry of the Moju River sub-basin (MRSB) that is part of the Amazonas River basin, an important shipping lane of grains in the west of the state of Pará, Brazil. From the Digital Elevation Model (DEM), extracted from orbital images from the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) sensor of the TERRA/NOAA satellite, the area of interest was sampled to obtain the DEM data. The analyses were carried out in the Geographic Information System QGIS 2.8 by applying the Terrain Analysis Using Digital Elevation Models (TauDEM) tool. The results showed that 77% of the canals in the MRB are of the 1st order, for a total drainage system with 1,233 canals that correspond to 2,907.87 km of water courses. The Moju river has a hierarchical category of the 6th order, which shows its ramified character of a dendritic nature, similar to a tree. The morphometry of the MRB allows characterizing it according to the capacity coefficient (1.57), elongated form factor (0,16), and dendritic drainage type with low susceptibility to floods or water accumulation during intense rainfall in the Amazonas Basin. About 60% of the Moju River sub-basin has medium to high illumination. It is concluded that the morphometric characteristics of the sub-basin may lay basis for the management and granting of water resources, priority canals for water supply, and main routes of water contamination through anthropic process.

KEYWORDS: Water resources. SRTM. Automatic basin delimitation. Spatial analysis.

INTRODUÇÃO

As análises de dados obtidos com sensores remotos têm permitido a obtenção de informações referentes a objetos na superfície terrestre, os quais permitem ampliar as investigações em diversas áreas do conhecimento científico (JENSEN, 2009). OLIVEIRA et al. (2010) ressaltaram que o uso de dados orbitais de padrões na superfície terrestre está intimamente relacionado aos suportes computacionais e avanços geotecnológicos.

O interesse em ampliar as investigações das propriedades e suas relações posicionais de eventos registrados a distância vem permitindo melhorar as escalas de detalhes e, ainda a representação da realidade ambiental (SALES, 2004). Aplicações usando dados de Modelo Digital de Elevação (MDE) a partir de imagens orbitais do sensor “*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*” (ASTER/TERRA/NOAA) têm também auxiliado na delimitação, principalmente de bacias hidrográficas, rede de drenagem, hierarquia de canais, direção de fluxo, dentre outros (TOMAZONI et al., 2011).

As aplicações de técnicas de geoprocessamento têm subsidiado, sobretudo, o planejamento, a gestão e a conscientização do manejo e uso dos recursos hídricos em bacias hidrográficas (RIBEIRO et al., 2015). PEREIRA et al. (2015), afirma que a partir do uso de dados MDE pode-se avaliar o porte da bacia hidrográfica, hierarquias de canais, índices de relevo e densidade de drenagem da bacia hidrográfica, como, por exemplo, a do rio Peixe-Boi, no nordeste do estado do Pará, onde através de MDE OLIVEIRA et al. (2015) avaliou as características morfométricas da sub-bacia hidrográfica de Ribeirão São Bartolomeu, no estado do Espírito Santo, além de identificar o tipo de ramificação dendrítica

e áreas de risco de enchentes.

BIELENKI JUNIOR & ARBASSA (2012) explicam que a política Nacional de Recursos Hídricos, baseada na Lei Federal nº 9.433 de 1997 prevê a utilização de geotecnologias na geração de dados hidrográficos (bacias, trechos de drenagens, curvas de níveis, entre outros). Essas análises visam o gerenciamento de recursos hídricos dentro da sua célula básica que é a bacia hidrográfica, permitindo estudos capazes de prognosticar situações futuras com o apoio de modelagem espaço-temporal.

O entendimento de variáveis biofísicas em bacias hidrográficas, com o uso de informações remotas, permite subsidiar o gerenciamento e outorgas do direito de uso prioritários da água, irrigação, análises de potencial hidroelétrico, assim como o controle de enchentes, potencial de abastecimento hídrico. Outros aspectos decorrentes da utilização de dados orbitais são estudos sobre vulnerabilidade de bacias a processo erosivo, dinâmica de transporte de sedimentos, bem como informações sobre as principais vias de contaminação hídrica, locais propícios ao uso recreativo da água, entre outras aplicações diretas (SANTOS et al., 2016). O objetivo deste trabalho foi realizar o estudo morfométricos da sub-bacia hidrográfica do rio Moju (SBHRM) que integra a bacia do rio Amazonas em gestão hídrica no contexto da Floresta Nacional (FLONA) do Tapajós e seu entorno.

Materiais e Métodos

Área de Estudo

A área de estudo corresponde a sub-bacia hidrográfica do rio Moju (SBHRM) pertencente a bacia do rio Curuá-Una, localizada na Floresta Nacional do Tapajós (FNT) ou FLONA Tapajós, no oeste do Estado do Pará, entre os paralelos 2° 28' 52,25" e 4° 23' 1,09" de latitude sul e entre os meridianos de 54° 31' 35,62" e 55° 40' 48,41" de longitude oeste. Mais de 60% da SBHRM pertence a FLONA do Tapajós, que tem uma área total de 5.273,69 km². A FNT é uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável criada pelo Decreto nº 73.684 de 19 fevereiro de 1974.

A Flona do Tapajós está sob a jurisdição do Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade (ICMBio) e integrada ao sistema nacional de áreas protegidas. O ICMBio possui sete Bases de fiscalização ao longo da rodovia Cuiabá–Santarém (BR-163). A FNT limita-se, ao norte com o km 50 da BR-163; ao sul, com a Rodovia Transamazônica e os rios Cupari e Cuparitinga ou Santa Cruz; a leste, com a rodovia BR-163; e a oeste com o rio Tapajós. Na Figura 1 fez-se a identificação da área da FNT, bem como o destaque para a SBHRM, onde foram concentradas as avaliações morfométricas.

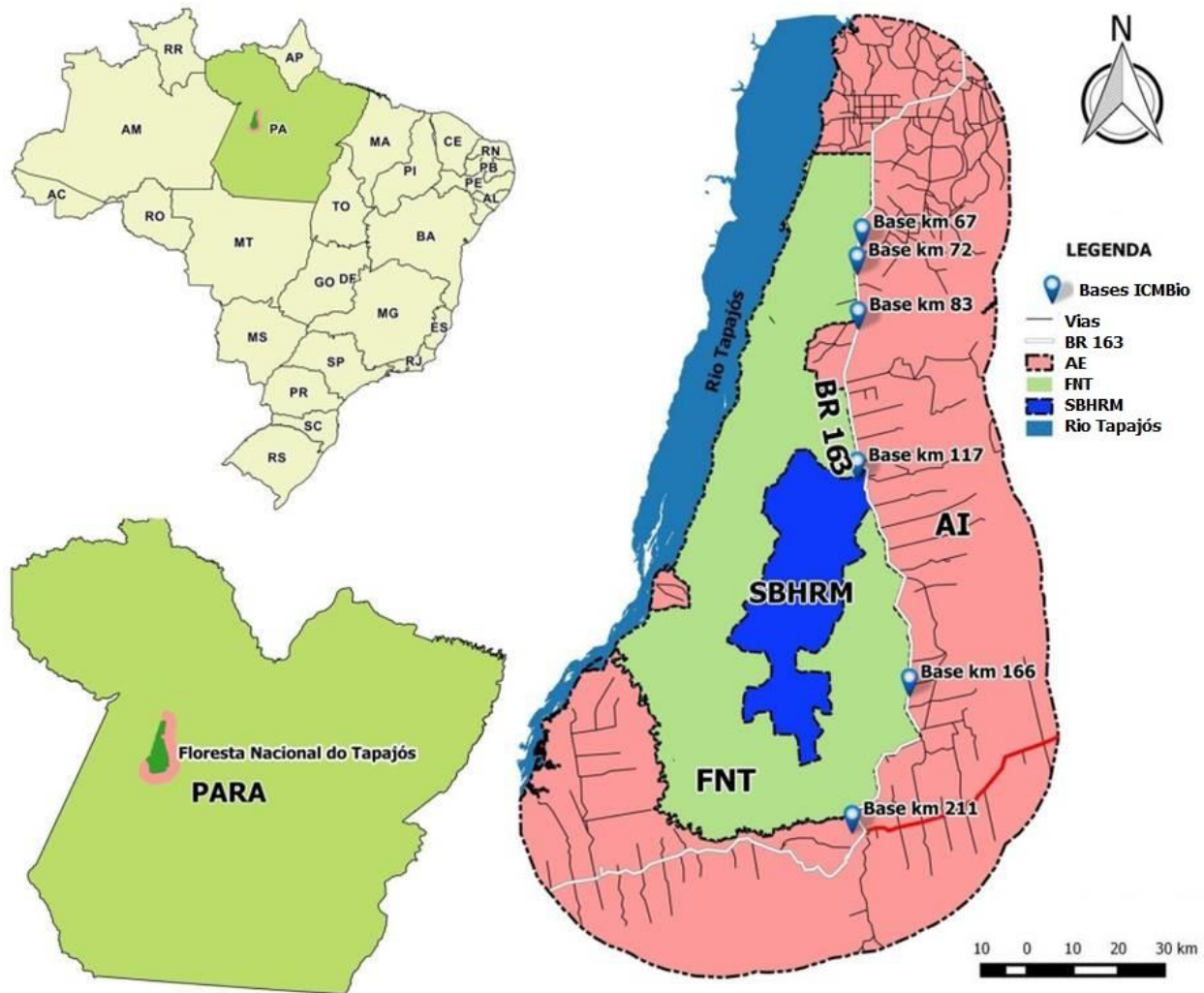


Figura 1. Localização da SBHRM na FLONA do Tapajós e seu entorno, PA.

Para o referido estudo foi construída uma base de dados georreferenciados, com planos de informações, em escala de 1:30.000. Nessa etapa, utilizou-se o sistema de informação geográfica (SIG) QGis 2.8, versão Wien, licenciado pela *General Public License* (GNU). Na segunda etapa, foi originado um mosaico das cenas S03W056, S04W056, S03W055 e S04W055 a partir das imagens orbitais do sensor ASTER, do satélite TERRA/NOAA, disponibilizadas gratuitamente pelo governo norte americano através da “*United States Geological Survey*” (USGS), <http://landsat.usgs.gov/>, com resolução espacial de 60 metros.

Na terceira etapa, através do MDE fez-se a extração da sub-bacia do rio Moju, bem como sua rede de drenagem. Utilizou-se o conjunto de ferramentas do complemento “*Terrain Analysis Using Digital Elevation Models*” (TauDEM), sobre a plataforma QGis 2.8, que possibilita a análise de terreno, extração de informações hidrológicas da topografia, dentre outros (BOSSLE, 2015), conforme Figura 2.

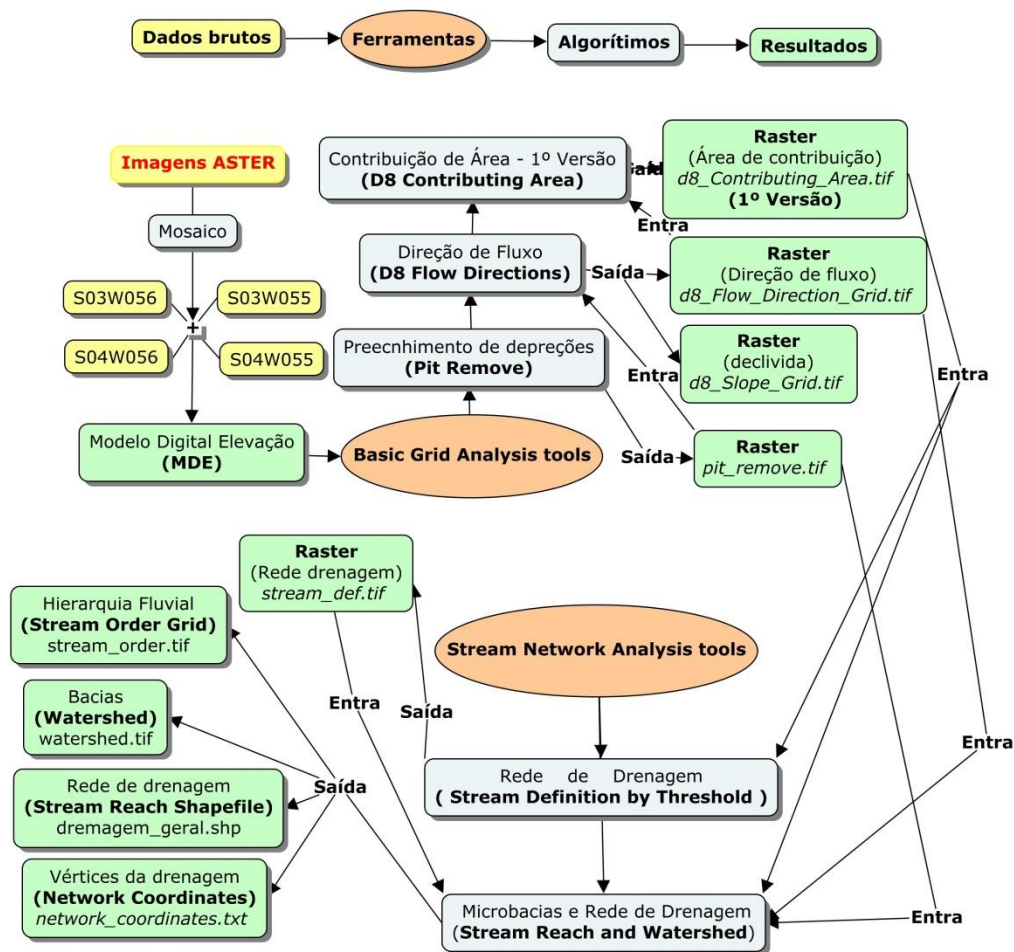


Figura 2. Diagrama metodológico de geração do limite que delimita a bacia hidrográfica com TauDEM.

Na quarta etapa, elaborou-se mapa de exposição solar do terreno, iniciando a contagem a partir do norte (0°) e avançando no sentido anti-horário através da simulação do nível de luz (ou sombra) refletida pelo relevo ao ser iluminado pelo sol. A classificação de baixa, média e alta exposição solar, tomou-se como referência os pontos cardeais, de acordo com OLIVEIRA et al. (2010).

Por fim, realizou-se trabalho de campo no período de 5 a 11 de janeiro de 2016, nos horários de 10 às 15 onde foram levantados dados para confirmar informações obtidas nas análises de dados dos sensores orbitais. Fez-se os registros fotográficos para reforçar as informações geoambiental referentes à SBHRM, obtendo-se novos dados espaciais e cartográficos, além de registros de aspectos fisiográficos, recursos biofísicos, sedimentos nos corpos hídricos, desflorestamento de vegetação ciliar na ponte sobre o rio Moju, próximo a Base do km 117 do ICMBio na BR 163, entre outros.

Ainda nesta etapa, utilizou-se pranchetas para anotação e o receptor de Sistema de Posicionamento Global (GPS) modelo "Garmim Etrex 30" para levantamento de campo e aquisições de coordenadas geográficas de nascentes, igarapés, dentre outros. O trabalho de campo permitiu a consolidação das etapas metodológicas durante as análises de geoprocessamento, em laboratório.

Avaliações referentes à morfometria da sub-bacia hidrográfica do rio Moju (SBHRM)

Dividiu-se o estudo morfométricos em duas categorias, conforme HORTON (1945), VILLELA & MATTOS (1975) e CHRISTOFOLETTI (1981), incluindo aspectos lineares (identificação da hierarquia fluvial, relação de bifurcação, relação entre o comprimento médio dos canais por hierarquia) e aspectos areais (forma e determinação da densidade de drenagem, densidade hidrográfica, coeficiente de manutenção, relação de relevo e declividade). Com os resultados destes cálculos, pode-se fazer um diagnóstico sobre os indicadores hídricos das subáreas, cujo resumo encontra-se na Quadro 1.

Quadro 1. Resumo do processo metodológico aplicado na análise linear e areal da SBHRM.

Item	Análise	Equação	Definição	Significado
Qc	Quantidade de canais	---	----	Corresponde a somatório de todos os canais de drenagem
Lp	Comprimento do canal principal	---	----	Refere-se à extensão do canal principal da drenagem;
Lt	Comprimento total do canal	---	---	Refere-se à extensão do total de uma ordem de drenagem;
Lmd	Comprimento médio dos canais	---	---	Razão entre a somatória de todos os canais de drenagem e a somatória de todas as extensões de canais.
Hc	A hierarquia dos canais	---	----	É medida do grau de ramificação dos canais de drenagem.
Rb	Relação de bifurcação	$Rb = \frac{Nw}{Nw + 1}$	Nw: número total de canais; Nw+1: número total de canais de ordem superior.	É a razão entre o número total de canais de certa ordem e o número total de canais de ordem imediatamente superior.
RLm	Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem	$RLm = \frac{Lmd}{Nmu}$	Lmd: comprimento dos canais; Nmu: comprimento dos canais de ordem inferior.	A razão entre o comprimento médio dos canais de determinada ordem pelo comprimento total de canais de ordem inferior.
Gcp	Gradiente do canal principal	$Gcp = Am/Lp$	Am: Altitude máxima. Lp: Comprimento do canal principal.	Gradiente de canal principal indica a relação entre a cota altimétrica máxima e o comprimento do canal principal.
Dh	Densidade hidrográfica	$Dh = \frac{Qcb}{A}$	Qcb: número total de canais da	Relação entre o número de cursos d'água e a área de

			bacia; A: área da bacia.	uma dada bacia
Dd	Densidade de drenagem	$Dd = \frac{L_t}{A}$	L: comprimento total dos canais; A: área da bacia.	Relação entre o comprimento total ou ordem hierárquica dos canais de drenagem e a área de drenagem.
Cm	Coeficiente de manutenção	$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000$	Dd: é densidade de drenagem.	Área necessária para formação de um canal com fluxo perene.
Is	Sinuosidade do curso d'água principal	$Is = L_p / D_v$	Lp: comprimento total dos canais; Dv: comprimento vetorial.	Relação entre o comprimento do rio principal e a distância entre a nascente e a foz em linha reta.

Fonte: HORTON (1945), VILLELA E MATTOS (1975) E CHRISTOFOLETTI (1981).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas informações obtidas em campo, foi possível, por exemplo, observar e avaliar as diferentes características do rio Moju, que integra a bacia, bacia do rio Curuá-Una na Floresta Nacional do Tapajós. Na Figura 3, observa-se a ponte sobre o Igarapé do Moju e sua respectiva placa de identificação. Também na Figura 3, apresenta-se os lados esquerdo do Moju, com águas claras, tributário do igarapé do Una cuja foz é no rio Amazonas.



Figura 3. Vista da ponte e lado esquerdo do Igarapé Moju na BR-163

Quanto a característica morfológicas a sub-bacia do rio Moju possui uma área de 1.124,95 km² e perímetro de 376 km, indicando ser uma sub-bacia de grande porte, conforme classificação de STRAHLER (1957) E CHRISTOFOLETTI (1981). Identificou-se que a SBHRM possui 961 canais de 1ª ordem, representando 77% dos canais. O número de canais de 2ª ordem foi de 208, correspondendo a 16% da quantidade de canais, seguido de 51 canais de 3ª ordem (4%), 10 canais de 4ª ordem (0,8%) e 2 canais de 5ª ordem (0,1%) e 1 canal de 6ª ordem (0,08%), de acordo com a classificação automática do TauDEM, totalizando um desdobramento do sistema de drenagem com 1.233 canais. Portanto, evidencia-se que o número de canais no rio Moju diminui conforme o aumento da ordem, correspondendo uma relação inversa entre os números e as ordens dos canais.

Os canais de 1ª ordem apresentaram um comprimento total de 836,09 km, os de 2ª ordem 337,23 km, os de 3ª ordem 186,37 km, os de 4ª ordem 827,64 km, os de 5ª ordem 500,64 km e por fim o de 6ª ordem com 219,90 km. Observou-se através da hierarquia fluvial que há quatro canais de 1ª ordem para cada canal de 2ª ordem, repetindo-se este mesmo valor na passagem dos canais de 2ª ordem para os de 3ª ordem. Identificou-se também que os canais de 1ª ordem têm em média 209,30 km e os de 3ª ordem 84,30 km. Já na passagem dos canais de 3ª ordem para 4ª, existem 5 canais de 3ª ordem para cada um de 4ª ordem, repetindo-se também este valor na passagem dos canais de 4ª para o de 5ª ordem.

De acordo com a hierarquia dos canais, identificou-se que a SBHRM é de 6ª ordem, evidenciando sua alta ramificação, corroborando com os trabalhos que ressaltam que quanto menor a ordem (< 5, por exemplo), menos ramificadas são as sub-bacias (FERREIRA et al., 2012; CAMPOS et al., 2015; OLIVEIRA & ANTÔNIO, 2015). Os valores de comprimento do eixo principal (Lp) e Comprimento total da rede de drenagem (Lt) foram de 82,71km e 2.907,87km, respectivamente. Outros resultados das características morfométricas da sub-bacia são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características morfométricas da sub-bacia hidrográfica do rio Moju, PA.

	Característica morfométrica	Unidade	Valor
Aspectos lineares	Perímetro da bacia	km	376,14
	Coeficiente de manutenção (Cm)	m ²	387,59
	Comprimento do eixo principal da bacia (L)	km	82,71
	Comprimento máximo dos canais (Lmax)	km	62,52
	Comprimento mínimo dos canais (Lmin)	m	0,44
	Comprimento total dos canais	km	2.907,87
	Índice de rugosidade	-	0,52
	Índice de circularidade	-	0,09
	Mediana dos canais (Lmd)	m	807,33
	Número de canais	-	1.233
	Ordem da bacia	-	6ª
Aspectos areais	Área da bacia	km ²	1.124,95
	Coeficiente de compacidade (Kc)	-	1,57
	Densidade de drenagem	Km/km ²	2,58
	Densidade hidrográfica	-	1,09
	Fator de Forma (kf)	-	0,16

O comprimento médio da relação de bifurcação da SBHRM é de 4,16, representando que em média um canal de ordem superior recebe a contribuição de no mínimo quatro canais de ordem inferior. Quanto ao Coeficiente de compacidade (Kc) e o fator de Forma (Kf) da bacia do rio Moju foram 1,57 e 0,16 respectivamente. Assim, como o Kc > 1,50 e Kf < 0,50 identificou-se que a SBHRM não sujeita a enchentes ou acúmulo de água condições normais de precipitação (VILLELA & MATTOS, 1975). Em SANTOS et al., (2012) os resultados do Kc e Kf, para sub-bacia Perdizes, foram semelhantes indicando que esta sub-bacia, em condições normais de precipitação também é pouco suscetível a enchentes.

O resultado dos índices de Kc e Kf é reforçado pelo índice de circularidade (IC) encontrado, (IC = 0,09), indicando que a SBHRM não tende à forma circular, ou seja, possuem forma mais alongada (VILLELA & MATTOS, 1975). A Densidade de drenagem (Dd) foi de 2,58 km/km² e de acordo com VILLELA & MATOS (1975) a SBHRM é uma sub-bacia com uma rede de drenagem muito boa, visto que este valor está entre $2,5 \leq Dd < 3,5$ km/km².

De acordo com Coeficiente de manutenção (C_m) encontrado ($C_m = 387,59 \text{ m}^2$) observa-se que o rio Moju necessita de no mínimo 380 m^2 de área de recarga para manter perene um metro de canal de drenagem. Observou-se valores semelhantes destes parâmetros em PEREIRA (2015), na bacia hidrográfica do Rio Peixe Boi, Nordeste Paraense. Na Figura 4, de forma geral observa-se que a bacia possui um sistema de drenagem com ramificação significativa de natureza dendrítica, pois lembra a configuração de uma árvore (CHRISTOFOLETTI, 1978). Na Figura 4a, ilustra-se a forma alongada da SBHRM. Na Figura 3b observa-se a distribuição hierárquica dos canais da SBHRM que tem uma Relação de bifurcação (R_b) média de 4 canais. Também se destaca Na Figura 4b a 6ª ordem da SBHRM, sendo considerada médio a grande porte, conforme destaca PÉRICO et al. (2011) e COELHO (2007).

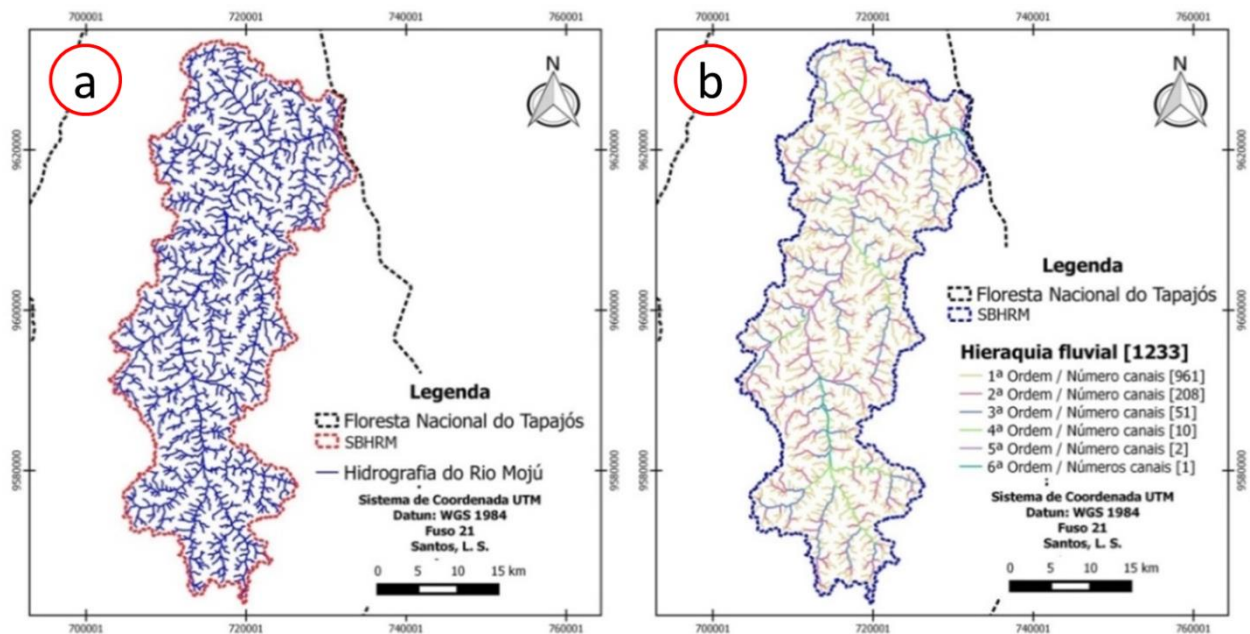


Figura 4. Sistema de drenagem e hierarquia fluvial da sub-bacia do rio Moju, PA.

Pela análise na Tabela 2, observa-se os resultados da R_b da SBHRM que variou de 2 a 5,1, o que representa que cada canal de ordem superior recebe em média a contribuição de 4 canais de ordem inferior, conforme STRAHLER (1952). Com a relação do comprimento médio dos canais (R_{lm}) de cada ordem concluiu-se que há uma baixa correlação do crescimento da ordem e o comprimento médio dos cursos d'água. Esse resultado forma semelhantes no trabalho de VEIGA et al. (2013).

Tabela 2. Relação de bifurcação (R_b) e comprimento médio dos cursos d'água (R_{lm}) de cada ordem da sub-bacia hidrográfica do rio Moju, PA.

Ordem	Média (km)	Quantidades	R_b	%	km	R_{lm}
1	0,870	961	4,6	77,93	836,09	-
2	1,62	208	4,0	16,89	337,23	0,40
3	3,65	51	5,1	4,13	186,37	0,55
4	8,27	10	5	0,81	827,64	4,44
5	25,03	2	2	0,16	500,64	0,60
6	21,99	1	-	0,08	219,90	0,44
Total	61,46	1233		100	2907,87	-

Ao avaliar as classes pluviais (Figura 5a), observa-se que as áreas mais chuvosas ocorrem ao sul da sub-bacia do rio Moju, totalizando nesta área em média 2.170 mm ao ano decrescendo progressivamente na direção norte. A faixa de maior precipitação ao sul da SBHRM sofre interceptação pela vegetação que posteriormente gera o escoamento superficial sobre a superfície dessa sub-bacia, facilitando a infiltração da água no solo e a recarga da rede de drenagem local e dos aquíferos subterrâneos, transformando-se, finalmente, em vazão do rio Moju (PINTO et al., 1976).

Quanto ao fator de alagamento (Figura 5b), verificou-se que apenas 0,01% da SBHRM (0,1 km²) apresentam alta probabilidade de alagamento, 9,67% (108,74 km²) média probabilidade de alagamento, 54,56% (613,74 km²) baixa probabilidade de alagamento e 35,77% (402,38 km²) muito baixa probabilidade de alagamento.

A Figura 6a ilustra o fator de declividade da SBHRM que possui mais de 53,02% do seu território do tipo relevo ondulado, seguido de 22,56% como forte ondulado, de 19,43% com suave ondulado, de 4,08% com relevo plano e apenas 0,9% de relevo montanhoso. Na Figura 6b observa-se o fator de orientação de exposição solar da SBHRM que possui 39,3% de sua área com elevada iluminação solar, seguido de 37,55% com baixa iluminação solar e 22,78% com média iluminação solar.

Sabe-se que o relevo e exposição do terreno ao sol é algo mais complexo do que a simples diferença de altitude e orientação entre locais distintos, contudo os resultados descritos representam variáveis que podem auxiliar no planejamento estratégico vinculado à gestão e manejo da SBHRM, permitindo com isso viabilizar a manutenção dos ecossistemas e sua biodiversidade. Por fim, identificou-se que a amplitude altimétrica da SBHRM é de 226 m, com altimetria mínima de 69 m e a máxima 295 m.

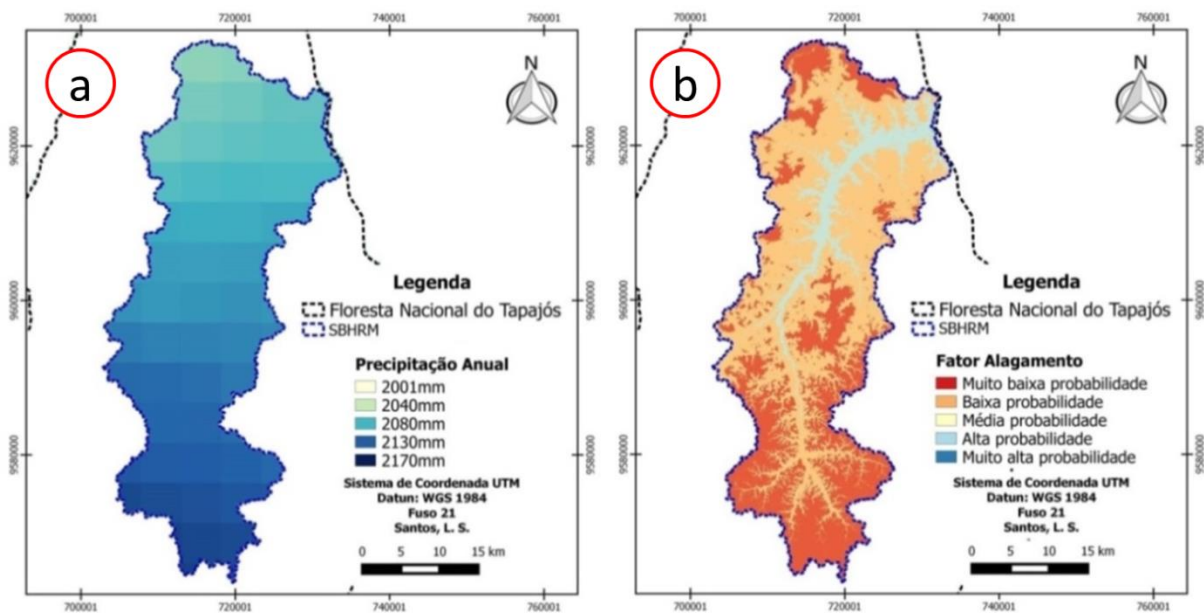


Figura 5. Mapa de precipitação anual e probabilidade de alagamento da sub-bacia do Rio Moju.

Com base nas informações obtidas em campo, observaram-se as diferentes características do rio Moju. Neste sentido, sugere-se que haja uma especial atenção para que sejam sempre mantidas preservadas as vertentes da SBHRM, com práticas conservacionistas para manutenção dos cursos d'água. Os resultados apontam que em

razão de sua magnitude, a SBHRM é sensível a impactos antrópicos na paisagem, despertando a importância e a necessidade de estudos e pesquisas para subsidiar avaliações dos fatores que ameaçam a manutenção dos corpos hídricos na área em estudo.

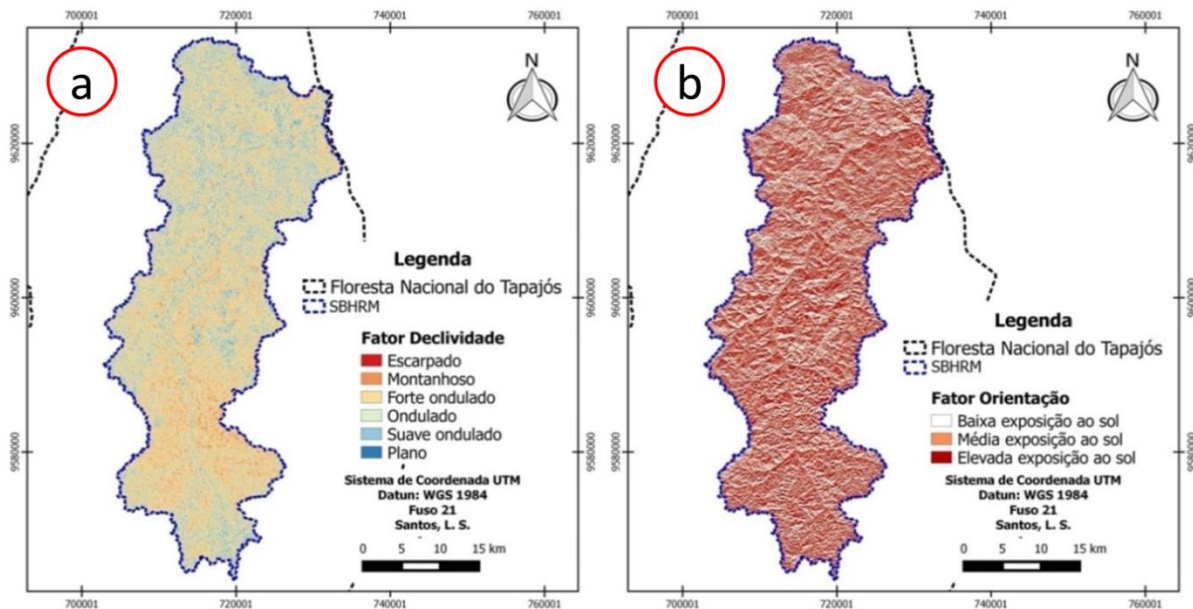


Figura 6. Mapa de declividade e exposição solar do terreno na sub-bacia do rio Moju.

Praticamente, metade das áreas da SBHRM apresenta face do terreno no orientadas no sentido norte e oeste, indicando que se houver perda da cobertura vegetal a reposição de água pela chuva e a saída de água por evaporação e evapotranspiração serão intensificadas ameaçando o processo de armazenamento de água na bacia hidrográfica (FERREIRA et al., 2012).

CONCLUSÃO

A sub-bacia do rio Moju é uma bacia de forma mais alongada, sendo comprovado pelo índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma. É uma sub-bacia de sexta ordem, sendo a rede de drenagem densamente ramificada com baixa probabilidade de alagamento em razão da predominância do relevo ondulado.

FLONA Tapajós e seu entorno são responsáveis pela manutenção da SBHRM, neste sentido, sugere-se que haja uma especial atenção para que sejam sempre mantidas preservadas a vegetação primária do entrono da SBHRM, com práticas conservacionistas para manutenção dos seus cursos d'água, pois em razão de sua magnitude, a SBHRM é sensível a impactos antrópicos. Desta forma, evidencia-se a importância e a necessidade de estudos e pesquisas sobre a perda de cobertura vegetal que induz a intensificação de perdas de solo, água, material orgânica e nutrientes nesta área, principalmente ao logo do rio Moju. Assim a perda da vegetação primária pode gerar impactos ameaçando a manutenção dos corpos d'água, principalmente na área de entorno que possui extensas área ocupadas por agricultura anual e pastos.

Assim, o entendimento de características morfométricas variáveis da SBHRM devem ser utilizados no planejamento, proteção e conservação ambiental desse recurso hídrico na FLONA do Tapajós e seu entorno. Por fim, os resultados deste trabalho podem subsidiar o

gerenciamento e outorgas de água, canais prioritários para abastecimento hídrico e principais vias de contaminação de água pelo processo antrópico na SBHRM e ainda facilitar o processo de tomada de decisão quanto à definição de áreas prioritárias para o desenvolvimento de pesquisas e ações quanto a Política Nacional de Recursos Hídricos, tendo como foco o uso conservacionista da água na Amazônia.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, em nível de mestrado acadêmico, ofertado pela Universidade do Estado do Pará (UEPA), na cidade de Belém-PA; ao Núcleo de Apoio à Pesquisa no Pará (NAPPA) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), em Santarém-PA, pelo apoio logístico nas atividades de campo; ao escritório do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), na cidade de Santarém-PA, pelo apoio técnico. Os autores registam também seus agradecimentos a Embrapa Amazônia Oriental pela oportunidade de realização deste trabalho em âmbito do Projeto ROBIN (Role Of Biodiversity In climate change mitigation).

REFERÊNCIAS

BIELENKI JÚNIOR, C; ARBASSA, A. P. **Geoprocessamento e recursos hídricos: aplicações práticas**. 1ª ed. São Paulo: EDUFSCAR, 2012.

BOSSLE, R. C. **QGIS e Geoprocessamento na Prática**. 1ª ed. Vol. I. São José dos Pinhais: Íthala, 2015.

CAMPOS, S.; UZÓ, M.; CAMPOS, M.; PISSARA, T. C. T.; RODRIGUES, B. T.. Caracterização morfométrica da microbacia do rio Bauru/SP obtida por técnicas de geoprocessamento. *InterEspaço: Revista Brasileira de Geografia e Interdisciplinaridade*, p. 222-234, Ed. Especial: 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.18766/2446-6549/interespaço>>. Acesso em: 30 jun. 2016.

CHRISTOFOLETTI, A. A morfologia de bacias de drenagem. **Notícias Geomorfológicas**. v.18, n. 36. p. 130-142, 1978.

CHRISTOFOLETTI, A. A variabilidade espacial e temporal da densidade de drenagem. **Notícias Geomorfológicas**. v. 21, p. 3-22, 1981.

COELHO, A. L. N. Aplicações de Geoprocessamento em Bacias de Médio e Grande Porte. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 2437-2445, 2007. Disponível em: < <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/10.31.17.41/doc/2437-2445.pdf> >. Acesso e, 13 out. 2016.

FERREIRA, R. G.; MOURA, M. C. O.; CASTRO, F. S. Caracterização morfométrica da sub-bacia do Ribeirão Panquinhas, ES. **Revista Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15 p. 2250-2256, 2012. Disponível em: <

<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/engenharias/caracterizacao%20morfometrica.pdf>
>. Acesso em 25 jul. 2016.

FERREIRA, E. P.; FERREIRA, J. T. P.; PANTALEÃO, F.; FERREIRA, Y. Desafios para a gestão da bacia hidrográfica do Rio Mundaú-Diagnóstico ambiental de trechos da bacia localizada no estado de alagoas. **Revista Enciclopédia Biosfera**, 8, 2012. Disponível em:<<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/ambientais/desafios.pdf>>. Acesso em 14 out. 2016.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**. v. 56, p. 275-370, 1945.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 2ª ed., Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (trad.). São Paulo: Parêntese, 2009.

OLIVEIRA, B. R.; ANTÔNIO, G. B. Caracterização da bacia do Maxixe com o auxílio de Sistemas de Informações Geográficas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 761-782, set-dez, 2015. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.5902/2236117018933>>. Acesso em 15 ago. 2016.

OLIVEIRA, L. B.; AZEVEDO, J. M. A.; AMARAL, A. L.; FERRARI, J. Caracterização morfométrica da Sub-bacia hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu. **Revista Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 72-82, 17 dez, 2015. Disponível em:<<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015E/caracterizacao%20morfometrica.pdf>>. Acesso e, 20 ago. 2016.

OLIVEIRA, P. T. S.; SOBRINHO, T. A.; STEFFEN, J. L.; RODRIGUES, D. B. B. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 8. Campina Grande, 2010. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000800005>>. Acesso em: 12 jul. 2016.

PEREIRA, B., MACIEL, M., OLIVEIRA, F., FERREIRA, B., & RIBEIRO, E. Geotecnologias com apoio de índices morfométricos para a caracterização da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense. **Revista Enciclopédia Biosfera**, 12(22), 2960-2974, 2015. Disponível em: DOI: http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_165. Acesso em 12 mai. 2016.

PÉRICO, E.; CEMIN, G.; AREND, Ú.; REMPEL, C. Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS, 2011. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1200. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.15.19.02/doc/p0911.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2016.

PINTO, N. L.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A., GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia Básica**. São Paulo. Edgard Blücher, 1976.

RIBEIRO, E. G.; FERREIRA, B. M.; N., MACIEL. M.; PEREIRA, B. W.; SOARES, J. A. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé do Una por meio de geotecnologias. **Revista Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 2960-2974, jun., 2015. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/multidisciplinar/caracterizacao%20morfometrica.pdf>>. Acesso em 15 jul. 2016

SALES, V. C. Geografia, sistemas e análise ambiental: Abordagem crítica. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 16, p. 125 - 141, 2004.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.945>>. Acesso em 14 out. 2016.

SANTOS, L. S.; GUTIERREZ, C. B.; PONTES, A. N.; SILVA JUNIOR, O. M.; SOUZA, A. A.; MARTORANO, L. G. Geotecnologia aplicada na análise de bacias hidrográficas e rede de drenagem: Estudo das bacias hidrográficas do Murucutu e Aurá. **Revista SODEBRAS**. v. 11, n. 124, p. 131-135, abr., 2016. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N124.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2016.

STIPP, N. A.; CAMPOS, R. A.; CAVIGLIONE, J. H. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara - uma contribuição para o estudo das ciências ambientais. **Portal de Cartografia: GEOCIÊNCIAS**, v. 3, n. 1, p. 105-124, 2010. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia/article/view/8929/7451>>. Acesso em 22 jul. 2016.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, 1952. Disponível em: <[doi: 10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)>. Acesso em 22 jul. 2016.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions: American Geophysical Union**, v. 38, p. 913-920, 1957. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/TR038i006p00913/full>>. Acesso em 5 mai. 2016.

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E.; GOMES, T. C.; SILVA, T. G. Uso de modelo digital de elevação gerados a partir do ASTER GDEM e SRTM para caracterização de rede de drenagem. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 4, n. 2, p. 365-376, 2011. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/184/170>>. Acesso em: 17 jun. 2016.

VEIGA, A. M.; TRINDADE, M. C.; SOUZA, R. M.; OLIVEIRA, W. NUNES. Caracterização hidromorfológica da bacia hidrográfica do rio Dos Bois. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2013. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_Veiga_Carac.pdf>. Acesso em 13 out. 2016.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. 1ª ed., São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

Artigo 2

Título: Caracterização da Rede Hidrográfica na FLONA Tapajós e seu Entorno Associada a Fatores de Pressão Antrópica aos Corpos Hídricos.

Autores: Leonardo Sousa dos Santos, Lucieta Guerreiro Martorano, Sarah Suely Alves Batalha, Altem Nascimento Pontes, Orleno Marques da Silva, Carlos Benedito Barreiros Gutierrez.

Formatação: Revista Sodebras (ISSN: 1809-3957. Qualis B3).

Aceite para publicação: 23 de Julho de 2016.

CARACTERIZAÇÃO DA REDE HIDROGRÁFICA NA FLONA TAPAJÓS E SEU ENTORNO ASSOCIADA A FATORES DE PRESSÃO ANTRÓPICA AOS CORPOS HÍDRICOS

854-2016

Resumo - As características da floresta tropical amazônica associada a alta oferta pluvial condicionam as reservas hídricas na bacia do Rio Amazonas constituindo uma importante reserva de água doce na Terra. O objetivo do trabalho foi caracterizar a rede de drenagem Floresta Nacional do Tapajós (FNT) e seu entorno, denominada de (AE), associada a fatores de pressão antrópica aos corpos hídricos em Unidade de Conservação (UC) na Amazônia. Foi organizado um Banco de Dados (BD) no SIG QGIS 2.8, versão Wien. Na delimitação das bacias, rede de drenagem, declividade, altimetria e orientação do terreno utilizou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) obtidos a partir de mosaico das cenas ASTER/TERRA. Verificou-se que a rede de drenagem da área possui 1.269 canais de 1ª ordem, 330 canais de 2ª ordem, 70 canais de 3ª, 16 canais de 4ª e 5 canais de 5ª ordem, totalizando 1.690 canais. Com relação à quantidade de canais (Qc) na área de estudo foram contabilizados 473 e 827 canais e de 1ª ordem na FNT e na AE, respectivamente. A rede de drenagem é dendrítica, possuindo alto grau de ramificação e maior número de nascentes está na área entorno da FLONA Tapajós. A perda de cobertura vegetal pela expansão do processo produtivo tradicional, principalmente nos terrenos mais declivosos induz a intensificação de perdas de solo, água, material orgânico e nutriente, ameaçando a manutenção dos corpos d'água, principalmente ao norte e a sul da área de estudo que estão ocupadas por agricultura anual e pastos, respectivamente.

Palavras-chave: Recursos Hídricos. ASTER. Delimitação Automática de Bacias.

I. INTRODUÇÃO

A partir de 1997, com a promulgação da Lei 9.433 que define no Brasil a Política Nacional de Recursos Hídricos, as questões de gerenciamentos destes recursos ganharam substancial espaço no cenário nacional (BIELENKI JÚNIOR e BARBASSA, 2012). Em termos globais, as fontes hídricas são abundantes, porém mal distribuídas na superfície terrestre (DE PAULA CARVALHO et al., 2007). De acordo com Artaxo (2007), o Brasil possui condições ambientais favoráveis que o coloca em vantagem frente à disponibilidade dos recursos hídricos.

Nas regiões Sudeste e Nordeste estão concentrados, respectivamente, 43% e 29% da população brasileira, mas a disponibilidade hídrica para estas duas regiões é de 6% e 3%, respectivamente. Por outro lado, na região Norte do país existe a maior disponibilidade de água

doce, entretanto com menor concentração humana, ou seja, a região possuía cerca de 70% dos recursos hídricos e 7% dos habitantes no Brasil (LOPES, 2012).

Dessa forma, estudos sobre recursos hídricos, em áreas urbanas e rurais na Amazônia, são imprescindíveis quando se busca, por exemplo, o equilíbrio entre o desenvolvimento e sustentabilidade deste recurso ambiental (ROCHA et al., 2014). Tucci (1993) afirma que os estudos de rede hidrográfica vêm se intensificando diante da velocidade de degradação da qualidade da água do mundo. De acordo com Castro et al. (2014), diversos órgãos (governamentais e não governamentais) têm se empenhado em criar meios para despertar uma consciência de exploração e uso racional dos recursos hídricos, bem como sua conservação e, em muitos casos, a preservação.

Na Amazônia, principalmente em áreas protegidas, como as Unidades de Conservação (UCs), onde se prioriza o uso sustentável, os estudos de redes hidrográficas capazes de fornecer subsídios à gestão do mesmo têm ganhando destaque em distintos setores da sociedade (CARNIATTO, 2007; VERÍSSIMO, et al., 2011). Os recursos hídricos têm motivado a comunidade científica a desenvolver metodologias utilizando novos sensores, modelos e ferramentas computacionais para modelar a realidade, visando, por exemplo, identificar parâmetros hidrológicos na região Amazônica (DA SILVA, XAVIER e ZAIDAN, 2004; PINHEIRO, 2010; CYSNE, 2012).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é caracterizar a rede hidrográfica na Floresta Nacional do Tapajós (FNT) e seu entorno a partir da análise de variáveis biofísicas, usando técnicas e produtos de geomática. Espera-se que essa metodologia subsidie estratégias de uso sustentável e tomada de decisão relativa aos recursos hídricos na FNT e seu entorno, bem como em outras Unidades de Conservação na Amazônia.

II. PROCEDIMENTOS

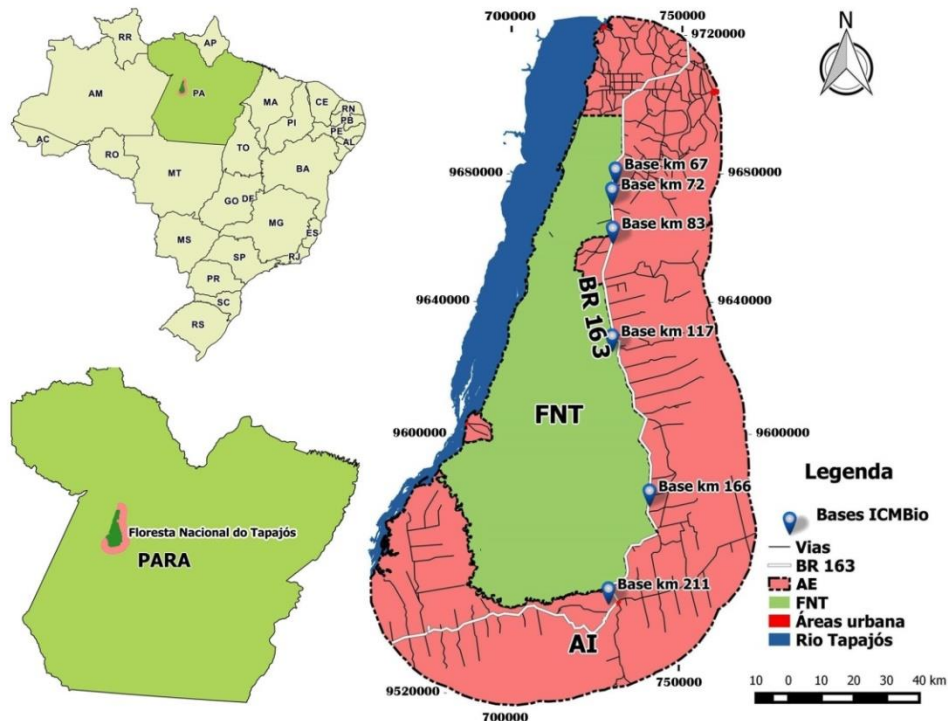
A área de estudo corresponde a Floresta Nacional do Tapajós (FNT) com 5.273,69 km² e Área de Entorno (AE) com 9.503,08 km², totalizando 14.776,77 km². A FNT é uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável criada pelo Decreto nº 73.684 de 19 fevereiro de 1974 e a AE, corresponde a uma faixa de 30 km, totalizando uma faixa de 9449,00 km². A FNT+AE estão localizadas no

Estado do Pará, entre os paralelos 2° 28' 52,25'' e 4° 23' 1,09'' de latitude sul e entre os meridianos de 54° 31' 35,62'' e 55° 40' 48,41'' de longitude oeste. Na Figura 1 fez-se a identificação da FNT e AE.

A FNT está sob a jurisdição do Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade (ICMBio) e integrada ao sistema nacional de áreas protegidas.

Limita-se, ao norte com o km 50 da rodovia Cuiabá-Santarém (BR-163); ao sul, com a Rodovia Transamazônica e os rios Cupari e Cuparitinga ou Santa Cruz; a leste, com a rodovia BR-163; e a oeste com o rio Tapajós. Santarém, Alter do Chão, Aveiro, Belterra e Rurópolis são os principais núcleos urbanos no entorno da FLONA Tapajós.

Figura 1 - Localização da Floresta Nacional do Tapajós e Área de Entorno.



Fonte: Primeiro autor.

Foi necessária a organização de um Banco de Dados (BD) em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), neste caso o QGIS 2.8, versão Wien. No Processamento Digital de Imagens (PDI) utilizou-se a plataforma *Focus*, *OrthoEngine*, *Modeler* e o *FLY* do assistente ATCOR, do software PCI Geomatica.

Para rede de drenagem foram utilizados dados primários produzidos a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) extraído de imagens do sensor *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER) do satélite TERRA/NOAA, adquiridas gratuitamente pelo governo norte americano através da *United States Geological Survey* (USGS) na resolução espacial de 60 metros (JUNIOR et al., 2015; USGS, 2016). As imagens ASTER estão disponíveis no endereço para download gratuito em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>.

Para identificação das bacias e da rede de drenagem foi utilizado o conjunto de ferramentas do complemento *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM), sobre a plataforma QGIS 2.8. O *TauDEM* é uma ferramenta para análise de terreno, extração e análise de informações hidrológicas da topografia através do MDE (TARBOTON, 1997). Utilizou-se ainda o MDE

para elaboração de mapas de declividade, altimetria e orientação do terreno que foram reclassificadas atribuindo-se a todos o *Datum* de referência SIRGAS 2000, Fuso 21S.

Utilizaram-se também bases vetoriais secundárias disponibilizadas por instituições reconhecidas pelo Governo Federal, tais como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA); Ministério do Meio Ambiente (MMA), Serviço Geológico do Brasil (CPRM); Agência Nacional de Águas (ANA) e o Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE).

Dividiu-se a caracterização da Rede Hidrográfica em duas categorias, conforme Villela e Mattos (1975) e Christofoletti (1980), incluindo aspectos lineares (identificação da hierarquia fluvial, relação de bifurcação, relação entre o comprimento médio dos canais por hierarquia) e aspectos areais (forma e determinação da densidade de drenagem, densidade hidrográfica, coeficiente de manutenção, relação de relevo e declividade). Ainda nesta etapa, foram construídas faixas de 30 m ao longo dos cursos d'água e 50 m ao redor das nascentes. Com os resultados destes

cálculos, pode-se fazer um diagnóstico sobre a rede hidrográfica das subáreas em análise, cujo resumo

encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Variáveis utilizadas nos cálculos de parâmetros hidrológicos na FLONA Tapajós (FNT) e Área de Entorno (AE).

Item	Análise	Equação	Definição	Significado
<i>Qc</i>	Quantidade de canais	---	----	Corresponde a somatório de todos os canais de drenagem
<i>Lp</i>	Comprimento do canal principal	---	----	Refere-se à extensão do canal principal da drenagem;
<i>Lt</i>	Comprimento total do canal	---	---	Refere-se à extensão do total de uma ordem de drenagem;
<i>Lmd</i>	Comprimento médio dos canais	---	---	Razão entre a somatória de todos os canais de drenagem e a somatória de todas as extensões de canais.
<i>Hc</i>	A hierarquia dos canais	---	----	É medida do grau de ramificação dos canais de drenagem.
<i>Rb</i>	Relação de bifurcação	$Rb = \frac{Nw}{Nw + 1}$	Nw: número total de canais; Nw+1: número total de canais de ordem superior.	É a razão entre o número total de canais de certa ordem e o número total de canais de ordem imediatamente superior.
<i>RLm</i>	Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem	$RLm = \frac{Lmd}{Nmu}$	Lmd: comprimento dos canais; Nmu: comprimento dos canais de ordem inferior.	A razão entre o comprimento médio dos canais de determinada ordem pelo comprimento total de canais de ordem inferior.
<i>Gcp</i>	Gradiente do canal principal	$Gcp = Am/Lp$	Am: Altitude máxima. Lp: Comprimento do canal principal.	Gradiente de canal principal indica a relação entre a cota altimétrica máxima e o comprimento do canal principal.
<i>Dh</i>	Densidade hidrográfica	$Dh = \frac{Qcb}{A}$	Qcb: número total de canais da bacia; A: área da bacia.	Relação entre o número de cursos d'água e a área de uma dada bacia
<i>Dg</i>	Densidade de drenagem	$Dd = \frac{Lt}{A}$	L: comprimento total dos canais; A: área da bacia.	Relação entre o comprimento total ou ordem hierárquica dos canais de drenagem e a área de drenagem.
<i>Cm</i>	Coefficiente de manutenção	$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000$	Dg: é densidade de drenagem.	Área necessária para formação de um canal com fluxo perene.
<i>Is</i>	Sinuosidade do curso d'água principal	$Is = Lp / Dv$	Lp: comprimento total dos canais; Dv: comprimento vetorial.	Relação entre o comprimento do rio principal e a distância entre a nascente e a foz em linha reta.

Fonte: Horton (1945); Vilella e Mattos (1957); Souza Pinto et al. (1976), Maidment (1993) e Tucci (1993).

III. RESULTADOS

Os resultados apontaram que tanto a FNT quanto a AE possuem especificidades nos seus respectivos sistemas de drenagem representado pela superação numérica de canais de 1ª, 2ª, 3ª e 4ª ordem da AE em relação aos canais da FNT. Na AE 65% dos canais são de 1ª ordem o que corresponde a 87,18km dos canais com potencial navegável, representados pelos canais de 5ª ordem.

Quanto à hierarquia da rede de drenagem contabilizou-se 1.269 canais de 1ª ordem, 330 canais de 2ª ordem, 70 canais de 3ª, 16 canais de 4ª e 5 canais de 5ª ordem, representando respectivamente 75,09%, 19,53%, 4,14%, 0,95% e 0,30% do total de 1.690 canais nas duas subáreas. Com relação a quantidade de canais (Qc) foram contabilizados 473 e 827 canais de 1ª ordem na FNT e na AE, respectivamente o que corresponde a 73,22% e 74,44% dos totais de canais de mesma ordem. Vale

destacar que as subáreas (FNT + AE) possuem 5 canais de 5ª ordem, sendo 2 na FNT e 3 na AE.

Observa-se que a FNT possui 38,22% das quantidades totais de canais, representando 37,32% do comprimento total da FNT+AE. Já no entorno da FNT há 65,73% das quantidades totais de canais e 61,84% do comprimentos totais, ou seja, a AE supera em 27,51% a quantidades de canais e em 24,52% do comprimentos totais da rede de drenagem.

Notou-se que tanto o maior quanto o menor valor de Lt dos canais está na AE, correspondendo respectivamente a 1.924,95 Km e 1.077,53 Km, sendo estes canais de 1ª ordem. Os estudos de Christofolletti (1980) já apontavam que em um sistema de ordenação de canais o resultado obtido na relação de bifurcação não pode ser inferior a 2, sendo os valores, em sua maioria, variando entre 3 e 5. Na FNT o menor valor de bifurcação foi de 3,85 e o maior valor 4,71; já na AE o maior valor de bifurcação foi de 4,47 e menor 3,77.

A média dos valores de bifurcação na FNT e na AE foram respectivamente de 3,93 e 4,09, portanto cada canal na FNT recebe em média contribuição de três canais e na AE cada canal recebe contribuição em média de quatro canais. Os canais de 5ª ordem recebem no mínimo a contribuição de dois e no máximo de quatro canais de ordem inferior, com média também de quatro canais. Desta forma, nas duas subáreas analisadas a relação de bifurcação variou de 3 a 4, evidenciando que cada ordem de canal superior possui uma boa ramificação.

Com relação Rlm é possível identificar que há uma correlação positiva com o crescimento da ordem e o comprimento médio dos canais, nas subáreas em análise, ou seja, quanto maior a ordem maior é comprimento médio dos canais. Identificou-se também que o crescimento médio de Rlm de cada ordem é em média de duas vezes. Esses dados são apresentados na Tabela 2, onde estão descritas as ordens dos canais e os seus respectivos comprimentos lineares, comprimentos

lineares totais, desvios padrões, relações de bifurcações e relação de comprimento médio.

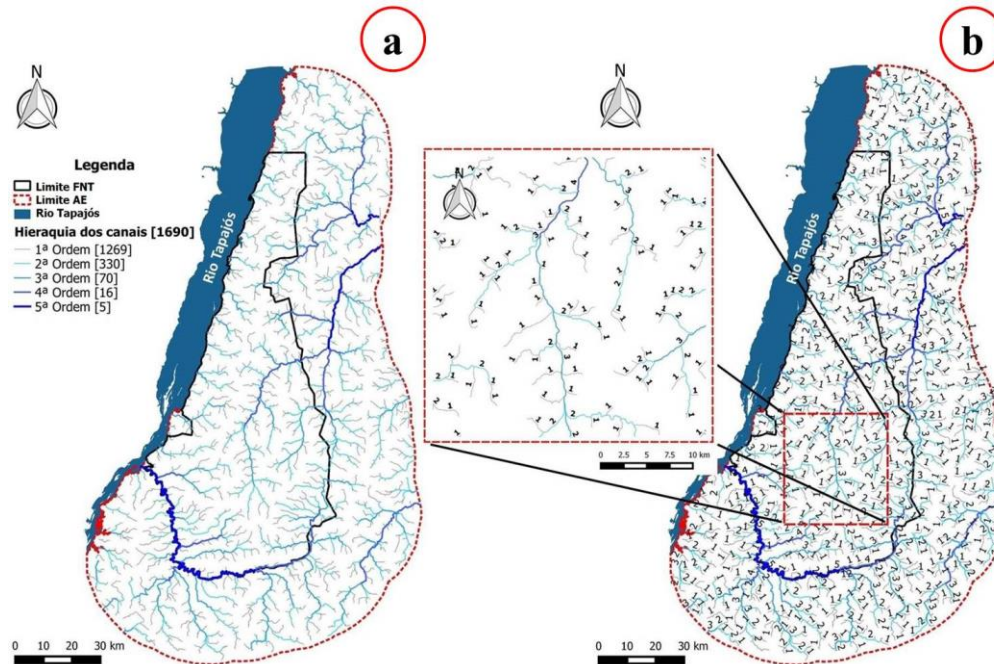
Na Figura 2a é apresentada a ramificação da rede de drenagem da FNT+AE, enquanto na Figura 2b está representada a aplicação da regra de hierarquia dos canais de Horton (1945), reforçando que os menores canais sem tributários são considerados de primeira ordem. Assim, os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem e só recebendo afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem e assim sucessivamente. No cômputo geral é possível avaliar que na área de influência (AE) encontrou-se a maior média de bifurcação (4,03) quando comparada a outras subáreas em análises (FNT), indicando que em média os canais recebem contribuições de quatro canais. A Figura 2 ilustra a ramificação da rede de drenagem do tipo dendrítica, assemelhando-se à configuração de uma árvore (ANDRADE *et al.*, 2013).

Tabela 2 - Resultados dos cálculos de parâmetros hidrológicos da FNT e AE.

Nº Ordens	1ª	%	2ª	%	3ª	%	4ª	%	5ª	%	Total
a) Área de estudo - FNT+AE											
Qc (Und)	1.269	75,09	330	19,53	70	4,14	16	0,95	5	0,30	1.690
Lt (km)	3.004,29	50,64	1.558,52	26,27	759,14	12,80	335,25	5,65	276,85	4,67	5.933,05
Lmd (km)	2,36		4,72		10,84		20,95		55,37		
Lmax (km)	13,03		26,62		38,94		54,62		103,49		
Lmin (m)	46,14		1,00		153,80		1.487,73		4.433,29		
Dp	1,9		4,35		8,78		17,45		41,69		
Rb			3,85		4,71		4,38		3,20		
Rlm			2,00		2,30		1,93		2,64		
b) Floresta Nacional do Tapajós - FNT											
Qc (Und)	473	73,22	132	20,43	31	4,80	8	1,24	2	0,31	646
Lt (km)	1.077,53	48,66	572,67	25,86	263,60	11,90	97,95	4,42	202,50	9,15	2.214,25
Lmd (km)	2,27		4,33		8,50		12,24		67,50		
Lmax (km)	9,49		26,62		29,30		39,29		102,37		
Lmin (m)	65,25		43,50		132,32		77,64		4.433,29		
Dp	1,79		4,50		7,48		13,04		44,68		
Rb			3,58		4,26		3,88		4,00		
Rlm			1,91		1,96		1,44		5,51		
c) Área de Entorno - AE											
Qc (Und)	827	74,44	219	19,71	49	4,41	13	1,17	3	0,27	1111
Lt (km)	1.924,95	52,46	985,65	26,86	495,14	13,49	237,30	6,47	26,15	0,71	3.669,19
Lmd (km)	2,32		4,50		10,10		18,25		8,71		
Lmax (km)	12,82		20,13		38,94		46,29		17,48		
Lmin (m)	46,14		43,50		15,38		1,58		1,10		
Dp	2,06		3,99		8,71		14,43		6,73		
Rb			3,78		4,47		3,77		4,33		
Rlm			1,94		2,24		1,81		0,48		

Nota: Qc = Quantidades de canais, Lt = Comprimento totais de canais, Lmd = Comprimento médio dos canais, Lmax = Comprimento máximo dos canais, Lmin = Comprimento mínimo de canais, Dp = Desvio padrão, Rb = Relação de bifurcação e Rlm = Relação entre o comprimento médio dos canais. Fonte: Processamentos do primeiro autor.

Figura 2 - Rede de drenagem e hierarquias dos canais na FNT+AE.



Fonte: Primeiro autor.

Dentre os rios que drenam a área de estudo, o rio Mojuí dos Campos apresentou o menor Gradiente de Canal Principal (Gcp), com 0,01% e o Igarapé Anhangá o maior Gcp, com 1,99%. A média dos valores de Gcp é de 5,74% e 12 drenagens estão abaixo deste valor (Tinga, Lux, Açú, Onça, Moju, Branco, Tauari, Puraquê, Jatoarana e Água Boa) representando que estes canais tendem a possuir baixa declividade, principalmente aqueles que estão localizados próximo ao curso médio da bacia, conforme pode ser observado na Tabela 3.

Quanto ao índice sinuosidade da rede de drenagem o igarapé Anhangá tem o menor valor de I_s (1,05) o rio Moju o maior valor de I_s (2,15). Comparando-se o índice de sinuosidade das drenagens com a média de sinuosidade (I_s) de 1,32 na FNT+AE, identificou-se que os igarapés Tauari, Bueiro, Branco, Puraquê e Leitoso são menos sinuosos, enquanto os igarapés: Jatoarana, Açú, Lux e Tinga são os mais sinuosos (Tabela 3).

A análise da D_d e da D_h indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, fornecendo uma indicação da eficiência da drenagem e capacidade de drenagem das bacias estudadas. A média da densidade de drenagem (D_h) na FNT+AE foi de 1,25, representando que as bacias analisadas possuem em média um curso de água por quilômetro quadrado, como o Moju e os Igarapés Jatoarana, Onça, Jatoarana, Bueiro, Morada Nova, Lux, Ipiranga e Branco. O igarapé Moju e o igarapé Puraquê obtiveram respectivamente de dois a três cursos de água, em média, por quilômetro quadrado, representando bacias bem drenadas.

Assim, quanto ao desenvolvimento do sistema de drenagem identificou-se que sete redes de drenagem possuem baixo grau de desenvolvimento em relação à média de densidade de drenagem e doze redes de

drenagem possuem baixa capacidade de drenagem em relação à média de D_h . Neste contexto, os igarapés Tauari, Anhangá, Itapuama e Açú possuem baixo grau de desenvolvimento do sistema de drenagem e baixa capacidade de drenagem das bacias em relação às médias de D_d e D_h .

Os igarapés Tinga e Itapuama possuem o menor e maior coeficiente de manutenção da FNT+AE com relação à média de comprimento de canais (908,20 m²) que é necessário para manutenção dos recursos hídricos em quilômetro quadrado de área. Ainda pela Tabela 3 observa-se que à medida que aumenta o valor numérico da densidade há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem, significando que quanto maior for a D_d , mais eficiente será o sistema de drenagem. Neste contexto, o igarapé do Tinga com D_d de 0,26km⁻¹ tem o mais eficiente sistema de drenagem das bacias em análise, considerada os canais perenes e os intermitentes.

Com as informações D_d identificou-se que toda rede de drenagem da FNT+AE é qualificada como drenagens pobres (CHRISTOFOLETTI, 1980) abaixo de 0,526km⁻¹ de canal por 1 km². Em média as principais sub-bacias na área em estudo necessitam 989,16 m² de área para manter perene um metro de canal, conforme o coeficiente de manutenção de canais. Assim, em termos de balanço hidrodinâmico das principais sub-bacias da FNT+AE, a sub-bacia do Tinga necessita de 384,62 m² de área para manter perene cada metro de canal, contra 2.500,00 m² de área para manter perene cada metro de canal da sub-bacia do igarapé Itapuama (Tabela 3).

Identificou-se que a região sul da FNT existe predomínio de terreno escarpado, onde estão as encostas mais íngremes apresentando as nascentes de cabeceiras

que são abastecidas pelas chuvas. De forma geral, a FNT+AE possui uma altitude de 269 m que favorece o

escoamento superficial de água.

Tabela 3 - Dados obtidos dos canais principais das subáreas (FNT + AE).

Principais Drenagens	Altimetria (m)			Lp (Km)	Gcp (m)	Dv (Km)	Declive (%)	Is	Dh	Dd	Cm (m ²)
	Nascente	Foz	Amp								
a) Área de estudo (FNT+AE)											
Igarapé Açú	162	117	45	29,11	1,55	19,49	0,23	1,49	0,86	0,08	1.250,00
Igarapé Água Boa	221	33	188	34,11	5,51	26,32	0,71	1,30	0,76	0,13	769,23
Igarapé Anhangá	266	98	168	8,89	18,90	8,46	1,99	1,05	0,45	0,10	1.000,00
Igarapé Branco	202	62	140	52,09	2,69	46,16	0,30	1,13	1,98	0,11	909,09
Ig. da Morada Nova	156	86	70	11,34	6,17	9,96	0,70	1,14	1,68	0,08	1.250,00
Igarapé do Bueiro	182	90	92	13,53	6,80	12,37	0,74	1,09	1,63	0,09	1.111,11
Igarapé Ipiranga	279	33	246	24,40	10,08	20,74	1,19	1,18	1,86	0,06	1.250,00
Igarapé Itapuama	150	10	140	16,14	8,67	13,26	1,06	1,22	0,53	0,08	2.500,00
Igarapé Jatoarana	199	77	122	26,45	4,61	18,29	0,67	1,45	1,51	0,17	588,24
Igarapé Jatuarana	183	11	172	27,04	6,36	23,35	0,74	1,16	1,11	0,16	625,00
Igarapé Leitoso	316	79	237	28,60	8,29	25,03	0,95	1,14	0,84	0,17	588,24
Igarapé Lux	190	123	67	44,36	1,51	27,58	0,24	1,61	1,80	0,07	1.428,57
Igarapé Moju	222	44	178	85,38	2,08	65,51	0,27	1,30	2,11	0,08	1.250,00
Igarapé Onça	199	132	67	36,82	1,82	31,13	0,22	1,18	1,44	0,14	714,29
Igarapé Peruda	236	73	163	19,54	8,34	16,64	0,98	1,17	0,56	0,15	666,67
Igarapé Puraquê	263	67	196	50,01	3,92	44,11	0,44	1,13	3,00	0,19	526,32
Igarapé Salgado	319	130	189	10,94	17,28	8,82	2,14	1,24	0,56	0,14	714,29
Igarapé Tauari	61	19	42	11,35	3,70	10,57	0,40	1,07	0,35	0,11	909,09
Igarapé Tinga	90	74	16	76,76	0,21	41,84	0,04	1,83	0,55	0,26	384,62
Rio Moju	269	95	174	88,14	1,97	41,06	0,42	2,15	1,09	0,07	1.428,57
R. Mojuí dos Campos	75	70	5	52,18	0,10	29,86	0,02	1,75	1,61	0,11	909,09
Médias	201,90	72,52	129,38	35,58	5,74	25,74	0,69	1,32	1,25	0,12	989,16

Nota: Gcp = O gradiente do canal principal, Lp = Comprimento do canal principal, Dv = Distância vetorial entre os pontos extremos do canal, Is = Índice de sinuosidade do canal principal, Dh = Densidade hidrográfica e Dd = Densidade drenagem, Cm = Coeficiente de manutenção. Fonte: Processamentos do próprio autor.

A Figura 3 ilustra as classes de uso e cobertura do solo e suas respectivas extensões territoriais na FNT+AE, onde se observa a distribuição espacial da agricultura anual, área urbana, mosaico de ocupações, pastos, floresta, vegetação secundária e mineração, com 215,50 km², 39,64 km², 104,16 km², 1.167,57 km², 10.199,24 km², 2.200,94 km² e 0,08 km³, respectivamente. No entorno da FNT as classes de vegetação secundária, pastos, agricultura anual, área urbana/mosaico de ocupações e floresta possuem os maiores valores de extensão territorial.

As áreas de proteção permanente, inseridas na vegetação secundária totalizam 61,78 km², ou seja, 3,03% desta classe está localizada na AE. Com relação às áreas de APPs de nascentes da FNT+AE, identificou-se que a FNT possui 4,57 km² de APPs em área de floresta, correspondendo 0,09% desta classe. Na AE há 4,09 km² de APPs na área de floresta.

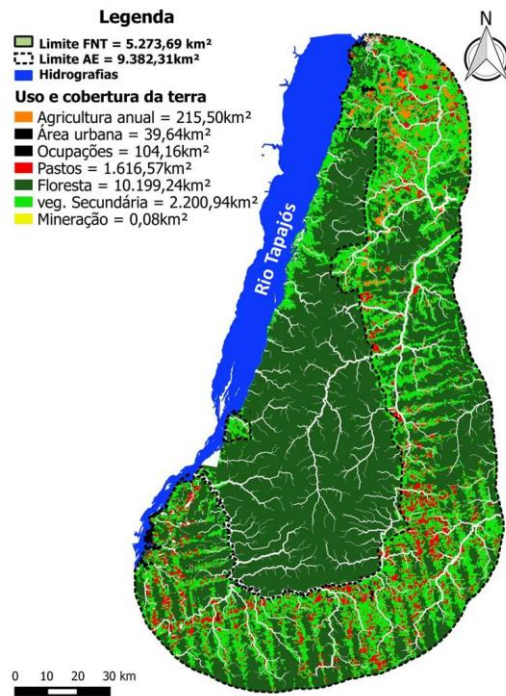
Os valores de APPs em área de floresta chamaram a atenção quanto à proteção de 1.107 pontos de nascentes em áreas na FLONA Tapajós, ou seja, mais de 8,66 km² de APPs na FNT+AE estão associados à classe de floresta, o que representa um efeito positivo na manutenção dessas nascentes com, por exemplo, diminuição do transporte de sedimentos, que podem causar assoreamento dos rios e reservatórios, ou mesmo a poluição de corpos líquidos. Na AE há 1,58 km² de área de APPs ocupada por pastagens, evidenciando que 202

pontos de nascente estão sem a manutenção da vegetação recomendada pelo código florestal brasileiro.

Como resultado da estruturação interna dos canais da FNT+AE identificou-se que há um efeito acumulativo entre as ordens dos canais e seus comprimentos, além de um efeito regressivo entre as ordens dos canais e suas quantidades na área em estudo. Com base no índice sinuosidade do curso d'água principal, os canais de drenagem na FNT+AE são, em sua grande maioria, permanentes.

Esses canais condicionam um regime de escoamento permanente no período em que ocorre intensificação das chuvas na Amazônia, aumento do transporte de sedimentos e da vazão em toda bacia hidrográfica do rio Tapajós. Vale destacar que o igarapé do Curuá-Una é mais sinuoso que o igarapé Tinga, representando que este possui áreas que tendem a serem menos irregulares, possuindo canais mais retilíneos que as demais redes de drenagem.

Figura 3 - Uso e cobertura do solo da área de estudo em 2012 da FNT + AE.



Fonte: INPE/TerraClass, 2012.

Quanto a declividade observou-se que na FNT+AE existe ameaças de degradação no uso de agricultura de grãos mecanizada, principalmente no município de Belterra, pois, solos agrícolas recebem uma carga difusa de nutrientes o que muitas vezes pode influenciar na degradação dos recursos hídricos nas subáreas, ou seja, as práticas agrícolas, florestais e/ou pastoris não adequadas às condições edafológicas podem produzir efeitos negativos nas condições hídricas locais (PAULA COLAVITE e MODESTO DOS PASSOS, 2012; BONINI et al., 2013). Ou seja, há preocupações nas classes de relevo ondulado e plano ao norte da Área de Entorno (AE), onde está instalado o polo de grãos em Belterra, pois com resultado esta área apresenta boa drenagem interna com a permanência de água na massa do solo o ano todo.

Esses resultados reforçam a importância da manutenção da cobertura vegetal nas nascentes e ao longo dos canais de drenagem, pois a perda da vegetação pode comprometer a manutenção de corpos hídricos por lixiviação e erosão o que representam efeito negativo na fonte de água dos ribeirinhos, animais e vegetais (JARDIM, 2010). Portanto, a integridade das APPs de nascente indica que 1.107 pontos de nascentes na FNT+AE estão com proteção de floresta. Entretanto, o avanço da agricultura anual, principalmente a de soja, ao longo da BR-163 e em algumas partes para o interior da FNT, podem provocar problemas aos ecossistemas, recursos hídricos, solo e nascentes, já que esta atividade requer uso intensivo de máquinas agrícolas e agroquímico.

Outro impacto é o desmatamento para agricultura anual que pode provocar a perda de mananciais, impossibilitando a continuidade do abastecimento de água, como também aumentando a possibilidade de erosão dos solos (GUERRA e CUNHA, 1996). Na AE há 12% de extensão territorial com elevada exposição aos raios solares, o que representa um risco às condições hídricas e térmicas dos solos, favorecendo o surgimento de microclima e, por conseguinte, afetando a temperatura local (GUERRA e CUNHA, 1996), principalmente porque nesta região também há maiores extensões de APPs de 30 e 50m ocupadas com pastos.

O que se deseja chamar atenção quanto a exposição solar é que o solo é responsável por processos naturais, como lixiviação, erosão, deslizamento, modificações no regime hidrológico, entre outros, desta forma, 60% da extensão dos canais da FNT+AE devem apresentar boas condições físicas de retenção de umidade e boa permeabilidade (GUERRA, 1996), o que reforça a importância da preservação da floresta primária para manutenção dos corpos hídricos, pois a orientação do terreno a posição do sol tem enorme efeito nas condições hídricas (CASTRO e LOPES, 2001).

IV. CONCLUSÃO

A rede de drenagem que abastece a FLONA Tapajós e seu entorno, que compõe a bacia do Curuá-Una, é do tipo dendrítica, possuindo alto grau de ramificação, com predominância de canais de quinta ordem. No entorno da FLONA Tapajós (FNT), ou seja, na área de influência (AE) existe o maior número de nascentes em relação à FLONA Tapajós o que pode trazer impactos a áreas de proteção ambiental.

A perda de cobertura vegetal principalmente na AE pela expansão do processo agropecuário produtivo tradicional e empresarial, principalmente nos terrenos mais declivosos induz a intensificação de perdas de solo, água, material orgânica e nutrientes. Essas perdas ameaçam a manutenção dos corpos d'água, principalmente ao norte e a sul da área de estudo que estão ocupadas por agricultura anual e pastos, respectivamente.

Praticamente, metade das áreas apresentam a face do terreno no sentido norte e oeste, indicando que a reposição de água pela chuva e a saída de água por evaporação e evapotranspiração intensificam as ameaças ao processo de armazenamento de água na bacia hidrográfica. Declividade, exposição do terreno à luminosidade, tipo de canais e nascentes e dominância de nascentes fora da FLONA Tapajós evidenciam a necessidade da adoção de práticas que conservem a cobertura do solo para garantir a manutenção dos cursos hídricos na área de estudo desta pesquisa.

As ferramentas utilizadas subsidiam a tomada de decisão quanto à definição de áreas prioritárias para o desenvolvimento de pesquisas e ações quanto a Política Nacional de Recursos Hídricos, tendo como foco o uso conservacionista da água na Amazônia.

V. AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, em nível de mestrado acadêmico, ofertado pela Universidade do Estado do Pará (UEPA) e a Embrapa Amazônia Oriental pela oportunidade de realização deste trabalho em âmbito do Projeto ROBIN (Role Of Biodiversity In climate change mitigation).

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. C. R.; DE CARVALHO FELICORI, T.; MARQUES, E. A. G.; DA SILVA CHAGAS, C. Avaliação da Qualidade do Solo na Bacia do Córrego Palmital, Viçosa-MG. **Geografias (UFMG)**, v. 9, n. 1, p. 8-22, 2013. Disponível: <<http://cantacantos.com.br/revista/index.php/geografias/article/view/267>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

ARAUJO, E.; BARRETO, P. Ameaças Formais Contra as Áreas Protegidas na Amazônia. **O Estado da Amazônia**, v. 1, 2010.

ARTAXO, P. Opportunities for Research in Global Changes in the Field of Chemistry. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 18, n. 2, p. 0-0, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-50532007000200001&script=sci_arttext. Acesso em: 25 mai. 2016.

BIELENKI, C. J.; BARBASSA, A. P. **Geoprocessamento e Recursos Hídricos: Aplicações Práticas**. São Carlo/SP: EdUFSCar, 2012.

BONINI, I.; PESSOA, M. J. G.; JUNIOR, S. S. Faces da Produção Agrícola na Amazônia Mato-Grossense: Tipos de Exploração, Origem dos Agricultores e Impactos na Conservação Ambiental no Município de Alta Floresta (MT) - DOI: 10.5801/ncn.v16i1.975. **Novos Cadernos NAEA**, v. 16, n. 1, 2013. Disponível em: <<http://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/Article/975>>. Acesso em 10 mai. 2016.

CARNIATTO, I. **Subsídios para um Processo de Gestão de Recursos Hídricos e Educação Ambiental nas Sub-Bacias Xaxim e Santa Rosa, Bacia Hidrográfica Paraná III**. Tese (Doutorado) - Doutora em Ciências Florestais do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. CURITIBA, 2007. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/13870>>. Acesso em 20 jun. 2016.

CASTRO, L. I. S.; CAMPOS, S.; ZIMBACK, C. R. L.; KAISER, I. M. Sistema de Informação Geográfica na Formulação de Indicadores Ambientais para Sustentabilidade dos Recursos Hídricos. **Irriga**, v. 19, n. 4, p. 655, 2014. Disponível em <

<http://actaarborea.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/791>>. Acesso em 20 jun. 2016.

CASTRO, P.; LOPES, J. D. **Recuperação e Conservação de Nascentes**. 84p. Viçosa, MG: Ed. CPT, 2001.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. 1980.

CUNHA, Sandra Baptista da Guerra et al. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 1996.

CYSNE, A. P. **Modelo de Governança Adaptativa para os Recursos Hídricos Utilizando Cenários Climáticos**. 2012. 159 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Recursos Hídricos) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012. Disponível em <<http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/3878>>. Acesso em 13 jun. 2016.

DA SILVA, XAVIER. J.; ZAIDAN, R.T. **Geoprocessamento & Análise Ambiental: Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

DE PAULA CARVALHO, A.; CAVALCANTI, D. G. K.; DE SOUSA, A. M.; DA CUNHA GERMANO, B. C. Gerenciamento e Uso do Rio Taquari em Araguatins (TO) / Diagnosis of the environmental degradation of river taquari's basin in Araguatins (TO). **Caminhos de Geografia**, v. 8, n. 20, 2007. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15452>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

GUERRA, A. **Geomorfologia Exercícios, Técnicas e Aplicações. Processos Erosivos nas Encostas**. 1996.

HORTON, R. E. Erosional Development of Streams and their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. **Geological society of America bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945. Disponível em: <<http://gsabulletin.gsapubs.org/content/56/3/275.short>>. Acesso em 10 mar. 2016.

JUNIOR, J. G.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. Á. S.; DE SOUZA, A. L.; GLERIANI, J. M. Aplicação da Geotecnologia no Estudo de Cadastro Técnico Rural e no Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais. **Ceres**, v. 57, n. 4, 2015. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3792>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

LOPES, A. R. B. C. **Recursos Hídricos e uso da Terra na Bacia do Rio do Peixe/Sc, Mapeamento das Áreas de Vulnerabilidade e Risco de Contaminação do Sistema Aquífero Serra Geral**. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de

Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em geografia, 2012. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/99243>>. Acesso em 15 mai. 2016.

MAIDMENT, D. R. **Handbook of Hydrology**. Rio de Janeiro: McGraw-Hill. 1993.

PAULA COLAVITE, A.; MODESTO DOS PASSOS, M. Integração de Mapas de Declividade e Modelos Digitais Tridimensionais do Relevo na Análise da Paisagem. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 5, p. 1547–1559, 2016. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2212/0>>. Acesso em 23 abr. 2016.

PINHEIRO, P. F. V. **A Relação Executivo-Legislativo no Projeto de Criação da Superintendência de Análise das Propostas de Redefinição dos Limites Territoriais da Floresta Nacional do Jamanxim - Estado do Pará**. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Belém, 2010. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/4995>>. Acesso em 22 jun. 2016.

PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A., GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

ROCHA, R. M.; LUCAS, A. A. T.; DE ALMEIDA, C. A. P.; NETO, E. L. M.; NETTO, A. D. O. A. Caracterização Morfométrica da Sub-Bacia do Rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 2, p. 276, 2014. Disponível em: <<http://search.proquest.com/openview/f5c0dd05872a9dff2ccc0b45f26f350b/1?pq-origsite=gscholar>>. Acesso em: 23 jun. 2016.

SOUZA PINTO, Nelson L. de et al. **Hidrologia Básica**. Edgard Blücher: São Paulo, p. 278, 1976.

TARBOTON, David G. A New Method for the Determination of Flow Directions and Upslope Areas in Grid Digital Elevation Models. **Water resources research**, v. 33, n. 2, p. 309-319, 1997. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/96WR03137/full>>. Acesso em 11 jul. 2016.

TUCCI, C. **Hidrologia. Ciência e Aplicação**. EDUSP/ABRH/UFRGS. Rio Grande do Sul, 1993.

USGS – US GEOLOGICAL SURVEY. Ground Water and Surface Water, a Single resource (2015). Disponível em: <http://pubs.usgs.gov/circ/circ1139/index.html>. Acesso em: 13 abr. 2016.

VERÍSSIMO, A.; ROLLA, A.; VEDOVETO, M.; FUTADA, S. D. M. Áreas Protegidas na Amazônia Brasileira: avanços e desafios. 2011. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.abong.org.br/handle/11465/1212>>. Acesso em: 11 jul. 2016.

VILLELA, S. M.; MATTOS. **A Hidrologia Aplicada**. 245p. São Paulo: McGraw-Hill, 1957.

JARDIM, Paloma Bibiano. Qualidade de Água de Nascentes como Reflexo do Manejo do Uso e Ocupação do Solo e Conservação da Mata Ciliar, No Município de Ouro Branco, MG. 2010. Disponível em: <<http://200.239.128.16/handle/123456789/2309>>. Acesso 12 jul. 2016.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Artigo 3

Título: Aspecto Fisiográficos da Floresta Nacional do Tapajós e seu Entorno – Oeste do Pará, Brasil.

Autores: Leonardo Sousa dos Santos, Lucieta Guerreiro Martorano, Carlos Benedito Barreiros Gutierrez, Altem Nascimento Pontes, Orleno Marques da Silva Junior, Dione Margarete Gomes Gutierrez.

Submetido: Revista Espacios (ISSN: 0798-1015. Qualis B1).

Aspectos Fisiográficos da Floresta Nacional do Tapajós e seu Entorno – Oeste do Pará, Brasil

Physiographic aspect of the Tapajós National Forest and its surroundings - West of Pará, Brazil:

Leonardo Sousa dos SANTOS¹; Lucieta Guerreiro MARTORANO²; Carlos Benedito Barreiros GUTIERREZ³; Altem Nascimento PONTES⁴; Orleno Marques da SILVA⁵; Dione Margarete Gomes GUTIERREZ⁶

¹Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará (UEPA). E-mail: leonardocbmpa@yahoo.com.br.

²Doutora em Agrometeorologia/Pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental e Professora do PPGCA/UEPA, Belém, Pará

³Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará (UEPA).

⁴Doutor em Ciências Físicas/Coordenador do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará (UEPA).

⁴Doutorando em Planejamento Energético do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia/UFRJ.

⁶Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará (UEPA).

RESUMO

Estudos de aspectos fisiográficos ambientais vêm ganhando importância no meio científico em razão do papel que estes estudos desempenham nos processos de análises ambientais, envolvendo o levantamento, análise e síntese dos compartimentos ambientais. O objetivo deste estudo é contribuir para a descrição dos compartimentos ambientais da Floresta Nacional do Tapajós (FNT) e Área de Entorno (AE) de forma acurada, para proporcionar aos interessados no tema um panorama minucioso da área de estudo. Para atingir este objetivo utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG) Q.Gis 2.8; informações compiladas oriundas de bases vetoriais secundárias de instituições do Governo Federal; trabalho em campo e imagens dos padrões físico ambiental da FNT+AE. Os resultados apontaram que rede de drenagem é um dos principais aspectos da FNT+AE, estando relacionada não só com a pluviosidade e topografia, como também com cobertura vegetal, tipo de solo e outros elementos ambientais. Com os trabalhos em campo pode-se constatar que as encostas com altas declividades apresentam vegetação de maneira esparsa e alterada. As caracterizações fisiográficas apresentadas tiveram caráter de pré-diagnóstico, sendo necessários estudos futuros que possam apontar o grau de vulnerabilidade ambiental da região considerando os impactos ambientais e a questão econômica da região, principalmente os impactos gerados pela expansão agricultura de grãos.

Palavras-chave: análises geoambientais; compartimentação ambiental; unidade de conservação.

ABSTRACT

Studies with environmental physiographic aspects are gaining importance in the scientific community for the role that these studies have in the process of environmental analysis, regarding the survey, analysis itself and synthesis of the environmental compartments. The aim of this study is to contribute with the environmental description of compartments of the Tapajós National Forest (TNF) and Surrounding Areas (SA) accurately, to provide for the ones who are interested in this subject a thorough overview of the studied area. To achieve such objective, the Geographic Information System (GIS) Q.Gis 2.8, compiled information from Federal Government's secondary base vectors institution,

field work and images of physical environmental standards TNF + SA was used. The results indicate that the drainage system is one of the principal aspects of TNF + SA and is associated not only with the rainfall and topography, but the vegetation cover, soil type and other environmental elements as well. With the field work, it can be seen that sharp slopes have a sparse and modified vegetation. The presented physiographic characterizations had a pre-diagnostic feature, but with future studies being necessary, these might indicate the degree of environmental vulnerability of the region considering the environmental impacts and economic issues of the region, especially the impacts generated by the expansion of grain agriculture.

Keywords: geo-environmental analysis; environmental compartmentation; conservation unit.

1. Introdução

Os aspectos fisiográficos estão relacionados a características de três elementos básicos, recursos hídricos, relevo e vegetação. Com relação à caracterização fisiográfica, sua importância se deve ao papel que desempenham nos processos de auxílio de análises ambientais, organizando uma estrutura que envolve levantamento, análises e síntese dos compartimentos ambientais de uma determinada área de estudo (SIQUEIRA e HENRY-SILVA, 2011).

No processo de compartimentação ambiental para estudo de aspectos fisiográficos as geotecnologias são ferramentas de elevado potencial nas análises geoambientais detalhadas, de maneira rápida, principalmente no que tange ao papel dos recursos hídricos, relevo, vegetação e suas repercussões sobre as diversas atividades humanas, dentre as mais relevantes, estão as possíveis implicações na variabilidade climatológica e impactos ambientais (ROSA, 2011; DE OLIVEIRA, et al., 2013; DE OLIVEIRA et al., 2013).

As caracterizações dos aspectos fisiográficos são geralmente realizadas por meio da coleta de dados em campo e utilização de informações secundárias, como levantamentos bibliográficos e cartográficos existentes da área de estudo (ANDRADE et al., 2008; VANZELA, HERNANDEZ e FRANCO, 2010). Neste sentido, na metodologia de caracterização fisiográfica é essencial que se tenha mapas com os quais possa ilustrar e servir de partida para caracterização fisiográfica da área em estudo (DA SILVA, XAVIER e ZAIDAN, 2004).

Assim, os estudos das compartimentações fisiográficas voltam-se para a caracterização dos elementos interdependentes e indissociáveis do meio natural, embasado nas relações estabelecidas entre esses elementos as ações antrópicas (BARROS e CASTRO, 2006). Desta forma, o estudo fisiográfico justifica-se pela necessidade de conhecer e apreciar as realidades ambientais da área em estudo. Cujos resultados podem servir também para informar, educar e conscientizar populações, que são as principais vítimas do mau uso dos recursos naturais.

O Objetivo principal do estudo é contribuir para a descrição dos compartimentos ambientais de forma mais detalhada e precisa possível para proporcionar aos interessados no tema um panorama da Floresta Nacional do Tapajós (FLONA Tapajós) e seu entorno, em especial para registrar algumas das características geoambientais mais relevantes. O presente estudo e as análises podem ser utilizados para subsidiar uma série de estudos técnicos que permitirão contribuir com os procedimentos de gestão e racionalização da área em estudo.

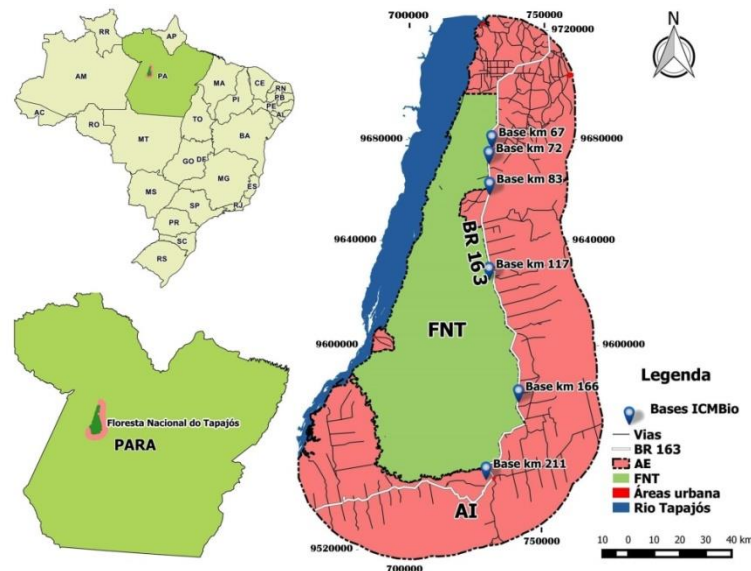
2. Materiais e métodos

2.1. Área de estudo

Neste trabalho, o recorte temático de análise será focado na caracterização de aspectos fisiográficos da Floresta Nacional do Tapajós (FNT) localizada no Estado do Pará, entre os paralelos 2° 28' 52,25" e 4° 23' 1,09" de latitude sul e entre os meridianos de 54° 31' 35,62" e 55° 40' 48,41" de longitude oeste.

A FNT é uma unidade de conservação de Uso Sustentável classificada na categoria Floresta Nacional, criada pelo Decreto nº 73.684 de fevereiro de 1974, com área estimada de 527,36 há. Na Figura 1 fez-se a identificação da área total desse trabalho que corresponde a Floresta Nacional do Tapajós (FNT) e Área de Entorno (AI) que corresponde a uma faixa de 30 km do entorno da FNT. Nas duas subáreas e seus arredores há fragmentos florestais e um misto de atividades relacionadas à agricultura, pecuária extensiva e de leite, fruticultura, áreas de manejo florestal, usadas pela Cooperativa Mista da Floresta Nacional do Tapajós (COOMFLONA), dentre outros (CORDEIRO, 2004; LISBOA 2015). O clima predominante, é do tipo Am3, caracterizado por uma faixa em que existem meses menos chuvosos inferiores a 60 mm e precipitação pluvial anual varia de 2.000 a 2.500mm de acordo com o Martorano et al. (1993).

Figura 1 - Localização da Floresta Nacional do Tapajós e Área de Entorno.



Fonte: Primeiro autor

2.2. Ferramentas computacionais e sistemas de informações geográficas

Para o referido trabalho utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG) Q.Gis 2.8, versão *Wien*, licenciado pela *General Public License* (GNU). Na primeira etapa, realizou-se a construção das bases vetoriais da rede de drenagem a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) do mosaico das cenas S03W056, S04W056, S03W055 e S04W055, adquiridas no formato “geotif”, disponibilizado gratuitamente pelo governo norte americano através da *United States Geological Survey* (USGS). Nesta etapa utilizou-se o complemento *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (*TauDEM*), instalado na plataforma QGis 2.8.

Na segunda etapa, com o complemento *TauDEM* realizou-se o Processamento Digital de Imagens (PDIs): eliminou-se as possíveis depressões presentes no MDE através do algoritmo *Pit Remove* e posteriormente fez-se os processos de geração de direção de fluxo (*D8 Flow Directions*), área de contribuição correspondente aos limites da bacia hidrográfica (*D8 Contributing Area*) e rede de

drenagem (*Stream Definition by Threshold*). A validação das informações hidrológicas gerada com *TauDEM* foram executadas por meio de sobreposição da base vetorial dos rios do mapeamento sistemático na escala do milionésimo da ANA.

Na terceira etapa, foram compiladas informações oriundas de bases vetoriais secundárias, em formato *shapefile*, disponibilizadas por instituições reconhecidas pelo Governo Federal, tais como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA); Ministério do Meio Ambiente (MMA), Serviço Geológico do Brasil (CPRM); Agência Nacional de Águas (ANA) e o Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE) (CARVALHO e DI MAIO, 2011). Por fim, fez-se estudo sobre os aspectos físicos ambientais da FNT+AE, referindo-se a hidrografia, relevo, solo e uso e cobertura da terra.

Por fim, realizou-se trabalho de campo no período de 5 a 11 de janeiro de 2016, nos horários de 10 às 15 onde se documentou imagens dos padrões físico ambiental da FNT+AE, bem como outras condições ambientais da área em estudo. Fez-se registros fotográficos para evidenciar alterações ambientais importantes com áreas de cultivos, pasto e outros usos e ocupações da terra na região. Ainda nesta etapa, foram utilizadas: pranchetas para anotação, câmera fotográfica, e o receptores de Sistema de Posicionamento Global (GPS) modelo “*Garmim Etrex 30*” para levantamento de campo e geoprocessamento.

3. Resultado e Discussão

A rede de drenagem é um dos principais aspectos da FNT+AE, pois se caracteriza como uma região de grande manancial hídrico, que contribui para o regime hidrológico local e regional, de onde divergem os sistemas de drenagens de 5º ordem, estando relacionada não só com a pluviosidade e topografia, como também com a cobertura vegetal, o tipo de solo dentre outros elementos ambientais (DE OLIVEIRA et al., 2013). De acordo com a fisiografia da FNT+AE, podemos destacar que é uma rede de drenagem do tipo dendrítica muito ramificada com 1.690 canais de drenagens, totalizando 5.933,05 km de comprimento de canais, conforme Figura 2.

Figura 2 - Modelo digital tridimensional da rede de drenagem da FNT+AE

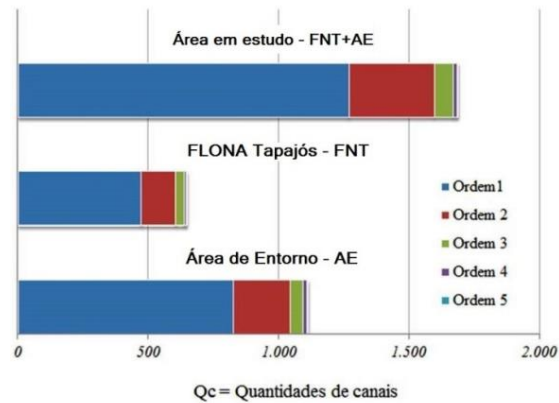


Fonte: Primeiro autor.

Ainda em termo hidrológico, os rios e igarapés que drenam a FNT+AE são em sua grande maioria, permanentes e apresentam regime de escoamento na estação de verão, quando a vazão aumenta consideravelmente, em decorrência da elevada pluviosidade que variam de 2.000 a 2.500mm (MARTORANO et al., 1993). A FNT tem 646 canais totalizando um comprimento total de 2.214,25 km e a AE tem 1.111 canais com comprimento total de 3.669,19 km. Neste contexto, observa-se que a

FNT+AE contribuem sobremaneira no regime hidrológico local. Na Figura 3, ilustra-se a comparação dos números de canais entre as subáreas em análises, onde a AE supera numericamente em 65 % os números de canais da FNT, mostrando ser uma área com um sistema de bacias bem drenadas.

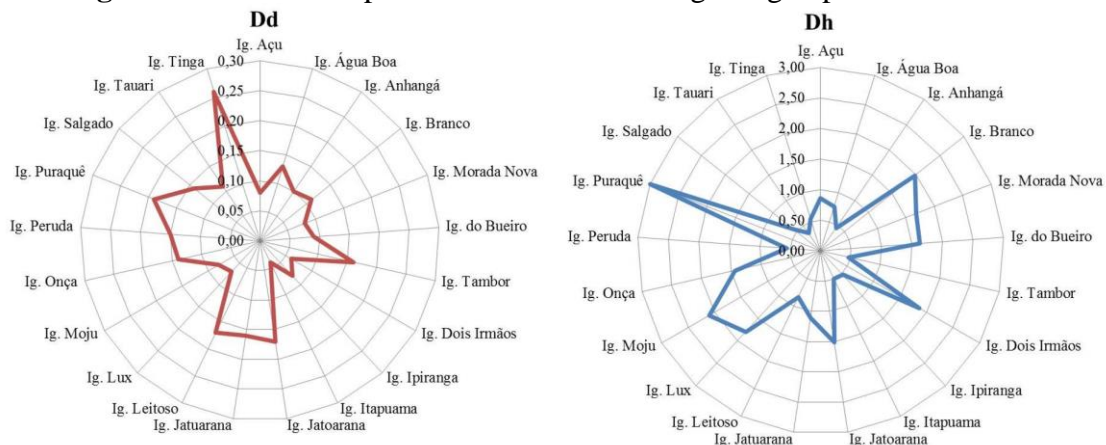
Figura 3: Descrição comparativa das quantidades de canais da FNT+AE



Fonte: Processamentos do próprio autor

Na Figura 4, tem-se o gráfico de descrição comparativa das informações de Densidade drenagem (Dd) e Densidade hidrográfica (Dh) da FNT+AE, onde é possível também identificar o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem das subáreas. Quanto a informações Dd os igarapés Itapuama, Dois Irmãos, Lux, Açú, Morada Nova, Moju, Bueiro, Anhangá, Tauari e Branco possuem baixo grau de desenvolvimento do sistema de drenagem em relação à média de Dd. Analisando a Dh os igarapés Tauari, Anhangá, Tambor, Itapuama, Ipiranga, Tinga, Salgado, Peruda, Água Boa, igarapé Açú e Jatuarana possuem baixa capacidade de drenagem em relação à média de densidade hidrográfica.

Figura 4: Análise comparativa de Dd e Dh de alguns igarapés da FNT + AE



Fonte: Processamentos do primeiro autor

No que concerne aos aspectos fisiográficos de relevo a FNT+AE têm 4.638,72 km² (31,69 %) enquadrado com terreno ondulado, sendo 1.703,29 km² (11,64%) estão na FNT e 2.935,43 km² (20,05%) na AE. O relevo plano ocupa uma área de 3.515,58km² (24,02%) da FNT+AE. A AE se destaca por possuir mais de 16% (2.441,63 km²) de terrenos do tipo planos, onde estão concentradas as maiores áreas de cultivos de grãos no entorno FNT, principalmente no município de Belterra. Com relação as áreas de topo de morro ou com inclinação de 45%, identificou-se que na FNT+AE há mais de 200 km² de área protegida por lei, correspondendo a 1,57 % da área em estudo, sendo 0,68%

(100,23 km²) na FNT e 129,44 km² (0,88 %) na AE, respectivamente. Outros resultados relevantes quanto aos aspectos de relevo e declividade estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição das classes de altimetria e declividade da FNT+AE

Classes	Declividade (%)	Área (km ²)	%
a) Área de estudo (FNT+AE)			
Plano	0 - 5	3.515,58	24,02
Suave ondulado	5 - 10	3.226,82	22,04
Ondulado	10 - 20	4.638,72	31,69
Forte ondulado	20 - 45	3.023,99	20,66
Montanhoso	45 - 75	229,67	1,57
Escarpado	>75	3,14	0,02
b) Floresta Nacional do Tapajós - FNT			
Plano	0 - 5	1.073,95	7,34
Suave ondulado	5 - 10	1.121,45	7,66
Ondulado	10 - 20	1.703,29	11,64
Forte ondulado	20 - 45	1.253,51	8,56
Montanhoso	45 - 75	100,23	0,68
Escarpado	>75	0,72	0,00
c) Área de Entorno - AE			
Plano	0 - 5	2.441,63	16,68
Suave ondulado	5 - 10	2.105,37	14,38
Ondulado	10 - 20	2.935,43	20,05
Forte ondulado	20 - 45	1.770,48	12,10
Montanhoso	45 - 75	129,44	0,88
Escarpado	>75	2,42	0,02

Fonte: Processamentos do próprio autor

Na Figura 5, observam-se os aspectos gerais do relevo na FNT+AE, no sentido norte-sul, que tem predominante de plano a ondulado, com declividades entre 0 e 20 %, concentrados principalmente na porção norte. Observam-se também os aspectos do terreno ondulado ao longo da BR 163, com altitudes variando de 105 m a 174 m, predominando as áreas com pastagens pela pecuária extensiva. Com os trabalhos de campo pode-se constatar que as encostas com altas declividades apresentam vegetação ainda que de maneira esparsa e pouco alterada (Figura 5), sendo estes importantes elementos controladores dos processos erosão e hidro geomorfológicos local.

Figura 5: Visão panorâmica das vertentes norte/sul com relevo plano/ondulado na FNT+AE.

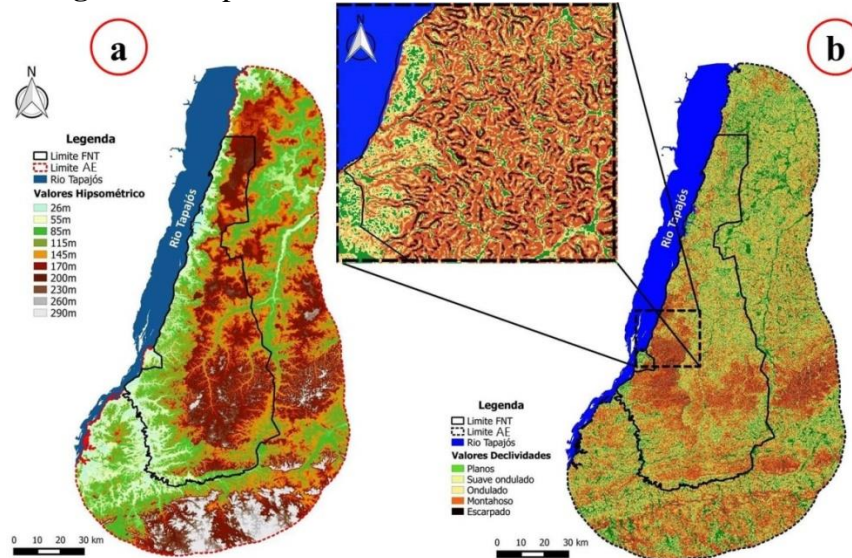


Fonte: Fotografia dos autores

Na Figura 6a, ilustra-se a distribuição altimétrica e de declividade da FNT+AE, onde é possível identificar uma amplitude altimétrica de 269 m da FNT+AE. Observa-se também que na região sul da

FNT existe predomínio de terreno do tipo escarpado, onde ocorrem as nascentes de cabeceiras que são abastecidas pelas chuvas. As atividades antrópicas em área de alta e baixa declividades podem provocar processos erosivos, poluição da água e do solo, poluição de origem agroindustrial e a poluição do ar pelas queimadas que são provocadas intencionalmente ou não.

Figura 6 - Aspectos altimétrico e de declividade da FNT+AE



Fonte: Primeiro autor

O mapa de exposição solar da FNT+AE, identificou que na FNT há mais de 40 % do território com elevada exposição solar, seguido de 18,30 % (2.678,46 km²) de área com média exposição solar e 40,74 % (5.963,37 km²) de baixa exposição solar, conforme Tabela 2. A AE tem a maior extensão territorial com elevada exposição solar (11,05 %), sendo a diferença entre as subáreas em análise de 1.617,30km². No que concerne às áreas com nascente identificou-se que 45,6 % das nascentes (603 pontos de nascentes) na FNT+AE estão com baixa exposição solar, sendo 403 nascentes na FNT e 200 nascentes na AE. Outros resultados relevantes quanto aos aspectos de exposição solar na FNT+AE estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Distribuição das classes de exposição da FNT+AE

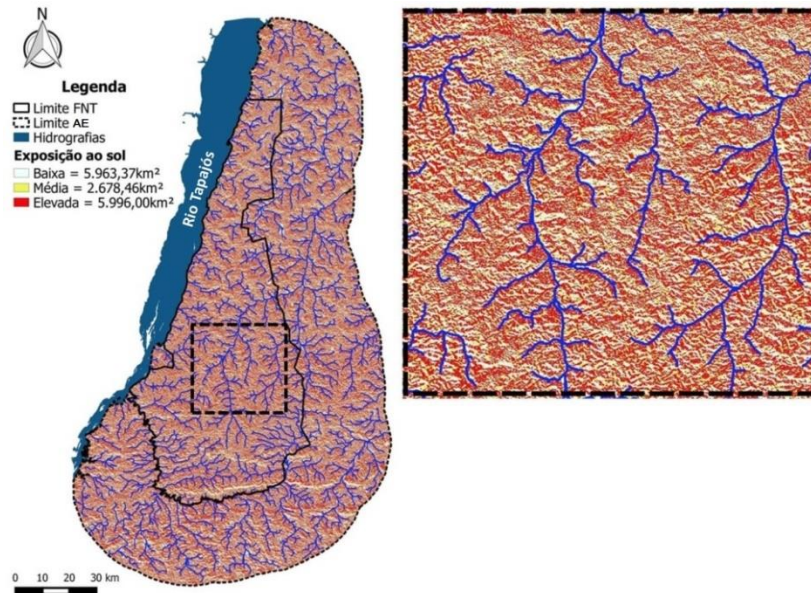
Exposição ao sol	Área (km ²)	%	Nascentes	%
a) Área de estudo (FNT+AE)				
Baixa exposição ao sol	5.963,37	40,74	603	45,6
Média exposição ao sol	2.678,46	18,30	203	15,3
Elevada exposição ao sol	5.996,00	40,96	512	38,7
b) Floresta Nacional do Tapajós – FNT				
Baixa exposição ao sol	2.071,99	14,16	403	30,4
Média exposição ao sol	996,41	6,81	127	9,6
Elevada exposição ao sol	2.189,35	14,96	311	23,5
c) Área de Entorno - AE				
Baixa exposição ao sol	3.891,38	26,58	200	15,1
Média exposição ao sol	1.682,05	11,49	76	7,7
Elevada exposição ao sol	3.806,65	26,01	201	15,2

Fonte: Processamentos do próprio autor.

Na Figura 7, ilustram-se as áreas de baixa, média e elevada exposição aos raios solares, tomando como referencia os pontos cardeais, que foram alcançadas através da simulação do nível de luz (ou sombra) refletida pelo relevo ao ser iluminado. De acordo com Fonseca (2010), a predominância de exposição

solar são elementos fisiográficos fundamentais, pois estabelecem uma ligação entre o relevo e as nascentes de orientação sul e leste que são consideradas com área úmidas ao passo que os relevos com orientação ao norte e oeste são áreas dispersores de unidade.

Figura 7 - Exposição solar na FNT+AE



Fonte: Primeiro autor

Uma das maiores preocupações na FNT+AE são os focos de incêndios florestais, prática de caças, cada vez mais frequentes em períodos de estiagem ou na maioria das vezes, de maneira intencional, motivados pela necessidade de novas áreas de pastagens e/ou introdução de atividades agrícolas, conforme se observado em campo. Os efeitos das ocorrências de incêndio na FNT são devastadores aos ecossistemas, recursos hídricos e solo, acarretando muitas das vezes segundo Lisboa 2015, a perda de indivíduos de espécies da flora e fauna e empobrecimento do solo. Neste contexto o mapa de exposição solar pode-se entender a dinâmica de do aquecimento do solo pelos raios solares, sendo também um importante recurso para prevenção e combate a incêndio florestal.

Os solos da área de estudo são diversificados, entre eles se destacam a predominância de LATOSSOLO AMARELO textura argilosa a muito argilosa na FNT+AE, o que corresponde a uma extensão territorial de 8.445,11 km², correspondendo a 58 % das subáreas em análises. O solo do tipo ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELO (PV78) teve uma extensão territorial de 3.152,44 km², representando 21,61 % da FNT+AE. Com os processamentos realizados identificou-se que não há solo do tipo LATOSSOLOS (LA19) na AE sendo este presente apenas na FNT com uma extensão 168,06 km². Os solos ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELO também ocupam grande porção territorial na FNT+AE, correspondendo a uma área de 6.191,09 km², representando 42,46 % das subáreas, conforme Tabela 3.

Sobrepondo as classes de solo e rede hidrográfica da FNT+AE identificou-se que 1.094 canais estão sobre solo do tipo LATOSSOLO AMARELO, 838 canais sobre ARGÍLOSO VERMELHO AMARELO e 9 canais sobre LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, representando, respectivamente, 3.586,48 km, 2.310,01 km e 2,29 km de comprimento de rede de drenagem da FNT+AE. Dentre os principais canais de drenagens da FNT+AE que estão sobre o solo do tipo LATOSSOLO AMARELO estão os igarapés: Branco, Dois Irmãos, Jatoarana, Morada Nova, Mojuí

dos Campos, Moju, Una, Tauari, Peruda, Puraquê, Tambor, Tinga, Jurapari e Anhangá. No solo do tipo ARGILOSO VERMELHO AMARELO na FNT+AE estão os igarapés: Água Boa, Tambor, Itapuama, Leitoso, Lux, Marol, Tauari, Itapuama, Moju, Onça, Tinga, Salgado; e, no LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, os rios: Cupari e o Cupari Braço Leste.

Tabela 3 - Distribuição das classes de pedologia da FNT+AE

Pedologia	FNT+AE		FNT		AE	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
LA1	667,48	4,58	378,56	2,60	288,92	1,98
LA2	248,56	1,70	1,70	0,01	246,86	1,69
LA 4	2.498,32	17,13	664,71	4,56	1.833,61	12,57
LA10	4.597,79	31,53	1.500,09	10,29	3.097,70	21,24
LA14	146,46	1,00	1.305,98	8,96	1.452,44	9,96
LA 16	118,44	0,81	54,00	0,37	64,44	0,44
LA19	168,06	1,15	168,06	1,15	0,00	0,00
LV5	58,29	0,40	0,16	0,00	58,13	0,40
PV6	90,78	0,62	0,27	0,00	90,51	0,62
PV9	993,85	6,82	3,98	0,03	989,87	6,79
PV10	1.047,24	7,18	3,37	0,02	1.043,87	7,16
PV66	848,49	5,82	380,08	2,61	468,41	3,21
PV78	3.152,44	21,62	2.139,54	14,67	1.012,90	6,95

Fonte: Dados compilados em SIG/CPRM

Na Figura 8a, ilustra-se a distribuição das classes pedológicas na FNT+AE e suas respectivas extensões. Nota-se que os LATOSSOLOS AMARELOS (LA10) estão presentes em 4.597,79 km² da FNT+AI e os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELO (PV78) com 3.152,44 km² de extensões territoriais, correspondendo respectivamente a 31,53 % e 21,62 % das subáreas. Nota-se na Figura 8b, que existem canais que nascem em terreno do tipo ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELO (cor vermelha) e, posteriormente passam a pertencer a solo do tipo LATOSSOLOS AMARELOS. Na FNT+AE há 5.372,75 km² (36,62 %), 1.525,88 km² (10,40 %) e 990,12 km² (6,74 %) de floresta, vegetação secundária e pasto sobre LATOSSOLO AMARELO.

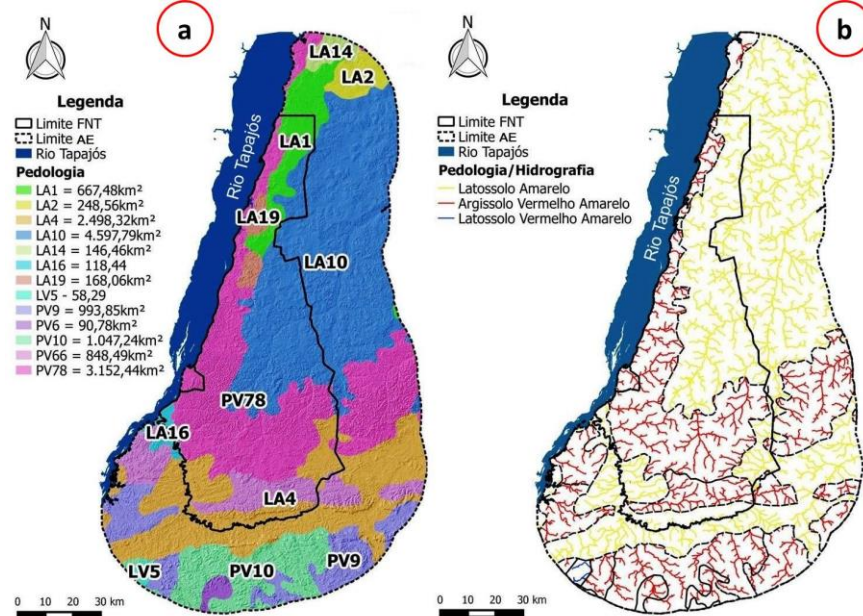
Sobre solo do tipo ARGILOSO VERMELHO AMARELO na FNT+AE há 4.651,62 km² (31,70 %), 661,98 km² (4,51 %) e 617,62 (4,20 %) sobre floresta, vegetação secundária e pasto, respectivamente. Estudos fisiográficos do solo na FNT+AE adquirem grande importância no processo de análise do comportamento do solo para o sistema agroflorestal na AE, principalmente para estudo das alterações do solo, recuperação ou manutenção do seu potencial agrícola e capacidade de retenção hídrica (DE OLIVEIRA MARQUES et al., 2004).

Nas subáreas em análises foram identificadas as seguintes classes de uso e cobertura da terra: agricultura anual, área urbana, floresta, mineração, mosaico de ocupações, pastos limpos, pastos sujos, regeneração com pastos, vegetação secundária, desflorestamento, área não observada e outros. A Figura 9a, ilustra a distribuição das classes de uso e cobertura da terra e suas respectivas extensões territoriais: Agricultura anual (215,50 km²), Área urbana (39,64 km²), Ocupações (104,16 km²), Pastos (1.167,57 km²), Floresta (10.199,24 km²), Vegetação secundária (2.200,94 km²) e mineração (0,08 km²).

Por meio da análise dos mapas de Uso do Solo e Cobertura Vegetal, somada as informações obtidas em campo, foi possível observar as diferenças entre as classes de vegetação secundária, pastos, agricultura anual, área urbana/mosaico de ocupações que estão próximas à cota altimétrica de 85 m. Na Figura 9b, ilustra-se a distribuição das classes de uso do solo e as áreas urbana/ocupações, ao norte e ao sul, correspondendo a uma extensão territorial de 143,00 km², representando 0,98 % da FNT+AE. Assim as

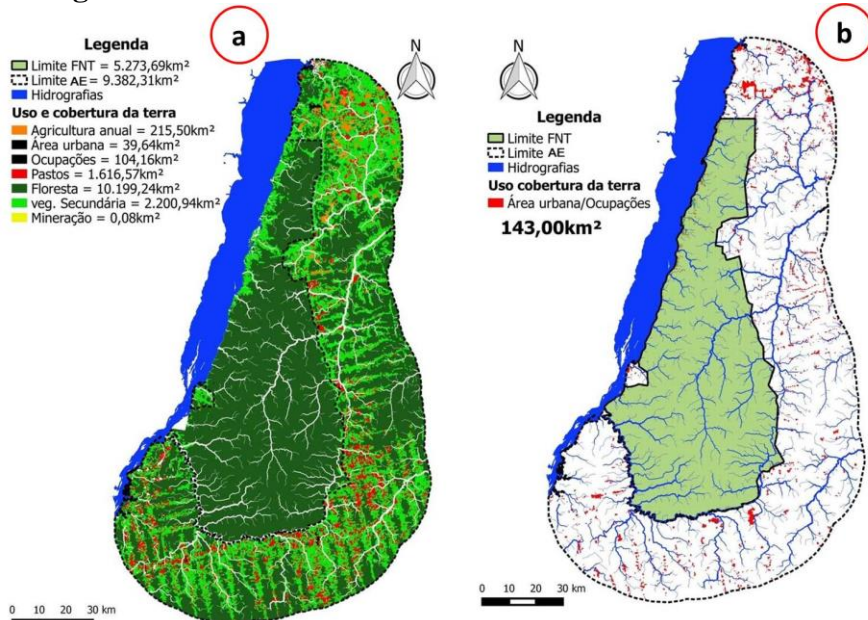
áreas, norte e sul, destacam-se pelas diversidades de uso do solo, com ocorrências de mancha de pasto, cultivos agrícolas e ocupação humana diversificada que podem afetar o balanço hídrico, alterando as componentes do ciclo hidrológico e, por conseguinte, influenciando na disponibilidade da água nas bacias (CARVALHO, BRUMATTI e DIAS, 2012). A mineração na AE mesmo ocupando uma área pequena, podem causar impactos severos sobre a floresta, os leitos dos rios e a qualidade das águas (VERÍSSIMO et al., 2011).

Figura 8 - Sobreposição das classes de Pedologia e rede drenagens da FNT+AE.



Fonte: Primeiro autor.

Figura 9 - Uso e cobertura do solo e área urbana na FNT+AE.

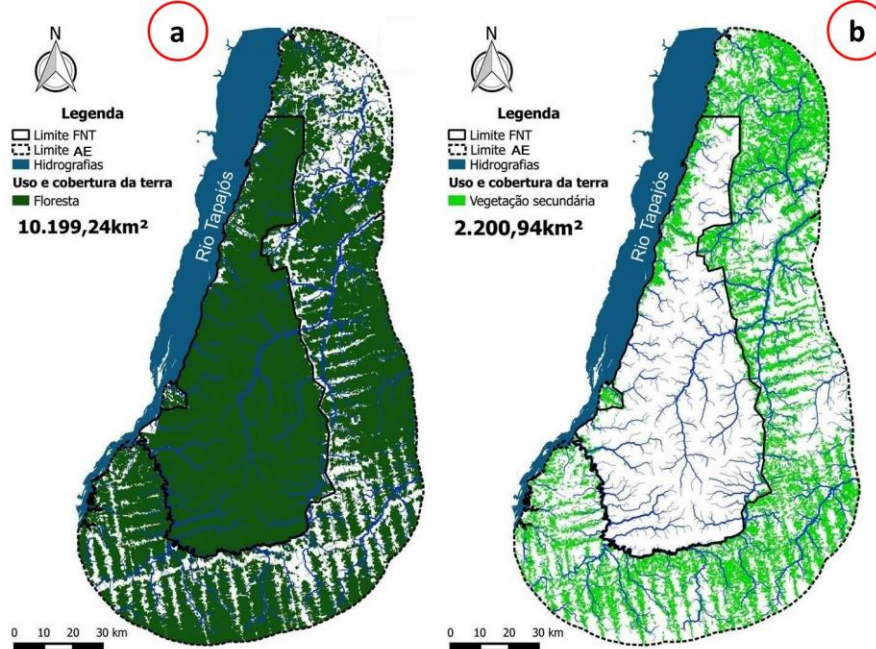


Fonte: INPE/TerraClass, 2012.

Na Figura 10a, ilustram-se os 69 % de classe de floresta da FNT+AE, sendo 34 % na FNT, com algumas fragmentações florestais ao norte, leste e sul da AE. Na Figura 10b, observa-se a distribuição

espacial dos 2.200,94 km² de vegetação secundárias na FNT+AE, tendo a FNT e a AE uma extensão territorial de 160,99 km² e 2.039,95 km², respectivamente. Desta forma, observa-se também na Figura 10b que a maior parte da vegetação secundária (macha verde clara) está na AE, onde também se observa uma maior fragmentação florestal, conforme Figura 10a. Assim, a perda de vegetação na AE pode gerar problemas como perda de patrimônio genético, comprometimento do *habitat* da fauna, erosão das encostas e comprometimento dos recursos hídricos (FREIRE, 2013).

Figura 10 – Uso e cobertura de floresta e vegetação secundária na FNT+AE.



Fonte: INPE/TerraClass, 2012.

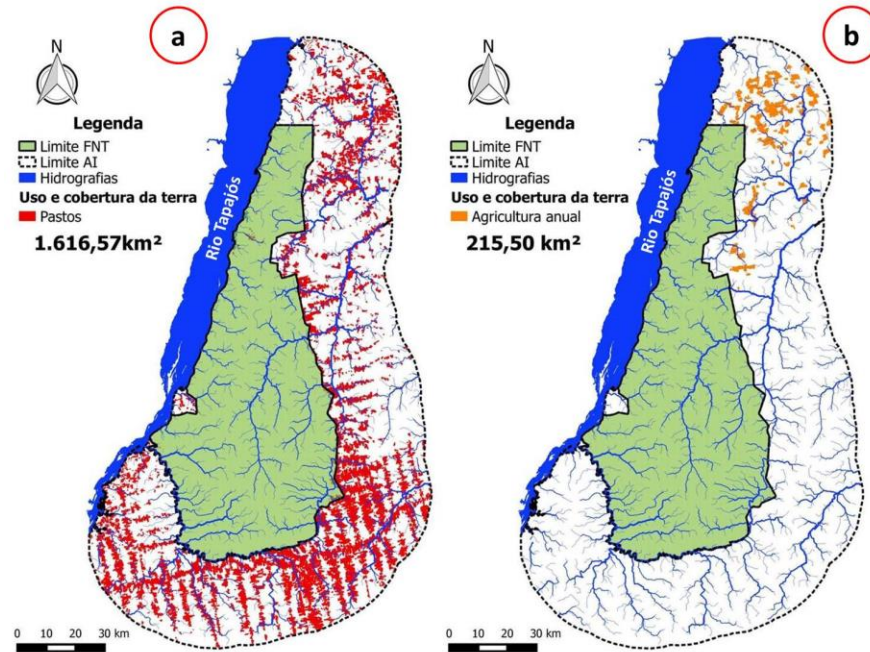
A pecuária extensiva praticada na AE traz sérias consequências, principalmente incêndio na estação mais seca de invernos, onde com trabalho de campo foi possível identificar a ocorrências de diversos focos de fogo no entorno da FNT. Na Figura 11a, tem-se a distribuição das pastagens na FNT+AE, sendo a classe de pasto limpo a maior extensão territorial, com 29 % ao sul das subáreas em análise, seguido de 8% de pasto sujo e 7 % de regeneração com pasto. Na Figura 11b, ilustra-se a distribuição territorial da agricultura anual, principalmente a de soja, ao longo da BR-163, na AE.

Por sua vez, o avanço do pasto e agricultura anual vem exercendo uma forte pressão sobre a FNT, colocando sob ameaça de perder futuramente o *status* de Unidade de Conservação (DE MELO FERREIRA, 2012). Este tipo expansão decorrente do desmatamento vem provocando uma fragmentação e isolamento das manchas de cobertura vegetal de diferentes tamanhos, conforme ilustrado anteriormente (Figura 10), podendo causar modificações nos fluxos de calor (insolação), luz e modificação do regime de ventos (LISBOA, 2015). Assim, quanto mais fragmentada estiver a área, maior será a heterogeneidade da paisagem, o que implica no aumento das perturbações nesses ambientes (LOPES e VIALÔGO, 2013; DA SILVA; MELO, 2014; LISBOA, 2015).

Observou-se que há uma pressão do modo de produção agropastoril sobre FNT onde as matas são alteradas nos trechos influenciados pelas atividades agropecuárias, expansão da agricultura anual de grãos e roubo de madeira, bem como entrada de clandestinos para caça de mamíferos e de quelônios na FNT (COHENCA, 2007). Na Figura 12, observa-se a pecuária e a agricultura de grãos instalados no

terreno plano na AE, onde também há intenso uso do território para lavouras de arroz e soja, que são produzidas de acordo com o padrão tecnológico da agricultura empresarial.

Figura 11 - Uso e cobertura de pasto e agricultura anual da FNT+AE.



Fonte: INPE/TerraClass, 2012.

Figura 12 - Visão panorâmica do relevo plano com pasto e agricultura anual na FNT+AE.

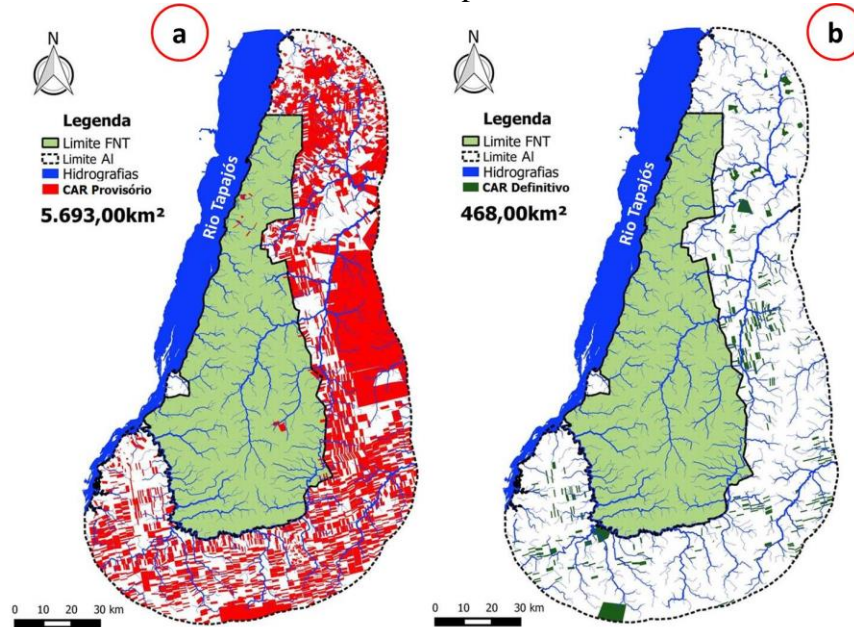


Fonte: Fotografia dos autores.

Ampliando a análise identificou-se, que quanto ao processo de regularização ambiental das propriedades rurais na FNT+AE, há 5.693,00 km² de área com de Cadastro Ambiental Rural (CAR) do tipo provisório, sendo 21 km² na FNT (Figura 13a), e 468,00 km² de CAR do tipo definitivo (Figura 13b). Quanto ao aspecto do CAR identificou-se que as áreas de proteção permanentes inseridas na vegetação secundária abrangem um total de 61,78km², totalizando 3,03% desta classe na AE. Com relação às Áreas de Proteção Permanente (APPs) de nascentes da FNT+AE, os resultados apontam que a FNT possui 4,57 km² de APPs em área de floresta, correspondendo 0,09% desta classe, já na AE há 4,09 km² de APPs sobre área de floresta. Os valores de APPs de nascente em área de floresta chamaram a atenção quanto à proteção das nascentes nas subáreas em análises, principalmente porque mais de

8,66 km² de APPs da FNT+AE estão sobrepostas à classe de floresta, o que significa que há 1.107 pontos de nascentes sobre proteção de floresta, representando a continuidade da produção de água na região.

Figura 13 - Cadastros ambientais rurais provisórios e definitivos na FNT+AE.



Fonte: SEMANPE/SISLAM, 2016.

Contudo a extensão territorial de APPs ocupada pela classe de Pastos é de 1,58km², correspondendo a 202 nascentes sem proteção da floresta. Quanto às áreas APPs de 30m sobre as drenagens nas subáreas em análise há 121,41 km² de APP, sendo que 2,42 % na FNT e 1,95% na AE. Nas APPs de 30m sobre as drenagens em área de pastos na AE identificou-se uma extensão territorial de 43,66 km², correspondendo a 8,97 % destas classes.

No trabalho de campo observou-se e avaliaram-se as diferentes características fisiográficas de um dos principais rios, da FNT+AE, o Moju. Ao centro da Figura 14, ilustra-se o aspecto rugoso do terreno na FNT e no entorno do rio Moju. Na Figura 14a, 14b e 14h, observa-se a ponte sobre o rio Moju e seu exutório. Na Figura 14c e 14d, observa-se a passagem do rio Moju de águas claras decorrente do solo predominante LATOSSO AMARELO sobre a ponte na BR 163 (Figura 14 b).

Na Figura 14e, observa-se um ambiente de nascente do rio Moju, que escoar naturalmente para um ponto único do referido rio. Ainda com base nas informações obtidas em campo, foi possível observar que as características fisiográficas ambientais desta área atraem a presença e o interesse econômico, o que indica a necessidade de cuidados, principalmente quanto às pressões exercidas pela AE, sobre a FNT.

Figura 14 - Modelo digital tridimensional da Sub-bacia do rio Moju na FNT.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

4. Considerações Finais

Os resultados apontam que em razão da diversidade de características fisiográficas (uso de cobertura do solo, classe de solo, hidrografia etc.), a área em estudo é sensível a alterações e há a necessidade de estudos e pesquisas para subsidiar avaliações que ameçam os recursos ambientais. Neste sentido, sugere-se que haja uma especial atenção para que sejam mantidas e preservadas o entorno da FNT para manutenção dos cursos d'água, principalmente como bebedouro, irrigação e abastecimento de água.

Foi possível mostrar, por intermédio de ferramenta de geoprocessamento e informações de banco de dados oficiais as análises dados da compartimentação fisiográficas da FNT+AE, observa-se as ocupações predatórias ao longo da BR 163 que podem estar influenciando no desequilíbrio ambiental da FNT, podendo estar afetando, por exemplo, o ciclo ecológico local. Neste sentido para a proteção dos mananciais, sustentabilidade, desenvolvimento e preservação são necessários, maior atenção e mobilização dos usuários, da sociedade, das agências controladoras e fiscalizadoras da administração pública e principalmente a criação de Comitê de Bacia da FNT+AE.

Quanto às áreas legalmente protegidas e imóveis rurais com cadastro ambiental rural provisório há necessidade de medidas urgentes quanto ao manejo das atividades que degradam a vegetação original da FNT+AE, fazendo-se necessário a reversão e prevenção dos impactos ambientais gerados. As caracterizações fisiográficas apresentadas teve caráter de pé-diagnóstico das condições naturais da FNT+AE e sua interação com atividades antrópicas, sendo necessários estudos mais detalhados que possam apontar o grau de vulnerabilidade ambiental da região considerando os impactos ambientais e a questão econômica da região, principalmente os impactos gerados pela expansão a agricultura de grão.

Assim, o presente trabalho não encerra as discussões referentes aos processos de compartimentação ambientais da FNT+AE, pois representa primeira iniciativa para o fornecendo subsídios para futuros trabalhos na área, afim de melhor analisar os processos naturais e antrópicos na região. O entendimento das variáveis fisiográficas deve ser utilizado no planejamento, proteção e conservação ambiental da FLONA do Tapajós e seu entorno.

Referências

ANDRADE, N. L. R. D.; XAVIER, F. V., ALVES, É. C. R. D. F., SILVEIRA, A.; OLIVEIRA, C. U. R. D. Caracterização Morfométrica e Pluviométrica da Bacia do Rio Manso-MT. **Revista Geociências** (São Paulo), 27(2), 237-248, 2008.

BARROS, J. S.; CASTRO, A. A. J. F. Compartimentação Geoambiental no Complexo de Campo Maior, PI: Uma área de Tensão Ecológica. **Interações**, 8: 119-130, 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Farias_Castro/publication/250992283_Compartimentacao_geoambiental_no_complexo_de_campo_maior_PI_uma_area_de_tensao_ecologica/links/56166b6508ae73279641ebf7.pdf>. Acesso em 23 jul. 2016.

CARVALHO, A. V.; BRUMATTI, D. V.; DIAS, H. C. T. Importância do Manejo da Bacia Hidrográfica e da Determinação de Processos Hidrológicos. **Revista brasileira de agropecuária sustentável**, 2012. Disponível em: <<http://www.rbas.com.br/index.php/rbas/article/viewFile/177/174>>. Acesso em: 27 jul.2016.

CARVALHO, M. V. A.; DI MAIO, A. C. Proposta para a difusão de dados e informações geoespaciais disponíveis gratuitamente na Internet junto aos graduandos e professores da educação básica. **Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, São José dos Campos: INPE. p.3351-3358. ISBN 9788517000, 2011. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0612.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

COHENCA, D. Evolução anual de desmatamentos na Floresta Nacional do Tapajós de 1997 a 2005. **Natureza & Conservação**, Amsterdam, v. 5, p. 35-44, 2007.

CORDEIRO, A. **Floresta Nacional do Tapajós-Plano de Manejo**. Belterra: IBAMA, 373p, 2004. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/flona_purus.pdf>. Acesso em 24 ago. 2016.

CRUZ, M. **Geotecnologias e o Manejo de bacias Hidrográficas**. 2010.

DA SILVA, M.S.F.; MELO, R. Padrões espaciais de fragmentação florestal na Flona do Ibura–Sergipe (spatial patterns of forest fragmentation in the Flona Ibura– Sergipe). **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 3, p. 121-137, 2014.

DA SILVA, XAVIER. J.; ZAIDAN, R.T. **Geoprocessamento & Análise Ambiental: Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

DE MELO FERREIRA, A. E. **A Influência do Fomento Florestal nos Aspectos Ambientais e Socioeconômicos em estabelecimentos Rurais na Amazônia**, Dissertação Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Pará, em parceria com Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, 2012. Disponível em: <<file:///C:/Users/Leonardo-PC/Downloads/Ferreira%202012%20MSc.pdf>>. Acesso 25 jun. 2016.

DE OLIVEIRA MARQUES, J. D.; LIBARDI, P. L.; TEIXEIRA, W. G.; REIS, A. M. Estudo de parâmetros físicos, químicos e hídricos de um Latossolo Amarelo, na região Amazônica. **Acta Amazônica**, 34(2), 2004. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/aa/v34n2/v34n2a01.pdf> >. Acesso em 30 jul. 2016.

DE OLIVEIRA, É. D.; FERNADES, F.; BERTOTTI, L.; VESTENA, L. Uso das Terras e Aspectos Fisiográficos da Bacia de Drenagem do Arroio do Butka, Guarapuava/PR-DOI 10.5216/ag.v7i1.15779. **Revista Ateliê Geográfico**, 7(1), 215-236, 2013. Disponível em: file:///C:/Users/Leonardo-PC/Downloads/15779-100414-1-PB.pdf. Acesso em 26 jul. 2016.

DIAS-OLIVEIRA, E.; CUNHA, M. C.; VESTENA, L. R.; THOMAZ, E. L. Aspectos Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Cascavel, Guarapuava – PR. **Anais do Simpósio Paranaense de Pós-Graduação e Pesquisa em geografia**, 2010, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR. p. 36-51, 2010.

FONSECA, C. A. B. D. **Tipologia e Fragmentação das Terras Úmidas do Cerrado na Alta Bacia do Rio Araguaia, Estado de Goiás**, 2010. Disponível em: < <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tde/1847> >. Acesso em 26 jul. 2016.

FREIRE, R. R. **Integridade ambiental de corpos d'água: degradação ambiental, funções ecossistêmicas e perda de serviços ecossistêmicos no baixo São Francisco**, 2013. Disponível em: < <https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/14227> >. Acesso em 14 mai. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Bases cartográficas**. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas>. Rio de Janeiro, 2015. Acesso em: 15 mar. 2016.

LISBOA, L. S. S; 2015 **Padrões de uso e cobertura do solo na Floresta Nacional do Tapajós e seu entorno**. PhD Thesis. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-22092015-102641/en.php>>. Acesso em 10 jun. 2016.

LOPES, J.G.; VIALÔGO, T.M.L. Unidades de conservação no Brasil. **Revista JurisFIB**, Bauru, v. 4, n. 4, p. 79-109, 2013. Disponível em: < <http://www.revistajurisfib.com.br/artigos/1395777098.pdf> >. Acesso em 15 fev. 2016.

MARTORANO, L.G.; PEREIRA, L.C.; CEZAR, E.G.M.; PEREIRA, I.C.B. **Estudos Climatológicos do Estado do Pará, Classificação Climática (Köppen) e Deficiência hídrica (Thorntwhite, Mather)**. Belém, SUDAM; EMBRAPA; SNLCS. 3 p, 1993.

Rosa, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, 16, 81-90, 2011.

SIQUEIRA, R. D. M. B.; HENRY-SILVA, G. G. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e o funcionamento dos ecossistemas fluviais. **Boletim da Associação Brasileira de Limnologia**, 39(2), 1-15, 2011.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B.; FRANCO, R. A. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 14(1), 55-64, 2010.

VERÍSSIMO, A.; ROLLA, A.; VEDOVETO, M.; FUTADA, S.M. **Áreas protegidas na Amazônia Brasileira: Avanços e Desafios**. Belém: Imazon; São Paulo: ISA. 87 p, 2011.

Artigo 4

Título: Imagem Orbitais e Termografia Infravermelho na Avaliação da Temperatura de Superfície em Diferentes Usos e Cobertura do Solo na Floresta Nacional do Tapajós e seu Entorno, PA

Autores: Leonardo Sousa dos Santos, Lucieta Guerreiro Martorano, Sarah Suely Alves Batalha, Altem Nascimento Pontes, Orleno Marques da Silva, Orlando dos Santos Watrin

Submetido resumo: EcoSummit 2016 Ecological Sustainability: Engineering Change - Poster Acceptance Letter

Submetido: Revista Geografia Física (ISSN: 2176-4786. Qualis B2)

Aceite para publicação: 1 de Agosto de 2016.

Imagens Orbitais e Termografia Infravermelho na Avaliação da Temperatura de Superfície em Diferentes Usos e Cobertura do Solo na Floresta Nacional do Tapajós e seu Entorno, PA

Leonardo Sousa dos Santos¹, Lucieta Guerreiro Martorano²; Sarah Suely Alves Batalha³, Altem Nascimento Pontes⁴, Orleno Marques da Silva⁵, Orlando dos Santos Watrin⁶, Carlos Benedito Barreiros Gutierrez⁷

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Brasil. E-mail: leonardocbmpa@yahoo.com.br.

² Pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Amazônia Oriental, Brasil. E-mail: lucieta.martorano@embrapa.br.

³ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento, Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Brasil. E-mail: ssa.batalha@gmail.com.

⁴ Professor e Pesquisador do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Brasil. E-mail: altempontes@hotmail.com.

⁵ Doutorando Programa de Planejamento Energético. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: orleno@ppe.ufrj.br.

⁶ Dr. Geografia. Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental Embrapa Amazônia Oriental (EMBRAPA). E-mail: orlando.watrin@embrapa.br.

⁷ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil. Autor correspondente: E-mail: cbbg@ig.com.br.

RESUMO

A Temperatura da Superfície Terrestre (TST), além de ser uma componente importante no balanço de energia na superfície, modula a temperatura do ar nas camadas mais baixas da atmosfera. O objetivo do presente trabalho foi analisar a variação da temperatura de superfície em Diferentes Usos e Cobertura do Solo na Floresta Nacional do Tapajós (FNT) e seu entorno (Zona de Amortecimento – ZA; Área de Entorno - AE). Utilizou-se sensores *Thermal Infrared Sensor* dos satélites Landsat 5 e 8 através dos *softwares* PCI Geomatica 2015 e o QGis 2.8. Fez-se campanha de campo para obtenção de imagens termográficas no infravermelho (câmera *ThermoVision*, modelo A320). Os resultados apontaram maior variabilidade espacial de TST em função da heterogeneidade do uso da terra como a agricultura anual, pecuária extensiva, dentre outros. Os resultados evidenciaram uma amplitude térmica de 13°C na FNT+AE. Em área de floretas, vegetação secundária, pasto, agricultura anual as maiores variações térmicas (TST) chegaram a valores de 25°C, 26°C, 35°C e 33°C, respectivamente. A amplitude térmica na FNT foi de 5°C e na Zona de Amortecimento de 20°C, indicando perdas na cobertura vegetal, principalmente na porção nordeste da ZA. Nas áreas de proteção legal a variação de TST foi entre 19°C a 29°C. Conclui-se que na FNT a manutenção da cobertura florestal reduz as amplitudes térmicas. Por outro lado, as extensas áreas com pastagens e cultivos anuais na porção nordeste da FNT apresentam as maiores variações espaciais da TST na Zona de Amortecimento que podem comprometer o microclima na FNT+AE.

Palavras Chaves: Sensoriamento Remoto, Landsat, Correção Atmosférica, variação de temperatura.

Orbital Images and Infrared Thermography to Assess Surface Temperature in Different Soil Uses and Covers in the Tapajós National Forest and Its Surroundings

ABSTRACT

Earth Surface Temperature (EST), besides being an important component in the surface energy balance, modulates air temperature in the lower layers of the atmosphere. The present study aimed to analyze the variation in surface temperature in different land uses and covers in the Tapajós National Forest (TNF) and its surroundings (Damping Zone – DZ; Surrounding Area – EA). The thermal infrared sensor of satellites Landsat 5 and 8 and the software's PCI Geomatica 2015 and QGis 2.8 were used. A field campaign was carried out to obtain thermographic infrared images (ThermoVision A320 camera). The results indicated greater spatial variability in EST as a function of land use heterogeneity, such as annual agriculture and extensive livestock

farming, among others. The results showed thermal amplitude of 13 °C in the TNF+DZ. In areas covered with forest, secondary vegetation, pasture, and annual agriculture, the greatest variations in EST reached 25 °C, 26 °C, 35 °C, and 33 °C, respectively. The thermal amplitude was 5 °C in the TNF and 20 °C in the surrounding areas, which indicates plant cover loss, particularly in the northeast portion of the DZ. In the legal protection areas, EST varied by 19 °C to 29 °C. It is concluded that maintaining forest cover in the TNF reduces thermal amplitudes. However, the vast areas covered with pastures and annual crops in the northeast portion of the TNF have greater spatial variations in EST in the damping zone that may compromise the microclimate in the TNF and its surroundings.

Keywords: Remote sensing, Landsat, Atmospheric correction, Variation in EST.

Introdução

Anomalias e variações no padrão térmico de condições atmosféricas e da temperatura da superfície terrestre (TST) influenciam nas interações do sistema solo-planta-atmosfera. Em períodos prolongados de escassez de chuva, observa-se que a deficiência hídrica no solo é a variável que aponta respostas na expressão do potencial de desenvolvimento de espécie nativa da Amazônia (TOURNE et al., 2016), região tipicamente quente do globo terrestre. Elevadas temperaturas do ar associadas a redução de eventos pluviais promovem efeitos no abastecimento de lagos e reservatórios, bem como ao suporte hídrico aos lençóis freáticos (BAYARJARGAL et al., 2006).

Neste contexto, as mudanças no uso e cobertura do solo, como a expansão de áreas urbanas decorrente de edificações, pavimentações e redução de áreas vegetadas, também provocam maior fluidez da TST (LEITE, 2011; PEREIRA et al., 2012; ROGAN et al., 2013).

De acordo com Sausen e Lacruz (2013), aumentos na temperatura ainda podem promover reduções na umidade relativa do ar, intensificar os riscos a queimadas florestais e aumento de ilhas de calor em áreas urbanas. Segundo Pereira et al. (2012), em geral os estudos e análises dos efeitos das temperaturas na paisagem são limitados pelas dificuldades de obtenção de séries temporais longas e homogêneas, principalmente na região Amazônica, onde normalmente esses dados são escassos e limitados.

Moura (2014) compara a ausência de séries temporais longas e homogêneas como um deserto, ressaltando para a necessidade de se trabalhar com dados pontuais e, a partir destes propor generalizações espaciais. Silva e Zaida (2004) destacam a obtenção de séries temporais da superfície usando técnicas de sensoriamento remoto para gerar sínteses e caracterização espaciais de um determinado ambiente.

De acordo com Novo (2008), o sensoriamento remoto fornece dados repetitivos e consistentes de diferentes alvos da superfície terrestre, mas, existem também desvantagens. Ou seja, são necessários processamentos para eliminar ruídos nas séries temporais, além da necessidade de validar com informações de campo (COSTA e FRANCO, 2013).

Diante disso, o sensoriamento remoto se destaca como uma ferramenta de importância singular em vários estudos sobre a superfície da Terra, como por exemplo, analisar a variação da TST em anos de anomalias de temperatura que provocam a redução das chuvas com diversos prejuízos ambientais (LEITE, 2011; ARANTES et al., 2013; CASTRO et al., 2013; COELHO e CORREA, 2013).

A análise de TST através de dados de sensoriamento remoto pode ser obtida através de imagens de sensores orbitais como os do satélite Landsat (QIN, KARNIELI e BERLINER, 2001). As características da TST podem ser inferidas da medida da radiação solar refletida pela faixa do infravermelho termal do espectro eletromagnético no comprimento de onda de 8 µm a 14µm do satélite Landsat (STEINKE, STEINKE e SAITO, 2010).

Neste sentido, as TSTs obtidas a partir de dados orbitais podem subsidiar diversos estudos, como por exemplo, as avaliações de alvos com diferentes respostas térmicas decorrente de padrões de usos e coberturas do solo, em uma determinada área de interesse (MUNIZ, 2014; FRITZSONS e WREGE, 2015; PAVÃO et al., 2015; AMORIM e DUBREUIL, 2015).

Portanto, o objetivo neste trabalho foi identificar padrões térmicos usando dados de temperatura da superfície terrestre (TST) e de termografia infravermelho em resposta ao uso e a cobertura do solo, na Floresta Nacional do Tapajós (FNT) e seu entorno.

Material e métodos

Área de estudo

A área de estudo corresponde à Floresta Nacional do Tapajós (FNT) com 5.273,69 km² e Área de Entorno (AE) com 9.503,08 km², totalizando 14.776,77 km². A FNT é uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável criada pelo Decreto nº 73.684 de 19 de fevereiro de 1974 e a AE corresponde a zona de amortecimento que consta no plano de manejo da unidade, a qual possui um raio de 10 km mais 20 km de entorno, totalizando uma faixa de 9449,00 km².

A FNT+AE estão localizadas no Estado do Pará, entre os paralelos 2° 28' 52,25" e 4° 23' 1,09" de latitude sul e entre os meridianos de 54° 31' 35,62" e 55° 40' 48,41" de longitude oeste. Na Figura 1 fez-se a identificação da FNT e AE para evidenciar que a Área de Entorno corresponde ao triplo da área considerada como Zona de

Amortecimento (ZA), que servem como uma Zona Tampão, que são estabelecidas por lei ao redor de unidades de conservação para filtrar os impactos negativos de forçantes como: ruídos, poluição, espécies invasoras e atenuação de pressão antrópica.

A Flona Tapajós (FNT) que está sob a jurisdição do Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade (ICMBio), pertence ao Sistema Nacional de Áreas Protegidas, sendo uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável (UCS) que possui diferentes formas de pressão em seu entorno (LISBOA, 2015).

Limita-se, ao norte com o km 50 da rodovia Cuiabá–Santarém (BR-163); ao sul, com a Rodovia Transamazônica e os rios Cupari e Cuparitinga ou Santa Cruz; a leste, com a rodovia BR-163; e a oeste com o rio Tapajós. Santarém, Alter do Chão, Aveiro, Belterra e Rurópolis são os principais núcleos urbanos no entorno da FLONA Tapajós.

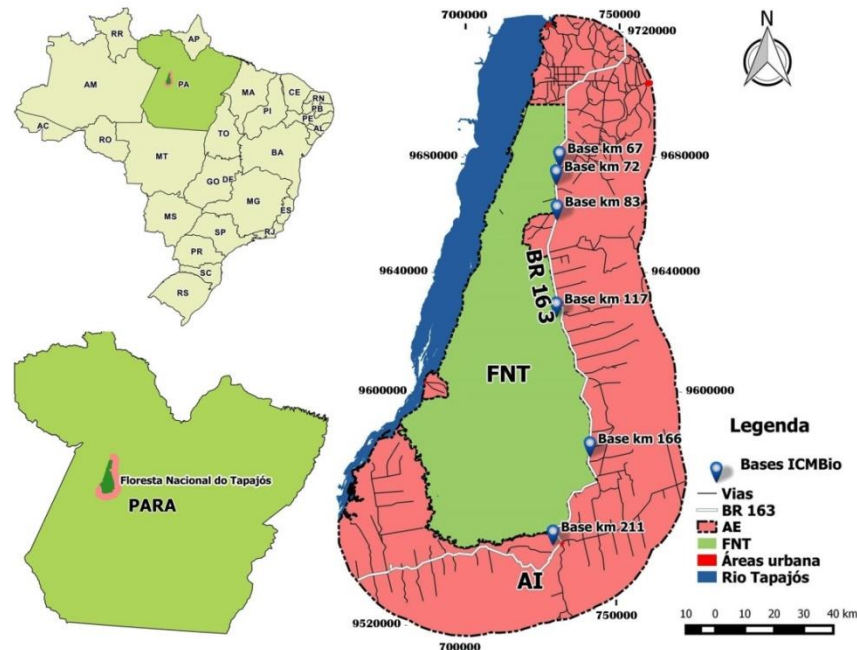


Figura 1. Localização da Floresta Nacional do Tapajós e Área de Entorno.

Fonte: Primeiro autor.

Base de Dados Geográficos (BDG)

As bases de dados foram obtidas através de informações secundárias disponibilizadas por instituições reconhecidas do Governo Federal, tais como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA), Ministério do Meio Ambiente - MMA, Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Nacional de Pesquisa Espacial

(INPE) e Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade (ICMBio).

O processamento e mapeamento de todos os dados vetoriais foram realizados no QGIS 2.8, versão *Wien*, iniciando com a adição dos Planos de Informações da Floresta Nacional do Tapajós, município de Santarém e adjacências que foram ajustados, quando necessário, no sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS 2000, Zona 21 Sul, seguindo a padronização cartográfica.

No procedimento de elaboração do mapeamento das duas subáreas (FNT+AE) foram utilizadas imagens orbitais digitais do sensor *Operational Land Imager* (OLI), na órbita 227, ponto 62 e 63, com data de passagem 29/06/2015 e horário central 9h45min, nas bandas 2, 3 e 4 com resolução espacial de 30 metros e banda 8 pancromática com resolução de 15 metros.

Na composição colorida 4R3G2B fez-se a correção atmosférica, por meio da conversão dos Números Digitais (NDs) à radiância aparente e posteriormente em reflectância da superfície, utilizando os dados de calibração radiométrica disponíveis nos metadados das imagens (PONZONI, 2012).

Para TST foram utilizadas imagens dos sensores: *Thematic Mapper* (TM) e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS), a bordo do satélite Landsat-5, com uma banda no infravermelho termal correspondente a banda 6 que possui intervalo espectral de 10.4 - 12.5 μ m e Landsat-8, com 2 bandas espectrais no infravermelho termal, bandas 10 (10.6 - 11.19 μ m) e 11 (11.5 - 12.51 μ m), correspondentes as datas de passagens do satélite (01/07/2005, 12/07/2009 e 14/07/2015 às 13h00min), corresponde aos anos de forte *El Niño* e *La Niña* e ao período seco quando há pouca presença de nuvens na região.

Todas as imagens orbitais foram obtidas gratuitamente, no banco de dados do Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS), disponível em <http://landsat.usgs.gov/>.

Elaborou-se um conjunto de cartogramas digitais temáticos para representação, avaliações e análises das informações de TST na FNT+AE na escala de 1:80.000, seguindo a padronização cartográfica propostas por Silva e Zaidan (2004).

Pré-processamento de imagens digitais

As imagens TST foram processadas no *software* PCI Geomatica 2015, através do assistente ATCOR (*Focus/Analysis/ATCOR*), que integra ferramentas de processamento *Focus*, *Ortho Engine*, *Modeler* e o *FLY* (GEOMATIC, 2015). A correção atmosférica antecedeu a estimativa da TST, através *Running the ATCOR Surface Temperature workflow* (CHANDER, MARKHAM e HELDER, 2009).

Posteriormente realizou-se a remoção de eventuais névoas, conversão dos NDs em radiância aparente e reflectância aparente utilizando informações de calibração radiométrica, disponíveis nos metadados das imagens orbitais (PONZONI, 2012). As correções e as transformações radiométrica dos NDs em TST foram realizadas em seis etapas, conforme descritas a seguir:

Na primeira etapa, realizou-se a configuração do sensor de imagem orbital *Specifying sensor and image settings*.

Na segunda etapa, geraram-se “máscaras” de remoção de névoas por meio do comando *Haze Removal and Cloud Masking*. Na terceira etapa, especificaram-se as condições de altitude e iluminação *Specifying elevation and illumination conditions* das imagens.

Na quarta etapa, fez-se configuração de visibilidade e reflectância do solo *Specifying visibility and ground reflectance*.

Na quinta etapa realizaram-se calibrações radiométrica através dos metadados das imagens e por fim a estimativa de temperatura de superfície e o mosaico das cenas Landsat 5 e 8.

Na Figura 2, estão indicadas as seis etapas metodológicas do trabalho, bem como o cálculo de TST nas bandas termais.

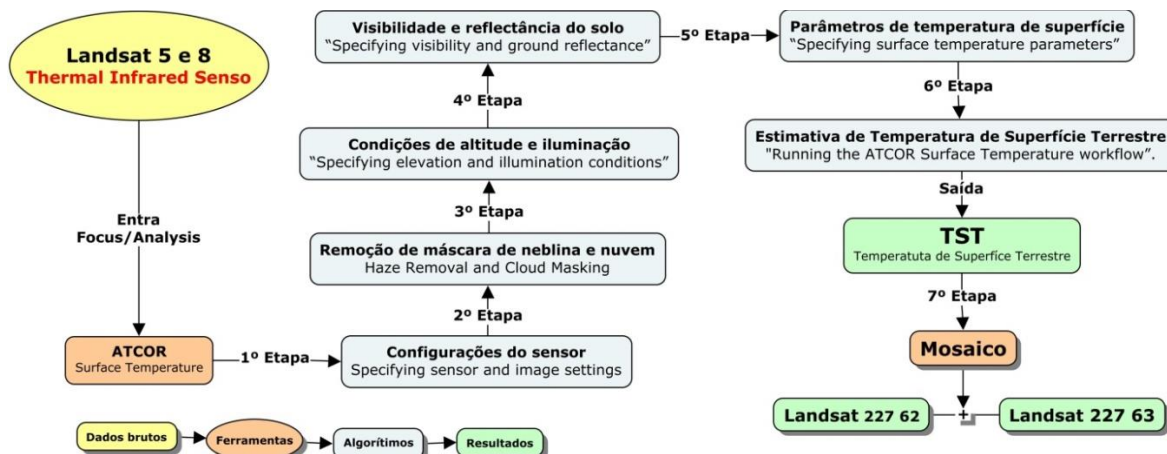


Figura 2. Diagrama metodológico para conversão de NDs em TST no PCI Geomatica/ATCOR.

Fonte: Primeiro autor.

Estimativa e Análises dos Dados de Temperatura de Superfície

A temperatura revelada pelo modelo corresponde a temperatura do solo, mais especificamente da superfície da varredura do sensor TM do Landsat 5 e 8, e não a temperatura atmosférica (BORGES, ANJOS e DOS; BAPTISTA, 2011). Para as análises de TST foram extraídos 5.000 amostras aleatórias pela ferramenta *Vetor>Investigar>Pontos aleatórios* do QGIS 2.8, considerando os limites da área de estudo, bem como 35.832, correspondentes aos centróides do plano de informação (PI) de uso e cobertura do solo na Floresta Nacional do Tapajós e seu entorno.

Os dados de TST foram extraídos em tabelas e realizou-se análise estatística, considerando os valores de temperaturas extraídos do PIs. Utilizou-se o Teste t *Student* pareado do *software* BioEstatic. O teste t é utilizado para comparar médias de duas amostras, independentes e com distribuição normal. No teste de normalidade aplicou-se o teste *Shapiro-Wilk*, bem como o teste F para testar a homogeneidade de variâncias das amostras. De acordo com Zar (1999), a normalidade e homogeneidade de variâncias são pré-requisitos para a utilização do Teste t.

Ainda nesta fase, fez-se uma análise descritiva e interpolação, através de krigagem dos pontos extraídos no aplicativo ArcGIS®/ArcToolbox, mais precisamente na extensão *Geostatistical Analyst*. O resultado foi comparado com os próprios valores de TST

extraídos dos PIs. A análise do comportamento da TST foi realizada a partir da determinação dos valores estatísticos predominantes de TST mínima, máxima e média e os desvios padrões de temperatura na superfície.

A krigagem é utilizada para inferir a distribuição e variabilidade espacial do fenômeno, estimando valores em locais não amostrados (variância de krigagem), a fim de aperfeiçoar malhas de amostragens (ANDRIOTTI, 2003; YAMAMOTO e LANDIM, 2013).

Estimativas de Temperatura com Câmera Termográfica

Realizaram-se campanhas de campo, onde foram obtidas imagens termográficas no período entre 10 e 15 horas através de *ThermoVision* (modelo A320) que registra energia na faixa do infravermelho termal expressando a energia refletida por determinado alvo, possibilitando a medição de padrões de distribuição de calor, sendo importantes na detecção de anomalias e no comportamento térmico de objetos, não visíveis ao olho humano (COSTA e SAPIENZA, 2013).

As imagens com termografia infravermelho com a câmera termográfica foram obtidas para subsidiar as análises de variabilidade espacial de TST nos diferentes usos e cobertura do solo, como na área urbana, mosaico de ocupação, agricultura anual, pasto e corpo hídrico, entre outros. Na Figura 3 são apresentadas as etapas para obtenção de imagens termográficas durante o trabalho de campo.

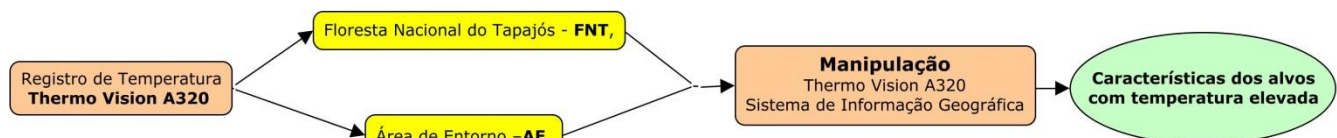


Figura 3. Etapas da metodologia da campanha de campo na FNT e AE.

Fonte: Primeiro autor.

Resultados e Discussões

As imagens de TST evidenciaram variações térmicas entre os anos de 2005, 2009 e 2015. Na FNT+AE, nos anos selecionados, as menores temperaturas registradas no mês de julho por volta das 13h (horário local) foram de: 16, 29 e 26 °C, respectivamente. Esses valores indicam que o ano de 2009 apresentou temperaturas na superfície com 3°C – maiores aos valores obtidos em 2015 – e 13°C – acima das condições térmicas em 2005.

Todavia, em 2009 a superfície na FNT registrou 5°C acima das condições térmicas

observadas em 2015. Assim, em termos de temperatura média, a Floresta Nacional do Tapajós vivenciou os maiores valores em 2009.

Em se tratando das temperaturas mais elevadas nos locais analisados, notou-se que os valores foram de: 44, 46 e 43°C, indicando que julho de 2009 foi mais quente que em 2005 e 2015. Na sequência de análise temporal, notou-se que, em média, as temperaturas na área de estudo (FNT+AE) foram 31, 34 e 30°C., portanto, nesses três anos avaliados, no mês de julho, na FNT e seu

entorno, as temperaturas não ultrapassaram, em média, os 32°C, no horário de 13h.

Ao avaliar as condições térmicas, especificamente na FNT, verificou-se que em julho de 2015 a menor temperatura foi de 27°C. Também, constatou-se que no ano de 2005 a temperatura de superfície, às 13h locais, estava com 1°C acima das temperaturas detectadas em 2015.

Em termos de condições extremas, nesse mesmo horário, foram detectadas áreas em que as temperaturas estavam com 40°C em 2005 e 2009,

porém em 2015 os valores atingiram 42°C, indicando que a FNT possuía áreas com elevadas temperaturas na superfície que não foram observadas nos anos anteriores, analisados.

A Figura 4 ilustra as imagens termais referentes ao mês de junho de 2005, 2009 e 2015, início da estação de baixa oferta pluvial na porção norte da FNT+AE, podendo-se notar que houve predomínio de temperaturas variando entre 16°C em 2005 e 48°C em 2009.

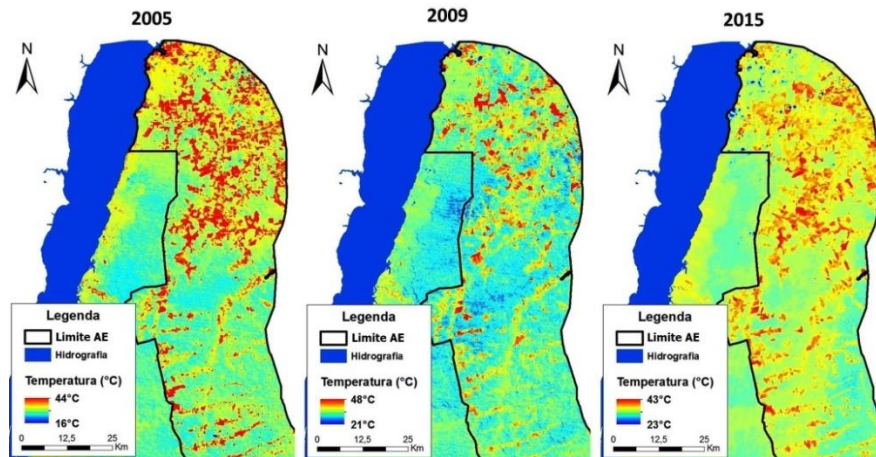


Figura 4. Imagens termais e valores de TST Min e Max para os anos de 2005, 2009 e 2015 às 13h36min.
Fonte: Primeiro autor.

As ocorrências dos eventos *El Niño* e *La Niña* (fenômeno relacionado com a redução de chuva) poderiam justificar a tendência de alteração nas temperaturas de superfície observadas nas Tabelas 1 e 2.

Este fato leva a crer que a diminuição dos anos chuvosos possa estar relacionada com outros eventos climáticos, inclusive com alterações

antrópicas decorrente da dinâmica de uso e cobertura da terra (LOMBARDO, 1985).

A maior variabilidade dos valores de TST foi encontrada no ano de 2015, sendo de 2,12°C o desvio padrão. Identificou-se também que em 2009 a temperatura de superfície manteve-se com os maiores valores em detrimento aos outros anos analisados, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Análise descritiva da TST dos 5.000 pontos aleatórios nas imagens orbitais selecionadas

Anos	FNT+AE				FNT				AE			
	Min	Máx	Md	Dp	Min	Máx	Md	Dp	Min	Máx	Md	Dp
2005	16	44	31	1,72	28	40	31	0,89	16	44	31	2,01
2009	29	46	34	1,52	32	40	33	0,82	29	46	34	1,86
2015	26	43	30	2,14	27	42	29	0,74	30	43	31	2,49
Média	23,7	44,3	31,7	1,79	29,0	40,7	31,0	0,82	25,0	44,3	32,0	2,12

Nota: Min = Temperatura mínima na superfície, Max = Temperatura máxima na superfície, Md = Temperatura média na superfície e Dp = Desvio padrão. Fonte: Processamentos do primeiro autor.

Na Figura 5, apresentam-se as análises comparativas considerando os valores estatísticos de TST na FNT+AE, para os anos selecionados, evidenciando que as temperaturas registradas foram mais amenas em 2005, comparativamente àquelas

registradas em 2009 e 2015. No entorno da FLONA Tapajós identificou-se que a oscilação térmica às 13h em 2009 foi de 28°C, seguido de 17°C (2009) e 13°C (2015), nesta sequência temporal.

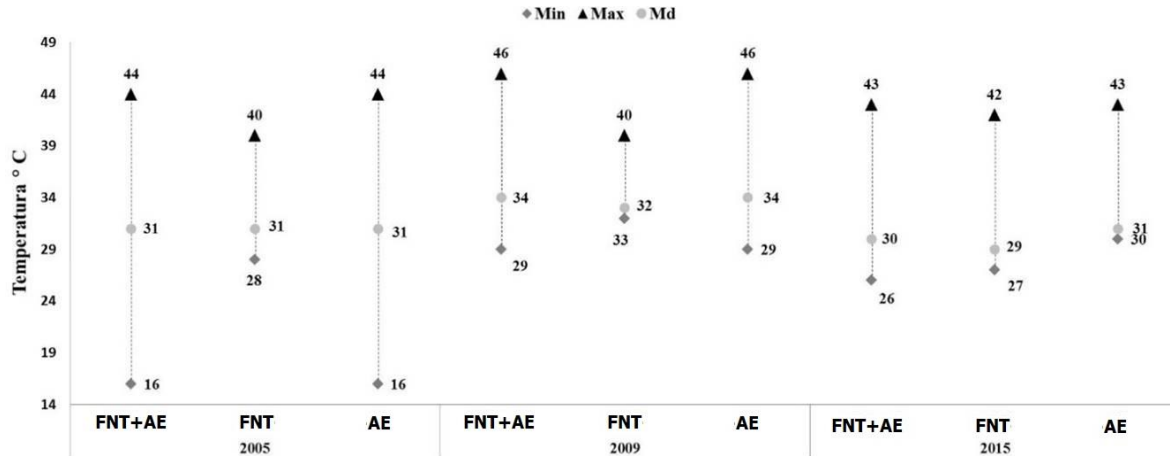


Figura 5. Descrição gráfica dos valores estatísticos de TST dos anos selecionados.

Fonte: Primeiro autor.

Ainda com base nos dados das imagens térmicas obtidas do Landsat, identificou-se que as classes de agricultura anual (215,50 km²), mineração (0,08 km²), centro urbano/ocupação (143,90 km²) e pasto (1.167,57 km²) registraram os valores contendo as maiores médias de TST às 13h, identificando efeitos de exposição do solo pelo uso e cobertura.

Vale destacar que os alvos referentes à mineração não foram foco de interesse deste artigo, sendo dado destaque ao processo de pressão antrópica pela agropecuária, pela extensão das alterações ocorridas na região.

A mudança na cobertura do solo impacta inicialmente na TST e, conseqüentemente, o balanço de radiação da superfície (CARDOZO et al., 2009). Os resultados evidenciaram que as áreas destinadas aos cultivos anuais ficaram acima das médias em 1,6°C, 1,8°C e 2,7°C, nesta ordem. As

áreas de vegetação secundária (2.200,94 km²) e floresta primária (10.199,24 km²) obtiveram as menores médias de valor de TST às 13h, horário local, predominando condições térmicas variando entre 16°C e 32°C, para os anos analisados, conforme os valores apresentados na Tabela 2.

No ano de 2015 houve uma maior variabilidade nos valores de TST com relação aos outros anos, sendo confirmado pelo desvio padrão que foi de 2,2. Em 2009 houve uma menor discrepância entre os valores (Tabela 2).

Ao comparar os valores apresentados na Figura 6, observa-se que em 2009 as médias dos valores de TST predominantes de todos os usos e cobertura foram superiores aos anos de 2005 e 2015. Todavia houve uma inversão de valores térmicos predominantes entre o ano de 2005 e 2015, nas áreas de regeneração com pasto.

Tabela 2. Valores estatísticos de TST do uso e cobertura da terra, 2012.

Classes	2005				2009				2015			
	Temperatura °C											
	Min	Max	Md	Dp	Min	Max	Md	Dp	Min	Max	Md	Dp
Agricultura anual	23	41	34,7	2,88	33	47	37,5	3,30	29	43	35,7	3,11
Área urbana	27	41	32,7	2,38	33	42	35,1	1,98	28	49	33,3	2,45
Floresta	16	43	31,9	1,99	34	46	35,1	1,95	23	44	33,2	2,55
Mineração	34	36	34,7	0,94	34	37	35,7	1,24	31	32	33,9	0,47
Mosaico de ocupações	26	42	32,4	1,91	24	44	35,5	1,55	29	45	33,6	1,99
Pasto limpo	14	44	32,5	2,16	30	45	35,6	1,99	26	45	33,7	2,45
Pasto sujo	25	44	32,4	2,10	29	45	35,2	1,95	26	44	33,3	2,35
Regeneração com pasto	23	43	32,3	2,07	32	44	35,2	1,84	23	43	33,2	2,33
Vegetação secundária	16	45	34,7	2,02	23	46	37,5	1,84	24	45	35,7	2,28
Médias	22,7	42,1	32,4	2,1	30,2	44,0	35,2	2,0	26,6	43,3	32,3	2,2

Nota: Min = Temperatura mínima, Max = Temperatura máxima, Md = Temperatura média e Dp = Desvio padrão. Fonte: Processamentos do primeiro autor.

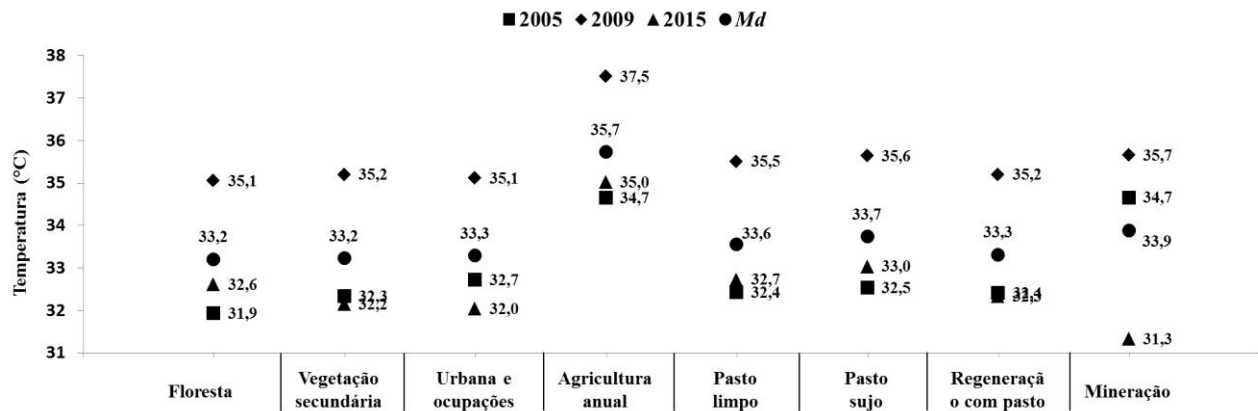


Figura 6. Descrição gráfica das médias de TST de uso e cobertura do solo dos anos selecionados

Fonte: Primeiro autor.

Nas Figuras 7a, 7b e 7c ilustram-se os resultados das interpolações dos 5.000 pontos aleatórios com valores de TST extraídos das imagens orbitais selecionadas, destacando-se as regiões com predomínios de temperaturas mais elevadas a nordeste, sudeste e sul da FNT+AE, próximas as sedes dos municípios de Belterra e Rurópolis.

Na Figura 7a, observa-se uma amplitude térmica de 4,4°C, concentrada a nordeste da área em análise, indicando os efeitos térmicos expressos nas

áreas que possuem substancialmente cultivos anuais. Na Figura 7b, a amplitude térmica foi de 3,1°C, concentrada também a nordeste e sudeste da AE.

Já na Figura 7c, há o crescimento da mancha de TST mais elevada ao sul da AE, com amplitude térmica de 4,9°C. Comparando as Figuras 7a, 7b e 7c identificou-se que há uma ampliação das áreas com as maiores temperaturas ao longo da faixa de 30 km da FNT, próximo ao município de Rurópolis.

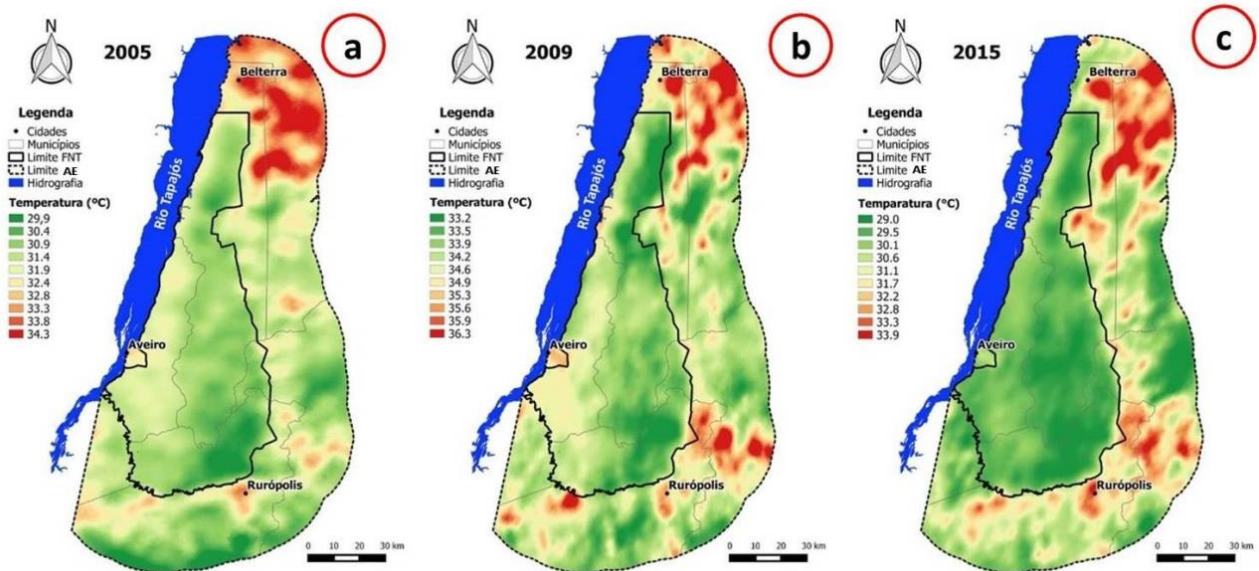


Figura 7. Modelagem da temperatura de superfície da FNT+AE para 2005, 2009 e 2015 às 13h36min.

Fonte: Primeiro autor.

O comportamento da TST, observado ao longo do perfil A-B, com 221,04 km no sentido SO-NE (Figura 8), mostra que as temperaturas de superfície mais amenas registradas ao longo do perfil, identificados pelos pontos (1), (2) e (3), estão

relacionadas às áreas com algum tipo de vegetação e cotas altimétricas.

O ponto (2) corresponde à área de vegetação florestal na FNT, com temperatura de 29°C. O ponto (1) 32°C e (4) 36°C correspondem às

áreas urbanas, enquanto o ponto (3) representa agricultura anual, com 33°C (Figura 8). Nota-se uma variação da TST entre 30,5 e 36,5°C nas altitudes de 60 e 250 metros. Desta forma, verifica-se nas maiores altitudes, um percentual menor de participação das temperaturas inferiores a 29,5°C, quando comparada à classe de menores altitudes onde se registrou TST de 36,5°C.

Os pontos observados ao longo do perfil evidenciam que as áreas modificadas com baixa densidade de vegetação apresentam os maiores valores de TST, pois a energia disponível ao ambiente é utilizada prioritariamente para aquecimento do solo e do ar adjacente à superfície (PAVÃO et al., 2015).

A Figura 8 mostra que para reduzir o desconforto térmico causado pelas elevadas TSTs é necessário evitar o avanço da ocupação urbana sobre os últimos remanescentes de vegetação e melhorar a arborização ao longo das áreas já urbanizadas visando amenizar a temperatura de superfície.

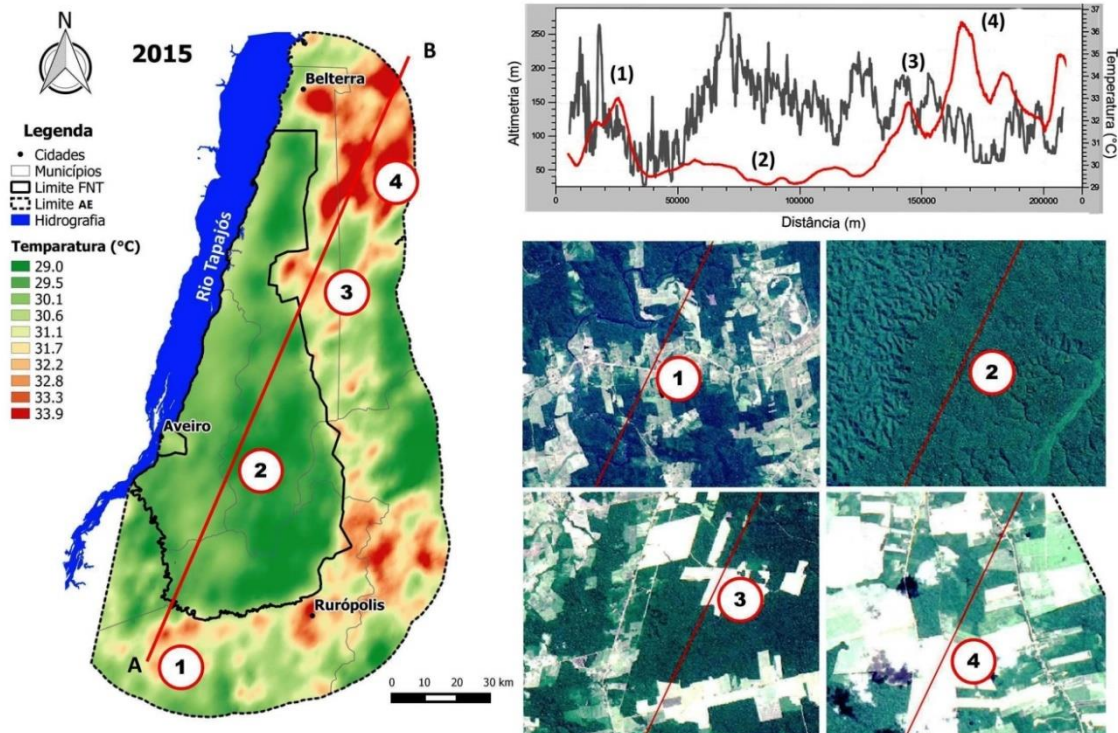


Figura 8. Perfil A-B dos campos altimétrico e térmico da superfície da FNT+AE.

Fonte: Primeiro autor.

Na Figura 9 identificam-se as localidades rurais sobre influência de TST. No ponto 1 fica a localidade rural de Água Boa, com 32,1° C (2005), 35,0°C (2009) e 31,9°C (2015); no ponto 3 ficam as localidades Agrovila Presidente Médici, Bom Jesus, Linha Gaúcha, Pau Rosa, Santa Clara, São Jorge e Terra Preta; e no ponto 4 estão Belterra, Boa Fé, Cipoal, Comunidade Boa Esperança, Jabuti, Maguari, Moju do Belarmino, Morada Nova, São Benedito, São José e Upizal.

Observa-se na Figura 9 uma alta variabilidade no tocante às temperaturas extraídas, principalmente nos núcleos urbanos, agricultura anual e pasto, podendo, segundo Aumond e Comin (2012), influenciar na umidade relativa do ar e na direção dos fluxos de ventos, bem como provocar mudanças nas condições microclimáticas e ainda provocar a formação de um dos fenômenos climáticos mais característicos dessa modificação térmica, denominado ilhas de calor (SOUZA et al., 2010).

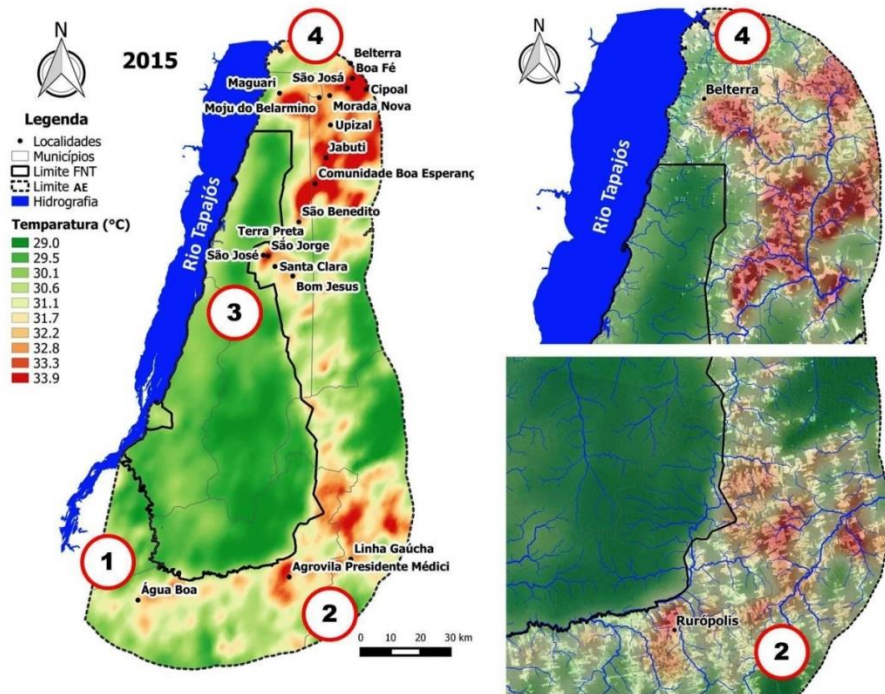


Figura 9. Localidades sobre influência de TST na FNT+AE para 14/07/2015 às 13h 48min.
Fonte: Primeiro autor.

Observa-se nas Figuras 10a, 10b e 10c que a bacia do rio Moju (com 1.124,95 km²) teve reduzida variação nos valores de TST nos três anos analisados, ficando com valores menores de 29°C e os maiores de 29,7°C. Todavia, a sobreposição da rede de drenagem sobre áreas com elevada temperatura e antropização evidenciou efeitos que solos expostos podem causar na manutenção dos

corpos hídricos, principalmente nas regiões nordeste e sudeste da FNT+AE (Figuras 10a, 10b e 10c).

Quanto aos valores de TST sobre a rede de drenagem na FNT+AE, a maior preocupação deve ser em relação aos efeitos das altas temperaturas sobre os canais de primeira ordem (Figura 10b), principalmente no entorno da FNT, onde há mais de 50% dos canais de 1ª ordem.

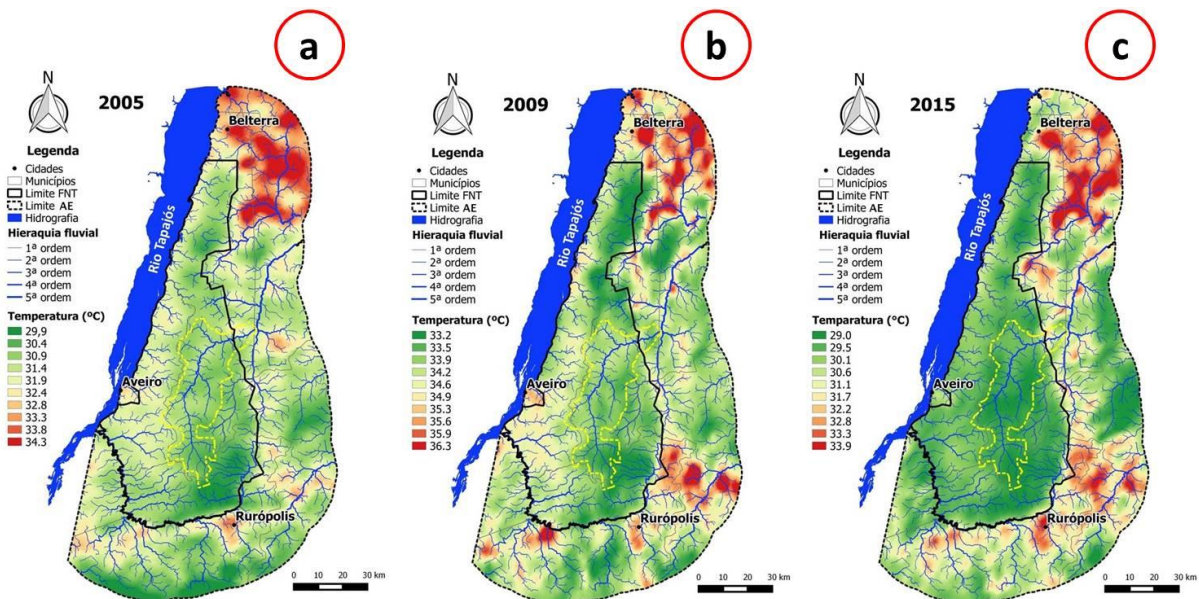


Figura 10. Temperatura de superfície em 2005, 2009 e 2015 sobre a rede de drenagem da FNT+AE.
Fonte: Primeiro autor.

Ainda analisando os valores de TST e altitudes (Tabela 3), identificou-se que a menor cota altimétrica foi registrada na localidade de Prainha, com 13 metros e temperatura de 31,9°C (2005), 35,2°C (2009) e 30,9°C (2015) às 13h, com média de 32,7°C para os anos analisados. A comunidade Estrela-d'alva teve a maior cota altimétrica, com 298 metros, registrando-se uma TST de 31,7°C (2005), 34,6°C (2009) e 31,3°C (2015), com média de 32,5°C para os anos analisados (Tabela 3).

Portanto, quando observadas às classes hipsométricas em relação às classes de temperatura verifica-se que as maiores temperaturas estão nos menores níveis altimétricos, enquanto as menores

temperaturas estão nas maiores altitudes, com uma variação de 0,2°C. Nos anos de 2005, 2009 e 2015 dezessete diferentes canais – como Açú, Branco, Morada Nova e Dois Irmãos – estavam sobrepostos às áreas com TST entre 33,5°C a 36,5°C.

Na Figura 11, ilustram-se as redes de drenagens a nordeste e a sudeste sobrepostas às áreas de elevadas temperaturas de superfície terrestre na FNT+AE, destacando-se a nordeste o rio Mojuí dos Campos e o Igarapé Branco, e a sudeste os igarapés Ipixuna, Ipiranga, Tambor, Leitoso e Curuatinga, que estão sobre áreas de TST de 33,9°C no dia 14/07/2015 às 13h48min.

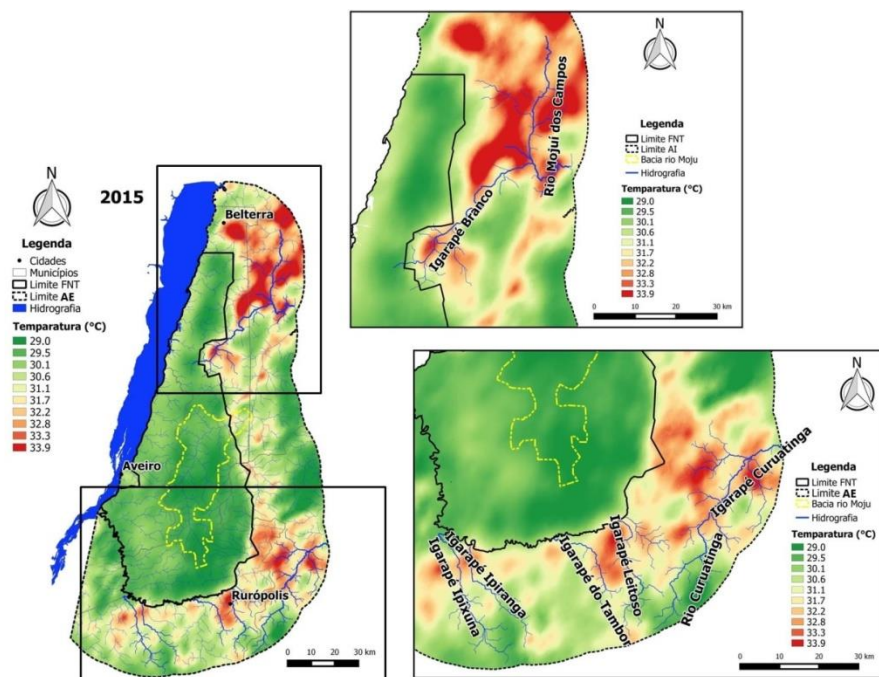


Figura 11. Principais hidrografias sobrepostas aos elevados valores de temperatura em 2015 na FNT+AE.
Fonte: Primeiro autor

As localidades rurais de Agrovila Presidente Médici, Amapá, Belterra, Bom Jardim e Cedro estão acima da média TST (32,2°C) para anos de 2005, 2009 (34,8°C) e 2015 (31,5°C), conforme Tabela 3. Nas localidades de Boa Esperança e Patauzinho registraram-se os menores valores TST, com 33,2°C (2009) e 29,8°C (2015), quando comparado às demais localidades em análise.

As localidades de Jabuti e Tabocal, também quando comparados com as demais localidades, registraram os maiores valores de TST, nos três anos analisados, com 35,2°C, 35°C, respectivamente. Por fim, as localidades de Prainha e Taquara ficaram na média dos valores de TST das

localidades, registrando ambos com 32°C (Tabela 3).

As médias de temperatura de superfície das principais nascentes da rede de drenagem da FNT+AE, para anos de 2005, 2009 e 2015 foram de 31°C, 33,9°C e 30,3°C. Os igarapés Tambor, Ipiranga, Peruda, Puraquê e Salgado, tiveram os maiores valores de TST (Tabela 4).

Na análise comparativa das médias de TST das nascentes com relação a altitude, na FNT+AE, identificou-se que o Igarapé do Curuá-Una, com altitude de 126 metros, registrou a maior média de TST, entre os demais cursos d'água, com 34,1°C, pois esta nascente está localizada na região nordeste

onde se registrou os maiores valores de TST no dia 14/07/2015 às 13h48min. Já ao sul da FNT+AE o sensor orbital registrou os altos valores de TST nas nascentes dos igarapés Ipiranga (32,3°C), Tambor (32,9°C), Peruda (32,1°C) e Salgado (32,5°C), conforme Tabela 4.

A Figura 12 representa o gráfico de dispersão das médias de TST e altimetria das nascentes na área de estudo, com concentração das

nascentes entre 160 e 280 metros, média de 31,5°C. Na nascente do rio Mojuí dos Campos (120 m) registrou-se uma temperatura de 34,1°C.

As elevadas temperaturas de superfície das nascentes dos igarapés do Curuá-Una, Ipiranga, Tambor, Peruda, Salgado e Mojuí dos Campos, podem influenciar os parâmetros de evapotranspiração, precipitação e manutenção da rede de drenagem.

Tabela 3. Valores de temperatura na superfície das principais localidades na FNT+AE.

Localidade	2005	2009	2015	Elevação (m)	Média (°C)
	Temperatura (°C)				
Agrovila Presidente Médici	33,2	35,3	32,8	137	33,8
Água Boa	32,1	35,0	31,9	79	33,0
Amapá	33,5	35,6	32,4	131	33,8
Bela União	31,3	34,8	31,9	282	32,6
Belterra	33,9	35,5	32,3	271	33,9
Betânia	31,2	34,6	31,2	113	32,4
Boa Fé	33,9	36,5	34,2	107	34,9
Boa Vista	31,0	34,3	30,0	167	31,8
Bom Jardim	31,0	33,6	29,8	165	31,5
Bom Jesus	32,2	34,1	31,2	162	32,5
Bragança	31,7	34,6	30,7	28	32,3
Caranazal	34,0	35,8	31,6	13	33,8
Cedro	32,9	35,6	32,4	134	33,6
Comunidade águas Frias	30,6	34,5	31,6	157	32,3
Comunidade Boa Esperança	31,4	33,2	30,4	131	31,7
Comunidade Estrela-d'alva	31,7	34,6	31,3	298	32,5
Comunidade Panorama	30,8	34,7	30,6	281	32,0
Comunidade São Pedro	33,3	34,7	30,3	41	32,8
Comunidade Vista Alegre	31,0	34,2	30,5	197	31,9
Itapaiana	31,9	34,8	30,6	32	32,4
Jabuti	35,2	36,1	35,0	64	35,4
Jaguarari	32,2	34,3	30,7	54	32,4
Linha Gaúcha	32,1	35,0	32,7	105	33,3
Maguari	32,1	34,2	30,0	79	32,1
Maraí	31,8	34,8	30,8	19	32,5
Marituba	31,8	34,4	30,6	74	32,2
Moju do Belarmino	34,5	35,6	32,3	82	34,1
Morada Nova	33,8	35,6	32,2	95	33,9
Nazaré	31,6	34,9	30,7	19	32,4
Nossa Sra. dos Navegantes	31,5	33,7	30,5	144	31,9
Patauzinho	30,5	33,4	29,8	181	31,2
Pau Rosa	31,2	33,8	31,5	150	32,2
Pinim	31,9	35,1	30,8	20	32,6
Piranha	32,0	35,0	31,3	97	32,8
Planalto Médio	31,5	34,6	31,2	109	32,5
Prainha	31,9	35,2	30,9	13	32,7
Renasce	30,9	34,2	30,8	164	32,0
Santa Clara	31,8	34,3	31,7	131	32,6

Santa Rosa do jatobá	33,5	35,2	31,4	90	33,4
São Benedito	32,5	35,3	32,6	75	33,5
São Jorge	32,1	34,8	33,9	93	33,6
São José	31,8	34,5	33,1	141	33,1
São Pedro	31,9	34,3	31,6	90	32,6
Tabocal	34,5	37,2	34,4	108	35,4
Taquara	32,0	35,2	30,8	20	32,7
Tauari	31,9	35,0	30,9	27	32,6
Tavan	31,8	35,0	30,9	20	32,5
Terra Preta	31,8	34,4	31,5	121	32,6
Travessão	31,0	34,9	31,3	104	32,4
Unidos por Deus	31,0	34,0	30,5	212	31,8
Upizal	33,9	36,0	34,3	77	34,7
Médias	32,2	34,8	31,5	111,84	32,9

Fonte: Processamentos do primeiro autor.

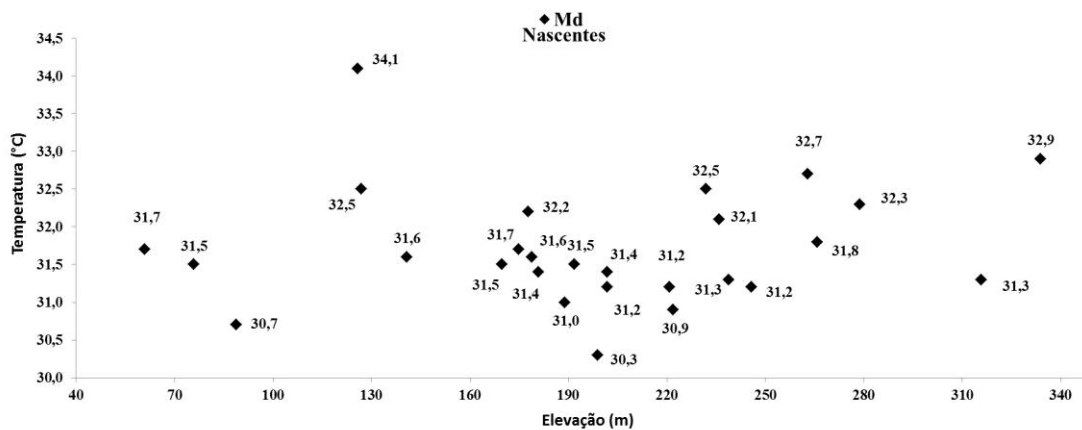


Figura 12. Análise comparativa das médias da TST de nascentes e elevações na FNT+AE.

Fonte: Primeiro autor.

Tabela 4. Valores de temperatura na superfície dos pontos de nascentes na FNT+AE.

Nascentes da Drenagens	2005	2009	2015	Md	Elevação
	Temperatura (°C)				
Rio Cupari	30,7	33,7	30,1	31,5	76
Rio Curuatinga	30,4	33,5	29,6	31,2	246
Igarapé Açú	31,3	34,4	29,4	31,7	175
Igarapé Água Boa	29,8	34,1	29,8	31,2	221
Igarapé Anhangá	30,9	33,8	30,9	31,8	266
Igarapé Branco	31,1	33,4	29,8	31,4	202
Igarapé do Bueiro	30,3	33,3	29,3	31,0	189
Igarapé do Tambor	31,1	35,4	32,1	32,9	334
Igarapé do Una	34,3	35,7	32,4	34,1	126
Igarapé Ipiranga	31,3	34,1	31,6	32,3	279
Igarapé Ipixuna	30,3	34,0	29,6	31,3	239
Igarapé Itapuama	31,2	34,0	29,5	31,5	170
Igarapé Jatuarana	31,2	33,88	29,4	30,3	199
Igarapé Jatuarana	31,4	34,1	29,3	31,6	179
Igarapé Jurapari	31,0	34,7	31,0	32,2	178
Igarapé Leitoso	30,3	33,6	30,0	31,3	316
Igarapé Lux	30,9	34,0	29,3	31,4	181

Igarapé Marol	31,3	33,9	29,6	31,6	141
Igarapé Mentira	30,9	33,9	29,7	31,5	192
Igarapé Moju	30,2	33,4	29,0	30,9	222
Igarapé Onça	30,6	33,6	29,4	31,2	202
Igarapé Peruda	31,3	34,0	31,0	32,1	236
Igarapé Piracuruna	31,2	35,1	31,1	32,5	127
Igarapé Puraquê	31,7	34,7	31,7	32,7	263
Igarapé Salgado	31,5	34,5	31,5	32,5	232
Igarapé Tauari	31,1	33,9	30,0	31,7	61
Igarapé Tinga	29,0	29,8	33,2	30,7	89
Média	31,0	33,9	30,3	31,7	198

Nota: Md = Temperatura média. Fonte: Processamentos do primeiro autor

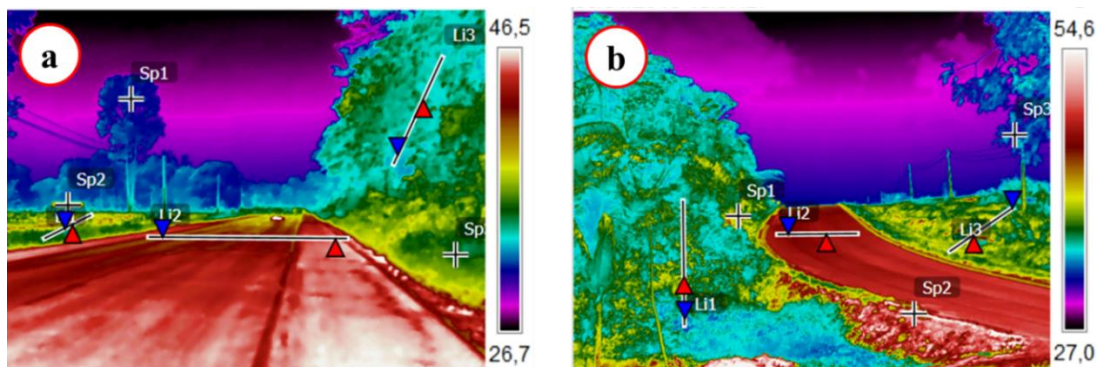
As condições de temperatura de 10 h às 15 h da manhã foram registradas no período de 5 a 11 de janeiro de 2016, através de câmera termográfica nos diferentes usos do solo como, floresta primária, vegetação secundária, agricultura anual, pasto, desflorestamento, entre os principais.

As imagens foram confrontadas com os mapas, identificando que há correspondência entre os resultados de TST das imagens orbitais do dia 14/07/2015 às 13h 48min e os registros termográficos. A utilização da câmera termográfica apontou que o pavimento de rodovia BR 163,

próximo ao km 67 possui contribuição expressiva quanto ao armazenamento de calor.

Nas áreas pavimentadas a maior e a menor valor de temperatura às 13h foram de 54,2°C (Figura 13a) e 26,7°C (Figura 13b), respectivamente. Em pontos específicos registrou-se uma temperatura de 54,2°C (Sp2), conforme se observa na Figura 13b.

Em áreas sombreadas predominou uma média de valor de temperatura de 36,0°C (Li2) a 37,4°C (Li2), identificadas nas Figuras 13a e 13b. As áreas que apresentaram os maiores valores de temperatura (46,2°C a 54,2°C) estão associadas aos padrões.



Medições		Temperatura (°C)	Medições		Temperatura (°C)
	Sp1	46,2		Sp1	45,1
	Sp2	42,7		Sp2	54,2
	Sp3	39,5		Sp3	34,0
	Sp4	31,6		Sp4	39,4
	Sp5	33,5		Sp5	41,5
Li1	Max	46,1	Li1	Max	48,7
	Min	34,6		Min	37,3
	Média	42,2		Média	44,4
Li2	Max	40,1	Li2	Max	47,4
	Min	33,5		Min	34,9
	Média	36,0		Média	37,4

Figura 13. Caracterização da temperatura de eixo viário no entorno da FNT

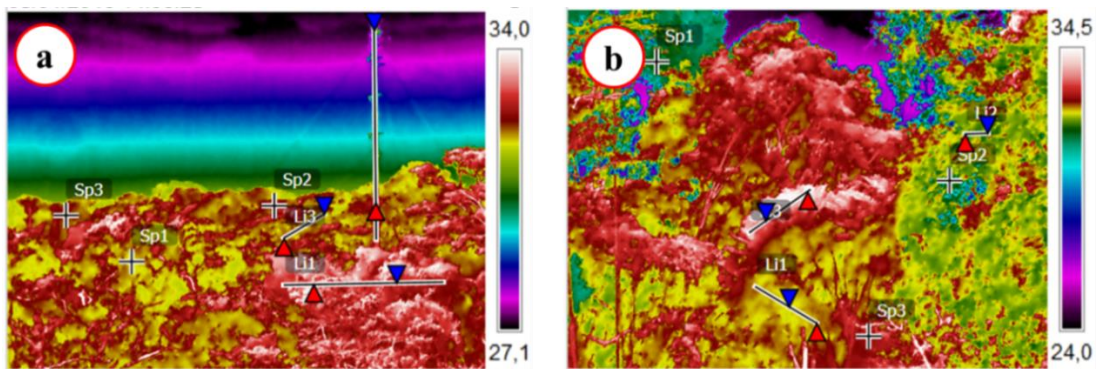
Fonte: Autores

Na Figura 14 observam-se as imagens termográficas sobre área de floresta primária. A temperatura registrada sobre a floresta primária variou de 30,5°C (Sp5) a 33,7°C (Sp1), conforme Figura 14a e 14b. A média de temperatura da floresta estimada pelos sensores orbitais em 2015 foi de 33,2°C, valor muito próximo à média de temperatura identificada com a câmera termográfica que foi de 32,3°C (Figura 14a e 14b).

Os resultados expressam que as temperaturas de superfície apresentavam valores entre 29°C a 33°C, que predominaram nas áreas florestais. As temperaturas das superfícies nas edificações e estruturas urbanas mantiveram-se mais elevadas, principalmente por sua maior exposição solar (Figura 15a e 15b). Na edificação da base ICMBio no km 211 (Figura 15a), foram registradas

temperaturas variando entre 33,7°C (Sp1) e 39,2°C. Na área urbana de Alter do Chão registrou-se valores de temperatura entre 39,9°C a 37,7°C (Li1) nos pavimentos de ruas e calçadas, caracterizando assim o fenômeno de ilhas de calor.

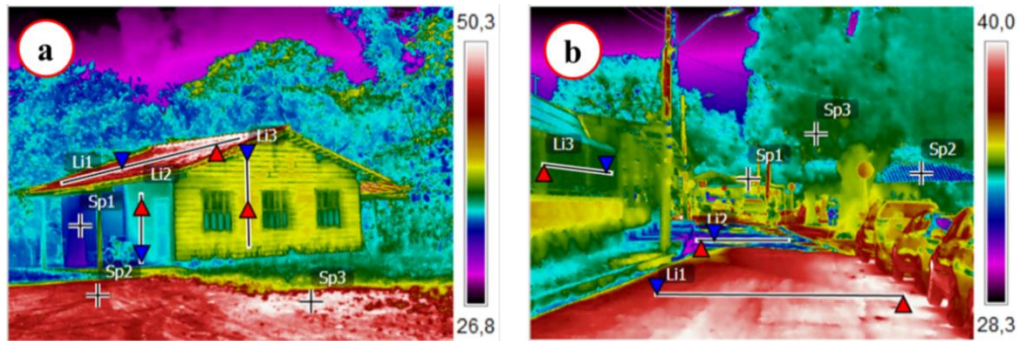
De acordo com Costa et al. (2013) nas áreas urbanas diversas construções absorvem e retêm mais calor do sol (31,6°C a 37,3°C) do que construções sobre proteção de materiais naturais (Sp2 - 33,0°C), conforme Figura 16b. As superfícies com exposição à radiação direta do sol, sem o sombreamento de árvores, registram temperaturas de 38,5°C (Sp4) a 43,9°C (Sp3), conforme Figura 16a e 16b, respectivamente. O sombreamento de árvores foi o elemento que amenizou a condição de calor (Li2 - 37,3°C), conforme Figura 15b.



Medições		Temperatura (°C)	Medições		Temperatura (°C)
	Sp1	31,6	Sp1	Max	33,1
	Sp2	33,2	Sp2	Min	31,6
	Sp3	33,7	Sp3	Média	32,2
	Sp4	32,6			
	Sp5	30,5			
Li1	Max	33,2	Li1	Max	32,5
	Min	29,6		Min	31,5
	Média	31,5		Média	32,0
Li2	Max	34,3	Li2	Max	32,5
	Min	31,6		Min	31,5
	Média	32,8		Média	32,0

Figura 14. Caracterização da temperatura da floresta primária na FNT+AE

Fonte: Primeiro autor



Medições			Temperatura (°C)		Medições			Temperatura (°C)	
	Sp1			33,7		Sp1		34,5	
	Sp2			38,8		Sp2		33,0	
	Sp3			34,6		Sp3		37,5	
	Sp4			39,2		Sp4		37,1	
	Sp5			36,4		Sp5		35,5	
Li1	Max			52,9	Li1	Max		39,9	
	Min			44,0		Min		37,7	
	Média			47,4		Média		39,1	
Li2	Max			50,7	Li2	Max		37,3	
	Min			35,8		Min		31,6	
	Média			42,9		Média		34,5	

Figura 15. Caracterização da temperatura de construções e área urbana na AE.

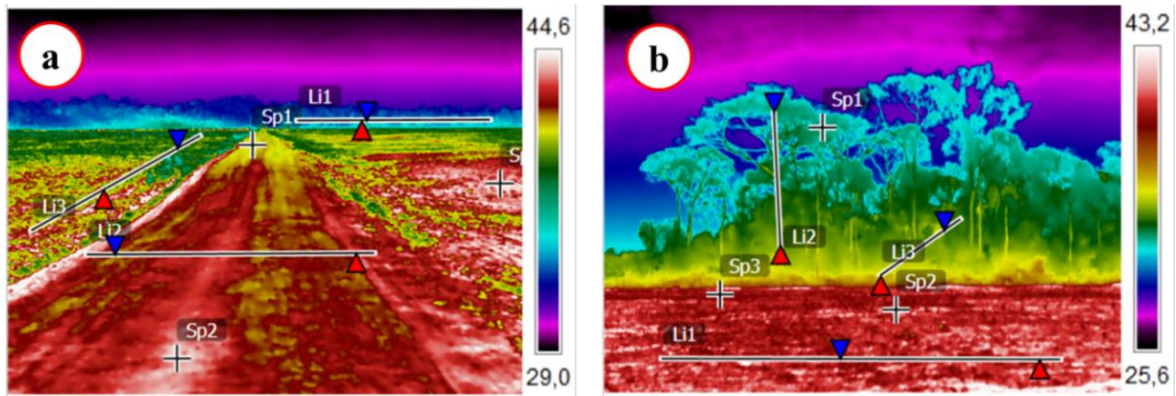
Fonte: Primeiro autor

Os valores termográficos em áreas com agricultura anual indicaram temperaturas entre 42,1°C a 37,8 C (Figura 16a). Nas áreas com remanescentes de vegetação nativa (áreas de refúgios ecológicos) predominaram valores de temperatura de 31,4° C na copa das árvores (Figura 16b). Observou-se que nas áreas de solo exposto ocorreu maior condução de calor com elevação da temperatura do solo durante o dia e diminuição durante a noite.

De acordo com os dados não há grandes variações entre as temperaturas estimadas através do uso de dados orbitais no infravermelho termal e as temperaturas captadas através de câmera termográfica, possibilitando o uso da termografia infravermelho para validar os registros orbitais de TST.

Mudanças no uso do solo causam um aumento da temperatura na superfície em razão da diminuição da biomassa florestal na FNT e no seu entorno. As maiores variações de TST na AE correspondem ao grau de transformação na superfície, principalmente decorrente da impermeabilização do solo, por construções e pavimentações.

Adicionalmente, tais variações são devido às partículas em suspensão na atmosfera, oriundos do manejo do solo em áreas com pastagens e agricultura anual (ROCHA, SOUZA e CASTILHO, 2011). Todavia, há uma redução dos valores de temperatura de superfície às 13h locais na FNT em razão da floresta primária que absorve parte da radiação solar incidente durante o processo de evapotranspiração e fotossíntese (COSTA, SILVA e PERES, 2010).



Medições		Temperatura (°C)	Medições		Temperatura (°C)
	Sp1	32,7	Sp1	31,4	
	Sp2	38,2	Sp2	34,3	
	Sp3	43,7	Sp3	43,9	
	Sp4	38,5	Sp4	39,1	
	Sp5	34,9	Sp5	41,0	
Li1	Max	44,9	Li1	Max	44,3
	Min	38,5	Li1	Min	38,4
	Média	41,7	Li1	Média	40,9
Li2	Max	40,9	Li2	Max	41,1
	Min	37,1	Li2	Min	37,3
	Média	39,8	Li2	Média	39,1
Li3	Max	42,1	Li2	Max	36,0
	Min	37,8	Li2	Min	33,3
	Média	40,1	Li2	Média	34,3

Figura 16. Caracterização da temperatura de área de agricultura anual na AE.

Fonte: Primeiro autor.

Portanto, quando comparados os tipos de uso e cobertura do solo e temperaturas na superfície, a distribuição geográfica das faixas de temperaturas mais amenas guarda estreita relação com a presença de áreas florestais contínuas, em especial na Floresta Nacional do Tapajós, ou seja, as áreas de floresta primária ou arborizada na FNT+AE possuem grande relevância na amenização da temperatura, uma vez que os maiores valores de temperaturas foram registrados em áreas antropizadas.

Neste sentido, destaca-se a importância da manutenção da vegetação arbórea na FNT, bem como nas áreas urbanas, como praças e outros ambientes, para que possam atuar para a amenização do clima local e, conseqüentemente a melhoria da qualidade de vida da população local.

As áreas com agricultura anual, mineração, centro urbano/ocupação e pasto apresentam comportamentos distintos, com temperaturas variando de 14° C em área de pasto a 49° C em área urbana. Em 2015, a agricultura anual apresentou um valor 2°C acima das suas medias predominantes de TST em relação aos outros anos analisados, podendo influenciar na umidade relativa do ar e na direção dos fluxos de ventos, bem como provocar

mudanças nas condições microclimáticas (AUMOND e COMIN, 2012).

As altas temperaturas, no mês de julho, nas terras cultivadas podem ser associadas ao reduzido estoque de água no solo, reforçando que as temperaturas de regiões recobertas por vegetação florestal resultaram em temperaturas mais brandas, ou seja, menores amplitudes térmicas, indicando que nas áreas com floresta, a energia é mantida no sistema solo-floresta-atmosfera (PRIMAVESI, ARZABE e PEDREIRA, 2007).

Na análise descritiva identificou-se que as áreas mais quentes na FNT+AE, de acordo com as médias predominantes de valores de TST, ocorreram no centro urbano/mosaico de ocupação no ano de 2005.

Conclusões

O tipo de cobertura da superfície influenciou diretamente nas respostas térmicas, sendo os menores valores em áreas com florestas e os maiores valores em solo exposto, principalmente em cultivos anuais que não adotam o sistema plantio diretos, bem como em pastagens mal manejadas, núcleo de povoamento e eixo rodoviários.

Os resultados da distribuição das temperaturas de superfície sobre solo exposto produzem trechos que apresentam temperaturas mais elevadas, o que evidencia a importância da vegetação como regulador térmico, principalmente quanto à dinâmica de recarga hídricas. Nas regiões nordeste e sudoeste da Floresta Nacional do Tapajós e seu entorno a perda da vegetação promove variações térmicas de até 3°C, indicando que os remanescentes de corpos hídricos podem estar deixando de prestar importantes serviços ecossistêmicos de regulação térmica na área de estudo.

Os resultados de termografia infravermelho de campo em 2015 (ano de forte *El Niño*) evidenciaram dados próximos aos obtidos nas imagens do sensor termal do Landsat 5 e 8, reforçando que o uso e a cobertura do solo podem ser complementados com dados do termógrafo e dos orbitais no somatório de evidências térmicas na AE. Desta forma, a utilização de dados de sensoriamento remoto associados às avaliações com sensores locais potencializa as avaliações de TST (média das máximas e das mínimas), além de mostrar também diferenças térmicas quanto aos diferentes usos e cobertura da superfície terrestre.

Estudos mais detalhados podem subsidiar, por exemplo, informações quanto à sazonalidade dessas variações térmicas. Neste trabalho, os resultados apontam que essas informações podem ser complementares na identificação de indicadores de serviços ecossistêmicos prestados pelas áreas preservadas na Flona Tapajós, bem como por possíveis serviços ambientais no seu entorno, decorrente do uso conservacionista pelos agricultores e pecuaristas, durante o processo de uso do solo, monitorados durante a periodicidade da passagem do satélite Landsat.

A termografia infravermelho confirma seu potencial de uso integrando informações de TST para subsidiar na identificação de indicadores térmicos, principalmente em áreas antrópicas que adotem estratégias de uso conservacionista do solo nos sistemas de produção, no entorno de áreas legalmente protegidas na Amazônia.

Referências

AMORIM, M. C.; DUBREUIL, V.; 2015. CARDOSO, R. S. Modelagem Espacial da Ilha de Calor Urbana em Presidente Prudente (SP). **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 11 – Vol. 16, 2016.

ANDRIOTTI, J. L.; 2003. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. Ed.Unisinos.

ARANTES, A. E.; SOUSA, B.; CARDOZO, G. S.; FERREIRA, L. G. Análise da Temperatura da Superfície terrestre e Índice de Vegetação SAVI para o município de Goiânia, 2009. **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

AUMOND, J. J., COMIN, J. J.; 2012. Abordagem sistêmica e o uso de modelos para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**.36(6), 1099-1118.

BAYARJARGAL, y.; KARNIELI, A.; BAYASGALAN, M.; KHUDULMUR, S.; GANDUSH, C.; TUCKER, C. J.; 2006. A Comparative Study of NOAA-AVHRR Derived Drought Indices Using Change Vector Analysis. **Remote Sensing of Environment**, v. 105, p. 9-22.

BORGES, E. F.; ANJOS, C. S. DOS; BAPTISTA, G. M.; 2011. Análise Multitemporal da Temperatura de Superfície no os Este da Bahia. **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. p. 6358-6264. Curitiba-PR.

CARDOZO, F. S.; PEREIRA, G.; SILVA, F. B.; SHIMABUKURO, Y. E.; MORAES, E. C.; 2009. Análise da estimativa da refletância e albedo em áreas alagadas do Pantanal. **Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Corumbá, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.392401.

CASTRO, B. L. SOUSA FILHO, E. F.; SILVA, L. R.; SANTIAGO, L. S.; INVENÇÃO, M. S.; 2013. Avaliação da supressão da vegetação e aumento da temperatura em áreas agrícolas do Oeste Baiano entre os anos de 1990 e 2010 por meio dos dados LANDSAT/TM. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L.; 2009. Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote sensing**

- of environment, 113.5: 893-903. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425709000169>>. Acesso em 20 jun. 2015
- COELHO, A. L.; CORREA, W. S.; 2013. Temperatura de Superfície Celsius do Sensor TIRS/Landsat-8: Metodologia e Aplicações. **Revista Geografia**. Acadêmica v.7, n.1.
- COSTA, A. S.; FRANCO, I. M.; 2013. Aplicação de Imagens Termográficas para Caracterização do Calor Urbano. **Revista de Ciências da Amazônia**, Macapá, n. 1, v. 2, p. 18-26.
- COSTA, D. F.; SILVA, H. R.; PERES, L.F.; 2010 Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira - SP através da utilização de geotecnologias. **Engenharia Agrícola. Associação Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 5, p. 974-985, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/130658>>. Acesso em: 30 jun. 2016.
- COSTA, P. F.; SAPIENZA, J. A.; 2013. Avaliação da necessidade de correção radiométrica para comparação de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.
- FRITZSONS, E.; WREGGE, M. S.; 2015. Altitude e Temperatura: Estudo do Gradiente Térmico no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 11 – Vol. 16.
- GEOMATIC.2015. **FocusUser Guide**. Geomatics Enterprises, Ontario.
- LEITE, M. R.; 2011. **Sensoriamento Remoto Aplicado à Análise Temporal da Relação Uso da Terra / Temperatura e Albedo de Superfície na Bacia do Rio Vieira no Norte de Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geografia. Uberlândia. MG.
- LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles – O Exemplo de São Paulo**. São Paulo: HUCITEC, 1985. 244p.
- MOURA, A. C.; 2014. **Geoprocessamento na Gestão e Planejamento Urbano**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciências.
- MUNIZ, R. A.; 2014. **Integridade do ecossistema, avaliada a partir da dinâmica de temperatura de superfície e estoque de carbono no solo, na Bacia do Rio Corumbataí**. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, como requisito parcial à obtenção do título Doutor em Ciências.
- NOVO, E. M. L.; 2008. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3ed. São Paulo: Blücher.
- PAVÃO, V. M.; QUERINO, C. A.; BENEDITTI, C. A.; PAVÃO, L. L.; QUERINO, J. K.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S.; 2015. Temperatura e Albedo da Superfície por Imagens TM Landsat 5 em Diferentes Usos do Solo no Sudoeste da Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**. ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica). Ano 11 – Vol. 16.
- PCI.; 2015. **Geomática OrthoEngine: UserGuideVersion 15**. Ontario, Canada: PCI Geomatics Enterprises Inc. 68p.
- PEREIRA, C. C.; MARIANO, Z. F.; WACHHOLZ, F.; CABRAL, J. B.; 2012. Análise da Temperatura de Superfície e do Uso da Terra e Cobertura Vegetal na Bacia Barra dos Coqueiros (Goiás). **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.1243 – 1255.
- PONZONI, F. J.; 2012. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. Ed. Atualizada e ampliada – São Paulo: Oficina de Texto.
- PRIMAVESI, O. P.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M. S.; 2007. **Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos**. Embrapa Pecuária Sudeste. Disponível em: <
<http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/mat>>

erial3os/2007_Primavesi_et al_Mudancas_EMB RAPA_DE3os.pdf>. Acesso em 5 Abr. 2016

- QIN, Z.; KARNIELI, A.; BERLINER, P.; 2001. **A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region**. International Journal of Remote Sensing, Londres, v. 22, n. 18, p. 3719-3746.
- ROCHA, L. M. V.; SOUZA, L. C. L.; CASTILHO, F. J. V.; 2011. Ocupação do Solo e Ilha de Calor Noturna em Avenidas Marginais a um Córrego Urbano. **Rev. Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 161-175.
- ROGAN, J.; ZIEMER, M.; MARTIN, D.; RATICK, S.; CUBA, N.; DELAUER, V.; 2013. The impact of tree cover loss on land surface temperature: A case study of central Massachusetts using Landsat Thematic Mapper thermal data. **Applied Geography**, v. 45, p. 49-57. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622813001653>>. Acesso em 07 jun. 2016)
- SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S.; 2013. **Sensoriamento Remoto para Desastre**. Oficina de Textos, São Paulo.
- SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T.; 2004. Geoprocessamento e Análise Ambiental: Aplicações. In: **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. Bertrand Brasil.
- SOUZA, L. C. L.; TENENTE, C. M.; GIUNTA, M.B.; NAKATA, C. M.; 2010. Fator de visão do céu e intensidade de Ilhas de Calor na escala do pedestre. **Rev. Ambiente. Construído**. Vol. 10, N.4.
- STEINKE, V. A.; STEINKE, E. T.; SAITO, C. H. Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina-DF. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 6, p. 37-56, 2010.
- TOURNE DCM, MARTORANO L.G, BRIENZA JUNIOR S, DIAS C.T. S, LISBOA L.S, SARTORIO S.D, VETTORAZZI C.A. Potential topo climatic zones as support for forest plantation in the Amazon: Advances and challenges to growing Paricá (*Schizolobium amazonicum*). Environmental Development. Vol. 18, 26-35p, 2016. Disponível em: <>. Acesso em 15 Abr. 2016.
- USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano (2013). Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-5: data de passagem 01/07/2005 e 12/07/2009. Acesso em 15 Jan. 2016. Disponível em <<http://landsat.usgs.gov>>.
- USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano (2013). Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do Satélite Landsat-8: data de passagem 14/07/2015. Acesso em 15 Jan. 2016. Disponível em <<http://landsat.usgs.gov>>.
- YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M.; 2013. **Geoestatística Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Oficina de Texto.
- ZAR, J. H. 1999. **Biostatistical Analysis**. 4 ed. New Jersey: Prentice-Hall. 663 p.
- LISBOA, L. S. S; 2015 **Padrões de uso e cobertura do solo na Floresta Nacional do Tapajós e seu entorno**. PhD Thesis. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-22092015-102641/en.php>>. Acesso em 10 jun. 2016.

Artigo 5

Título: *SIGWebFNT* como ferramenta de organização e gestão da informação em Unidade de conservação na Amazônia: Aplicação na Floresta Nacional do Tapajós, Pará

Autores: Leonardo Sousa dos Santos, Lucieta Guerreiro Martorano, Sarah Suely Alves Batalha, Altem Nascimento Pontes, Orleno Marques da Silva, Nicola Saverio Tancredi, Carlos Benedito Barreiros Gutierrez

Submetido: Revista Scientia Plena (ISSN: 2176-4786. Qualis B1).



SIGWebFNT como ferramenta de organização e gestão da informação em Unidade de conservação na Amazônia: Aplicação na Floresta Nacional do Tapajós, Pará

WebGISTNF as an organizing tool and information management in conservation unit at Amazon: Application at Tapajós National Forest, Para state

L. S. dos Santos¹; L. G. Martorano²; S. S. A. Batalha^{3*}; G. V. Silva³; A. N. Pontes¹; O. M. Silva Junior⁴; N. S. Trancredi⁵; C. B. Gutierrez¹.

¹Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais – Mestrado, Universidade do Estado do Pará - UEPA/ CEP: 66095-100, Belém, Pará, Brasil

²Embrapa Amazônia Oriental e Universidade do Estado do Pará-PPGCA/UEPA, CEP: 66095-100, Belém, Pará, Brasil

³Programa de Pós-graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento, Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, CEP: 68040-050, Santarém-Pará, Brasil,

⁴Laboratório de Meio Ambiente e Energias Renováveis – Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ, CEP: 21941-914, Rio de Janeiro, Brasil.

⁵Centro Regional de Belém - Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM, CEP: 66617-420, Belém-Pará, Brasil

* ssa.batalha@gmail.com

(Recebido em dia de mes de ano; aceito em dia de mes de ano)

Nos últimos anos, a aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na *World Wide Web* (SIG Web) tem recebido grande destaque como ferramenta de baixo custo, livre acesso e organização espacial e temporal do conhecimento, possibilitando subsidiar a gestão de políticas públicas em regiões de interesse social, econômico e ambiental. A interoperabilidade de dados fornece aos usuários acessos de diferentes variáveis biofísicas georreferenciadas, possibilitando novos processos e análises usando técnicas de geomática em servidores remotos. O objetivo neste trabalho foi elaborar um *SIGWeb* da Floresta Nacional do Tapajós (FNT) como ferramenta de organização espaço-temporal em Unidades de Conservação na Amazônia. Estruturou-se um SIG em ferramenta de acesso livre, no Q.GIS 2.10, usando informações do Projeto TerraClass (Caracterização do Uso e Cobertura das Terras em áreas desmatadas da Amazônia Legal Brasileira) para subsidiar o detalhamento dessas informações associadas a outras análises de variáveis biofísicas na área de interesse deste trabalho. Foram gerados arquivos *shapefile*, hospedados no *desktop* e no servidor do Q.Gis *Cloud Hosting* através da ferramenta Q.GIS *Cloud Plugin*. Os resultados são apresentados em forma de mapas temáticos disponibilizados via *Web*, tendo como exemplos a rede de drenagens e uso e cobertura do solo na FNT e seu entorno. Conclui-se que o *SIGWebFNT* é uma ferramenta de organização do conhecimento que pode ser aplicada para outras UCs, subsidiando estratégias de planejamento e gestão de áreas legalmente protegidas na Amazônia Legal.

Palavras-chave: Sistema de Informação Geográfica, Geoprocessamento, Mapa Web.

In recent years, application of Geographic Information Systems (GIS) on the World Wide Web (Web GIS) has received great attention as low cost tool, free access and spatial and temporal organization of knowledge, enabling support the management of public policies in regions of social, economic and environmental interest. The data Interoperability provides users access different georeferenced biophysical variables, enabling new processes and analysis using geomatics techniques on remote servers. The objective of this work was to elaborate a Tapajos National Forest (TNF) WebGIS as spatiotemporal organization tool in protected areas at Amazon. We structured a GIS in free access tool, in Q.GIS 2.10, we use information from TerraClass Project (Characterization of land use and land cover in deforested areas of the Brazilian Amazon) to subsidize the details of the information associated with other variables biophysical analysis in the area of interest of this

work. We generated shape files that was hosted on the desktop and in the Q.GIS Cloud Hosting server by Q.GIS Cloud Plugin tool. The results are presented in thematic maps form and they were available via the Web, taking as examples the network of drainage and land use and land cover in TNF and its surroundings. We concluded that the WebGISTNF is an organization tool of knowledge that can be applied to other protected areas, supporting strategic planning and management of areas legally protected in the Amazon.

Keywords: Geographic Information System, Geoprocessing, Web Map

1. INTRODUÇÃO

As facilidades de acesso ao conhecimento via *World Wide Web (WWW)* têm permitido avanços na comunicação de forma globalizada. O uso de ferramentas e tecnologias de geomática permitem o intercâmbio de metadados georreferenciados e aplicações diversas. Os Sistemas de Informação Geográfica Web (*SIG Web*) têm recebido destaque nos últimos anos, pela interoperabilidade em manipulação da informação geográfica de diferentes locais com diferentes perfis de usuários por meio da internet [1].

Para aplicações de *WebGis* é necessário conexão com a internet e um navegador (*browser*), como por exemplo *Google Chrome, Safari, Mozilla Firefox, Internet Explorer, Opera*, entre outros; onde são visualizados os conteúdos disponíveis em meio digital [2]. Portanto, os *WebGis* são *webservices* que permitem envio e recebimento de dados em formatos de programação estabelecidos pelo *Open Geospatial Consortium (OGC)*¹, disponibilizados em sites especializados no armazenamento, produção, manipulação e disseminação do produto cartográfico, também denominados de “mapas inteligentes”, em que o usuário elabora o mapa de seu interesse diferentes locais e sem grandes dificuldades [1].

Alguns dos padrões de *Web Service* são regularizados pela OGC como, por exemplo, o *Web Feature Service (WFS)*, que possibilita o intercâmbio e acesso a feições georreferenciadas e seus atributos, podendo, inclusive, manipulá-los. O WFS é um padrão de intercâmbio de dados que fornece aos usuários acessos a feições georreferenciadas e seus atributos, que possibilita uma interação com mapas, como *zoom, pan*, ou consultas diversas [4]. A plataforma mais simples de *web service* é do tipo *Service as a Service (SaaS)*, que é oferecido através de uma assinatura mensal, anual ou aberta, com limitado valor de armazenamento, não sendo necessário adquirir licenças ou *hardware* [5].

Conforme Santos e Muller (2014) [1], há dois tipos de *WebGis* que permitem visualizações e consultas a dados geográficos: os *WebSig* propriamente ditos e as aplicações *SIG na Web*. O primeiro tem a característica de disponibilizar visualizações de informações geográficas na *Web* e o segundo é um *SIG* baseado na web, armazenado por base computacional em nuvem, que oferece recursos de um *SIG desktop* completo, possibilitando análises e aplicações de técnicas de geoprocessamento em um servidor remoto.

O interesse por aplicações *SIG na Web* ou *Websig* vem aumentando nos últimos anos, principalmente por ser uma aplicação de baixo custo, quando comparado à aquisição da estrutura necessária como: *hardware*, procedimentos de *backup*, controle de segurança, manutenção, entre outros, que dependem do fornecedor do *WebService* [6]. O *SIG na Web* ou *Websig* na nuvem fornece uma infraestrutura confiável, segura e altamente disponível que está sob constante supervisão e gestão do fornecedor [3].

O *Websig* pode ajudar as autoridades e a sociedade civil organizada na tomada de decisão, como na gestão dos recursos hídricos, levando em consideração as áreas de conflitos do uso e cobertura da terra, tendo como objetivo principal o desenvolvimento de medidas exploratórias, conservação e/ou de preservação [7]. Carvalho et al. (2004) [7] foram um dos pioneiros no uso de servidores de *Websig*, os quais apresentaram o trabalho na *First International World Wide Web Conference*, realizada em Genebra, Suíça, em 1994. Assim, dada à relevância dos *Websig* e suas aplicações, principalmente devido à simplificação em trocas de informações geográficas, esta passou a ser utilizada e testada em diferentes áreas do conhecimento independentemente da localização dos usuários, torna-se importante investigar aspectos de interação e possibilidades de tais sistemas [3].

¹ O Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC), é uma especificação internacional para tornar e dados disponíveis em um formato gratuito, reconhecido internacionalmente através da web. Os serviços OGC fornecem acesso gratuito aos dados geográficos e funcionalidades do software, permitindo as organizações incorporar GIS em qualquer aplicativo em uma variedade de dispositivos móveis e computadores [3].

O acesso às informações permite as instituições de ensino, pesquisa, extensão rural, empreendedores, organizações governamentais e não governamentais e, sobretudo, aos tomadores de decisões utilizarem essas ferramentas, por exemplo, em áreas legalmente protegidas com fortes ameaças devidas pressões antrópicas. Espera-se que tal ferramenta possa auxiliar ações dos órgãos administrativo da FNT, o ICMBio, bem como as ações da Cooperativa Mista da Floresta Nacional do Tapajós (COOMFLONA) e demais representantes das comunidades tradicionais que vivem dos recursos da floresta. Assim, o objetivo foi elaborar um *SIGWeb* da FNT como ferramenta de organização e gestão da informação em Unidades de Conservação na Amazônia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde a Floresta Nacional do Tapajós, Unidade de Conservação (UC) que se enquadra na categoria de Uso Sustentável, criada pelo Decreto nº 73.684 de fevereiro de 1974, e localizada no oeste do estado do Pará, entre os paralelos 2° 28' 52,25'' e 4° 23' 1,09' de latitude sul e entre os meridianos de 54° 31' 35,62'' e 55° 40' 48,41'' de longitude oeste. Esta UC até o final de 2012 possuía uma área aproximada de 549 mil hectares. Todavia, sua extensão territorial atual seja de 527,36 km², devido às perdas em torno de 4% de sua extensão original por pressões antrópicas, no seu entorno.

Neste trabalho estruturou-se um Banco de Dados (BD) usando o Sistema de Informação Geográfica (SIG) Q.GIS 2.10, licenciado pela *General Public License* (GNU), que conjuga funções de processamento de imagens, análises espaciais, modelagem numérica de terreno e consulta a banco de dados espaciais, entre outros.

Na composição dos dados espaciais foram incorporadas as bases cartográficas digitais, obtidas em fontes oficiais que disponibilizam dados vetoriais georreferenciados, tais como: da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em formato *shapefile* (shp). Com as informações do *TerraClass* [8] foi elaborado um mapa temático para representar espacialmente a redes de drenagem e o *Terra Class* da FNT.

Por último, a partir do banco de dados, foram gerados arquivos em extensão shp os quais foram inicialmente hospedados no *desktop* e posteriormente enviados ao servidor do Q.GIS *Cloud Hosting* na ferramenta Q.GIS *Cloud Plugin*. No Q.GIS *Cloud Hosting*, criou-se uma conta gratuita que possibilitou a utilização de toda infraestrutura de dados necessária para acesso a dados remoto na *Web*. A Figura 1 ilustra o diagrama metodológico para hospedagem dos dados vetoriais no Q.Gis *Cloud*.

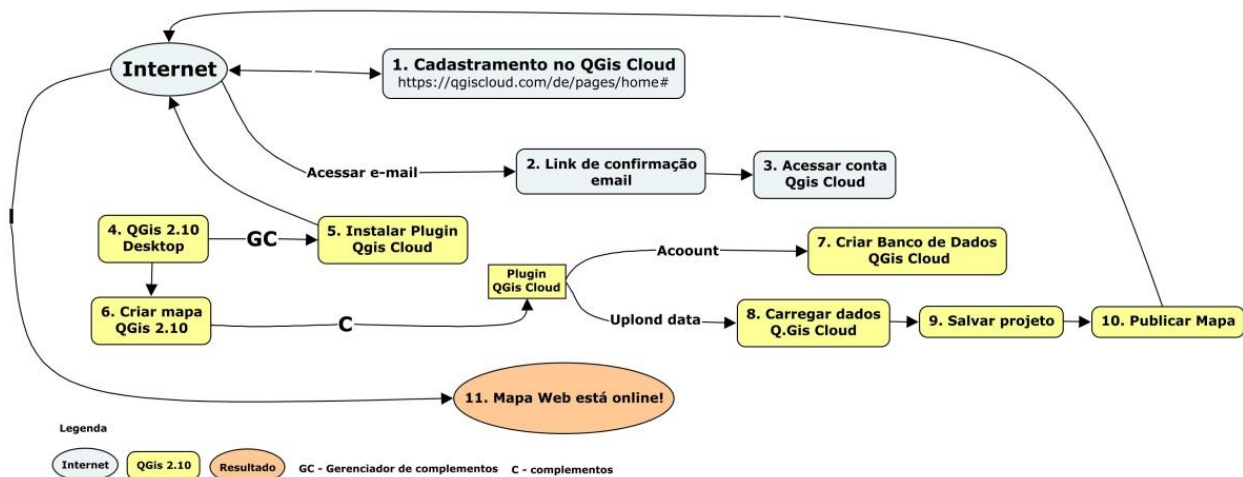


Figura 1: Diagrama metodológico de geração do "Webgis" no Q.Gis Cloud.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 é possível observar a sequência de visualização e acesso as bases vetoriais da área de estudo quando publicadas na plataforma Q.GIS *Cloud*. Nesse mapa via *Web*, a rede de drenagem e a classificação do uso e cobertura da terra poderão ser visualizadas de forma simples e por diversos usuários. No mapa estruturado é possível utilizar recursos como: *zoom*, *pan* e seleção de camadas.

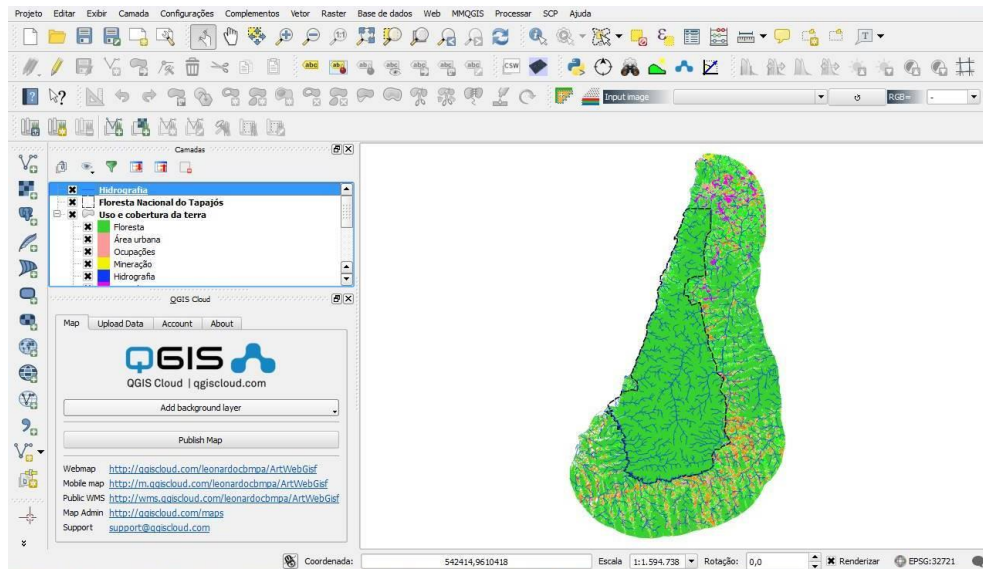


Figura 2: Área de trabalho do Q.GIS 2.10 antes da publicação do mapa Web no Q.GIS Cloud

Ao observar a Figura 3, nota-se que são apresentadas camadas de visualização das informações, tais como dados vetoriais em diferentes níveis de detalhamentos, permitindo mudar a simbologia de representação desses dados. Destaca-se também no mapa *Web* que as informações da tabela de atributos podem ser manipuladas de modo interativo, conforme interesse e necessidade do usuário. As camadas nesses mapas interativos podem ser ativadas ou desativadas pelas ferramentas de identificação de objetos e ainda, na tabela de atributos, é possível manipular dados da feição e/ou camada selecionada, como por exemplo, agricultura anual, floresta, pasto limpo e pasto sujo. As ferramentas de cálculo de área e de distância possibilitam mensurar de forma dinâmica e simples as áreas de interesse e necessidades (Figura 3).

Alguns dos recursos desta plataforma são objetivos e acessíveis, como a apresentação de espaços e pontos notáveis, fundamentais para tomada de decisão, principalmente nas funções de cálculo de áreas, distância e determinação de coordenadas. O acesso ao *WebGisFNT* pode ser realizado por diferentes grupos de usuários na internet, bem como por múltiplos e remotos usuários, de modo que cada um pode realizar consultas em diferentes níveis de complexidade de análise e interpretação.

Vale ressaltar que essa aplicação *WebGisFNT* permite disponibilizar espacialmente dados e informações ambientais da Flona Tapajós e seu entorno, através de uma rede local de computadores como COMFLONA, administração do ICMBio, EMBRAPA e outras instituições de ensino, pesquisa e extensão rural. O acesso aos mapas e suas ferramentas estão disponibilizadas através do Link: <https://qgiscloud.com/leonardocbmpa/ArtWebGisf>.

O *SIGWebFNT* contempla resultados de diferentes projetos de pesquisa e; possibilita o acesso de múltiplos usuários com perfis distintos, mesmo aqueles que não possuem profundo conhecimento na área de geotecnologia, de modo que a cada consulta, em função técnico de quem o faz, pode ser ter diferentes níveis de complexidade de análise e interpretação dos resultados.

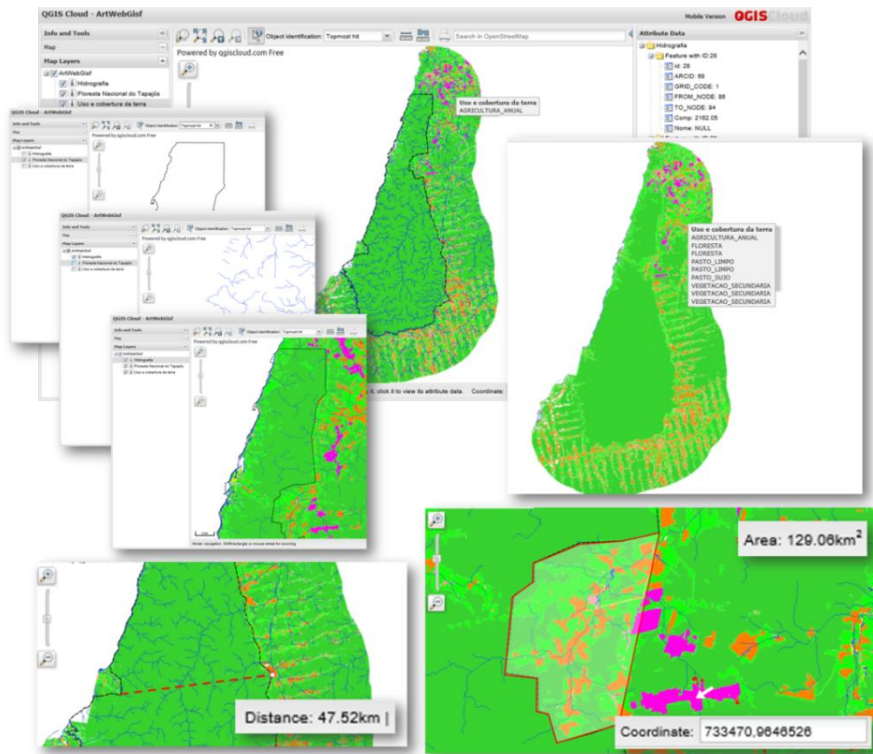


Figura 3: Mapa Web com dados vetoriais de uso e cobertura da terra e rede de drenagem no Q.GIS Cloud

Além dos resultados já apresentados em ambiente *Desktop* e mapa *Web*, destacam-se a possibilidade de visualização do mapa *Web* em *Smartphone*. Desta forma, o produto gráfico possibilita a visualização, pesquisa e coleta de dado de informações por meio da plataforma Q.GIS Cloud, conforme pode ser observado na Figura 4.

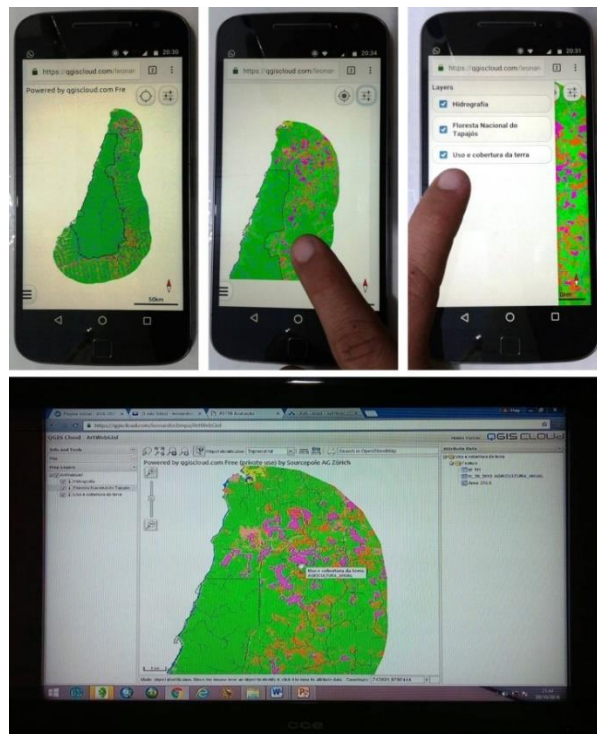


Figura 4: Resultado da aplicação da plataforma Q.GIS Cloud no smartphones e smart Tv.

Com o sistema proposto e a solução livre GIS na nuvem do Q.GIS *Cloud*, pode-se promover o compartilhamento de informação da FNT, o que é interessante principalmente aos órgãos públicos, com acesso gratuito ao mapa *Web*. Com a integração das ferramentas de geoprocessamento no mapa *Web* sistemas baseados em SIG podem ter uma redução expressiva no custo referente ao monitoramento ambiental e a gestão de recursos naturais em áreas protegidas [9].

Os resultados da ferramenta *WebGisFNT* pode melhorar a compreensão de processos físicos, em especial aqueles ligados à hidrografia, uso de cobertura da terra, dentre outros[10]. O produto disponibilizado pode ser utilizado para estudos morfométricos, controle de enchentes, potencial de abastecimento hídrico, dinâmica de transporte de poluentes, via de contaminação hídrica, áreas vulneráveis ao processo erosivo, áreas com sistemas de produção agrícola e pecuária, zonas potenciais para plantios florestais de espécies nativas da Amazônia, entre outras aplicações diretas. Por fim, o sistema de integração, baseado na *Web*, apresentam potencialidades para auxiliar a tomada de decisão e o planejamento dos recursos naturais disponíveis, bem como uma consequente melhoria na prestação de serviços à sociedade.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos conclui-se que:

- A ferramenta *SIGWebFNT* possibilita a elaboração de diferentes mapas com informações integradas em Unidade de Conservação;
- O *Web* mapa apresenta dados ambientais que podem ser trabalhados de forma dinâmica pelos diferentes públicos que acessarem o sistema;
- Os dados disponíveis na nuvem permitem acesso às informações de interesses múltiplos aos usuários;
- A aplicação de *SIGWebFNT* apresenta recursos para subsidiar planejadores, gestores e atores sociais na Unidade de Conservação de Uso Sustentável na Amazônia;
- A ferramenta permite a análise de diversos cenários de recurso hídricos e uso e cobertura da terra, assim como o gerenciamento de outras informações como, por exemplo, solo, relevo, temperatura, dentre outros.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, em nível de mestrado acadêmico, ofertado pela Universidade do Estado do Pará (UEPA), na cidade de Belém-PA pela oportunidade de capacitação profissional do primeiro autor; à Embrapa Amazônia Oriental, coordenadora das ações de pesquisa do Projeto ROBIN (*Role Of Biodiversity In climate change mitigation*) no Brasil, .

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Santos FAB, Muller C. Sistema de informações geográficas no apoio ao gerenciamento de obstáculos à superfície de segmento visual. Boletim de Ciências Geodésicas. 2014 jul-set; 20 (3): 504-525, doi: dx.doi.org/10.1590/S1982-21702014000300029.
2. Dragicevic S. The potential of Web-based GIS. J Geograph Syst. 2004; 6: 79–81, doi: 10.1007/s10109-004-0133-4.
3. Barbosa I. Geospatial metadata retrieval from web services. Boletim de Ciências Geodésicas. 2013 jan-mar; 19 (1):3-13.
4. Costa FS. Sopa de Letras Geográfica. Revista FOSSGIS Brasil. 2011 março.
5. Melo CH, Guerra MA. SGBD com Extensão Espacial e Sistema de Geoinformação: Um Casamento Perfeito. Revista Fonte. 2014 fevereiro.

6. Santana SA, Freitas CR., Moura CM, Pierozzi Junior, DC. O Uso do WEBGIS como Ferramenta de Gestão de um Município: Estudo de Caso de Lagoa Santa. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007 abril 21-26; Florianópolis, Brasil: INPE p. 5487-5489.
7. Carvalho CA, Piorozzi Junior I, Oshiro OT, Alencar MCF. WebGis na Embrapa Monitoramento por Satélite: integração da Arquitetura e Tecnologia da Informação para disseminação de geoinformação na Internet. Campinas, Brasil: Embrapa Monitoramento por Satélite; 2004. 26 p.
8. INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Banco de Dados do TerraClass. 2012. Disponível em:<http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2010.php>. Acesso em: 01 Mar. 2016.
9. Tsou MH. Integrating Web-based GIS and image processing tools for environmental monitoring and natural resource management. J Geograph Syst. 2004; 6: 155–174, doi: 10.1007/s10109-004-0131-6.
10. Ávila WR, Oliveira LCN. Uso do Quantum GIS e Google Earth para delimitação e análise de áreas de preservação permanentes da sub-bacia do córrego Água Branca em Goiânia. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013 abril 13-18; Foz do Iguaçu, Brasil: INPE.
11. .

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como consequência geral para o ambiente e sociedade, a partir dos resultados apresentados, é necessária a adoção de práticas que conservem a cobertura do solo ao longo da FNT para assegurar a manutenção dos cursos hídricos, principalmente na AE com o propósito de filtrar os impactos negativos das atividades que ocorrem no entorno, como: ruídos, poluição, espécies invasoras e avanço da ocupação humana.

É preciso enfatizar que há um custo social e ecológico que podem está atingindo o ambiente e as pessoas na subáreas em análise em virtude da ocupação de terras por agricultura anual e pastos mal manejados, que induz a intensificação de perdas de solo, água, material orgânica e nutrientes e aumento de TST, ameaçando a manutenção dos corpos d'água e exercendo um forte pressão sobre a FNT, colocando-a sob advertência de perder futuramente o *status* de Unidade de Conservação (DE MELO FERREIRA, 2012).

Os produtos deste trabalho podem ser complementares na identificação de indicadores de serviços ecossistêmicos prestados pelas áreas preservadas na Flona Tapajós, bem como por possíveis serviços ambientais no seu entorno, decorrente do uso conservacionista. Nesta continuidade, sugere-se que haja uma especial atenção para que sejam mantidos e preservados o entorno da FNT e reversão e prevenção dos impactos ambientais gerados na AE com a finalidade de proteção dos mananciais, sustentabilidade, desenvolvimento e preservação.

Por fim, é necessário maior atenção e mobilização dos usuários, da sociedade, das agências controladoras e fiscalizadoras e principalmente a criação de Comitê de Bacia da Floresta Nacional do Tapajós e entorno para auxiliar no planejamento estratégico vinculado à gestão e manejo da rede hidrográfica, permitindo com isso viabilizar a manutenção dos ecossistemas e sua biodiversidade da FNT+AE.

Normas da Revista Enciclopédia Biosfera (Artigo 1)

1) Forma de apresentação: O artigo científico ou a revisão bibliográfica deverá ser apresentado de forma completa – Digitado em formato DOC (**não sendo aceito formato DOCX, PDF ou outro**), contendo Título, nome (s) completo (s) do (s) autor (es) (sem abreviações), e-mail do autor correspondente incluindo instituição de origem, cidade e país.

2) O trabalho deve ter: resumo em língua portuguesa, palavras-chave (em ordem alfabética), Título em língua estrangeira, resumo em língua estrangeira (abstract), palavras-chave em língua estrangeira (keyboards). O resumo deve ter o máximo de 250 palavras.

3) O número de palavras-chave e os respectivos key-words deverão ser três.

4) O artigo científico regular deve apresentar as seções: introdução, objetivos (que podem estar inseridos na introdução), material e métodos, resultados e discussão, conclusão (se for o caso), agradecimentos (se houver) e referências.

A revisão bibliográfica deve possuir as seguintes seções: introdução, desenvolvimento, considerações finais, agradecimentos (se houver) e referências.

A formatação seguirá as normas de: corpo do texto justificado, espaçamento simples, margem superior e esquerda de 3 cm, margem inferior e direita de 2 cm, Escrito em no mínimo 7 páginas e com limite máximo de 15, em papel tamanho A4, com fonte Arial tamanho 12. As páginas não devem ser numeradas.

5) Inserção de Tabelas e Figuras deverá ser feita imediatamente após a chamada no texto. As figuras deverão ser apresentadas em formato jpg, com resolução mínima de 300 dpi. Orientamos para que o trabalho tenha preferencialmente tamanho máximo de 1.000Kb. As figuras devem informar a fonte.

O cabeçalho da Tabela deve vir acima da Tabela. O cabeçalho da Figura deve vir abaixo da Figura. Para mais detalhes a respeito da formatação de Tabelas e Figuras consultar trabalhos já publicados no periódico.

6) As situações não previstas devem seguir o que é determinado pelas normas da ABNT.

7) São aceitos trabalhos nos idiomas: **português, espanhol e inglês.**

8) São aceitos artigos nas formas:

a - **Pesquisa científica com resultados;**

b - **Estudo de caso;**

c - **Revisão Bibliográfica;**

9) Para todas as publicações: devem conter, pelo menos, 60% das referências citadas sendo dos últimos cinco anos. Não citar trabalhos oriundos de resumos de congressos, teses e dissertações.

10) TRABALHOS QUE NÃO ESTIVEREM DENTRO DA FORMATAÇÃO INDICADA NO EDITAL SERÃO RECUSADOS SUMARIAMENTE.

11) As submissões de trabalhos devem ser feitas durante o período de vigência do edital, obedecendo às regras do mesmo.

12) Trabalhos resultantes de pesquisa com pessoas ou animais devem informar o parecer do comitê de ética e número de registro. (esta informação pode ser enviada anexa ao trabalho)

13) Orientações para desenvolvimento do texto:

- Trabalho científico deve ser escrito de forma impessoal.

- Referências no texto devem constar na lista final e vice-versa.

- **NÃO SÃO ACEITOS ARTIGOS DE OPINIÃO.**

- Todos os artigos submetidos recebem resposta dos avaliadores e orientações para que os autores possam melhorar seus trabalhos (quando for o caso).

- Cópia literal ou aproveitamento de texto de terceiros é considerado plágio. Quando esta cópia ocorre de um outro trabalho do próprio autor esta prática é considerada autoplágio. EVITAR QUALQUER FORMA DE PLÁGIO.

ATENÇÃO:

Conforme o Código Penal Brasileiro, artigo 184, PLÁGIO é crime. A punição pode variar desde pagamento de multa a reclusão por quatro anos.

14) Orientamos para a utilização das normas NBR 6023 e NBR 10520 da ABNT para a confecção das citações e referências bibliográficas. As referências bibliográficas deverão ser apresentadas em ordem alfabética.

IMPORTANTE:

Para as referências oriundas de artigos científicos, OBRIGATORIAMENTE inserir a URL e o número de identificação de DOI:

Exemplo:

VIJAYARAGHAVAN, K.; JOSHI, U. M. Hybrid Sargassum-sand sorbent: A novel adsorbent in packed column to treat metal-bearing wastewaters from inductively coupled plasma-optical emission spectrometry. **Journal of Environmental Science and Health**, Part A, v. 48, n. 13, p. 1685-1693, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/10934529.2013.815503>>. doi: 10.1080/10934529.2013.815503

Outras informações pelo e-mail biosfera@innovatio.org.br

Atenciosamente,

Profa. Ivonete Parreira
Presidente da Comissão Editorial e Científica.

**Normas da Revista Sodebras
(Artigo 2)**



Revista SODEBRAS – Volume 10
Nº XXX - XXXXX/ 2015
(Centralizado, tamanho 14)

INSTRUÇÕES PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA SODEBRAS
(Times New Roman, maiúscula, negrito, centralizado, tamanho 14)

NOME^{1,2}; NOME^{2,1}; NOME^{3,2,3}; NOME³
1 – INSTITUTE; 2 – INSTITUIÇÃO; 3 – INSTITUIÇÃO
e-mail (para contato)

(Times New Roman, maiúscula, centralizado, tamanho 11)

Utilizar cabeçalho na formatação acima.

(Formatação do documento:

Tipo de folha: A4

MARGENS: 1,7 superior, 1,7 inferior, 1,7 esquerda e 1,7 direita, 1,25 cabeçalho e 0,75 rodapé.

COLUNAS: 2 colunas, tamanho das colunas 8,58cm e espaçadas 0,42 cm.

TAMANHO: O artigo deverá conter 6 páginas no máximo.)

Resumo - *Este artigo apresenta o circuito desenvolvido com o XXXXXXXX que é compatível com os microcontroladores da família 8051, para implementação de um controlador de velocidade discreto, já desenvolvido com o microcontrolador 80C31 que, devido às suas inúmeras limitações, gerou no sistema final a necessidade de restrições funcionais importantes. O objetivo deste estudo foi à realização de um circuito gerador de PWM com microcontrolador da família 8051, utilizando tabelas pré-programadas com valores proporcionais à tensão e frequência desejadas, com expressivo grau de otimização. O circuito desenvolvido é utilizado para controlar a velocidade de um motor de indução trifásico, para aplicação principalmente em veículo elétrico, mas podendo também ser utilizado em esteira rolante, geladeira entre outros.*

Palavras-chave: *Microcontrolador. Geração de PWM. Motor Trifásico.* (Times New Roman, negrito, itálico, justificado, tamanho 9)

I. INTRODUÇÃO

(Títulos das seções: Times New Roman, maiúscula, centralizado, tamanho 10)

O mundo tem evoluído bastante e neste sentido... de acordo com Pacheco (1999) os avanços alcançados são importantes para o desenvolvimento tecnológico.

A evolução é marcada pelo rompimento do processo comum e passa a ser reconhecido pelos especialistas (CARUSO, 2007).

(Corpo de texto: justificado, com recuo de primeira linha de 0,75 cm, Times New Roman, tamanho 10).

(Citação indireta quando o nome do autor está inserido na frase, apenas a primeira letra do sobrenome em maiúscula, quando não inserido na frase, todas as letras maiúsculas, sempre seguidos do ano de publicação).

(Até 3 autores, todos os nomes devem aparecer descritos, mais de 3 autores: escrever o nome do primeiro autor, seguido da expressão *et al.*)

Ainda neste sentido Eber (2010) afirma que:

“Todo e qualquer avanço neste tipo de tecnologia necessita profundos conhecimentos técnicos e científicos a fim de trazer os conhecimentos para o dia a dia da população (EBER, p.45, 2010).”

(Citação direta com mais de 3 linhas: recuo à direita de 2 cm, Times New Roman, tamanho 9)

II. PROCEDIMENTOS

Neste artigo foi analisado o MIT para um veículo elétrico, porém o circuito implementado pode ser utilizado para controlar a velocidade de motores de indução para outras finalidades, sejam residenciais ou industriais. A Figura 1 representa a chave seletora ligada ao pedal.

Figura 1 - Chave Seletora alimentando os ports do Microcontrolador

Fonte: indicar mesmo se for do próprio autor. Exemplo: Autores, 2015.

(Título de figuras: Times New Roman, centralizado, tamanho 9, espaçamento simples. Fonte, deve-se seguir a mesma formatação e ser inserida logo abaixo da figura)

Outro valor muito importante é a quantidade de amostras por período da portadora que é dado pela equação (1):

$$N = 1/(f_a \cdot n \cdot t_s) \quad (1)$$

(Equações: Times New Roman, maiúscula, justificado, tamanho 10, numeradas seqüencialmente à direita)

III. RESULTADOS

No pedal de aceleração do... os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores obtidos durante os testes.

(Título da Tabela: Times New Roman, centralizado, tamanho 9).

(Dados da Tabela: Times New Roman, células centralizadas, tamanho 10, cabeçalho em negrito, linhas horizontais separando o cabeçalho e no final da tabela).

IV. CONCLUSÃO

A técnica utilizada neste estudo...

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARUSO, José Mário. Controle de Velocidade de um MIT Tracionando um Veículo Elétrico. Taubaté, 2007.

ERBER, Pietro. “Gasolina e Tomada”: o carro elétrico está perto. Rio de Janeiro: **Revista do Empresário da ACRJ**, maio/junho, 2010.

FRÉ, Paulo; MARCELINO, Márcio Abud; ADAMI, José Feliciano. Sensor Kelvin para detecção de Tensão. **Revista Sodebras [on line]**. v. 10, n.117, Set./2015, p. 147-152. ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N117.pdf>>. Acesso em 04 de out. 2015.

PACHECO, Marco Aurélio C. **Algoritmos Genéticos: Princípios e Aplicações**. Disponível em: <http://www.ica.ele.puc-rio.br/Downloads/38/CE-Apostila-Comp-Evol.pdf>. Acesso em 04 dez 2010.

(As referências devem ser apresentadas em ordem alfabética, com espaçamento entre linhas de 6pt e alinhadas à esquerda).

Importante: verificar, nos artigos anteriores publicados pela SODEBRAS, quando há artigos que servem como referência (citação na bibliografia) para seu artigo.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

OBS.: Todas as alterações de formatação e português devem ser feitas pelos autores utilizando como base o artigo modelo acima, caso haja correção solicitaremos dos autores.

(Obrigatório inserir em seu artigo o copyright)

Normas da Revista Espacios (Artigo 3)

Espacios es una publicación de carácter interdisciplinario cuyo objetivo fundamental es la difusión de las experiencias y resultados de las investigaciones en el campo de la gestión tecnológica, la educación y áreas afines a nivel internacional, en especial el centro y suramericano. En esta revista serán publicados artículos que constituyan una contribución original.

Enviar sus artículos a/ Send your article to/ Envie seu artigo para editor@revistaespacios.com

Forma y preparación de los manuscritos

Todos los artículos deberán enviarse en versión electrónica, preferiblemente utilizando procesador de texto word (.DOC o .DOCX) y enviado como anexo de un correo electrónico.

MUY IMPORTANTE

El apellido principal por el que se va a indexar el autor debe ir todo en MAYÚSCULAS (CAPITALES).

Rafael José VALBUENA Yépez

Rogelio Fernando Chávez Cesare VOZA

María Eugenia LÓPEZ de Suárez

Es recomendable que los gráficos y figuras sean entregados aparte en JPG o TIFF. Asimismo es recomendable as Tablas y Cuadros deben ser entregados en formato Excel (XLS o XLSX)

Artículos

1. Los artículos deberán ser originales no publicados en otras revistas, salvo en los casos en que el Consejo Editorial así lo determine.
2. La extensión máxima de cada trabajo será de 20 páginas tamaño carta (A4) con 32 líneas por página (espacio y medio) y 62 golpes por línea. En esta 20 páginas deberán estar incluidos los gráficos, tablas y referencias bibliográficas. Estas últimas podrán presentarse a un espacio (50 líneas por página).
3. Los artículos deberán incluir un resumen del mismo, tanto en inglés como en el idioma original (español, portugués...), con una extensión no mayor de 100 palabras y una breve reseña curricular con los datos básicos de él o los autores del artículo.
4. Se deberá evitar, en lo posible, las notas al pie de página. Si son estrictamente necesarias deberán ser colocadas antes de la referencias bibliográficas, al final del artículo.
5. Los artículos serán sometidas a revisión por parte de árbitros especialistas en el tema tratado.
6. El envío de un manuscrito por parte del autor y su aceptación por parte del Editor en representación del Consejo Editorial representa una autorización para la publicación de su artículo en la Revista Espacios.
7. Es conveniente que al enviar el artículo, el autor o autores anexe el recibo de transferencia de 70 US\$.
8. Las opiniones y comentarios emitidos en cada artículo son responsabilidad exclusiva del autor o los autores.

Referencias

Se usará la cita y referencia bibliográfica basada en las normas APA ([PDF](#))

Introducción

En esta edición revisada y ampliada, incorporamos ejemplos de citas correspondientes a contribuciones y comentarios en blog, foros de discusión, listas de correo electrónico, y videos publicados en sitios como YouTube.

Definiremos a continuación algunos conceptos que desarrollaremos a lo largo de esta guía:

CITA BIBLIOGRAFICA: transcripción parcial de un texto con la referencia precisa de su origen, es decir, de la fuente, debiendo consignarse ésta en el texto mismo del trabajo. En este manual denominaremos "cita bibliográfica" a la transcripción parcial de un texto, acompañada de la mención de la fuente consultada y "referencia", al índice de autores citados al final de la obra.

NOTAS: texto aclaratorio que amplía la información sobre algún concepto. Se inserta en el texto utilizando un número correlativo que le adjudica automáticamente el procesador de textos.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA: "Es un conjunto de datos precisos y detallados con los que un autor facilita la remisión a fuentes documentales, o a sus partes, y a sus características editoriales". En este manual serán consignadas al final del documento ordenadas alfabéticamente.

PROCEDENCIA DE DATOS: los datos para redactar una cita bibliográfica deben extraerse en primer lugar de la portada del documento que se necesita citar. Si los datos de ésta resultaran insuficientes se recurrirá a otras partes de la obra (cubierta, anteportada, colofón).

PUNTUACION: Los signos de puntuación que se utilizarán en la redacción de una cita bibliográfica son: el punto (.), la coma (,), el punto y coma (;), el guión (-), los dos puntos (:), los paréntesis () y los corchetes ([]), éstos últimos se utilizan para insertar información que no es tomada de la fuente.

ESCRITURA Y LENGUAJE DE LA CITA: Nunca debe traducirse un elemento de la cita bibliográfica, se transcribirá en la misma lengua en que fue escrito (por ejemplo: si el título está escrito en inglés, debe transcribirse tal cual).

USO DE MAYUSCULAS: La cita debe redactarse en letra minúscula, con excepción de:

1. la primera letra de los nombres propios
2. la primera letra de la primera palabra de cada área
3. la primera letra de los sustantivos en el idioma alemán

Normas da Geografia Física (Artigo 4)

Preparação de originais

Os **ARTIGOS**, **REVISÕES DE LITERATURA** e **NOTAS CIENTÍFICAS** devem ser encaminhados, exclusivamente, via Online, editados em idioma Português. O trabalho deverá ser digitado em tamanho A4 (210 x 297 mm), com margens ajustadas em 2cm (superior, inferior, esquerda e direita), texto em duas colunas, espaçamento simples entre linhas, indentação de 1,25 cm no início de cada parágrafo, fonte Times New Roman, tamanho 11 em todo o texto. Os títulos devem estar em fonte 12 e os subtítulos (quando existirem) devem estar em itálico. O manuscrito deve ser submetido formatado seguindo modelo dos artigos publicados no último volume da RBGF publicado online.

Todas as Figuras (imagens e/ou gráficos) devem ser submetidas em separado e isoladamente (uma a uma).

O número mínimo de páginas será de 15 para Artigos, 20 para Revisão de Literatura e 8 para Nota Científica, incluindo tabelas, gráficos e ilustrações. Um número mínimo de páginas diferente das quantidades recomendados pela revista serão aceitos apenas mediante consulta prévia ao Editor Chefe.

Os **Artigos**, **Revisões de Literatura** ou **Notas científicas** deverão ser iniciados com o título do trabalho e, logo abaixo, os nomes completos dos autores, com o cargo, o local de trabalho dos autores e endereço eletrônico. A condição de bolsista poderá ser incluída. Como chamada de rodapé referente ao título, deve-se usar número-índice que poderá indicar se foi trabalho extraído de tese, ou apresentado em congresso e entidades financiadoras do projeto.

O **ARTIGO** deverá conter, obrigatoriamente, os seguintes tópicos: **Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords; Introdução** com revisão de literatura e objetivos; **Material e Métodos; Resultados, Discussão; Conclusão, Agradecimentos e Referências**. Os capítulos de **Resultados e Discussão** poderão ser inseridos juntos ou em separado no artigo.

Agradecimentos devem aparecer sempre antes das **Referências**. Todos estes tópicos devem ser escritos com apenas a primeira letra maiúscula, fonte Times New Roman, tamanho 11 e negrito, com exceção do TÍTULO que deverá estar em tamanho 12 e apenas com a primeira letra das principais palavras em maiúscula, por exemplo: "Estrutura do Componente Lenhoso de uma Restinga no Litoral Sul de Alagoas, Nordeste, Brasil (Structure of the Woody Component of a Restinga on the South Coast of Alagoas, Northeastern Brazil)";, com exceção dos nomes científicos e autores das espécies.

A **REVISÃO DE LITERATURA** deverá conter os seguintes tópicos: **Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords; Introdução; Desenvolvimento; Conclusão; Agradecimentos e Referências**. Os **Agradecimentos** devem aparecer antes das **Referências**.

A **NOTA CIENTÍFICA** deverá conter os seguintes tópicos: **Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords; Texto** (sem subdivisão, porém com **Introdução; Material e Métodos; Resultados e Discussão** (podendo conter Tabelas ou Figuras); **Conclusão; Agradecimentos e Referências**. Os **Agradecimentos** devem aparecer antes das referências. **As seções devem ser constituídas de: TÍTULO** – apenas com a primeira letra em maiúscula, deve ser conciso e indicar o seu conteúdo. O(s) nome(s) do(s) autor(es) deve(m) ser escrito(s) em caixa alta e baixa, todos em seguida, com números sobrescritos que indicarão a filiação Institucional e/ou fonte financiadora do trabalho (bolsas, auxílios, etc.).

Créditos de financiamentos devem vir em **Agradecimentos**, assim como vinculações do artigo a programas de pesquisa mais amplos, e não no rodapé. Os Autores devem fornecer os endereços completos, evitando abreviações, elegendo apenas um deles como Autor para correspondência. Se desejarem, todos os autores poderão fornecer E-mail para correspondência.

Os **RESUMO** e **ABSTRACT** devem conter no máximo 250 palavras, escritos no seguinte formato estruturado: Motivação do estudo (porque o trabalho foi realizado, quais as principais questões a serem investigadas e porque isso é importante para o público da RBGF), Métodos (texto explicativo dos

métodos utilizados para a realização do estudo), Resultados (principais resultados obtidos) e Conclusões (afirmativas curtas que respondam os objetivos apresentados na Introdução). Serão seguidos da indicação dos termos de indexação, diferentes daqueles constantes do título. A tradução do **RESUMO** para o inglês constituirá o **ABSTRACT**, seguindo o limite de até 250 palavras. Ao final do **RESUMO**, citar até cinco **Palavras-chave**, à escolha do autor, em ordem de importância, evitando palavras no plural e abreviaturas. A mesma regra se aplica ao **ABSTRACT** em Inglês para as **Keywords**.

Resumo e Abstract NÃO devem conter citações bibliográficas.

Introdução - deve ser breve ao expor, evitando abreviaturas, fórmulas e nomes dos autores de espécies vegetais/animais:

- a) conhecimentos atuais no campo específico do assunto tratado;
- b) problemas científicos que levou(aram) o(s) autor(es) a desenvolver o trabalho, esclarecendo o tipo de problema abordado ou a(s) hipótese(s) de trabalho, com citação da bibliografia específica e finalizar com a indicação do objetivo.

Introdução NÃO deve conter Figuras, Gráficos ou Quadros.

Material e Métodos - devem ser reunidas informações necessárias e suficientes que possibilitem a repetição do trabalho por outros pesquisadores; técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas. Todo e qualquer comentário de um procedimento utilizado para a análise de dados em

Resultados deve, obrigatoriamente, estar descrito no item **Material e Métodos**.

Resultados - devem conter uma apresentação concisa dos dados obtidos. As Figuras devem ser numeradas em sequência, com algarismos arábicos, colocados no lado inferior direito; as escalas, sempre que possível, devem se situar à esquerda da Figura e/ou Quadro. As Tabelas devem ser numeradas em sequência, em arábico e com numeração independente das Figuras. Tanto as Figuras quanto os Quadros devem ser inseridos no texto o mais próximo possível de sua primeira citação.

Itens da Tabela, que estejam abreviados, devem ter suas explicações na legenda. As Figuras e as Tabelas devem ser referidas no texto em caixa alta e baixa (Figura e Tabela). Todas as Figuras e Tabelas apresentadas devem, obrigatoriamente, ter chamada no texto e ser submetidas como documentos suplementares, em separado. As siglas e abreviaturas, quando utilizadas pela primeira vez, devem ser precedidas do seu significado por extenso. Ex.: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).

Usar unidades de medida de modo abreviado (Ex.: 11 cm; 2,4 µm), e com o número separado da unidade, com exceção de percentagem (Ex.: 90%). Os números de um a dez devem ser escrito por extenso (não os maiores), a menos que seja medida. Ex.: quatro árvores; 6,0 mm; 1,0 4,0 mm; 125 amostras. O nome científico de espécies deve estar sempre em itálico, seguido do nome do autor.

Os títulos das Figuras, Tabelas e/ou Quadros devem ser autoexplicativos e seguir o exemplo a seguir:

Figura 1. Localização, drenagem e limite da bacia hidrográfica do Rio Capiá. Subdivisões dentro de **Material e Métodos** ou de **Resultados** e/ou **Discussão** devem ser escritas em caixa alta e baixa, seguida de um traço e o texto segue a mesma linha. Ex.: Área de Estudo - localiza se

Discussão - deve conter os resultados analisados, levando em conta a literatura, mas sem introdução de novos dados.

Conclusões - devem basear-se somente nos dados apresentados no trabalho e deverão ser numeradas.

Agradecimentos - Item obrigatório no artigo. Devem ser sucintos e não aparecer no texto ou em notas de rodapé.

Normas da Revista Scientia Plena (Artigo 5)



Título do trabalho

Title in english

X. X. Sobrenome^{1*}; X. X. Sobrenome²

¹Nome do Departamento/Laboratório/Setor, Nome da Instituição, CEP, Cidade-Estado, País

¹Nome do Departamento/Laboratório/Setor, Nome da Instituição, CEP, Cidade-Estado, País

*emaildoautorcorrespondente@xxxx.xxx

(Recebido em dia de mes de ano; aceito em dia de mes de ano)

O resumo deve ser inserido aqui e não pode ultrapassar 250 palavras.

Palavras-chave: palavra-chave 1, palavra-chave 2, palavra-chave 3

Insert the abstract here.

Keywords: keyword 1, keyword 2, keyword 3

6. INTRODUÇÃO

Na seção de Introdução do artigo, o autor deve descrever o estado-da-arte do problema, além de justificar e apresentar os objetivos do seu trabalho.

Neste modelo, que está formatado seguindo o modelo adotado pela revista, aproveitaremos esta seção para apresentar algumas informações sobre a submissão de artigos à **Scientia Plena**.

A **Scientia Plena** é uma publicação científica mensal e aceita manuscritos originais e inéditos, redigidos em português, inglês ou espanhol. Artigos de revisão não são aceitos para publicação.

Trabalhos que utilizaram seres humanos como objeto de estudo ou experimentação animal devem indicar no texto o número da aprovação pelos respectivos Comitês de Ética.

O trabalho não deverá estar sendo avaliado simultaneamente por outra revista e todos os autores devem estar cientes da submissão.

O trabalho deve ser submetido pelo sistema eletrônico da revista em formato “.doc”, com tabelas e figuras incluídas no corpo do texto. Todo o corpo do texto deve ser redigido em Times New Roman, tamanho 11, justificado e com espaçamento simples. As margens das páginas devem ser de 2,5 cm (superior e inferior) e 3,0 cm (esquerda e direita). Todos os parágrafos devem apresentar tabulação de 0,5 cm e as tabelas e figuras devem ser citadas por extenso no corpo do texto (ex: Figura 1; Tabela 1). Ao longo do texto deve ser utilizado o sistema internacional de unidades (SI) para indicação de medidas.

Para citação das referências, utilizar o Estilo Vancouver, com a numeração entre colchetes e alinhada ao texto. Exemplos: “... para determinados valores [1]...”; “...Segundo Meneton et al. (2005) [2]...”; “...estudos de raios de tórax [3]...”; “... o tamanho da amostra [4]...”; “... o uso de drogas para alívio da dor [5, 6]...”.

A lista de referências deve ser apresentada ao final do texto, em seção específica. Não usar notas de rodapé.

7. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia deve ser descrita com as informações necessárias para permitir a repetição do estudo por outro pesquisador.

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados e Discussão podem ser apresentados em conjunto ou em subtítulos separados.

Tabelas e figuras devem ser centralizadas, com legenda objetiva e autoexplicativa. Tabelas não devem apresentar linhas verticais secundárias. Devem-se evitar tabelas e/ou figuras com poucas informações, que podem ser facilmente substituídas por texto corrido.

Figura 1: Legenda da figura
Tabela 1: Exemplo de modelo de tabela

9. CONCLUSÃO

Uma conclusão deve ser apresentada com as principais contribuições do estudo.

10. AGRADECIMENTOS

Apresentar os agradecimentos pertinentes, se houver.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Petitti DB, Crooks VC, Buckwalter JG, Chiu V. Blood pressure levels before dementia. *Arch Neurol.* 2005 Jan;62(1):112-6, doi:10.1001/archneur.62.1.112.
2. Meneton P, Jeunemaitre X, de Wardener HE, MacGregor GA. Links between dietary salt intake, renal salt handling, blood pressure, and cardiovascular diseases. *Physiol Rev.* 2005 Apr;85(2):679-715, doi: 10.1152/physrev.00056.2003
3. Jenkins PF. *Making sense of the chest x-ray: a hands-on guide.* New York: Oxford University Press; 2005. 194 p.
4. Riffenburgh RH. *Statistics in medicine.* 2nd ed. Amsterdam (Netherlands): Elsevier Academic Press; 2006. Chapter 24, Regression and correlation methods; p. 447-86, doi: 10.1016/B978-0-12-384864-2.00025-1
5. Zhao C. *Development of nanoelectrospray and application to protein research and drug discovery [dissertation].* Buffalo (NY): State University of New York at Buffalo; 2005. 276 p.
6. Rice AS, Farquhar-Smith WP, Bridges D, Brooks JW. Canabinoids and pain. In: Dostorovsky JO, Carr DB, Koltzenburg M, editors. *Proceedings of the 10th World Congress on Pain; 2002 Aug 17-22; San Diego, CA.* Seattle (WA): IASP Press; c2003. p. 437-68.



Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado
Tv. Enéas Pinheiro, 2626, Marco, Belém-PA, CEP: 66095-100
www.uepa.br/paginas/pcambientais