

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO ESTUDO
DE PRECIPITAÇÃO E DESMATAMENTO
NA PORÇÃO SUL DA AMAZÔNIA**

IAN MARINS SEIXAS

**MANAUS
2011**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**GEOLOGIAS APLICADAS AO ESTUDO
DE PRECIPITAÇÃO E DESMATAMENTO
NA PORÇÃO SUL DA AMAZÔNIA**

Ian Marins Seixas
Orientador: Prof. Dr. Eduardo da Silva Pinheiro

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

MANAUS

2011

AGRADECIMENTOS

Expresso meus sinceros agradecimentos:

A Deus (inteligência suprema e razão primeira de tudo e de todos) pela saúde e força necessárias, concedidas a mim para a execução deste trabalho;

Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pela oportunidade que me foi dada em cursar o Mestrado em Geografia;

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pela concessão da bolsa de estudo no período de dezembro de 2009 a dezembro de 2011;

Professor Doutor Eduardo da Silva Pinheiro, pelo comprometimento e dedicação demonstrados no decorrer da pesquisa, e por tudo que me ensinou (o meu muito obrigado);

Professor Doutor Rodrigo Augusto Ferreira de Souza (UEA/INPA) por compor a banca e pelas inúmeras contribuições;

Professor Doutor Naziano Pantoja Filizola (UFAM) por compor a banca e pelas inúmeras contribuições;

Prof. Dr. David Adams pelo apoio, ao estar sempre disponível para conversas e troca de idéias;

Núcleo de Modelagem Climática e Ambiental (INPA), em especial a M.Sc. Rosimeire Araújo pela disposição em me auxiliar e me introduzir no mundo da programação;

Aos amigos e colegas do Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFAM, o meu muitíssimo obrigado;

Aos meus irmãos da floresta, Ivan Linhares Ribeiro e Ana Paula Pires Florentino pelo convívio diário e por dividir as alegrias e mazelas da vida de um mestrando longe da família;

Aos meus pais, irmãos e familiares, que mesmo distante, me proporcionaram a realização de mais um sonho: ser Mestre;

À minha amiga e companheira nas horas difíceis, Roberta, pela compreensão, carinho, respeito e apoio demonstrados sempre que precisei.

Muito obrigado a todos.

RESUMO

Na Amazônia, os impactos das diversas atividades (extração de madeira, mineração e agropecuária) sobre a floresta geram a destruição da biodiversidade, a degradação dos solos e possíveis alterações climáticas. A floresta possui uma intensa interação com a atmosfera ao fornecer uma grande quantidade de calor e vapor d'água contribuindo para a umidade local. Considerando o atual cenário de desmatamento no sul da Amazônia (Arco do Desmatamento), tem-se como hipótese que a transformação do uso da terra e das paisagens, deverá afetar a circulação atmosférica local e contribuir para alteração dos padrões de precipitação. Os objetivos da pesquisa foram analisar e compreender as relações existentes entre a alteração no uso e cobertura da terra e os padrões de precipitação sobre uma área localizada entre o Sul do estado do Amazonas e Norte do Estado de Rondônia. Para realização da pesquisa foram utilizados dados sobre o desmatamento obtidos do INPE/PRODES (1997-2010), dados de precipitação obtidos pelo satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) (1998-2010) e dados sobre a dinâmica dos sistemas convectivos locais analisados a partir do satélite *Geostationary Operational Environmental Satellites* (GOES) (2008). Para a integração dos dados, foram utilizados os nove polígonos, sendo um deles de desmatamento intenso, um de savana, um de desmatamento menos intenso e o restante de floresta. Para analisar as tendências de precipitação dentro dos nove polígonos de interesse foi aplicado o teste *Mann-Kendall*. No sul do Amazonas, nos municípios estudados, a área de desmatamento não apresenta grandes extensões em termos percentuais, porém é importante destacar que o processo de desmatamento sofreu um acréscimo nos últimos anos em especial na região do "Arco do Desmatamento". Já os municípios localizados no norte de Rondônia contam com percentuais de desmatamento maiores. Na área de estudo, os 13 anos de dados de precipitação estimada por satélite TRMM-3B43 indicam que os valores médios de precipitação anual giram em torno de 2.232 mm.ano⁻¹. Na análise dos possíveis impactos do desmatamento, verificou-se que na porção Leste da área de estudo, os dados do TRMM 3B43 indicaram uma tendência de redução da precipitação da para o polígono de desmatamento. Os polígonos de savana e floresta não apresentaram grandes variações na tendência de precipitação para o período anual e sazonal. Os resultados aqui encontrados indicam possíveis alterações nos padrões comportamentais nas variáveis nuvem e precipitação.

Palavras-chave: Amazônia, Sensoriamento remoto, Desmatamento, Clima.

ABSTRACT

In the Amazon, the impacts of a range of activities (logging, mining and agriculture) on the forest produce the destruction of biodiversity, land degradation and possible climate change. The forest has an intense interaction with the atmosphere by providing a lot of heat and water vapor contributing to the local humidity. Considering the current scenario of deforestation in southern Amazonia (Arc of Deforestation), it has been hypothesized that the transformation of land use and landscapes, will affect the local atmospheric circulation and contribute to changes in precipitation patterns. The research objectives were to analyze and understand the relationship between the change in use and land cover and precipitation patterns over an area located between the South of Amazon state and North of Rondônia state. For the research we used data from INPE / PRODES (1997-2010), precipitation data was obtained by the satellite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) (1998-2010) and to analyze the dynamics of local convective systems we used data from the satellite Geostationary Operational Environmental Satellites (GOES) (2008). For the integration of data, we used the nine polygons, one of intense deforestation, a savanna, a less intense deforestation and forest rest. To analyze the trends of precipitation within the nine polygons of interest was applied the Mann-Kendall. In the south of Amazonas, in the cities studied, the area of study does not show a high-level of deforestation in percentage terms, but it is important to note that the process of deforestation has increased in recent years especially in the region of the "Arc of Deforestation". In the northern of Rondônia we can record higher levels of deforestation. In the study area, the 13 years of rainfall data estimated by TRMM satellite-3B43 indicate that the mean annual precipitation are around $2,232 \text{ mm.yr}^{-1}$. In the analysis of impacts of deforestation, it was found that the eastern portion of the study area, the TRMM 3B43 data indicated a negative slope line in precipitation for the polygon of deforestation. The savanna and forest polygons did not show large variations in trends for annual and seasonal scale-time. The present results indicate possible changes in behavioral patterns in cloud and precipitation variables.

Keywords: Amazon, Remote Sensing, Deforestation, Climate.

SUMÁRIO

RESUMO	iv
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
CAPÍTULO I	9
1. INTRODUÇÃO	9
CAPÍTULO II	14
2. REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1. AMAZÔNIA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS	14
2.3. AMAZÔNIA E SEUS MECANISMOS DE RETRO-ALIMENTAÇÃO.....	22
2.4. SENSORIAMENTO REMOTO	28
2.4.3. Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)	31
2.4.4. Geostationary Operational Environmental Satellite Program (GOES).....	34
CAPÍTULO III	36
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	36
3.2. MATERIAL E EQUIPAMENTOS	41
3.3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	43
3.3.1. Análise do desmatamento	43
3.3.2. Análise e mapeamento da precipitação na área de estudo (INMET)	43
3.3.3. Análise da precipitação vs. desmatamento.....	44
3.3.4. Temperatura do topo de nuvens vs. desmatamento	45
CAPÍTULO IV.....	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
4.1. O DESMATAMENTO NA ÁREA DE ESTUDO	48
4.2. ANÁLISE DAS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS ORIUNDAS DE ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS (INMET).....	53
4.3. ANÁLISE DOS PADRÕES DE PRECIPITAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO (TRMM).....	57
4.3.1. Análise das médias de precipitação anual (TRMM)	57
4.3.2. Análise das médias de precipitação para o período chuvoso (JFM).....	59
4.3.3. Análise das médias de precipitação para o período de estiagem (JJA).....	63
4.4. TEMPERATURA DO BRILHO DO TOPO DAS NUVENS (GOES)	69
4.4.1 Média anual da TBTN.....	70
4.4.2. Média sazonal da TBTN – estação chuvosa	71
4.4.3. Média sazonal da TBTN – estação seca.....	72

4.4.4. Média mensal da TBTN para o ponto central	73
4.4.5. Número ocorrências de convecção profunda	75
CAPÍTULO V	77
5. CONCLUSÃO	77
6. BIBLIOGRAFIA	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Idealização da circulação geral da atmosfera.....	15
Figura 2. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).....	15
Figura 3. Condições Normais da Circulação de Walker.	16
Figura 4. Circulação de Walker sob condições de <i>El Niño</i>	17
Figura 5. Circulação de Walker sob condições de <i>La Niña</i>	17
Figura 6. Penetração de sistemas frontais.....	19
Figura 7. Distribuição sazonal de chuvas no Brasil.	21
Figura 8. Esquema representativo (“ <i>feedback</i> ” positivo) e (“ <i>feedback</i> ” negativo).	23
Figura 9. Esquema representativo (“ <i>feedback</i> ” positivo).	25
Figura 10. Esquema representativo (“ <i>feedback</i> ” positivo).	26
Figura 11. Esquema representativo (“ <i>feedback</i> ” positivo).	27
Figura 12. Ilustração esquemática das várias regiões do espectro eletromagnético, de	29
Figura 13. Localização da área de estudo.	36
Figura 14. Formas de relevo da área de estudo.	38
Figura 15. Solos na área de estudo.	39
Figura 16. Mapa de vegetação da área de estudo.	40
Figura 17. Esquema dos procedimentos metodológicos.	43
Figura 18. Desmatamento acumulado (1997 a 2010).	48
Figura 19. Distribuição da precipitação no trimestre de (JFM).	54
Figura 20. Distribuição da precipitação no trimestre de (JJA)	55
Figura 21. Variação da precipitação em $\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$	56

Figura 22. Precipitação média anual para a área de estudo.....	58
Figura 23. Comportamento da precipitação.....	58
Figura 24. Comportamento da precipitação.....	59
Figura 25. Precipitação média sazonal (chuvoso).....	60
Figura 26. Comportamento da precipitação (chuvoso).....	61
Figura 27. Comportamento da precipitação (Chuvoso).....	62
Figura 28. Comportamento da precipitação (Chuvoso).....	63
Figura 29. Precipitação média sazonal (JJA).....	64
Figura 30. Precipitação média sazonal (JJA).....	65
Figura 31. Comportamento da precipitação(estiação).....	66
Figura 32. Comportamento da precipitação(Chuvoso).....	67
Figura 33. Média anual da temperatura do topo de nuvem.....	71
Figura 34. Média trimestral (JFM) da temperatura do topo de nuvem.....	72
Figura 35. Média trimestral (JJA) da temperatura do topo de nuvem.....	73
Figura 36. Estatísticas de TBTN.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados do PRODES/INPE para a área de estudo.	41
Tabela 2. Desmatamento nos municípios inseridos na área de estudo.....	49
Tabela 3. Desmatamento nos nove polígonos em estudo.	50
Tabela 4. Atividades extrativistas e pecuárias.....	51
Tabela 5. Intensidade e ocorrência dos fenômenos <i>El Niño</i> e <i>La Niña</i>	56
Tabela 6. Resultados do teste <i>Mann-Kendall</i>	67
Tabela 7. Polígonos pesquisados.....	76

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Com quase sete milhões de quilômetros quadrados, a Bacia Amazônica é limitada ao sul pelo Planalto Central brasileiro, ao norte pelos Planaltos das Guianas, a oeste, pela Cordilheira dos Andes e a leste pelo Oceano Atlântico (ROSS, 2003). Localizada na porção centro/oriental da América do Sul por onde passa a linha Equador terrestre, a Bacia Amazônica é a mais extensa do planeta, formada por 25.000 km de rios navegáveis em uma área de cerca de 6.900.000 km², dos quais, aproximadamente, 3.800.000 km² estão no Brasil. De acordo com IBGE (2009), a Amazônia Legal representa 59% do território brasileiro onde viviam no ano de 2000, segundo o Censo demográfico, 20,3 milhões de pessoas (12,32% da população nacional). Segundo estimativas do IBGE para 2009, a população da Amazônia Legal é de aproximadamente 24,7 milhões de habitantes (IBGE, 2009).

Na região Amazônica o clima é caracterizado como quente e úmido, com precipitação média de 2300 mm.ano⁻¹ e com umidade relativa do ar quase sempre acima dos 70%. A vazão total do rio Amazonas é aproximadamente 210.000 m³.s⁻¹, correspondendo a um total de cerca de 18% da água doce que entra nos oceanos (MARENGO & NOBRE, 2009). A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e o seu movimento sazonal influenciam nos sistemas de tempo sobre a região, sendo a sua intensa atividade convectiva e de baixa pressão atmosférica a responsável pelo transporte de umidade e energia para outras regiões do Brasil, da América do Sul e para todo o globo terrestre. De acordo com Ross (2003), a região amazônica possui papel fundamental como regulador do clima em escala global.

Pesquisas indicam que a floresta amazônica possui uma série de interações com a atmosfera (SHUKLA *et al*, 1990; FISCH *et al*, 1998; OYAMA & NOBRE, 2003) uma vez que fornece uma grande quantidade de calor e vapor d'água para a atmosfera local e global (CORREIA, 2008), conferindo a floresta um papel importante como regulador dos balanços hídricos e de energia (MARENGO & NOBRE, 2009). Estudos indicam que alterações nas paisagens florestais da Amazônia podem ocasionar sérios

problemas sociais e ambientais tais como, modificações na diversidade da região (FEARNSIDE, 2006; MELO *et al*, 2008), alterações na circulação geral, no transporte de umidade e no ciclo hidrológico (CORREIA *et al*, 2006). As alterações no ciclo hidrológico e conseqüentemente nas vazões dos rios podem trazer sérios problemas sociais, uma vez que dificultariam a agricultura na várzea (local utilizado por populações tradicionais), além dos seus efeitos sobre o transporte fluvial, pesca e erosão dos leitos dos rios (FEARNSIDE, 2003; MELO *et al*, 2008).

Em nível global, a Amazônia representa o maior trecho de floresta tropical não perturbado (GASCON *et al*, 2004). Entretanto, os índices de alterações na cobertura florestal vêm se ampliando de maneira exponencial nas últimas décadas. O monitoramento do desmatamento e da degradação ambiental na Amazônia vem sendo realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desde 1988.

O processo de desmatamento na Amazônia brasileira ocorre concentrado na região da fronteira da Amazônia Legal, esta definida pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) como a região do Arco do Desmatamento, que é constituída pelos estados do Pará, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Rondônia, Acre, Tocantins e Amazonas (KAMPEL & CÂMARA, 2002).

O Estado do Amazonas possui um dos menores índices de área desflorestada na Amazônia Legal. No período de agosto de 2008 a agosto de 2009 a taxa de desmatamento total confirmada pelo INPE é de 7.464 km² (INPE/PRODES, 2010). Contudo, a região sul da Amazônia vem sofrendo pressão devido à expansão da fronteira agropecuária, concentrando a maior parte das novas frentes de desmatamento na região. No sudoeste do Estado do Amazonas já se pode verificar os efeitos da pressão ocasionada pelo avanço das atividades extrativistas e agropastoris que já se encontram em estágios mais avançados nos estados fronteiriços ao sul, que são Mato Grosso e Rondônia. Essa pressão das atividades econômicas já faz com que os índices de desmatamento nos municípios ao sul do Estado do Amazonas, experimentem aumentos significativos em suas taxas de desmatamento. Para além dos impactos ambientais oriundos da mudança de uso do solo, tais como possíveis

alterações nos mecanismos de retroalimentação, há também o surgimento de conflitos sociais originados pela grilagem de terras e consequente expulsão das populações tradicionais.

Por esses motivos, a pesquisa foi realizada nos municípios de Lábrea, Boca do Acre, Canutama e Humaitá, Manicoré e Novo Aripuanã localizados no Sul do Amazonas e Porto Velho, Alto Paraíso, Itapuã do Oeste e Cujubim no Estado de Rondônia. Em 2008, Lábrea e Boca do Acre foram os municípios amazonenses com as maiores áreas desmatadas, 3.044,3 km² e 1.875,0 km², respectivamente (INPE/PRODES, 2009). Já os municípios de Canutama e Humaitá serão diretamente atingidos pelo asfaltamento da rodovia BR-319 (trecho Manaus/AM a Porto Velho/RO) prevista pelo Governo Federal, o que pode ocasionar um aumento no desmatamento, uma vez que a pavimentação de estradas e/ou a construção de vicinais (ramais) representa um dos principais vetores de desmatamento na Amazônia (LAURANCE *et al*, 2001; FEARNSSIDE, 2005).

No Sul da Amazônia a exploração madeireira representa uma das primeiras atividades que contribui para o desmatamento (MARGULIS, 2003; RODRIGUES, 2004), e ao criar meios para o escoamento da madeira, também estimula a ação de grileiros, e consequentemente a apropriação da terra para outros usos, tais como a mineração, pecuária e agricultura. A pecuária é uma atividade que dá seqüência ao processo de conversão da área florestal, e finalmente o plantio da soja concentrado em áreas anteriormente ocupadas por pastagens, como forma de reduzir os custos de sua implantação (MACEDO & TEIXEIRA, 2009).

Diante do cenário exposto, a problemática ambiental pela qual passa a Amazônia, é compreensível que a mesma esteja no centro dos debates políticos e acadêmicos (GONÇALVES, 2008). Em nível global, pesquisas indicam uma tendência ao aquecimento devido às atividades humanas, que ocasionaram o aumento, além do nível normal, dos gases do efeito estufa na atmosfera (IPCC, 2007). O uso de combustíveis fósseis é a principal fonte de aumento da concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, sendo que no Brasil, aproximadamente 75% das emissões de CO₂ são causadas por mudanças no uso da terra e conversão de floresta

em pastagens (BRASIL, 2004). Entre os anos de 1988 a 1994, o desmatamento na Amazônia contribuiu com 59% das emissões ($428,6 \text{ Tg CO}_2.\text{ano}^{-1}$). Neste panorama de mudanças climáticas globais, os desafios ambientais, sociais, científicos/tecnológicos, políticos e econômicos são postos à humanidade como temas a serem debatidos arduamente por toda a coletividade.

Para Correia *et al* (2007), o processo de desmatamento e em consequência a transformação da floresta em pastagem pode alterar o albedo de superfície, a temperatura, o balanço de radiação e em seguida, o balanço de umidade e a precipitação, determinando implicações ecológicas e socioeconômicas importantes. Essa alteração do uso da terra tem contribuído para o aumento das emissões dos gases de efeito estufa, alterando assim, as taxas de concentrações desses gases na atmosfera, causando assim uma variação dos padrões climatológicos de umidade e precipitação em escala local e possivelmente regional. Neste contexto, essa pesquisa almeja responder a algumas questões centrais.

Considerando o atual cenário de pavimentação da BR-319 e da expansão da produção de grãos no sul da Amazônia, tem-se como hipótese que transformação do uso da terra deverá afetar os mecanismos de retroalimentação entre a atmosfera e a superfície, alterando dentre outros quesitos, circulação atmosférica local, contribuindo para a alteração dos padrões de precipitação, tendo como consequência o surgimento de problemas ambientais e socioeconômicos.

O objetivo deste trabalho foi analisar e compreender as relações existentes entre a alteração do uso da terra e os padrões de nuvem e precipitação em uma área localizada entre o Sul do estado do Amazonas e o Norte de Rondônia. Os objetivos específicos foram os seguintes:

- Analisar a dinâmica espaço-temporal (1998 a 2010) do processo de desmatamento nos municípios de Lábrea, Boca do Acre, Canutama e Humaitá, Manicoré e Novo Aripuanã localizados no Sul do estado do Amazonas e Porto Velho, Alto Paraíso, Itapuã do Oeste e Cujubim no estado de Rondônia;

- Analisar a precipitação na área de estudo a partir de dados de sensoriamento remoto;
- Analisar as relações entre a precipitação e os diferentes graus de cobertura florestal;
- Analisar a temperatura do topo de nuvem e a correspondência com os resultados de precipitação.

CAPÍTULO II

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Amazônia e mudanças climáticas globais

A floresta amazônica desempenha um papel fundamental para o equilíbrio dos padrões climatológicos mundial devido aos inúmeros processos de retroalimentação (*feedback*) que a superfície florestada realiza com a atmosfera (KLEIDON e HEIMANN, 1999; FOLEY *et al*, 2003). Tendo em vista sua magnitude, deve-se considerar que as alterações no domínio geomorfoclimático podem desencadear modificações em outras estruturas do sistema Terra. Antes mesmo de dissertar sobre os mecanismos de retroalimentação atmosfera-superfície, se faz necessário avaliar sucintamente os mecanismos de precipitação sobre a Amazônia e suas características climáticas.

O clima de uma região é modelado por mecanismos denominados condicionantes climáticos, sendo que alguns destes atuam em escala global e outros atuam em escalas regional e local. Os condicionantes climáticos compreendem a Circulação Geral da Atmosfera (CGA), a topografia regional, maritimidade/continentalidade, as correntes marítimas, o tipo de cobertura de solo, a latitude e altitude (MOLION, 1987; DIAS & SILVA, 2009), sendo que para este trabalho foram abordados os condicionantes climáticos de maior importância para a formação de precipitação sobre a região da área de interesse.

Com aproximadamente 7 milhões de km², a bacia amazônica abriga a maior extensão de floresta tropical úmida do globo, apresentando temperaturas médias mensais que variam entre 24°C e 28°C apresentando baixa amplitude térmica anual (SALATI *et al*, 1978).

2.2. Circulações de grande escala atuantes na Amazônia

As variações sazonais da precipitação no Brasil estão associadas ao movimento da célula de *Hadley* (Figura 1), a qual está sobre a Amazônia no verão no Hemisfério Sul e sobre a América Central durante o inverno no mesmo Hemisfério (associada ao movimento aparente do Sol) (DIAS & SILVA, 2009). A **Zona de Convergência**

intertropical (ZCIT) é uma banda (Figura 1) de nuvens formadas pela convergência dos ventos alísios oriundas de ambos os hemisférios. A zona Equatorial é aquecida pela maior intensidade de radiação incidente, causando um aquecimento diferenciado da superfície ao longo das latitudes (LUTGENS & TARBUCK, 2010).

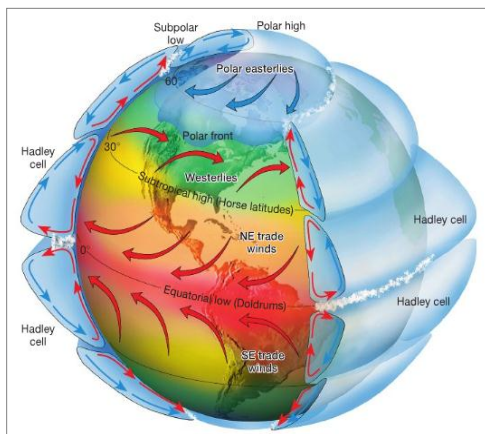


Figura 1. Idealização da circulação geral da atmosfera.
Fonte: Adaptado de Lutgens & Tarbuck (2010).

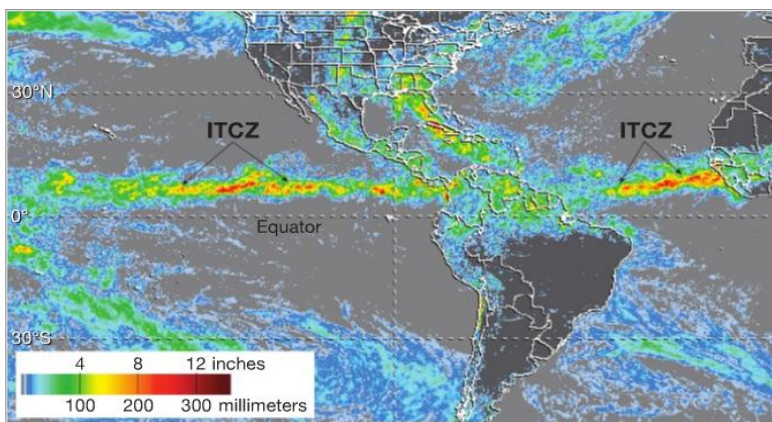


Figura 2. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é representada pela banda de nuvens com forte precipitação ilustrada pelas cores vermelhas e amarelas.
Fonte: Adaptado de Lutgens & Tarbuck (2010).

Esse aquecimento faz com que se tenha uma zona de baixa pressão atmosférica nas regiões equatoriais, que de uma maneira geral, faz com que os ventos se desloquem dos trópicos para o equador. Tal sistema é considerado o mais importante gerador de precipitação (Figura 2) sobre a região equatorial, uma vez que causa um

ramo de ar ascendente transportando umidade e, ao mesmo tempo, liberando calor latente para a atmosfera. É importante ressaltar que a ZCIT se desloca sazonalmente entre as latitudes de 14°N (agosto e setembro) e 2°S (março e abril) (MELO *et al*, 2009).

Outro sistema de grande importância para caracterização climática na Amazônia é a Célula de *Walker*, que possui deslocamento zonal e surge em regiões de intensa convecção. A Circulação de *Walker* apresenta os ramos ascendentes nas regiões onde a atmosfera está sendo aquecida pela liberação de calor latente e ramos descendentes em regiões de sumidouro de calor. As regiões que usualmente constituem as fontes de calor latente são as regiões tropicais da Indonésia, África e Amazônia, que se apresentam, em média, com máxima cobertura de nuvens. As variações interanuais da precipitação no Brasil estão relacionadas ao deslocamento da célula de *Walker*, a qual possui ligação direta com aos fenômenos *El Niño* e *La Niña* - Oscilação Sul (GARCIA E KAYANO, 2004).

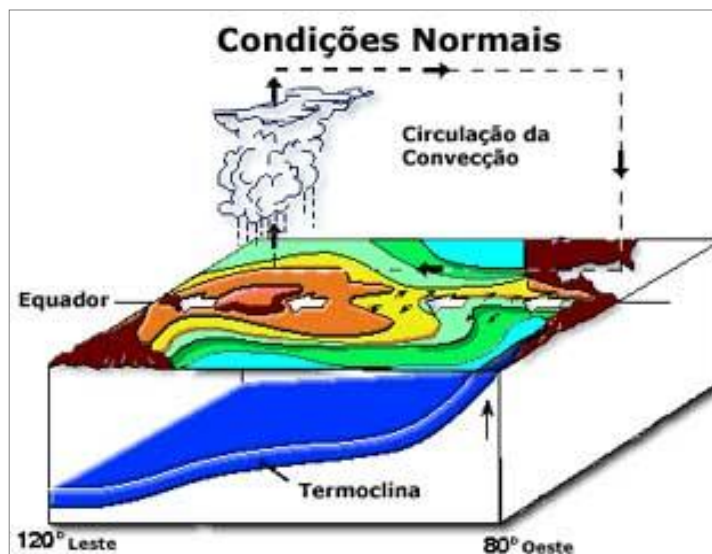


Figura 3. Condições Normais da Circulação de Walker.
Fonte: INPE/CPTEC (2010).

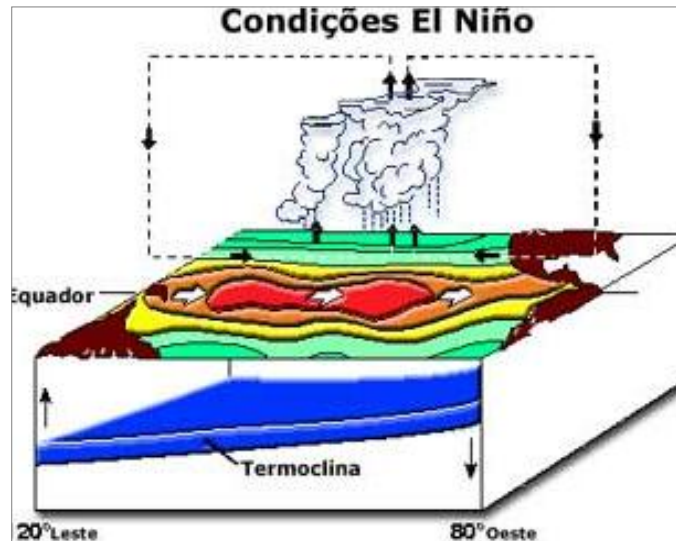


Figura 4. Circulação de Walker sob condições de *El Niño*.
 Fonte: INPE/CPTEC (2010).

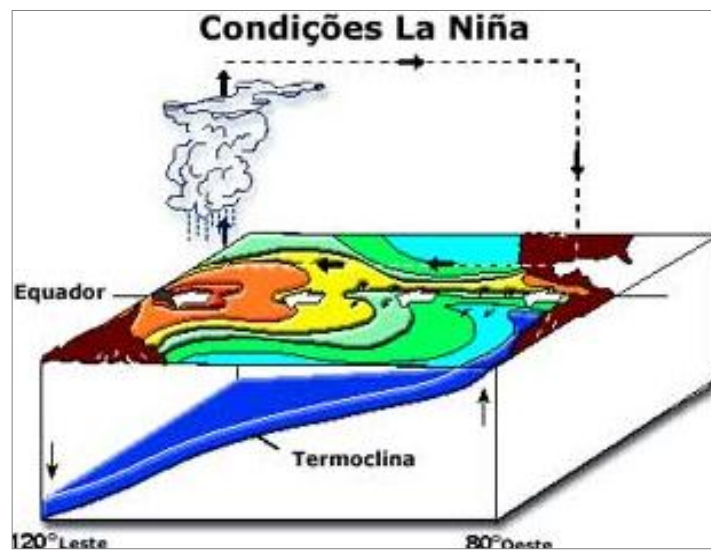


Figura 5. Circulação de Walker sob condições de *La Niña*.
 Fonte: INPE/CPTEC (2010).

Os fenômenos *El Niño* e *La Niña* interferem na circulação de *Walker* ao alterar os ramos ascendentes e descendentes (Figuras 3, 4 e 5). Durante período de *El Niño*, os ventos alísios atuam com menor intensidade e deixam de empurrar as águas superficiais do Oceano Pacífico para a região da Austrália e Indonésia, fazendo com que o ramo ascendente da célula de *Walker* seja deslocado para o Pacífico Central e

seu ramo descendente posicionado sobre a América do Sul, intensificando a seca no nordeste brasileiro e promovendo períodos de estiagem na Amazônia. Já o fenômeno *La Niña* se caracteriza pela intensificação dos ventos alísios, dado que empurra de maneira intensa as águas superficiais mais quentes para a região oeste do Pacífico (GRIMM, 2009).

Registra-se que a **Alta da Bolívia (AB)** é de suma importância na caracterização do clima da Amazônia, pois influencia diretamente os mecanismos de chuva na região. Sua formação se dá devido a um aquecimento continental da superfície e ao escoamento em baixos níveis (850 mb) no período do verão, que está também associado à atividade convectiva na Amazônia (FERREIRA *et al*, 2009). Trata-se de uma circulação anticiclônica de grande escala que ocorre na troposfera superior (altos níveis, 200mb) centrada, em média, no altiplano boliviano. A variabilidade sazonal da AB, tanto em intensidade como em posição geográfica, está diretamente relacionada com a distribuição espacial e temporal da precipitação (KOUSKY & KAYANO, 1981 *apud* MOLION, 1987). A AB possui um deslocamento setentrional no período de inverno no hemisfério sul, dirigindo-se mais para o norte, o que provoca um período de estiagem no sul e leste da Amazônia. Por volta do mês de outubro, a AB retorna para sua posição média de verão, dando fim ao período de estiagem e provocando chuvas nas regiões Norte, parte do Nordeste e Centro Oeste do Brasil (MOLION, 1987).

Os Sistemas Frontais (Figura 6) que atuam no SE do Brasil, possuem uma relação direta com a organização convectiva na Amazônia (OLIVEIRA & NOBRE, 1985 *apud* FISCH *et al*, 1998). Estes sistemas provocam perturbações na atmosfera sobre a Amazônia, formando uma banda de nuvens alinhadas no sentido NW/SE com máxima intensidade nos meses de verão no Hemisfério Sul, sendo facilmente observadas em imagens de satélites meteorológicos. A atuação destes sistemas promove chuvas na região, configurando o período chuvoso.

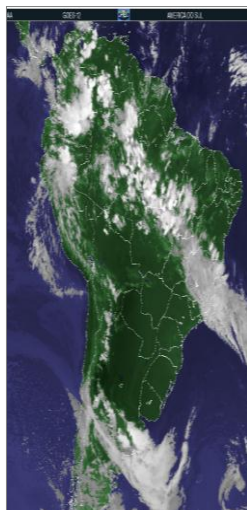


Figura 6. Penetração de sistemas frontais e a organização da convecção na Amazônia. Fonte: INPE/CPTEC (07/11/2010).

2.2.1. Sistemas tropicais de Mesoescala

Fisch *et al* (1998) destacaram a importância das **Linhas de Instabilidade (LI)** que ocorrem na Amazônia, oriundas do litoral norte e nordeste da Amazônia. As LIS são responsáveis pela formação de chuvas próximas à costa dos estados do Pará e Amapá, bem como pela precipitação na Amazônia Central durante a estação seca.

Cohen *et al* (1989) *apud* Fisch et al (1998) mostraram que estas LIS contribuem com 45% da chuva que cai durante o período chuvoso no nordeste paraense. Estas linhas são caracterizadas por possuírem grandes conglomerados de nuvens *Cumulonimbus* e por serem formadas ao longo da costa devido à circulação de brisa marítima. Cohen (1989) classificou as LI, que ocorrem nas costas norte e nordeste do Brasil, conforme a sua penetração no continente. Para esta autora, as LI podem ser denominadas como: Linhas de Instabilidade Costeira cuja propagação vai até 170 Km da costa, Linhas de Propagação Tipo 1 que varia de 170 Km a 400 Km e Linhas de Propagação Tipo 2 que supera os 400 Km.

Garstang *et al* (1993) ressaltam que as Linhas de Instabilidade, denominada por ele por “*Amazon Coastal Squall Lines*” (ACSL), constitui como um dos sistemas mais importantes na produção de chuva na costa nordeste da Amazônia e na porção central da bacia amazônica. Para os autores, as linhas de instabilidade, são aglomerados de

nuvens de meso-escala, organizadas em linhas descontínuas que se propaga através da Bacia Amazônica a velocidade de 50-60 km.h⁻¹. Segundo este autor, as linhas de instabilidade teriam seis ciclos de vida diferentes: origem costeira, fase de intensificação, de maturidade, enfraquecimento, reintensificação e finalmente a fase de dissipação. Análises indicam que os aglomerados de meso escala associados à ACSL se diferenciam em três: região de pré-tormenta, quase sempre associada à convecção profunda, banda de convecção ascendente e as múltiplas camadas de nuvens precipitantes.

2.2.2 – Distribuição da precipitação

A distribuição temporal da precipitação (Figura 7) obedece a uma dinâmica sazonal, apresentando maiores índices de precipitação ou atividade convectiva durante os meses de novembro a março, e de menor precipitação e atividade convectiva entre os meses de maio a setembro. No que tange a distribuição geográfica da precipitação, pode-se observar que a noroeste da Amazônia é o local de maior intensidade pluviométrica (~ 3500 mm.ano⁻¹) próximo às encostas, a leste da Cordilheira dos Andes (SALATI *et al*, 1978).

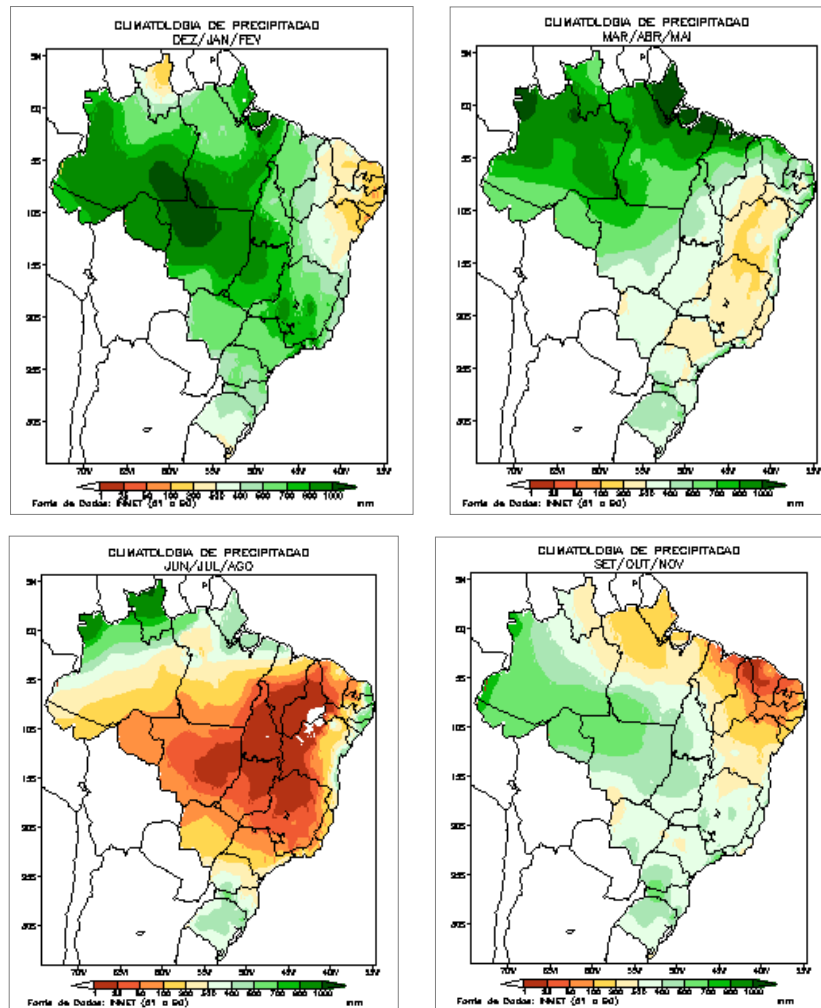


Figura 7. Distribuição sazonal de chuvas no Brasil em mm: (a) DJF, (b) MAM, (c) JJA, (d) SON.
 Fonte: INPE/CPTEC (2010).

O clima da Amazônia é caracterizado como quente, úmido e chuvoso, e uma das condicionantes de suma importância para a Amazônia é a grande disponibilidade de energia que chega à região. A baixa latitude deste local faz com que o ângulo de incidência dos raios solares atinja a superfície terrestre perpendicularmente, se comparado com outras regiões do planeta, aquecendo de maneira mais intensa a superfície do planeta (DIAS & SILVA, 2009). A quantidade de energia solar máxima no topo da atmosfera que ocorre nos meses de dezembro a janeiro é de $37 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, já o mínimo de energia registrada é de $30,4 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ para os meses de junho e julho.

No entanto, devido a interferência da atmosfera, essa quantidade de energia que chega ao topo da mesma não atinge a superfície com sua maior intensidade, o que faz registrar um valor na ordem de 16 a 18 MJ.m⁻².dia⁻¹ (SALATI & MARQUES, 1984).

Artaxo *et al*, (2005), no grupo de pesquisa do LBA (Experimento de Grande Escala da Biosfera e Atmosfera da Amazônia), ressaltam a importância da química da atmosfera na Amazônia para a caracterização dos núcleos de condensação e para a formação de nuvens, com a conseqüente precipitação. O autor defende que a mudança do uso do solo em curso nas últimas décadas (queimadas e o desmatamento) vem alterando quantitativa e qualitativamente a composição atmosférica, desencadeando uma série de impactos nos padrões comportamentais da atmosfera. Naturalmente, a floresta amazônica é responsável pela emissão de grande quantidade de partículas de aerossóis de origem orgânica, gases traço e vapor d'água para a atmosfera local e global (ANDREAE & CRUTZEN, 1997). Em razão da atividade dos fluxos turbulentos, grande quantidade destes compostos são lançados à elevadas altitudes e podem ser transportados para distâncias longínquas (ANDREAE *et al*, 2001).

2.3. Amazônia e seus mecanismos de retro-alimentação

Cada vez mais os estudos do clima tem se voltado para o trabalho de avaliar os impactos das atividades humanas no sistema climático terrestre (NEGRI, 2004; PITMAN, 2003, 2005). Muitos destes estudos se preocupam em analisar os impactos das alterações na superfície terrestre devido à mudança do uso do solo (PITMAN, 2003). Os mecanismos de retroalimentação (*feedback*) são importantes para entendermos de maneira conceitual como a floresta responde às alterações na dinâmica climática e de que maneira a atmosfera responde a alterações na cobertura do solo.

Pitman (2003; 2005) destacou os principais mecanismos de retroalimentação, quais seja, o Albedo, a Umidade (evapotranspiração), o comprimento de rugosidade e profundidade de raízes.

O componente físico que controla as características das relações atmosfera-biosfera é a radiação emitida pelo Sol. A radiação Solar incidente (S_{\downarrow}) é absorvida,

refletida e transmitida pela atmosfera. Parte dessa energia atinge a superfície terrestre e é refletida para atmosfera dependendo do **Albedo**. A fração da radiação que é refletida por um objeto é chamado de albedo (LUTGENS & TARBUCK, 2010).

A energia absorvida pela atmosfera é emitida para a superfície (L_{\downarrow}) e parte da energia absorvida pela superfície é reemitida sob forma de radiação de onda longa (L_{\uparrow}) (infravermelha). A equação que representa o balanço de energia é dada por (PITMAN, 2003):

$$R_n = S_{\downarrow}(1-\alpha) + L_{\downarrow} - L_{\uparrow} \quad (1)$$

A energia que atinge o solo controla os fluxos de Calor Sensível (H) e Latente (λE), além da energia armazenada no solo (G) e a energia química armazenada para utilização das plantas (F). Esse balanço de energia é dado por (PITMAN, 2003):

$$R_n = H + \lambda E + G + F \quad (2)$$

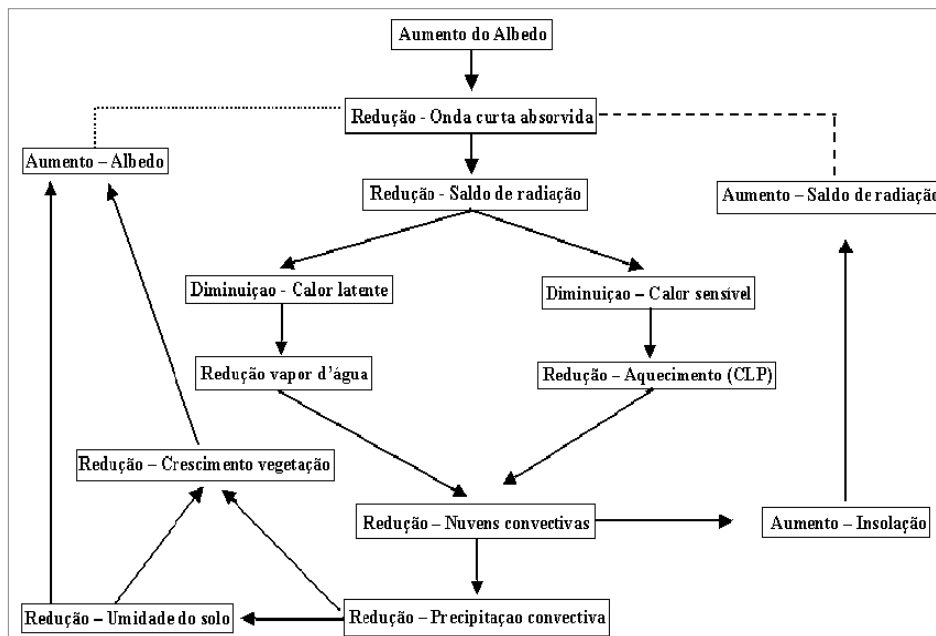


Figura 8. Esquema representativo das alterações do mecanismo de retroalimentação a partir da alteração do Albedo. A linha pontilhada indica “feedback” positivo e a linha tracejada indica “feedback” negativo.

Fonte: Adaptado de PITMAN (2003).

Vale salientar que as alterações no *Albedo* (Figura 8) de superfície podem sofrer alterações de ordem natural, tais como a mudança no ângulo de incidência dos raios solares e a modificação nos índices de precipitação motivada por uma anomalia climática ou por atividades antrópicas. Exemplos de alterações do *Albedo* pela atividade humana seria a conversão da floresta em pastagens, a ampliação das áreas urbanas cimentadas (asfaltamento), a expansão de campos agrícolas, etc.

Os fluxos de H e λE são sensíveis à natureza da cobertura vegetal da superfície (VERSTRAETE & DICKINSON, 1986 *apud* PITMAN, 2003). Sendo assim, a mudança do uso da terra pode alterar a área de vegetação em contato com a superfície, o que modifica conseqüentemente, os fluxos de calor latente e sensível. A diminuição no Índice de Área Foliar (IAF) também pode influenciar, sobremaneira, as trocas de calor sensível e latente com a atmosfera.

Sendo H e λE são fluxos de energia, as alterações no comprimento de rugosidade da superfície exerce forte influência nos mecanismos de retroalimentação da precipitação, vegetação e comprimento de rugosidade. A vegetação tem a capacidade de extrair água de camadas mais profundas do solo devido à capilaridade de suas raízes, mantendo a transpiração mesmo quando a superfície do solo está seca. O desmatamento diminui a área vegetada, logo a transpiração diminui. Convém salientar, que o desmatamento também diminui a interceptação da água precipitada. Vários estudos envolvendo modelos numéricos da atmosfera têm investigado a influência da mudança do albedo na precipitação (SUD & FENNESSY, 1982; CARSON & SONGESTER, 1982).

Seguindo a ordem apresentada por PITMAN (2003; 2005) o segundo mecanismo de retroalimentação seria o de evapotranspiração (FIGURA 9). A redução, tanto da transpiração quanto da evaporação da água interceptada, leva à uma redução na evapotranspiração, fazendo com que a baixa troposfera fique mais seca. Por outro lado, no desenvolvimento de sistemas convectivos sobre a região, uma menor quantidade de vapor d'água estará disponível para ser transportada verticalmente e gerar precipitação. Sendo assim, em uma camada limite planetária mais seca, o Nível

de Condensação por Levantamento (NCL) encontra-se em níveis mais altos, inibindo a convecção profunda (SUD, 1985). Entende-se por NCL, a altura na qual uma parcela de ar torna-se saturada quando elevada adiabaticamente seca (Diniz, 2006). Neste sentido, em ambos os processos a precipitação diminui. Essa redução de precipitação, por sua vez, leva à uma redução da umidade do solo, o que tende a diminuir ainda mais a evapotranspiração.

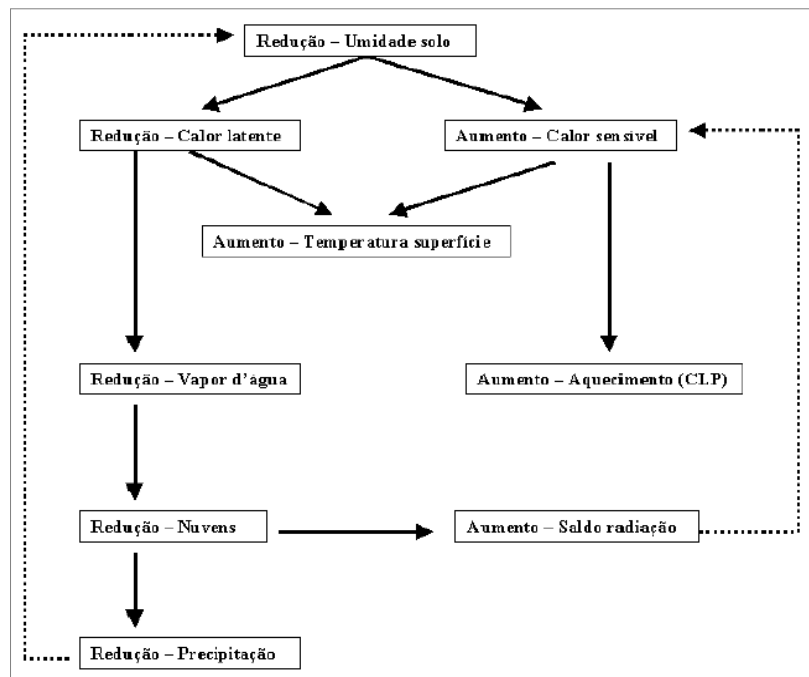


Figura 9. Esquema representativo das alterações do mecanismo de retroalimentação a partir da alteração da evapotranspiração. A linha pontilhada indica “feedback” positivo. Fonte: Adaptado de PITMAN (2003).

O terceiro mecanismo é denominado mecanismo de rugosidade. Lyra et al (2006), definem rugosidade pelo comprimento de rugosidade (z_0) e deslocamento do plano zero (d). Os parâmetros (z_0) e (d) são influenciados são também pela estrutura física da vegetação (altura, forma e flexibilidade das plantas; tamanho e arranjo dos ramos e folhas) e por sua distribuição espacial pela área (SHAW & PEREIRA, 1982 *apud* LYRA et al 2006).

Áreas continentais cobertas com vegetação possuem comprimento de rugosidade maior que regiões desflorestadas (FIGURA 10). Por diminuir a área vegetada, o desmatamento faz com que se reduza a fricção mecânica na CLP, gerando um enfraquecimento da convergência de massa (ou umidade) ao redor de núcleos de baixa pressão à superfície e inibindo a precipitação (SUD & SMITH, 1985; SUD *et al*, 1988).

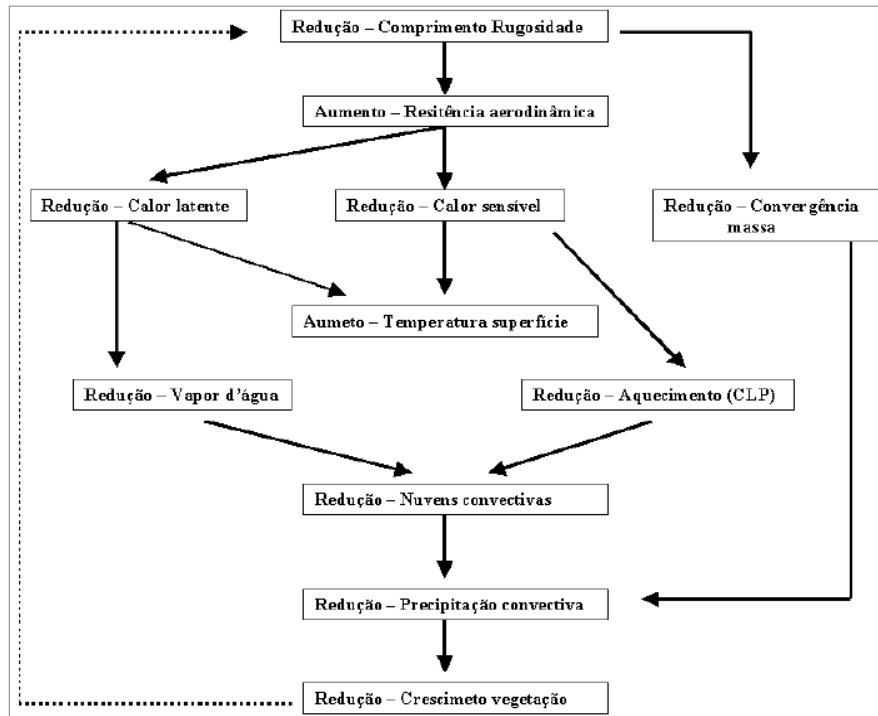


Figura 10. Esquema representativo das alterações do mecanismo de retroalimentação a partir da alteração do comprimento de rugosidade. A linha pontilhada indica “feedback” positivo.

Fonte: Adaptado de PITMAN (2003).

O quarto mecanismo é denominado **mecanismo de raízes** (Figura 11). Conforme citado anteriormente, a floresta tropical tem grande capacidade de extrair água de camadas profundas do solo, mesmo quando este se encontra seco. Isso se deve a maior profundidade das raízes. Com o desmatamento, e a substituição por uma vegetação de pequeno porte (pastagem degradada), a profundidade das raízes diminui, logo a capacidade de extrair água do solo também. Como resultado, há uma redução da evapotranspiração e do vapor d’água para a atmosfera (estação seca), fazendo com

que a baixa troposfera fique mais seca. Sendo assim, uma menor quantidade de vapor é transportada verticalmente, reduzindo a formação de nuvens convectivas e a precipitação. Essa redução de precipitação, por sua vez, leva a uma redução da umidade do solo, o que tende a diminuir ainda mais a área vegetada e sua capacidade de extrair água do solo (GASH *et al*, 1996).

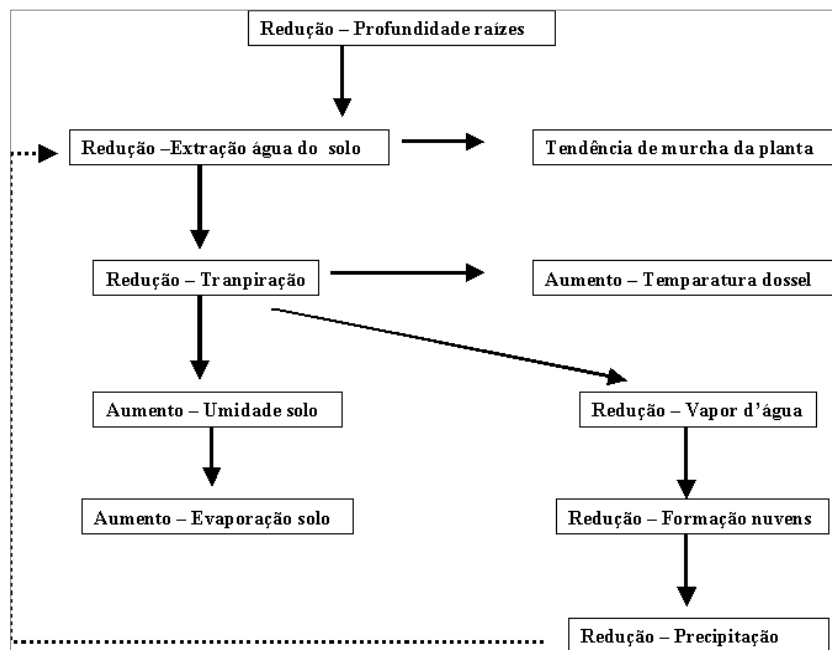


Figura 11. Esquema representativo das alterações do mecanismo de retroalimentação a partir da alteração da Profundidade de Raízes. A linha pontilhada indica “feedback” positivo.

Fonte: Adaptado de PITMAN (2003).

Wang *et al* (2009) realizaram uma análise comparativa do comportamento das nuvens sobre áreas de floresta e áreas desmatadas. O estudo foi realizado através dos produtos do NOAA-GOES 7 e GOES 8 (infravermelho e visível) com resolução temporal de 30 minutos. A conclusão que eles chegaram é de que as nuvens rasas acompanham o desmatamento e que a ocorrência de nuvens profundas é diminuta. Eles demonstraram que a camada limite atmosférica é mais instável sobre as áreas de floresta e caracterizada grandes valores de energia potencial convectiva disponível,

influenciada pela grande quantidade de umidade disponível sobre as áreas de floresta em comparação com as áreas desflorestadas.

No intuito de estudar os efeitos da mudança da cobertura da terra, sobre a mudança da cobertura de nuvens, Durieux *et al*, (2003) realizaram uma pesquisa na Região do Arco do desmatamento da Amazônia brasileira, se utilizando de dez anos de dados do GOES. A conclusão que eles chegaram foi de que durante a estação seca, as observações apontaram para maior ocorrência de nuvens de baixos níveis (~ 2000 metros) no início da tarde e menor convecção durante a noite e início da manhã sobre as áreas desmatadas. Para a estação úmida, as nuvens convectivas têm aumentado durante a noite para as áreas desmatadas.

2.4. Sensoriamento remoto

Sensoriamento remoto para observação dos recursos naturais pode ser definido como sendo a obtenção de dados coletados por instrumentos denominados sensores sem que haja contato direto com o alvo de investigação. Os sensores remotos captam a radiação eletromagnética refletida ou emitida pelo objeto convertendo-a em sinal elétrico passível de registro e posterior interpretação (SABINS, 1978).

A radiação eletromagnética é a quantidade de energia emitida por um corpo, desde que este não esteja em um estado de hibernação total ao atingir o zero absoluto (0 K ou - 273°C). A energia radiativa não transmite massa e sim energia, não sendo necessário um meio de propagação. Cada onda eletromagnética é caracterizada pela sua amplitude, comprimento e frequência (BATISTA & DIAS, 2005). O espectro eletromagnético (Figura 12) é o conjunto de todas as radiações eletromagnéticas juntas e são ordenadas de acordo com seu respectivo comprimento de onda. Os raios gama e raios X estão no início do espectro com comprimentos de onda bem curtos, já as ondas de rádio são caracterizados como ondas longas e se localizam ao final do espectro (BATISTA & DIAS, 2005; LIU, 2006). O espectro eletromagnético é subdividido em intervalos de comprimentos de onda, quais sejam os raios gama, raios X, raios ultravioleta (emitido em grande quantidade pelo Sol e absorvidos quase que em sua

totalidade), luz visível (detectadas pelo olho humano), infravermelho (próximo, médio e distante), microondas (radares meteorológicos) e ondas de rádio.

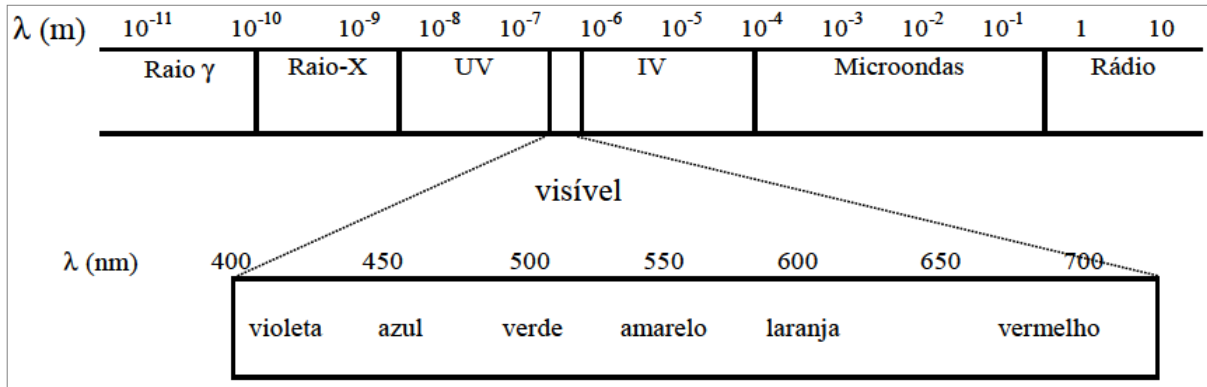


Figura 12. Ilustração esquemática das várias regiões do espectro eletromagnético, de acordo com o comprimento de onda da radiação.

Adaptado de: Yamasoe, 2004.

Cada corpo terrestre possui uma resposta eletromagnética que lhe permite ser identificado, como por exemplo: a neve possui altos níveis de reflectância, os corpos de água absorvem a radiação infravermelha, o granizo espalha a radiação de microondas, etc (NASA, 2010). Essa resposta específica é chamada de assinatura espectral. No entanto, existe uma faixa do espectro eletromagnético, denominada janela atmosférica, que interage pouco com a atmosfera sendo a mesma utilizada para observar as propriedades da superfície (LIU, 2006). As faixas espectrais nas quais a influência da atmosfera é mínima são denominadas de “janelas atmosféricas” (INPE, 2001). A atmosfera é transparente para as porções do visível e de microondas e opaca para a radiação infravermelha, exceto na faixa da “janela atmosférica” na faixa próxima a 10 μm (LIU, 2006; PONZONI & SHIMABUKURU, 2009).

A radiação eletromagnética, como já explanada anteriormente, interage com o sistema Terra, atingindo a atmosfera e a superfície. A Terra como um todo é considerada como um corpo opaco à radiação, não permitindo, dessa forma, que a radiação perpassa por ela. Neste contexto, a radiação ou é absorvida pela superfície ou é refletida por ela. O **Albedo** de uma superfície vai indicar de que maneira esta vai

se relacionar com a radiação incidente. Entendesse por albedo a fração da radiação solar refletida pelos corpos, cuja equação segue:

$$(*) A = S_{\uparrow} / S_{\downarrow} \quad (3)$$

Onde (A) é o albedo do objeto e S_{\uparrow} é a radiação de onda curta refletida e S_{\downarrow} é a radiação de onda curta absorvida.

A aplicação do sensoriamento remoto nos estudos climáticos é possível em virtude da variedade de maneiras com que a radiação eletromagnética interage com os mais diversos alvos no sistema Terra e com a atmosfera.

Os sensores de satélites medem a energia em um comprimento de onda particular chamada de “canal” e são enumeradas em ordem crescente de comprimentos de ondas curtas para ondas longas. O visível, microondas e infravermelho são os mais utilizados nos estudos meteorológicos.

Os sensores se definem por um conjunto de equipamentos capazes de transformar a energia em um sinal passível de ser convertido em informações sobre um ambiente ou objeto. Esses sensores podem ser câmeras fotográficas, scanners eletro-ópticos e sistemas de radares (INPE, 2001).

2.4.1. Sensoriamento remoto aplicado à atmosfera

Para este trabalho, será utilizado o sensoriamento remoto aplicado à meteorologia para observações climáticas e de mudança de uso da terra. Vale salientar que não é objetivo desta dissertação esgotar totalmente os conceitos e técnicas de sensoriamento remoto, mas somente demonstrar a legitimidade da utilização do mesmo para a realização desta pesquisa.

Uma das maiores dificuldades para o monitoramento dos dados meteorológicos em regiões tropicais ocorre pelo fato da esparsa distribuição de estações meteorológicas capazes de fornecer dados constantes e por um longo período de tempo. Isso ocorre devido ao fato de a maior parte das regiões tropicais serem de difícil acesso (Oceano Pacífico que ocupa quase a metade das regiões tropicais, desertos e

florestas tropicais, entre elas a Amazônia). Daí surge a dificuldade de se instalar uma ampla rede de estações meteorológicas de solo na área de pesquisa. Sendo assim, o sensoriamento remoto tem sido, para muitas regiões, a única fonte de dados primários (NCAR, 2008).

Desde 1964, sensores de satélites ou fixados em aeronaves tem fornecido observações constantes para a análise do clima e das condições meteorológicas (tempo), tais como ocorrência de furacões e desastres provocados por eventos extremos (chuvas torrenciais, secas prolongadas, tempestades de neve, etc). O sensoriamento remoto voltado para estudos climáticos tem fornecido importantes contribuições para o monitoramento da cobertura de nuvens, precipitação, circulação de grande escala, interação oceano-atmosfera, química da atmosfera e mudança de uso da terra (NCAR, 2008).

2.4.3. Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)

O satélite TRMM é um projeto em parceria entre as Agências Espaciais Norte-Americana (NASA) e a Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial (JAXA). O satélite foi colocado em órbita em 1997 para monitorar e estudar a precipitação nos trópicos, e verificar a sua influencia no clima global (KUMMEROW *et al apud* CHIU *et al*, 2006). O TRMM possui órbita oblíqua não-heliossíncrona a uma altitude aproximada de 403 km, com período de translação de 91 minutos. A plataforma TRMM possui diferentes sensores, a saber: imageador de microondas (TMI), radar de precipitação (PR), radiômetro no visível e no infravermelho (VIRS), sensor de energia radiante da superfície terrestre e das nuvens (CERES), e sensor para imageamento de relâmpagos (LIS).

As estimativas de precipitação oriundas do TRMM tem prestado grande serviço às análises ambientais, assimilação ambiental, gerenciamento de recursos hídricos e tomadas de decisão (CHIU *et al*, 2006).

O radar de precipitação abordo do TRMM possui uma resolução horizontal de 5 quilômetros e cobre uma área de 247 km. Uma de suas habilidades mais importantes é a capacidade de fornecer o perfil vertical de uma chuva desde a superfície até a altura

de 20 km. O satélite possui a capacidade de detectar pequenas chuvas a uma taxa de 0.7 mm por hora. Para chuvas mais pesadas, onde a atenuação da atmosfera é mais forte, um novo método de processamento de dados foi elaborado para corrigir este efeito.

A proposta do algoritmo 3B42 é o de produzir estimativas de precipitação através do infravermelho. O algoritmo consiste em dois passos distintos. O primeiro deles é se utilizar do TRMM-VIRS e do TMI (produtos do TRMM-1B01 e do 2A12) e dos parâmetros de calibração mensais do TMI/TRMM (do produto 3B31) para produzir parâmetros de calibração mensais no Infravermelho. O segundo passo consiste na utilização destas parametrizações para ajustar os dados de precipitação do infravermelho que consiste de dados do GMS, GOES-E, GOES-W, METEOSAT-7, METEOSAT-5 e NOAA-12. O produto final de precipitação ajustada do infravermelho se dá em (mm.h^{-1}) cuja resolução temporal é diária e 0,25 graus em 0.25 graus de resolução espacial. A cobertura geográfica estende-se desde 50 graus sul e 50 graus de latitude norte (NASA, 2010).

A proposta do algoritmo a melhor taxa de estimativa de precipitação em mm.h^{-1} . O algoritmo é formado através da combinação de quatro campos de precipitação independentes. (1) a estimativa mensal média sem cortes do TRMM - Imageador de Microondas (TMI do 3B42); (2) estimativa média mensal do sensor especial do imageador de microondas (SSM/I); (3) a média ajustada oriunda do Infravermelho (IR) do 3B42 e (4) o acumulado mensal das análises de chuva do *Climate Assessment and Monitoring System* (CAMS) ou *Global Precipitation Climatology Centre* (GPCC). Todos os dados possuem resolução temporal mensal exceto os dados do 3B42 que foram ajustados para escala mensal. Após o levantamento e processamento de todos os dados, os mesmo são integrados para gerar a melhor estimativa de taxa de precipitação. Estas estimativas de dados possuem uma escala temporal mensal e espacial de 0.25 por 0.25 graus. A cobertura espacial se estende de 50 graus norte a 50 graus sul de latitude (NASA, 2010).

Nos últimos anos, estudos demonstraram a qualidade dos dados TRMM. Collischonn *et al*, (2007) realizaram trabalhos no intuito de avaliar a acurácia dos dados

do produto TRMM no que tange às estimativas de precipitação sobre a bacia do Alto Paraguai até Descalvados, verificando se estas estimativas fornecem boa resposta, tanto em termos médios sobre a bacia quanto em termos de campos de precipitação.

Oliveira & Angelis (2010) analisaram a distribuição espaço temporal da precipitação, através de dados advindos de satélites (algoritmo 3B43 do *TRMM*), sobre uma área com elevadas taxas de desmatamento no município de São Félix do Xingú, Pará. Seus resultados demonstraram que o desmatamento e a topografia local podem exercer certa influência sobre os padrões comportamentais de precipitação, incluindo os picos de máxima e mínima. Ressaltam, ainda, que esse aumento das taxas de precipitação sobre as áreas desmatadas pode estar relacionado com o aquecimento diferencial da superfície, aumentando a convecção local e drenando umidade das áreas e dos corpos d'águas subjacentes.

Viana *et al* (2010) realizaram um trabalho no intuito de avaliar a percentagem do coeficiente de correlação (r) dos dados de estimativas 3B42 e 3B43 na Região Sul do Brasil, comparando dados diários e mensais de precipitação medidos em pluviômetros com as estimativas geradas pelos TRMM ao longo de dez anos de observações, entre 1998 e 2007. Juntamente com os dados do TRMM, foram levantados dados de precipitação de pluviômetros junto à Agência Nacional de Águas (ANA) para a região correspondente. Os resultados indicaram que as estimativas do produto TRMM-3B42 apresentam baixo coeficiente de correlação (0,68, variando entre 0,23 e 0,78), o que indica baixa confiabilidade para a região sul do Brasil. Em contrapartida, os dados do produto TRMM-3B43 apresentaram r de 0,91 variando entre 0,87 e 0,97, o que demonstrou alto grau de confiabilidade para a área de estudo. O trabalho concluiu que os dados do produto TRMM-3B43 apresentam maior confiabilidade se comparados com os resultados do produto TRMM-3B42. Este fato decorre da calibração das estimativas através de pluviômetros. Além disso, os acumulados mensais tendem a diluir as variações encontradas nos dados diários. Os autores salientam, ainda, que os produtos de TRMM-3B42 e 3B43 tendem, de uma maneira geral, a superestimar as estimativas de precipitação para a região em aproximadamente 10%.

2.4.4. Geostationary Operational Environmental Satellite Program (GOES)

O satélite geoestacionário GOES, nasceu do esforço conjunto da NASA e do NOAA. Atualmente, o sistema GOES consiste do GOES-12 (Leste) e o GOES-10 (Oeste). Ambos os satélites tem contribuído para a previsão do tempo, ocorrência de eventos severos, como tornados, furacões, tempestades, nuvens de poeira oriundas de erupções vulcânicas, queimadas, dentre outros (NASA, 2010). Os produtos do GOES tem sido importante ferramenta para o monitoramento do meio-ambiente da Terra, dando suporte a comunidade científica no que tange aos processos atmosféricos, previsão do tempo, etc (NASA, 2010).

Os principais instrumentos a bordo do satélite GOES, são os radiômetros (VISSR – *Visible-Infrared Spin Scan Radiometer*) na banda do visível e infravermelho. O satélite multiespectral, permite coletar dados em três canais do infravermelho diferentes e no visível e executa ainda cem rotações por minuto, varrendo a superfície da Terra de oeste para leste e fornece alta capacidade de sondagem atmosférica (LIU, 2006).

Sendo um satélite meteorológico, o GOES tem sido um importante instrumento para o monitoramento da dinâmica da atmosfera. Apesar da grande contribuição como fenômeno formador de sistemas atmosféricos, os sistemas convectivos de meso-escala não são bem compreendidos (CORFIDI *et al*, 1996 *apud* VILA *et al*, 2008). Conhecer os processos de nuvens convectivos e como se desenvolvem é de suma importância para a compreensão do clima e do tempo, particularmente sobre os trópicos.

Vila *et al*, (2008) realizaram um trabalho no intuito de desenvolver um algoritmo para prever e acompanhar o desenvolvimento dos sistemas convectivos de meso-escala (MCS) desde sua fase embrionária até sua fase final se utilizando de informações do canal termal (10.8 μm) do satélite geoestacionário. O método foi aplicado para avaliar o deslocamento e o ciclo de vida do sistema convectivo de meso-escala sobre a Bacia do Rio da Prata na América do Sul em um total de 120 minutos com intervalos de 30 minutos durante dezembro de 2002 a janeiro de 2003.

As principais características destes sistemas convectivos são: 1) identificação de um aglomerado de nuvens a partir da temperatura do topo (235 K), 2) uma técnica de acompanhamento baseada na sobreposição de áreas de MCS em sucessivas imagens e 3) um modelo de previsão baseado na evolução de cada MCS conhecendo suas etapas antecipadamente. Os autores encontraram uma boa concordância entre as análises, apesar de algumas vezes o modelo subestimar o número de pixels que apresentam os sistemas convectivos.

Para se calcular a temperatura do topo de nuvem basta utilizarmos a equação de *Stefan-Boltzmann*. A partir dos dados de radiação emitida pela superfície de interesse, podemos aferir a temperatura aplicando a equação:

$$F = \varepsilon \alpha T_n^4 \quad (4)$$

ou

$$T_n^4 = F \varepsilon \sigma \quad (5)$$

Onde F é a densidade de fluxo, ε = emissividade da nuvem, α = constante de Stefan-Boltzmann [$5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$] e T_n = temperatura da nuvem (K).

Maddox (1980) *apud* Vila *et al*, (2008) identificou um complexo convectivo de mesoescala utilizando o infravermelho termal $T_{ir} < 241 \text{ K}$, enquanto Vila *et al*, (2008) utilizaram de valores no infravermelho termal menores (231 ou 233 K).

Machado *et al*, (1998) *apud* Vila *et al*, (2008) propuseram uma temperatura do brilho do topo de nuvem de 245 K para identificação de sistemas convectivos de Mesoescala. Os autores ressaltam para a importância de se considerar que há uma variação de aproximadamente 10 a 20 K dependendo do tamanho da nuvem.

CAPÍTULO III

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende um polígono entre as coordenadas 7°47'6" a 9°46' Sul e 61°12'29" a 68°41'30" Oeste, abrangendo o Sul do Estado do Amazonas e a porção norte do Estado de Rondônia (FIGURA 13). A área abrange parte dos municípios de Boca do Acre, Lábrea, Canutama, Humaitá, Manicoré e Novo Aripuanã, situados no estado do Amazonas e os municípios de Porto Velho, Candeias do Jamari, Itapuã do Oeste, Cujubim e Alto Paraíso, localizados no estado do Rondônia.

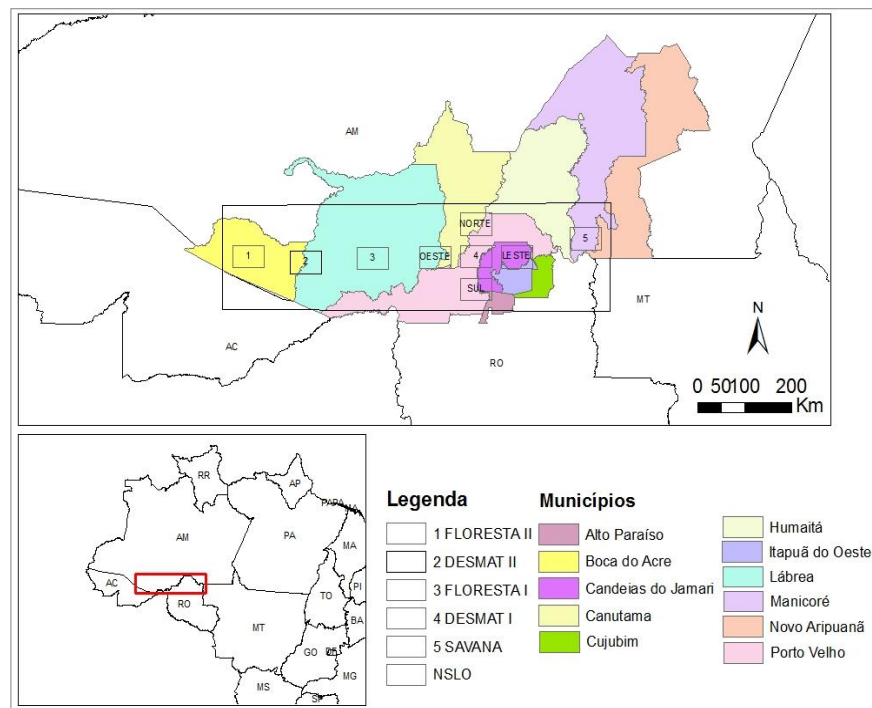


Figura 13. Localização da área de estudo e polígonos com floresta e desmatamento e municípios envolvidos.

Fonte: Compilado de CPRM (2005).

As análises de desmatamento, precipitação e temperatura de topo de nuvem, foram realizadas em nove polígonos com área de 2.985 km² cada, que variam de

desmatamento intenso com percentuais diferentes de desmatamento (54%), (44%) e (20%) à floresta não perturbada (FIGURA 13). Cada um dos polígonos foi nomeado de maneira mais didática possível e escolhido de maneira que se pudesse comparar e avaliar os efeitos do desmatamento sobre a precipitação e a convecção local. Estas áreas foram escolhidas com base em estudos de Avissar (2002) apresenta as dificuldades e os resultados de modelos numéricos relacionando precipitação e percentual de área desmatada. Os resultados encontrados indicam diferentes tendências, sendo que alguns indicam aumento de precipitação para pequenas áreas desmatadas e todos indicam diminuição de precipitação para grandes áreas de desmatamento.

A localização e distribuição dos polígonos levou em consideração três quesitos básicos. O primeiro deles foi que se localizassem na região do Arco do desmatamento ou possíveis áreas de avanço do mesmo. O segundo quesito, foi que levasse em consideração regiões geograficamente próximas, para que os mecanismos precipitantes fossem os mesmos para cada grupo de polígonos e que as realidades variassem de desmatamento intenso à floresta original. O terceiro parâmetro considerado, foi assegurar que os polígonos estivessem dentro da mesma normal climatológica, tentando diminuir os efeitos da variação natural de precipitação de uma área para outra.

De acordo com classificação de Ab'Saber (1965), o relevo predominante na região onde está inserida a área de estudo, é o Domínio Morfoclimático Amazônico de terras baixas florestadas equatoriais. A morfoestrutura é classificada como Depósitos Sedimentares Quaternários e Bacias Sedimentares Fanerozóicas com predomínio de planícies e depressões (ROSS, 2003; IBGE, 2006). A estrutura geomorfológica da área de estudo é caracterizada (MMA, 2002) tendo três configurações principais de Domínios Morfoestruturais, sendo o primeiro, os Depósitos Sedimentares Inconsolidados do Terciário e/ou Quartanário, cujo subdomínio é o interiorano descrito como planícies fluviais e/ou fluviolacustres. O segundo são as Bacias e Coberturas Sedimentares, sendo a Bacia Sedimentar Amazônica o subdomínio caracterizado como Depressão dos Rios Javari-Contamanae Depressão do Solimões e a terceira

morfoestrutura são os Embasamentos em estilos complexos, classificado como Embasamento da Amazônia e descrito como Planaltos Residuais da Amazônia Meridional e Depressão da Amazônia Meridional (FIGURA 14).

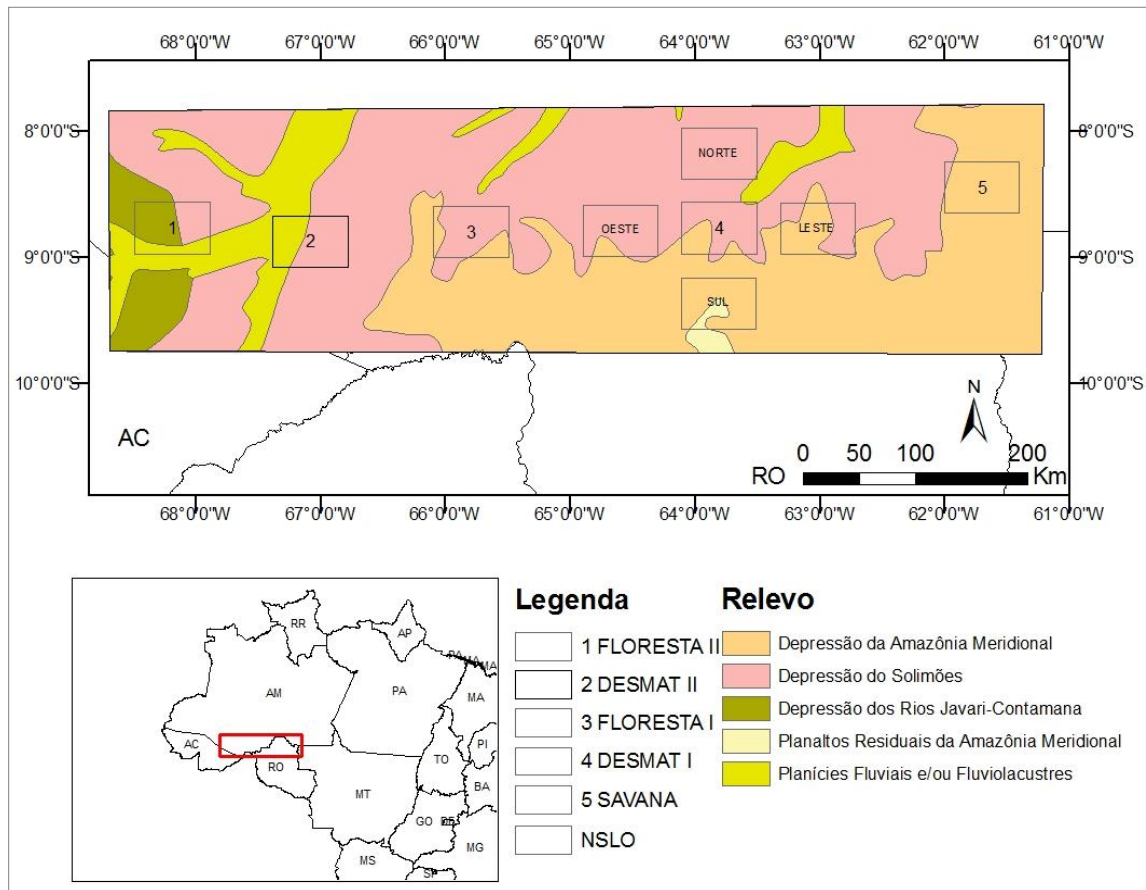


Figura 14. Formas de relevo da área de estudo.
Fonte: Compilado IBGE/MMA (2002).

De maneira geral, os solos refletem em grande parte as características do material de origem, sendo, também, influenciada por outros fatores como intemperismo e relevo. Na região amazônica ocorre predomínio do intemperismo químico, sendo incrementadas por outros fatores, tais como nível elevado do lençol freático, inundações periódicas e arraste de sedimentos pelas águas, que limitam a evolução pedogenética. Vale ressaltar que os solos da Amazônia são pobres em nutrientes. De uma maneira geral os solos se esgotam rapidamente quando se instala algum tipo de cultura de plantio. Isso se deve a intensa lixiviação ocasionada pelas chuvas .

Os solos predominantes na área de estudo são do tipo Latossolo e o Podzólico (FIGURA 15). Segundo Campos (2009), os Latossolos Amarelos ou Vermelho-Amarelos ocupam uma área de 52,5% da região. São solos profundos, bem drenados, de textura média a argilosa, alta porosidade, boa aeração e boa permeabilidade. Apresentam reação fortemente ácida, com valores de pH entre 3,5 e 5,5. Os teores de cálcio, magnésio e potássio trocáveis são mais elevados nos horizontes superficiais, evidenciando que a ciclagem de nutrientes entre o solo e a vegetação se processa com maior intensidade na camada superficial. Altos teores de alumínio, causando fitotoxicidade, além de teores de fósforo assimilável muito baixo, são importantes limitações para o uso agrícola destes solos.

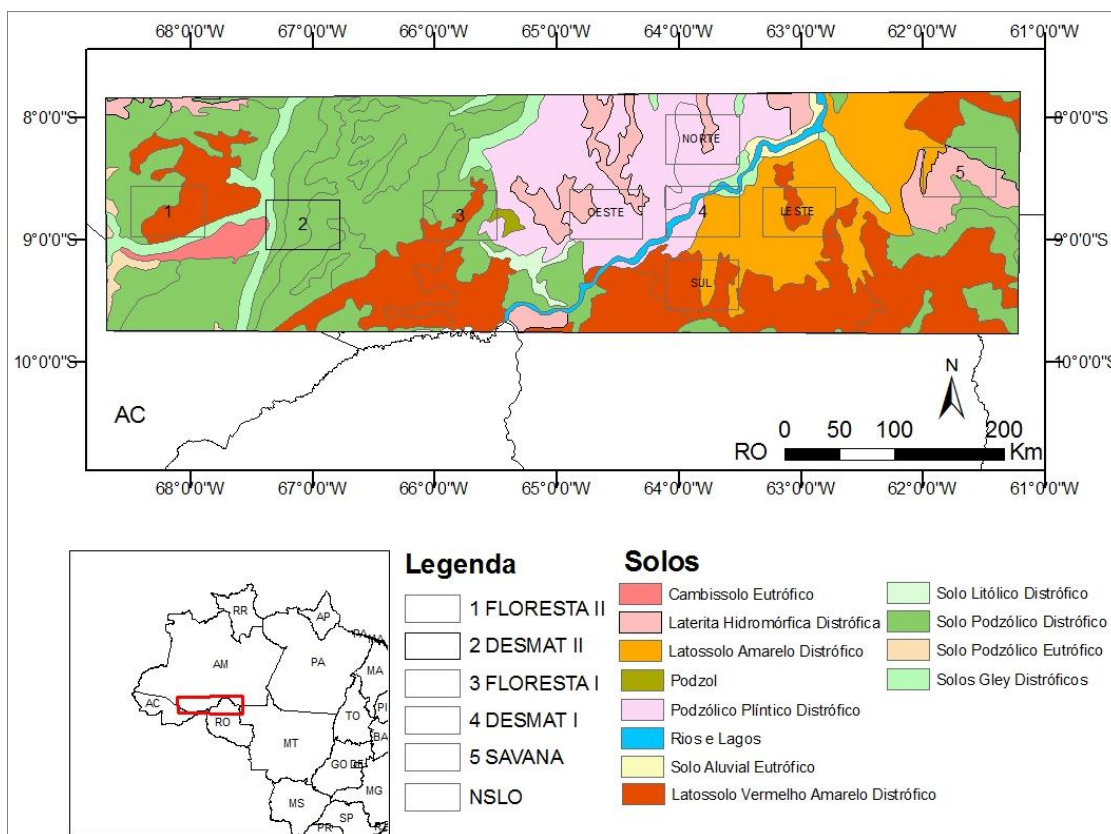


Figura 15. Solos na área de estudo.
Fonte: Compilado de IBGE/MMA (2002).

A vegetação original (FIGURA 16) preponderante na área de estudo segundo IBGE (2004) é heterogênea e composta por Floresta Ombrófila Densa, Floresta

Ombrófila Aberta de terras baixas e Áreas de tensão ecológica entre savana (cerrado) e floresta, Campinaranas, além de Formações pioneiras.

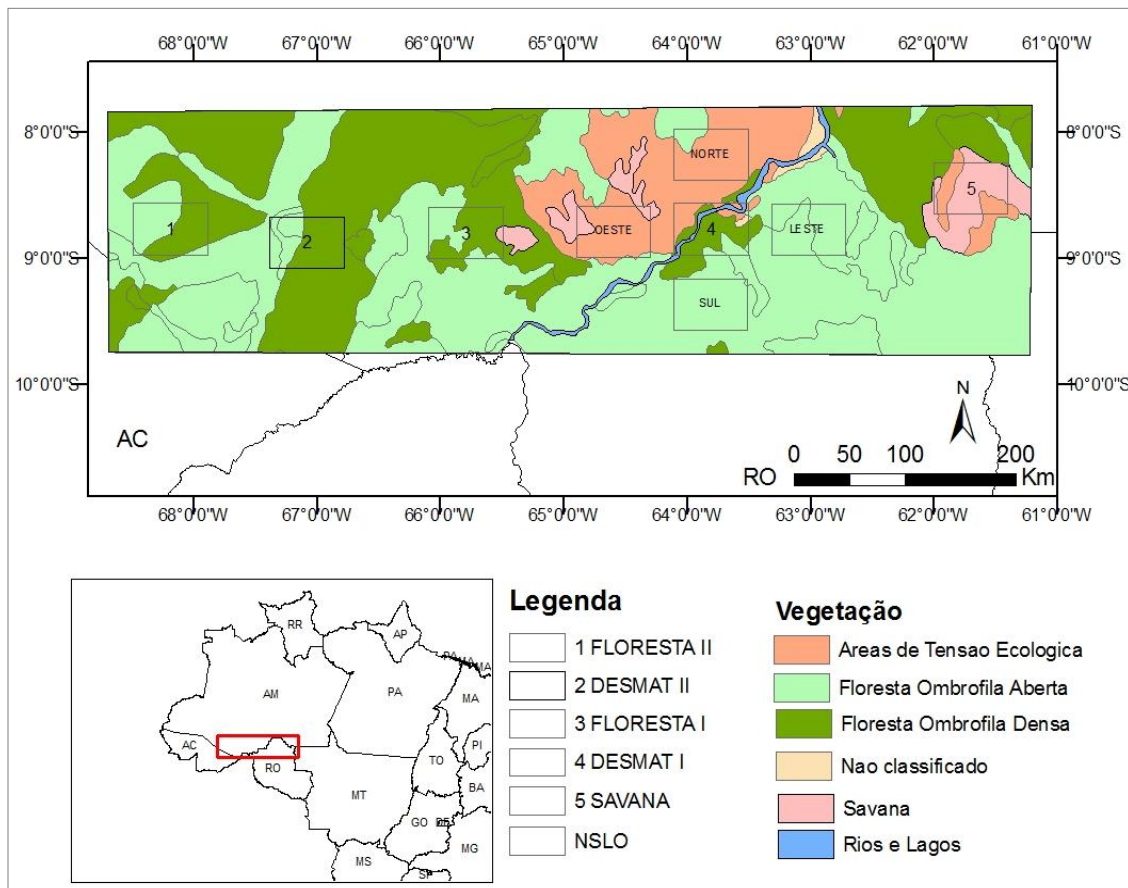


Figura 16. Mapa de vegetação da área de estudo.
Fonte: MMA/IBGE (2002).

O clima na região amazônica como um todo é caracterizado como quente e úmido, apresentando ainda altos índices pluviométricos, sendo que o fator preponderante para a determinação do clima na região é a disponibilidade de energia no topo da atmosfera (MOLION, 1987). A amplitude térmica sazonal varia de 1- 2°C e a temperatura média é de 26°C (FISCH *et al*, 1998). Para a região de interesse o trimestre de maior precipitação é janeiro, fevereiro e março e o trimestre de menor precipitação é junho, julho e agosto (INMET, 2010).

3.2. Material e equipamentos

Para realizar esta pesquisa foram utilizados os seguintes dados de sensoriamento remoto e cartográficos:

- Imagens do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) de 1998 a 2010, mensal em formato HDF disponíveis na página <http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/>;

- Imagens do satélite *Geostationary Operational Environmental Satellites* (GOES) de 2008, de 15 em 15 minutos em formato Binário, disponíveis na página <http://satelite.cptec.inpe.br>;

- Bases cartográficas em escala 1:250.000 contendo limites municipais, hidrografia e vegetação (IBGE, MMA, CPRM);

- Dados sobre desmatamento na área de estudo (PRODES/INPE) (Tabela 1), disponíveis na página: <http://www.obt.inpe.br/prodes/>;

- Dados da normal climatológica para a área de interesse do INMET de 1961 a 2008, disponibilizados na página <http://www.inmet.gov.br/webcdp/climatologia>;

- Softwares de processamento de dados ENVI e Arcgis;

- O programa estatístico *XLStat*, disponibilizado gratuitamente por um período de um mês em <http://www.xlstat.com/en/download/>;

- Software *Grid Analysis and Display System* (GrADS), gratuitamente disponível em <http://www.iges.org/grads/>.

Tabela 1. Dados do PRODES/INPE para a área de estudo.

Nome	Estado	Area do municipio (km ²)	Orbita/Ponto TM/LANDSAT-5	% do municipio na cena
Boca do Acre	AM	22348.948	001/66	4
Boca do Acre	AM	22348.948	001/67	1
Boca do Acre	AM	22348.948	002/66	83
Boca do Acre	AM	22348.948	003/66	14
Lábrea	AM	68229.009	001/65	16
Lábrea	AM	68229.009	001/66	37
Lábrea	AM	68229.009	001/67	6
Lábrea	AM	68229.009	002/65	1
Lábrea	AM	68229.009	233/65	13
Lábrea	AM	68229.009	233/66	28
Lábrea	AM	68229.009	233/67	1
Canutama	AM	29819.631	232/65	22
Canutama	AM	29819.631	232/66	8
Canutama	AM	29819.631	233/64	8
Canutama	AM	29819.631	233/65	48
Canutama	AM	29819.631	233/66	15
Humaitá	AM	33071.667	231/64	2
Humaitá	AM	33071.667	231/65	23
Humaitá	AM	33071.667	231/66	14
Humaitá	AM	33071.667	232/64	6
Humaitá	AM	33071.667	232/65	53
Humaitá	AM	33071.667	232/66	1
Humaitá	AM	33071.667	232/66	2
Manicoré	AM	48282.478	230/65	1
Manicoré	AM	48282.478	231/63	2
Manicoré	AM	48282.478	231/64	48
Manicoré	AM	48282.478	231/65	28
Manicoré	AM	48282.478	231/66	12
Manicoré	AM	48282.478	232/64	11
Novo Aripuanã	AM	41191.345	230/63	1
Novo Aripuanã	AM	41191.345	230/64	37
Novo Aripuanã	AM	41191.345	230/65	14
Novo Aripuanã	AM	41191.345	230/66	14
Novo Aripuanã	AM	41191.345	231/63	1
Novo Aripuanã	AM	41191.345	231/64	8
Novo Aripuanã	AM	41191.345	231/65	16
Novo Aripuanã	AM	41191.345	231/66	11
PortoVelho	RO	34082.366	001/66	1
PortoVelho	RO	34082.366	001/67	10
PortoVelho	RO	34082.366	231/66	3
PortoVelho	RO	34082.366	232/66	37
PortoVelho	RO	34082.366	232/67	13
PortoVelho	RO	34082.366	233/66	12
PortoVelho	RO	34082.366	233/67	26
Itapuã do Oeste	RO	4081.433	232/66	100
Itapuã do Oeste	RO	4081.433	232/67	1
Alto Paraíso	RO	2651.818	232/67	100
Candeias do Jamari	RO	6843.866	232/66	99
Candeias do Jamari	RO	6843.866	232/67	2
Cujubim	RO	3864.071	231/66	59
Cujubim	RO	3864.071	231/67	24
Cujubim	RO	3864.071	232/66	4
Cujubim	RO	3864.071	232/66	11

3.3. Procedimentos metodológicos

Para reconhecimento da área de estudo foi realizado primeiramente uma revisão bibliográfica sobre as formações vegetais e uso da terra. Concomitantemente, foram utilizadas imagens de satélite e mapas temáticos do MMA/IBGE para identificar as diversas coberturas vegetais. A Figura 17 apresenta um resumo dos procedimentos metodológicos utilizados neste estudo.

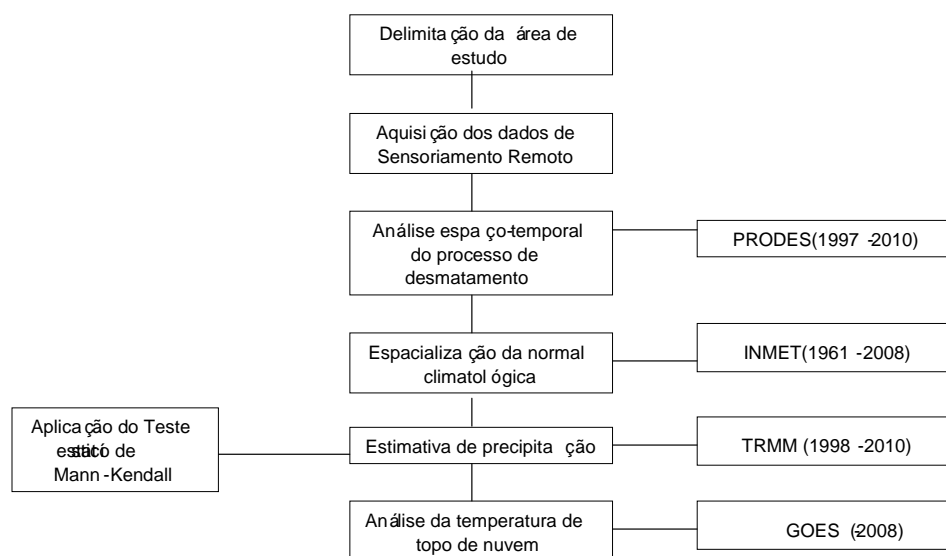


Figura 17. Esquema dos procedimentos metodológicos.

3.3.1. Análise do desmatamento

Para as análises da dinâmica espaço-temporal (1997 a 2010) do processo de desmatamento foram utilizados os dados disponibilizados pelo PRODES Digital (INPE, 2011), do TM LANDSAT 5 com resolução espacial de 60 metros. Foi elaborado um mosaico com os dados de desmatamento referentes a cada uma das 52 órbitas/pontos (Tabela 1) que cobrem a área de estudo.

3.3.2. Análise e mapeamento da precipitação na área de estudo (INMET)

Como primeiro passo para análise da precipitação da área de interesse, foram levantadas as médias de precipitação (1961-2010) para a região, segundo dados do

INMET (2011). Uma vez tabelados os valores médios de precipitação, os dados foram espacializados, sendo gerados assim, mapas de distribuição da precipitação. Os mapas da espacialização da precipitação foram gerados através do método denominado Inverso da Distância Ponderada (LANDIM, 2000). Neste método, de um modo geral, as áreas próximas ao ponto de coléta tendem a ser mais parecidos do que as áreas que estão mais distantes (JIMENEZ & DOMECCQ, 2005). Esse cálculo segue a fórmula apresentada por (LANDIM, 2000), a saber: □

$$\sum = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{h_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}^\beta}}$$

(6)

Onde,

Z = valor interpolado para o nó do reticulado (grid);

Z_i = valor (resíduo) do ponto amostrado vizinho ao nó (*pode ser Zres+, Zres- ou Zres0*);

h_{ij} = distância entre o nó da grade e Z_i ;

β = expoente de ponderação (peso);

n = número de pontos amostrados utilizados para interpolar cada nó.

3.3.3. Análise da precipitação vs. desmatamento

As estimativas da precipitação por sensoriamento remoto na área de estudo foram realizadas a partir dos dados do satélite TRMM 3B43, com resolução espacial de 0.25 km por 0.25 km e resolução temporal mensal, sazonal (chuvoso e estiagem) e anual no período de 1998 a 2010.

Para a integração dos dados, foram utilizados os nove polígonos, sendo um deles de desmatamento intenso, um de savana, um de desmatamento menos intenso e o restante de floresta correspondendo à área de estudo conforme demonstrado na (Figura 13).

Para analisar as tendências de precipitação dentro dos nove polígonos de interesse, em um período de 13 anos foi aplicado o teste denominado *Mann-Kendall* ('ON'OZ e BAYAZIT, 2002). As análises anuais e sazonais foram feitas com um

universo amostral de 13 anos, com um nível de significância de 5%. A análise mensal foi realizada com um universo amostral de 156 meses, com nível de significância de 5%.

O *Mann-Kendall* é um teste não paramétrico (MANN, 1945) e tem sido aplicado para análise estatística de mudanças climáticas por diversos autores (BACK 2000; SANTOS *et al*, 2010; FECHINE & GALVÍNIO, 2010). Neste teste a hipótese nula (H_0) significa que não há tendência na série. A hipótese alternativa (H_1) pode indicar tendência positiva ou negativa, com níveis variados de significância. No caso particular do teste de tendência, a primeira série é um indicador de tempo (KHAMBHAMMETTU, 2005) crescente gerada automaticamente para que a classificação seja mais óbvia, o que simplifica os cálculos para se achar o *p-valor*. Khambhammettu (2005) descreveu a fórmula de *Mann-Kendall* da seguinte maneira:

Assumindo, x_1, x_2, \dots, x_n , onde o x_j representa o ponto de dados em relação ao tempo j . Então, a estatística de *Mann-Kendall* (S) é dada por:

$$S = \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{k=j+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \tag{7}$$

onde,

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{se } x_j > x_k \\ 0 & \text{se } x_j = x_k \\ -1 & \text{se } x_j < x_k \end{cases}$$

Sendo assim, todos os valores positivos de S indicam uma tendência ascendente e todos os valores negativos de S indicam uma tendência decrescente. O n , quantifica estatisticamente a significância da tendência.

3.3.4. Temperatura do topo de nuvens vs. desmatamento

Neste trabalho, foi analisada a temperatura de topo de nuvens para a área de estudo. Dados provenientes do satélite GOES do ano de 2008 com resolução temporal de 15 minutos e resolução espacial de 4 km².

Esse procedimento consiste na verificação da temperatura de brilho de topo de nuvem, baseado no conceito de convecção profunda na troposfera superior (VILA, 2008). A Temperatura de Brilho do Topo da Nuvem é proporcional à radiação

infravermelha emitida, uma vez que o brilho/temperatura equivalente de um corpo negro pode ser relacionada com a precipitação.

Foram *plotados* uma média anual e espacial para o ano de 2008 para a região de estudo. Embora fixar uma temperatura específica para identificar uma nuvem de convecção profunda oriunda de atividade convectiva seja arbitrária, diferentes estudos (VILA, 2008; WANG *et al*, 2009) sustentam a idéia de que a temperatura de brilho inferior a 245 K identifica satisfatoriamente um sistema convecção profunda produtor de precipitação e de 280 K para nuvens rasas (WANG *et al*, 2009). Condições de convecção local sugerem padrões de precipitação e de como o processo físico (termodinâmico) da atmosfera responde ao desmatamento na região de interesse.

De acordo com Sellers *et al.* (1997) e Pitman & Narisma (2005), a alteração no padrão de uso da terra pode desencadear mudanças nos mecanismos de atuação locais formadores de nuvens tais como, o mecanismo de albedo, mecanismo de evapotranspiração e mecanismo de raízes e mecanismo de rugosidade discutidos mais detalhadamente na Revisão de literatura apresentada no Capítulo II, deste trabalho.

A série de dados de Temperatura do Brilho do Topo das Nuvens (TBTN), foi visualizada e processada pelo *software* GrADS, ferramenta de programação utilizada para visualização de grande volume de dados ligados a Ciências da Terra. Os dados foram processados em escala mensal para verificar a média de temperatura do topo de nuvem para os meses propostos e sobre a área de estudo.

Com intuito de desprezar o efeito de borda, foi gerada a série anual de TBTN no ponto central de cada polígono. A cada série encontrada foi realizado o estudo da Moda numa escala mensal, com intuito de encontrar o valor de TBTN predominante em cada polígono. Apresentação e discussão de valores atuantes mensalmente em cada polígono foram comparadas entre si.

Por ultimo, ainda na série do ponto central de cada polígono, foi contabilizado o número ocorrências de convecção profunda (TBTN \leq 245 K). Neste sentido, confirmar a hipótese de que a variação do número de eventos pode refletir na variabilidade de chuva local, conforme sugerido nos mecanismos de *feedback* atuantes na mudança da

terra , conforme (PITMAN & NARISMA, 2005; SELLERS *et al*, 1997; SHUKLA *et al*, 1990).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. O desmatamento na área de estudo

De acordo com os resultados do Programa de Monitoramento do Desmatamento da Amazônia (PRODES/INPE, 2010), as regiões de floresta da Amazônia brasileira vêm sendo convertida para outro tipo de uso. A Figura 18 apresenta o desmatamento acumulado ocorrido na área de estudo até o ano de 2010, tendo como base o ano de 1997. As manchas com desmatamento avançam sobre as áreas de floresta, o que demonstra a intensidade da mudança de uso da terra.

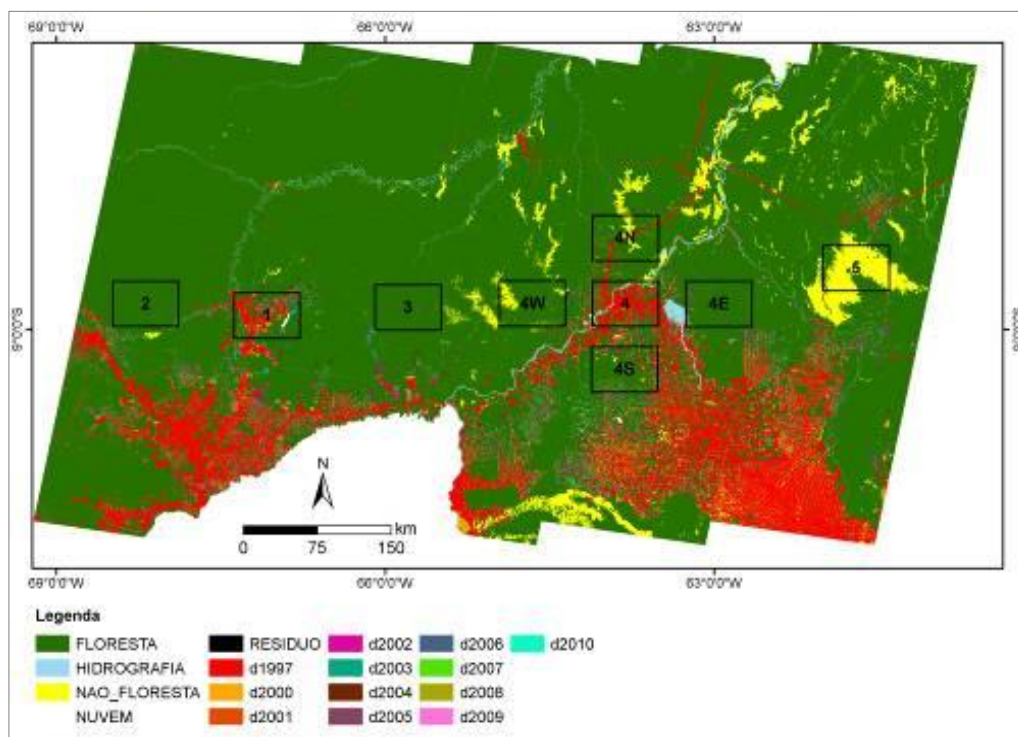


Figura 18. Desmatamento acumulado (1997 a 2010) para a área de estudo.
Fonte: Compilado de INPE/PRODES (2010).

No sul do Amazonas, nos municípios estudados Tabela 2, mesmo que a área de desmatamento não corresponda em termos percentuais, grandes extensões de terra, é

importante destacar que o processo de desmatamento sofreu um acréscimo nos últimos anos em especial na região do “Arco do Desmatamento”. Já os municípios localizados no norte de Rondônia já contam com percentuais de desmatamento maiores segundo dados do PRODES/INPE (2009).

Tabela 2. Desmatamento nos municípios inseridos na área de estudo.

Nome	Estado	Área do município	Desmatamento até 2009	Incremento (2008/09)
Boca do Acre	AM	23013	1903,8 (8%)	20.8
Lábrea	AM	69669	3151,0 (5%)	36.4
Canutama	AM	30283	6,7 (3%)	13.8
Humaitá	AM	33431	668,0 (2%)	5.2
Manicoré	AM	48687	1499,4 (3%)	30
Novo Aripuanã	AM	41459	874,6 (2%)	15.9
PortoVelho	RO	34636	7651,1(22%)	97.7
Itapuã do Oeste	RO	4131	863,1(21%)	3.9
Paraíso	RO	2681	1659,8(62%)	11.4
Candeias do	RO	6933	1767,0(25%)	12.7
Cujubim	RO	3901	1394,6(36%)	31.2

Fonte: Compilado do INPE/PRODES (2011).

A Tabela 3 apresenta a situação de desmatamento em cada um dos nove polígonos selecionados em estudo. Conforme descrito anteriormente, dois polígonos sendo eles DESMAT I e DESMAT II apresentam as maiores áreas com desmatamento com 54% e 44%, respectivamente, e os demais polígonos apresentam percentuais de desmatamento bem inferiores.

Tabela 3. Desmatamento nos nove polígonos em estudo.

	Área do polígono (km ²)	Desmatamento no polígono (km ²)	(%)
DESMAT I	2985,86	1.637,502	54,842
DESMAT I_Norte		268,626	8,997
DESMAT I_Sul		623,464	20,881
DESMAT I_Leste		161,799	5,419
DESMAT I_Oeste		80,123	2,683
FLORESTA I		3,739	0,125
DESMAT II		1.317,328	44,119
FLORESTA II		7,057	0,236
SAVANA		3,368	0,113

Fonte: Compilado do INPE/PRODES (2011).

Os dados de desmatamento são acompanhados pelos incentivos dados aos assentamentos rurais (FEARNSIDE, 2006) e avanço das atividades extrativistas e pecuária (LAURANCE, 2000; SAWYER, 2001; FEARNSIDE, 2006). Segundo, dados de IBGE (2009), o estado de Rondônia extraiu 57.926 m³ de madeira em forma de lenha e 1.358.072 m³ de madeira em toras. Rondônia contava ainda com um rebanho bovino que registrava um total de 1.358.072 cabeças de gado. No Amazonas, o extrativismo vegetal atingiu valores registrados de retirada de madeira (carvão vegetal) de 2.978 toneladas, 2.539.348 m³ de madeira sob forma de lenha e 1.055.928 m³ de madeira em toras e a pecuária contava com um rebanho de 1.350.816 cabeças de gado.

A Tabela 4 retrata o perfil das atividades econômicas ligadas ao extrativismo e a pecuária dos municípios envolvidos na área de estudo, com a mudança de uso da terra. A evolução do desmatamento se caracteriza por um padrão já conhecido. Primeiramente, ocorre à extração das madeiras mais nobres, passando para o extrativismo vegetal para a produção de carvão e lenha, para então, as terras se tornarem disponíveis para a pecuária (SAWYER, 2001; FEARNSIDE, 2006; CEMANO *et al*, 2011). Essas terras até então ocupadas pela pecuária são abandonadas dando lugar à agricultura. Ocorre então, o que se convencionou chamar de “efeito de arrasto”, quando a agricultura empurra a pecuária para novas áreas de floresta, ampliando assim as áreas desmatadas (FEARNSIDE, 2006).

Tabela 4. Atividades extrativistas e pecuárias, para os principais municípios da área de estudo.

Extração vegetal, silvicultura e pecuária em Boca do Acre/AM				
Ano	Carvão (ton)	Lenha (m ³)	Tóras (m ³)	Bovinos-cabeças
2004	98	23,970	2,750	274,050
2005	100	24,205	2,781	282,260
2006	102	24,689	2,836	292,139
2007	105	25,430	2,922	80,697
2008	109	26,192	3,038	83,924
2009	110	26,453	3,068	85,015
Extração vegetal, silvicultura e pecuária em Lábrea/AM				
	Carvão (ton)	Lenha (m ³)	Tóras (m ³)	Bovinos-cabeças
2004	29	30,150	99,450	6,593
2005	30	30,900	101,970	6,790
2006	31	31,518	104,009	7,027
2007	32	32,463	107,129	285,519
2008	33	33,437	110,343	283,620
2009	33	33,772	111,446	287,591
Extração vegetal, silvicultura e pecuária em Humaitá/AM				
	Carvão (ton)	Lenha (m ³)	Tóras (m ³)	Bovinos-cabeças
2004	-	1,500	9,800	15,107
2005	-	1,514	9,888	15,560
2006	-	1,544	10,085	16,104
2007	-	1,590	10,387	20,801
2008	-	1,637	10,802	22,406
2009	-	1,660	10,910	22,742
Extração vegetal, silvicultura e pecuária em Canutama/AM				
	Carvão (ton)	Lenha (m ³)	Tóras (m ³)	Bovinos-cabeças
2004	3	46,880	47,300	14,400
2005	4	48,049	48,492	14,832
2006	4	49,009	49,461	15,351
2007	4	50,479	50,944	13,618
2008	4	52,498	52,986	13,690
2009	4	53,128	53,516	13,895
Extração vegetal, silvicultura e pecuária em Manicoré/AM				
	Carvão (ton)	Lenha (m ³)	Tóras (m ³)	Bovinos-cabeças
2004		145,020	15,150	12,810
2005		148,629	15,450	12,810
2006		151,601	15,759	13,258
2007		156,150	104,009	56,390
2008		161,771	108,065	63,213

2009		163,389	109,146	64,098
Extração vegetal, silvicultura e pecuária em Novo Aripuanã/AM				
	Carvão (ton)	Lenha (m ³)	Tóras (m ³)	Bovinos-cabeças
2004	3	89500	16,450	17,208
2005	3	91,484	16,583	17,724
2006	3	93,313	16,914	18,332
2007	36	96,113	30,000	11,620
2008	38	99,093	31,320	12,120
2009	39	99,885	31,633	12,290
Extração vegetal, silvicultura e pecuária em Porto Velho/RO				
	Carvão (ton)	Lenha (m ³)	Tóras (m ³)	Bovinos-cabeças
2004	-	-	320,881	426,479
2005	-	-	314,784	539,067
2006	-	-	328,510	579,892
2007	-	24,200	302,150	567,948
2008	-	21,500	230,000	608,664
2009	-	8,625	374,655	617,901
Extração vegetal, silvicultura e pecuária-Candeias do Jamari/RO				
	Carvão (ton)	Lenha (m ³)	Tóras (m ³)	Bovinos-cabeças
2004	-	-	6,057	143,362
2005	-	-	5,942	158,361
2006	-	-	6,017	167,107
2007	-	-	5,830	164,281
2008	-	-	4,310	165,035
2009	-	-	62,568	175,700
Extração vegetal, silvicultura e pecuária em Itapuã do Oeste/RO				
	Carvão (ton)	Lenha (m ³)	Tóras (m ³)	Bovinos-cabeças
2004	-	-	-	70,212
2005	-	-	-	81,127
2006	-	-	-	78,578
2007	-	-	250	75,584
2008	-	-	210	69,677
2009	-	-	3,329	76,644
Extração vegetal, silvicultura e pecuária em Cujubim/RO				
	Carvão (ton)	Lenha (m ³)	Tóras (m ³)	Bovinos-cabeças
2004	-	-	43,983	83,200
2005	-	-	43,147	97,144
2006	-	-	47,610	114,223
2007	-	-	48,760	112,645
2008	-	-	46,300	123,244
2009	-	-	195,878	133,254
Extração vegetal, silvicultura e pecuária em Alto Paraíso/RO				
	Carvão (ton)	Lenha (m ³)	Tóras (m ³)	Bovinos-cabeças

2004	-	-	-	147,404
2005	-	-	-	180,217
2006	-	-	-	199,807
2007	-	1,500	1,500	200,050
2008	-	1,300	1,350	202,652
2009	-	1,425	8,866	207,357

Fonte: IBGE (2011).

Kaimowitz *et al.*, (2004) discorrem sobre a influência do aumento da demanda de carne bovina na elevação nas taxas de desmatamento na “Amazônia Legal” brasileira. Segundo dados do IBGE (2006), as pastagens já ocupavam uma área de 806.300 de hectares no estado do Amazonas e em Rondônia contavam com 4.809.887 hectares. Vale salientar que as terras ocupadas por pastagens em Rondônia, ocupam uma área total quase dez vezes maior que as áreas de lavoura que ocupavam uma área de 494.644 de hectares.

Lima e May (2005) avaliaram os efeitos da expansão da soja ao sul no Amazonas. Relataram que as áreas que vem sendo ocupadas pelo cultivo da soja eram anteriormente destinadas à pecuária. Nas palavras dos próprios autores:

“avaliação dos impactos ambientais mais eficazes, a fim de que possam lidar com as muitas conseqüências da expansão da soja, sobretudo do “feito arrasto”, decorrente das atividades a elas associadas como a pecuária, a exploração madeireira ou aquelas aceleradas através da implementação de infra-estrutura destinada a dar o suporte ao desenvolvimento do complexo sojicultor na região amazônica.”

4.2. Análise das normais climatológicas oriundas de estações meteorológicas (INMET)

A Bacia Amazônica recebe uma precipitação média de 2300 mm.ano⁻¹ (FISCH *et al.*, 1998) apesar de apresentar regiões que registram valores acima dessa média, tais como o litoral do Pará e Amapá, o Noroeste da Amazônia no sopé da Cordilheira dos Andes e no sul da Amazônia, que é a área de interesse. É importante ressaltar que a distribuição da precipitação na Amazônia é extremamente irregular, apresentando uma

variabilidade espaço-temporal natural o que dificulta qualquer tentativa de se encontrar uma tendência nos dados meteorológicos.

Durante o verão no hemisfério Sul, os principais sistemas atmosféricos de escala sinóptica atuantes na Amazônia (ANGELIS *et al*, 2004) são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Alta da Bolívia (AB). Neste período, os índices de precipitação apresentam valores mais elevados em torno de 1000 mm. A Figura 19 apresenta a distribuição da precipitação (normal climatológica) sazonal para o período chuvoso da área de estudo a partir de dados de estações meteorológicas.

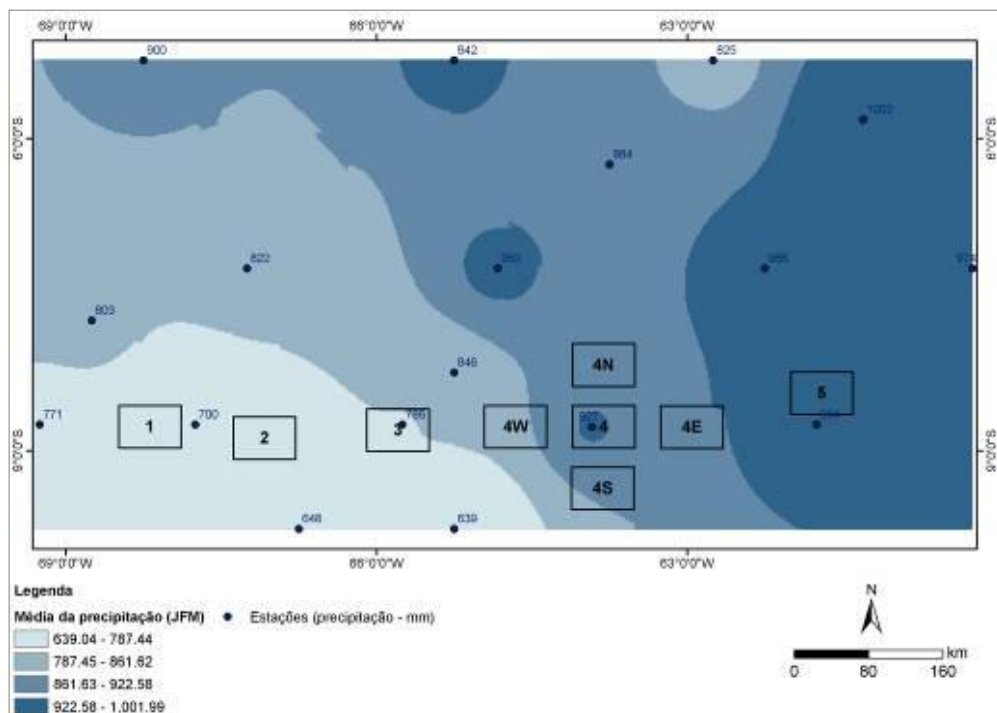


Figura 19. Distribuição da precipitação no trimestre de (JFM) para a área de estudo. Os pontos representam as Estações meteorológicas do INMET. Fonte: Compilado de INMET (2011).

Já no inverno do hemisfério Sul, o deslocamento da ZCIT para o hemisfério Norte e o enfraquecimento do Anti-Ciclone no altiplano boliviano, alteram os padrões de precipitação na Bacia amazônica que experimenta as menores taxas de precipitação. Neste período sazonal, na área de estudo, verifica-se uma importante redução na

quantidade de precipitação (Figura 20), quando comparado com o verão no hemisfério Sul.

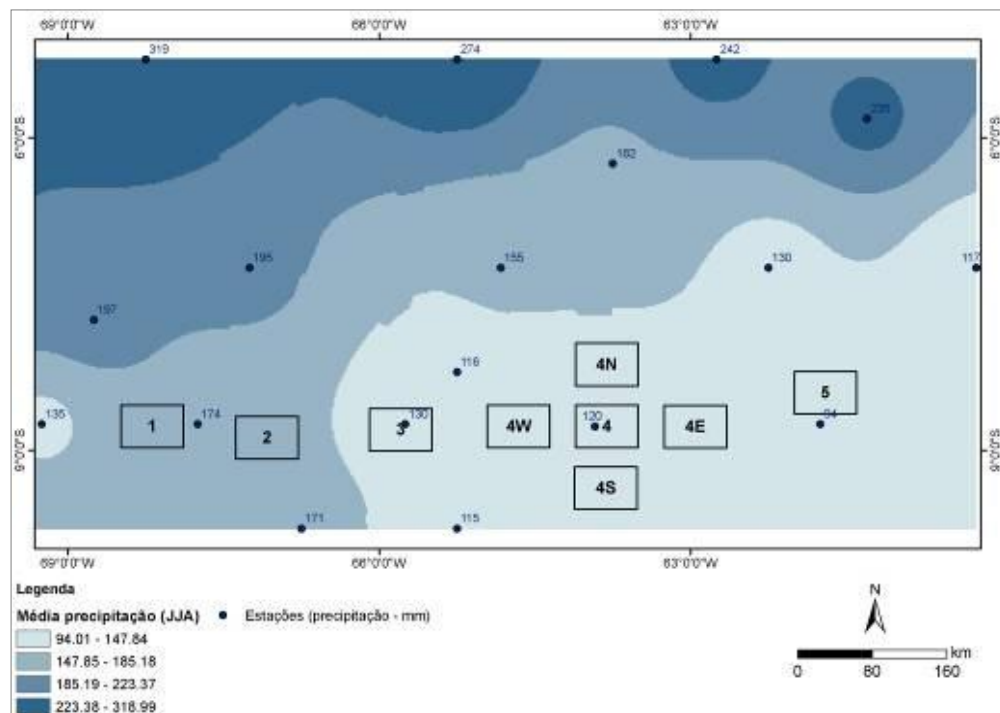


Figura 20. Distribuição da precipitação no trimestre de (JJA) para a área de estudo. Fonte: Compilados de INMET (2011).

As Figuras 19 e 20 representam, cada uma, os padrões de precipitação na área de estudo. Na Figura 19, os mecanismos precipitantes de escala sinóptica atuantes na Amazônia, estão atuando de maneira mais intensa sobre a área de estudo o que faz com que a região apresente uma precipitação média de 820 mm para o período chuvoso. Já a Figura 20, que apresenta o trimestre de menor precipitação para a área de estudo, quando os mecanismos de escala sinóptica estão deslocados para Norte, aumentando assim a importância da convecção local como mecanismo de precipitação, registra 205 mm para o trimestre.

Apesar de não constituir objetivo deste trabalho, não se pode deixar de mencionar a importância dos fenômenos *El Niño* e *La Niña* no papel de condicionantes do tempo e clima na Amazônia. Fisch et al (1998) explica que o aquecimento anômalo das águas superficiais do oceano Pacífico Sul faz com que o ramo descendente da célula de *Walker* recaia sobre a Amazônia inibindo a atividade convectiva, fazendo com que a

precipitação diminua. Molion (1987) descreve que o ramo descendente chega a cobrir toda a Amazônia e chega a atingir a costa africana, reduzindo sensivelmente os índices de precipitação. A Figura 21 apresenta a variabilidade da precipitação na área de estudo ao longo de 13 anos e a ocorrência dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*.

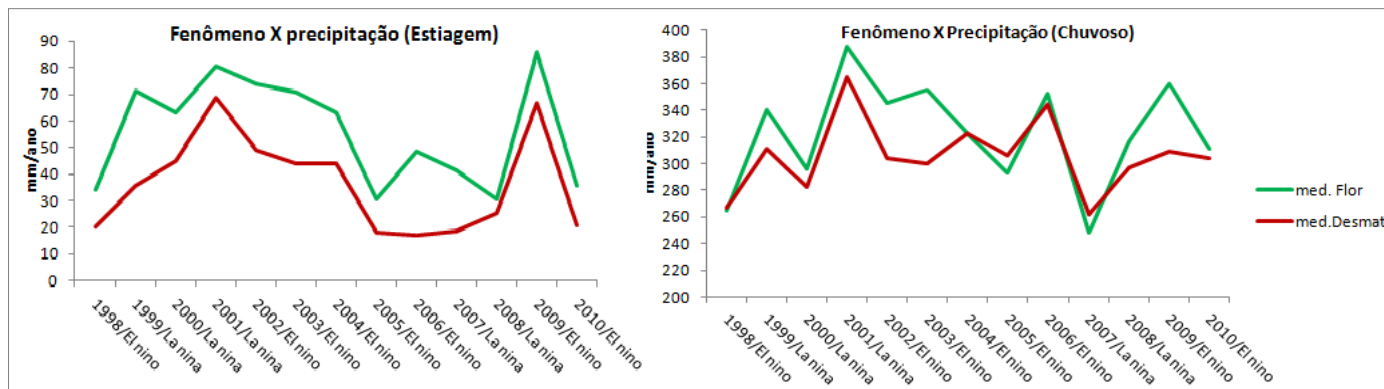


Figura 21. Variação da precipitação em $\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ na área de Floresta e Desmatamento em relação aos anos e fenômenos de *El Niño* e *La Niña*.
 Fonte: Dados do satélite TRMM e INPE (2011).

Tabela 5. Intensidade e ocorrência dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*.

Ano	<i>El Niño</i>	<i>La Niña</i>
1998	Forte	Moderado
1999		Moderado
2000		Moderado
2001		Moderado
2002	Moderado	
2003	Moderado	
2004	Fraco	
2005	Fraco	
2006	Fraco	
2007		Forte
2008		Forte
2009	Fraco	
2010	Fraco	

Fonte: INPE (2011).

Ao verificar a influencia do *El Niño* Oscilação Sul (ENOS), percebe-se que a variabilidade da precipitação acompanha a dinâmica da ocorrência e a intensidade dos fenômenos (Tabela 5).

4.3. Análise dos padrões de precipitação na área de estudo (TRMM)

Os resultados sobre os padrões de precipitação obtidos com as análises dos produtos TRMM são apresentados em quatro partes, a saber: apresentação geral sobre os resultados; comparação entre os polígonos 3, 4 e 5 (LESTE) e; comparação entre os polígonos 1 e 2 (OESTE); comparação entre os polígonos 4 e Norte, Sul, Leste e Oeste.

No intuito de dar mais consistência aos dados do TRMM foram analisadas a temperatura de topo de nuvens para avaliar os impactos do desmatamento na atividade convectiva local e traçar um paralelo com as ocorrências de chuva.

4.3.1. Análise das médias de precipitação anual (TRMM)

Na área de estudo, os treze anos de dados de precipitação estimada por satélite TRMM-3B43 indicam que os valores médios de precipitação anual registram $2.232 \text{ mm.mês}^{-1}\text{ano}^{-2}$ conforme apresentado na Figura 22.

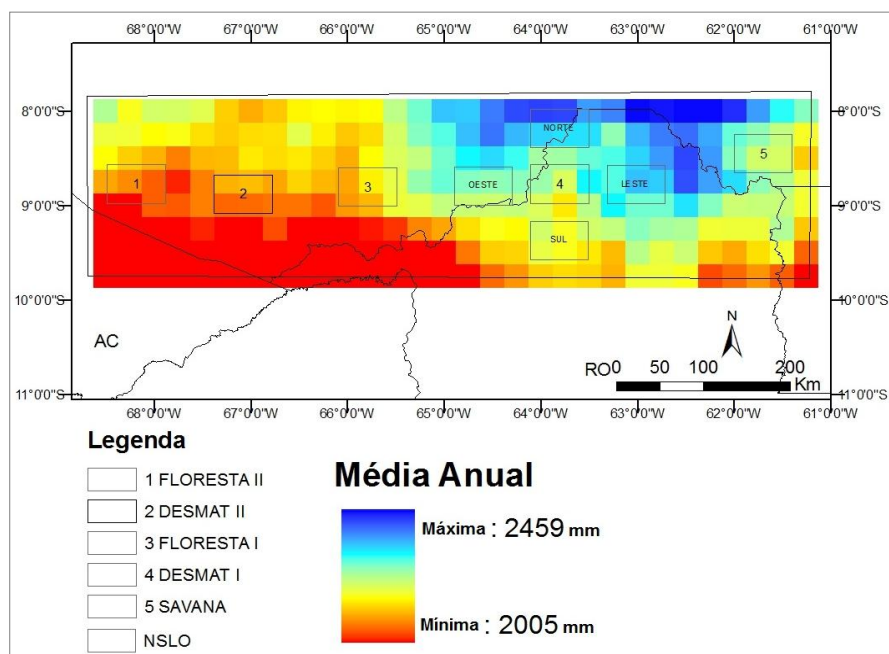


Figura 22. Precipitação média anual para a área de estudo.
 Fonte: Processamento dos dados TRMM 3B43.

Na porção Leste da área de estudo (Figura 23), os valores médios de precipitação para o polígono com desmatamento a 54% da área DESMAT I, demonstraram uma tendência negativa, já as médias de precipitação para o polígono com floresta (FLORESTA I) apresentaram um comportamento praticamente inalterado (Figura 23).

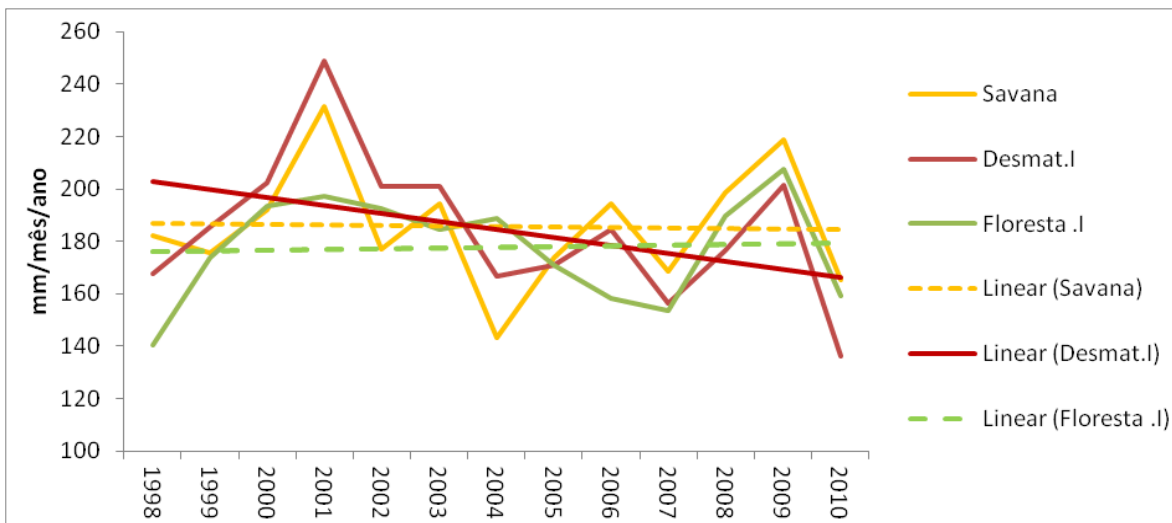


Figura 23. Comportamento da precipitação ao longo da série temporal. Polígonos Savana, Desmatamento e Floresta.
 Fonte: Processamento dos dados TRMM 3B43.

Comparativamente, os registros de precipitação estimada por satélite apresentaram comportamentos diferentes sobre as áreas DESMAT I e FLORESTA I, que registraram tendências distintas de precipitação anual, sendo que o polígono DESMAT I apresentou tendência de precipitação de $-39,5 \text{ mm.mês}^{-1}.\text{ano}^{-2}$ (-19,2%) ao longo da série observada se comparado com o polígono FLORESTA I que apresentou uma tendência positiva de $3,8 \text{ mm.mês}^{-1}.\text{ano}^{-2}$ (2,1%).

Ao compararmos o polígono DESMAT I com o polígono SAVANA V, observamos que na área de savana a tendência de precipitação ao longo da série temporal não apresentou alteração (Figura 23).

Na porção Oeste da área de estudo, o comportamento dos valores médios de precipitação tanto no polígono com desmatamento a 44% da área (DESMAT II) como no polígono com floresta (FLORESTA II) demonstraram tendência positiva em termos de $\text{mm.mês}^{-1}.\text{ano}^{-2}$ e percentuais (Figura 24).

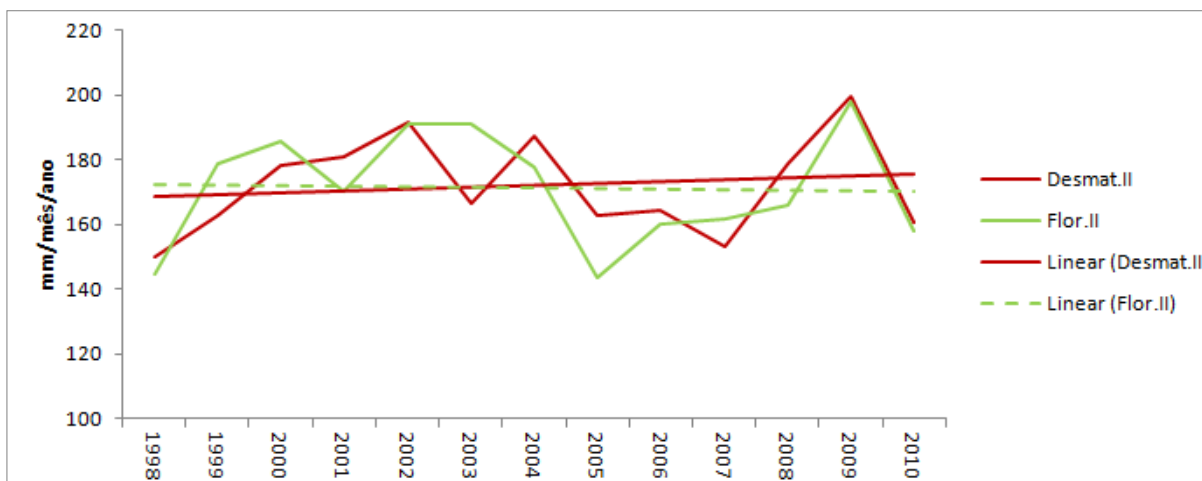


Figura 24. Comportamento da precipitação ao longo da série temporal. Polígonos DESMAT II e FLORESTA II.

Fonte: Processamento dos dados TRMM 3B43.

As áreas DESMAT II e FLORESTA II apresentaram registros e tendências diferenciadas de precipitação anual, sendo que o polígono DESMAT II apresentou variação positiva maior de precipitação se comparado com o polígono FLORESTA II. A variação da precipitação para o polígono (DESMAT II) foi de $7.9 \text{ mm.mês}^{-1}.\text{ano}^{-2}$, enquanto que no polígono FLORESTA II a variação foi de $2.6 \text{ mm.mês}^{-1}.\text{ano}^{-2}$ o que implica em um aumento de precipitação da ordem de 4.7 % e 1,5 %, respectivamente.

4.3.2. Análise das médias de precipitação para o período chuvoso (JFM)

Na análise sazonal (período chuvoso), os dados indicaram que os valores médios de precipitação registram 933 mm.mês^{-1} para o período (Figura 25).

Comparativamente, os dados de precipitação oriundos das estações meteorológicas do INMET registram precipitação mínima de 639.04 mm, máxima de 1001.99 mm e médias de 820.5 mm para o período chuvoso à medida que os dados de precipitação do TRMM registram precipitação mínima de 762 mm, máxima de 1079 mm

e média de 933 mm para o mesmo período apresentando um desvio padrão de 66 mm. Neste sentido, os dados do TRMM parecem ter superestimado os valores mínimos e as médias de precipitação à medida que está em compatibilidade com os valores máximos apresentados para o período para o período.

Na porção Leste da área de estudo, os valores médios de precipitação para o polígono com desmatamento a 54% da área (DESMAT I), demonstraram uma leve tendência negativa, já a precipitação para o polígono com floresta (FLORESTA I) apresentou um comportamento praticamente inalterado (Figura 26).

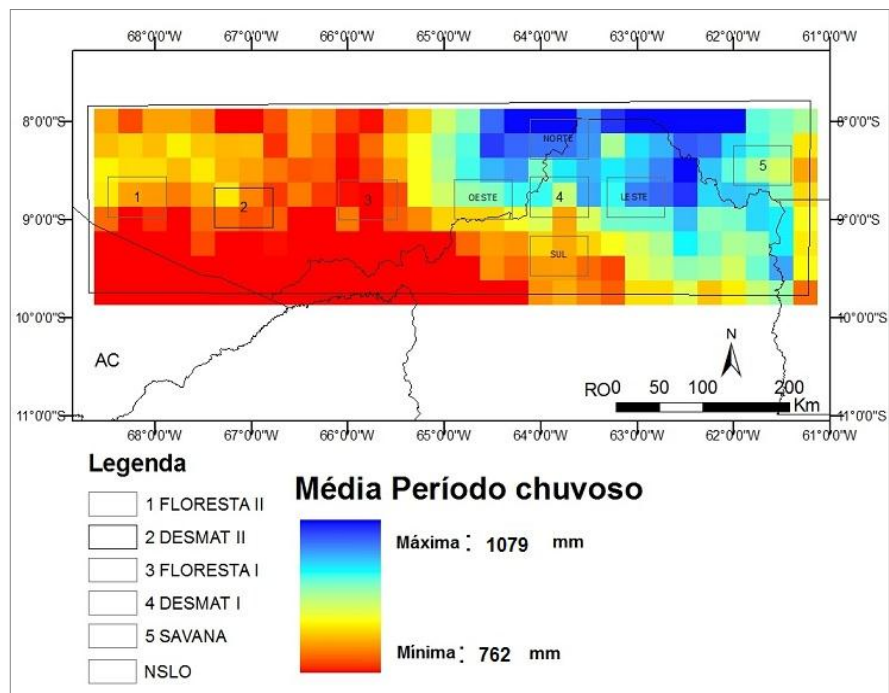


Figura 25. Precipitação média sazonal (período chuvoso), analisada para a série de 13 anos para área de estudo.

Fonte: Processamento dos dados TRMM 3B43.

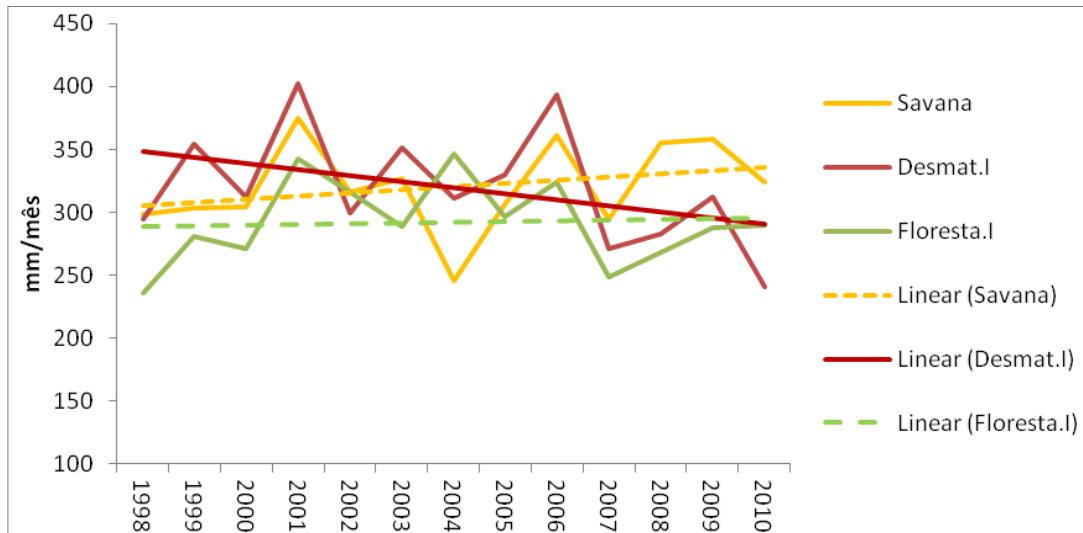


Figura 26. Comportamento da precipitação ao longo da série temporal (chuvoso). Polígonos Savana, Desmatamento e Floresta.
Fonte: Processamento dos dados TRMM 3B43.

Comparativamente o polígono DESMAT I apresentou tendência negativa, já o polígono FLORESTA I não apresentou tendência. A variação da precipitação para o polígono DESMAT I foi de $-63,8 \text{ mm.mês}^{-1}$ para o período, enquanto que no polígono FLORESTA I a variação foi de $6,6 \text{ mm.mês}^{-1}$ o que implica em uma redução de precipitação da ordem de 17,3 % para o polígono 4 e um aumento de 2,3 % para o polígono 3.

Ao comparar o polígono DESMAT I com o polígono SAVANA V, observa-se que na área de savana, a precipitação ao longo da série apresentou tendência positiva (Figura 26). A variação da precipitação para o polígono DESMAT I foi de $-63,8 \text{ mm.mês}^{-1}$, enquanto que no polígono SAVANA V a variação foi de $32,5 \text{ mm.mês}^{-1}$ o que implica em uma redução de precipitação da ordem de 17,3% para o polígono 4 e um aumento de 10,7%, para o polígono 5.

Na porção Oeste da área de estudo, os valores médios de precipitação para o polígono com desmatamento a 44% da área (DESMAT II) demonstrou tendência positiva, a medida que a precipitação para o polígono com floresta (FLORESTA II) não apresentou grande variação (Figura 27).

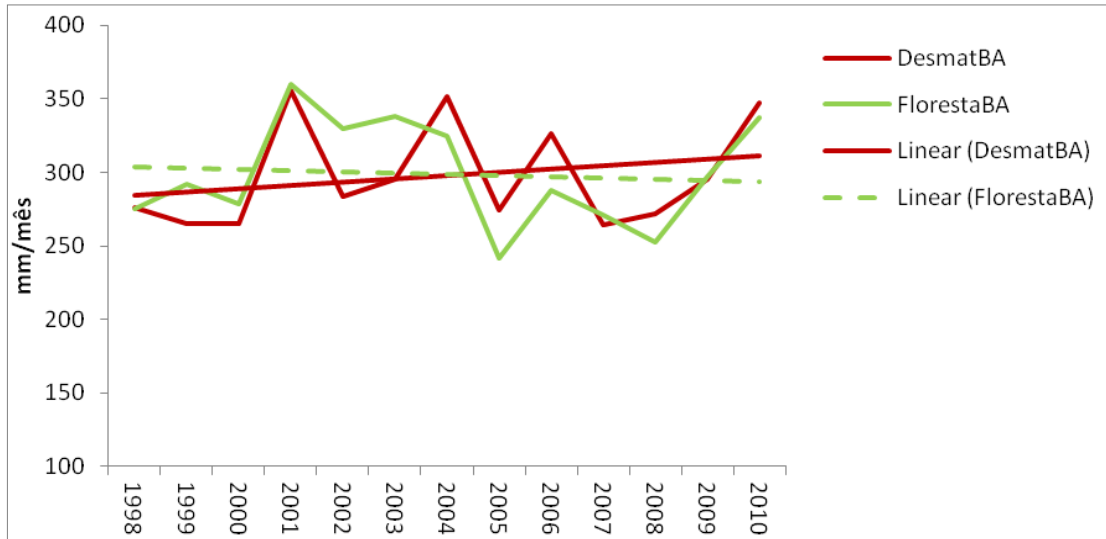


Figura 27. Comportamento da precipitação ao longo da série temporal (Chuvoso) polígonos DESMAT II e FLORESTA II.
 Fonte: Processamento dos dados TRMM 3B43.

Na porção Oeste da área de estudo, o comportamento dos valores médios de precipitação tanto no polígono com desmatamento a 44% da área (DESMAT II) como no polígono com floresta (FLORESTA II) demonstraram tendência positiva em termos de mm de chuva e percentuais na ordem de 28,5 mm (10,1%) e 11,4 mm (3,7%), respectivamente.

Na porção do entorno da área de estudo, os valores médios de precipitação para o polígono com desmatamento a 54% da área (DESMAT .I) demonstrou tendência negativa, assim como para os polígonos Sul, Norte e Oeste. Já o polígono Leste apresentou tendência positiva ao longo da série para a área de estudo (Figura 28).

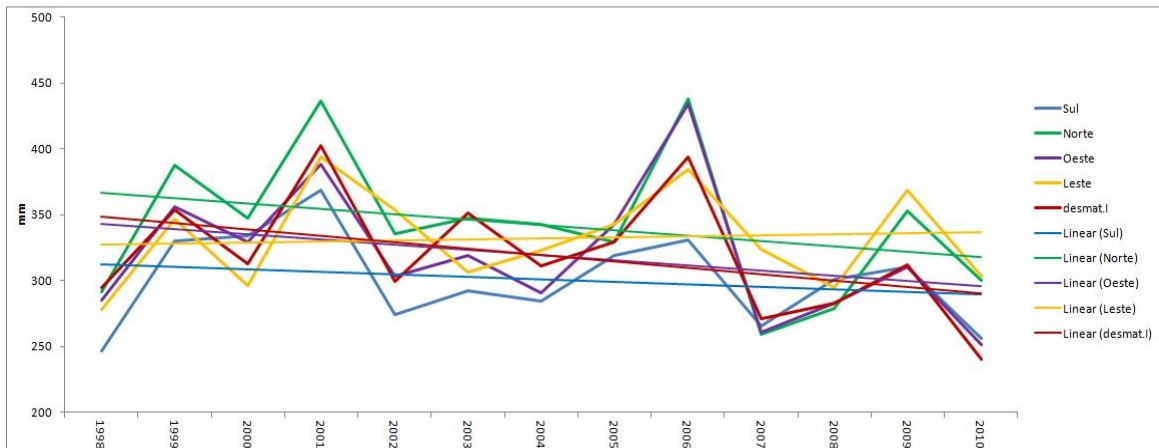


Figura 28. Comportamento da precipitação ao longo da série temporal (Chuvoso) polígonos Norte, Sul, Leste e Oeste.

Fonte: Processamento dos dados TRMM 3B43.

Na porção do entorno da área de estudo, o comportamento dos valores médios de precipitação tanto no polígono com desmatamento a 54% da área (DESMAT .I) como no polígonos Norte, Sul e Oeste, demonstraram tendência negativa em termos de mm de chuva e percentuais na ordem de $-63,8 \text{ mm.mês}^{-1}$ (-17,3 %), $24,3 \text{ mm.mês}^{-1}$ (-14.27%), $-24.3 \text{ mm.mês}^{-1}$, $-50.7 \text{ mm.mês}^{-1}$ (-14.62%) respectivamente e para o polígono Leste foi registrado um aumento de precipitação de 10.4 mm.mês^{-1} (3.17%).

4.3.3. Análise das médias de precipitação para o período de estiagem (JJA)

No período de estiagem, quando os mecanismos causadores de chuva em grande escala estão enfraquecidos na região de estudo e a convecção local ganha importância enquanto mecanismo gerador de chuva e, torna-se possível mensurar de maneira mais precisa os efeitos do desmatamento na convecção local (WANG et al, 2009). Neste sentido, será apresentado as médias de precipitação para o trimestre JJA.

Comparativamente, os dados de precipitação oriundos das estações meteorológicas do INMET registram precipitação mínima de 94.01 mm, máxima de 318.99 mm e média de 206.5 mm para o período de estiagem à medida que os dados de precipitação do TRMM registram precipitação mínima de 65 mm, máxima de 325 mm média de 155 mm para o mesmo período apresentando um desvio padrão de 51 mm. Neste sentido, os dados do TRMM parecem ter subestimado os valores mínimos e

as médias de precipitação à medida que está em compatibilidade com os valores máximos para o período.

Na análise sazonal (período de estiagem), os dados do TRMM indicaram que os valores médios de precipitação são de aproximadamente 155 mm.mês⁻¹ conforme apresentado na figura 29. Na porção Leste da área de estudo, os valores médios de precipitação para o polígono com desmatamento a 54% da área (DESMAT I), demonstraram tendência negativa, já a precipitação para o polígono com floresta (FLORESTA I) apresentou um comportamento praticamente inalterado.

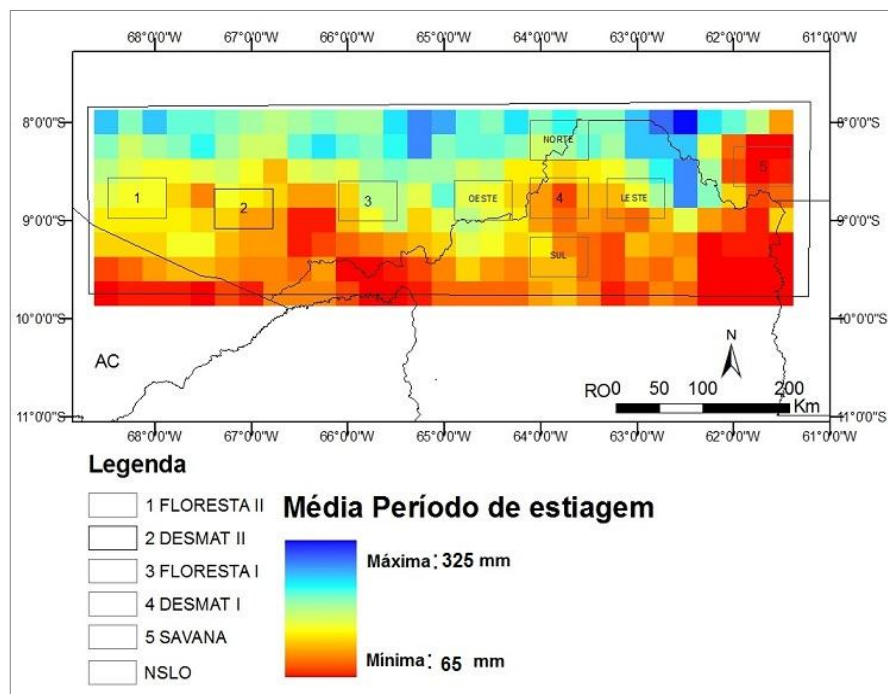


Figura 29. Precipitação média sazonal (período estiagem - JJA) para a área de estudo. Fonte: Processamento dos dados TRMM 3B43.

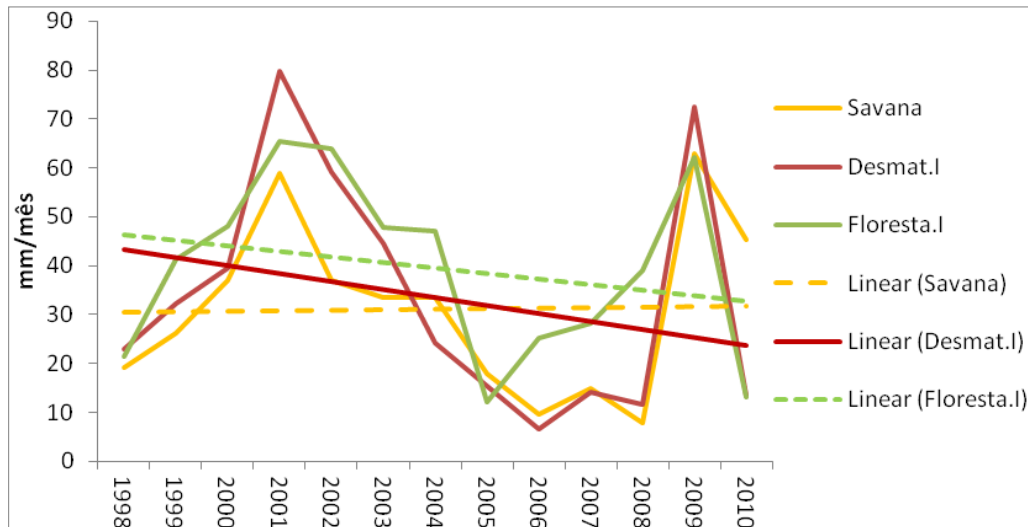


Figura 30. Precipitação média sazonal (JJA) nos polígonos estudados na porção Leste da área de estudo.

Fonte: Processamento dos dados TRMM 3B43.

As análises das médias de precipitação para o período de estiagem (JJA) (FIGURA 30) demonstraram que o polígono DESMAT I apresentou tendência negativa, já o polígono FLORESTA I não apresentou tendência. A variação da precipitação para o polígono DESMAT I foi de $-21,4 \text{ mm.mês}^{-1}$ para o trimestre, enquanto que no polígono FLORESTA I a variação foi de $-14,8 \text{ mm.mês}^{-1}$ o que implica em uma redução de precipitação da ordem de $-47,5 \%$ e $31,1 \%$, respectivamente.

Ao comparar o polígono DESMAT I com o polígono SAVANA V (Figura 30), observa-se que na área de savana, a precipitação ao longo da série apresentou tendência positiva. A variação da precipitação para o polígono DESMAT I foi de $-21,4 \text{ mm.mês}^{-1}$, enquanto que no polígono (SAVANA V) a variação foi de $1,5 \text{ mm.mês}^{-1}$ o que implica em uma redução (aumento) de precipitação da ordem de $-47,5 \%$ e $4,9 \%$, respectivamente.

Na porção Oeste da área de estudo, os valores médios de precipitação para o polígono com desmatamento a 44% da área DESMAT II demonstraram uma leve variação positiva, já a precipitação para o polígono com floresta FLORESTA II não apresentou variação na mesma proporção (Figura 31).

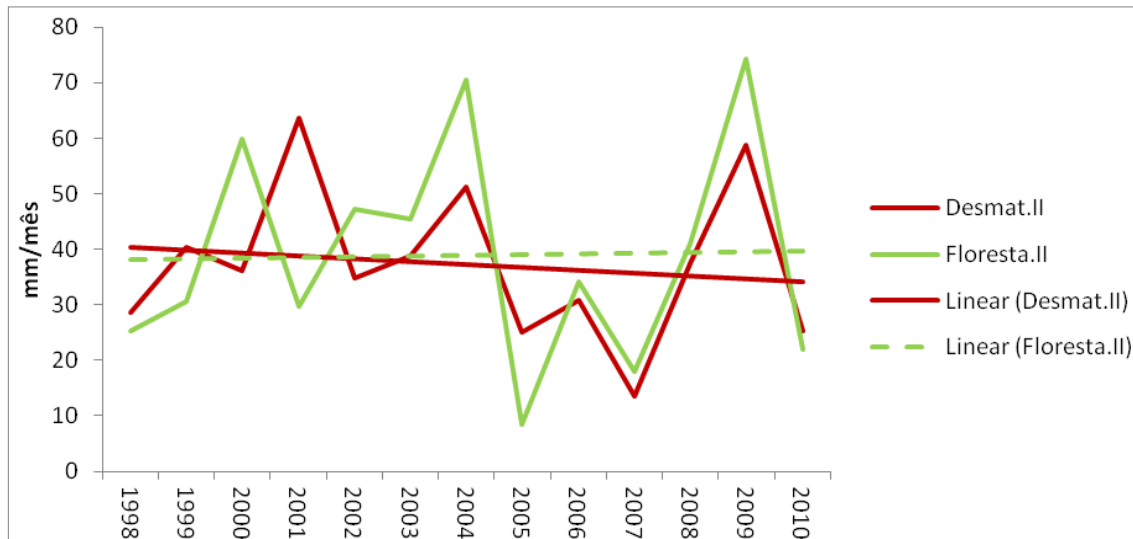


Figura 31. Comportamento da precipitação ao longo da série temporal (estiagem), polígonos DESMAT II e FLORESTA II.
 Fonte: Processamento dos dados TRMM 3B43.

As áreas DESMAT II e FLORESTA II apresentaram registros e tendências diferenciadas de precipitação para o trimestre (JJA), sendo que o polígono DESMATII apresentou variação maior de precipitação se comparado com o polígono FLORESTAII. A variação da precipitação para o polígono DESMATII foi de $-6,8 \text{ mm.mês}^{-1}$, enquanto que no polígono FLORESTA II a variação foi de $1,8 \text{ mm.mês}^{-1}$ o que implica em uma redução para o polígono DESMAT II e aumento para o polígono floresta II de precipitação da ordem de $-16,5 \%$ e $4,8 \%$, respectivamente.

Na porção do entorno da área de estudo, os valores médios de precipitação para o polígono com desmatamento a 54% da área (DESMAT I) demonstrou tendência negativa, assim como os polígonos Norte, Sul, Leste e Oeste (Figura 32).

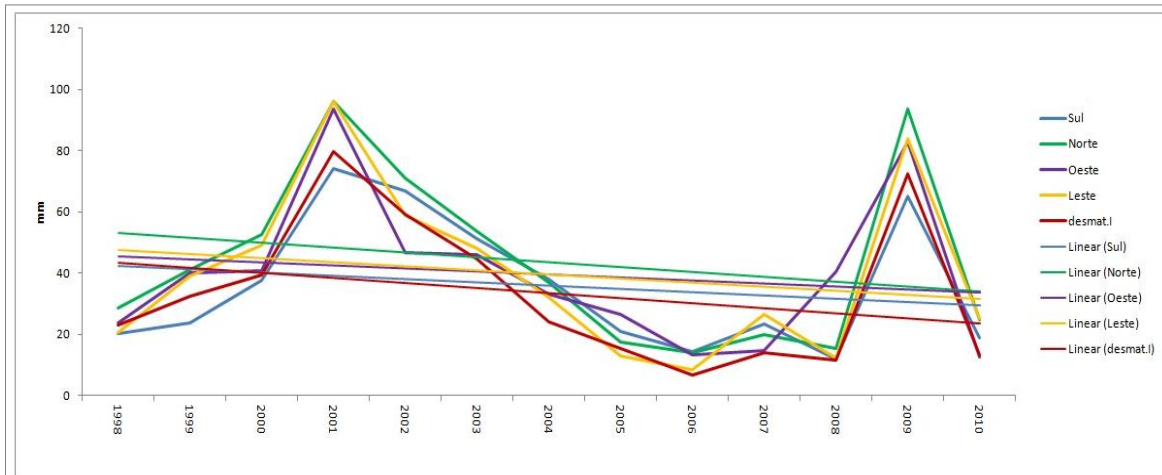


Figura 32. Comportamento da precipitação ao longo da série temporal (Chuvoso) polígonos Norte, Sul, Leste e Oeste.

Fonte: Processamento dos dados TRMM 3B43.

Na porção do entorno da área de estudo, o comportamento dos valores médios de precipitação tanto no polígono com desmatamento a 54% da área (DESMAT I) como no polígonos polígonos Norte, Sul, Leste e Oeste, demonstraram tendência negativas em termos de mm e percentuais na ordem de $-20,8 \text{ mm.mês}^{-1}$ (-46,1 %), -20 mm.mês^{-1} (-37.1%), $-13.8 \text{ mm.mês}^{-1}$ (-31.8%), $-16.91 \text{ mm.mês}^{-1}$ (-34.64%) e $-12.74 \text{ mm.mês}^{-1}$ (27.4%) respectivamente.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados do teste estatístico aplicado para verificar as tendências de precipitação para cada um dos nove polígonos estudados.

Tabela 6. Resultados do teste *Mann-Kendall* para avaliar as séries temporais de precipitação extraídas dos dados TRMM ($\alpha = 0,05$).

Médias de precipitação anual				
	T Kendall	S	p-valor	
SAVANA	-0.030	-2.000	0.473	
DESMATAMENTO I	-0.394	-26.000	0.043	
FLORESTA I	-0.242	-16.000	0.155	
FLORESTA II	-0.242	-16.000	0.155	
DESMATAMENTO II	-0.091	-6.000	0.369	
Médias mínimas de precipitação anual.				
	T Kendall	S	p-valor	
SAVANA	0.030	2.000	0.580	
DESMATAMENTO I	-0.364	-24.000	0.058	
FLORESTA I	-0.273	-18.000	0.125	
FLORESTA II	-0.212	-14.000	0.190	
DESMATAMENTO II	-0.030	-2.000	0.473	
Médias de precipitação para o período chuvoso (JFM).				
	T Kendall	S	p-valor	
SAVANA	0.182	12.000	0.810	
DESMATAMENTO I	-0.282	-22.000	0.102	
FLORESTA I	0.077	6.000	0.662	
FLORESTA II	-0.051	-4.000	0.429	
DESMATAMENTO II	0.128	10.000	0.745	
Médias de precipitação para o período de estiagem (JJA).				
	T Kendall	S	p-valor	
SAVANA	-0.128	-10.000	0.295	
DESMATAMENTO I	-0.308	-24.000	0.082	
FLORESTA I	-0.179	-14.000	0.218	
FLORESTA II	0.026	2.000	0.571	
DESMATAMENTO II	-0.128	-10.000	0.295	

Back (2009) analisou a aplicação dos testes estatísticos para análise de tendências climáticas para a região de Urussanga, SC. No trabalho foram levantados dados anuais e trimestrais de precipitação do período ente 1924 a 1998 e em seguida, aplicaram, dentre outros testes, o teste de *Mann-Kendall* chegando a conclusão de que o referido teste pode ser utilizado para identificações de tendências em séries temporais.

Na Tabela 6, o teste *Mann-Kendall* demonstrou que a tendência de redução de precipitação foi significativa (0,043) apenas para o polígono DESMAT I para o período anual, todos os outros resultados para os polígonos estudados foram não significativos. Ainda o polígono DESMAT I apresentou tendência à redução de precipitação

marginalmente significativa para as médias mínimas de precipitação anual (p -valor = 0,058) e para as médias de precipitação para o período de estiagem (JJA) (p -valor = 0,082).

Os resultados de tendências negativas de precipitação (*feedback* positivo) encontrados até o momento, podem estar associados aos mecanismos de atuação locais sugeridos por Sellers *et al.*, (1997) e Pitman & Narisma (2005), tais como: o mecanismo de Albedo, mecanismo de evapotranspiração e mecanismo de raízes discutidos mais detalhadamente no Capítulo II, desta dissertação. Neste sentido, os resultados encontrados indicam que a conversão da floresta em pastagem, pode promover alterações no balanço de energia local refletindo em reduções do vapor d'água e energia disponível para o processo de convecção local.

Salati e Nobre (1991) em um estudo de modelagem climática, avaliaram as possíveis alterações locais no clima como impacto do desmatamento. Os resultados apresentados sugerem que o desmatamento promove mudanças no albedo, no balanços de energia e água. Assim sendo, ocorre tendência a diminuição na infiltração da água no solo e aumento do escoamento superficial no período de chuva e redução do escoamento superficial no período de estiagem. O trabalho daqueles autores sugere que ocorre uma redução de 10 a 20% da evapotranspiração induzido pelo aumento do albedo, o que deve causar uma redução de 10% na precipitação.

No presente trabalho, os resultados apresentados assemelham-se aos obtidos por Debortoli *et al*, (2011), que encontraram tendências negativas de precipitação para as áreas desmatadas em região ao norte do Mato Grosso e regiões próximas a Rondônia.

Butt *et al*, (2011) realizaram um estudo observacional aplicando análises estatísticas na precipitação com dados de 25 anos oriundos de estações meteorológicas, também encontraram alterações nos padrões de precipitação no estado de Rondônia, associado ao prolongamento da estação de estiagem e atraso do início da estação chuvosa.

4.4. Temperatura do brilho do topo das nuvens (GOES)

A temperatura do brilho do topo de nuvem para a área de estudo foi obtida a partir de um conjunto de imagens do satélite GOES para o ano de 2008, sendo calculada as

médias anual e sazonal (JFM e JJA). O objetivo foi identificar os padrões médios atuantes do tipo de cobertura de nuvens para cada um dos nove polígonos da área de estudo.

Com intuito de desprezar o efeito de borda, foi gerada a série anual de Temperatura do Brilho do Topo das Nuvens (TBTN) no ponto central de cada polígono. A cada série de dados analisada foi realizado o estudo da estatística de primeira ordem (Moda) numa escala mensal, com intuito de encontrar o valor de TBTN predominante em cada um dos nove polígonos estudados e comparados entre si, em uma escala mensal.

Por ultimo, ainda na série de um ano com intervalos de 15 em 15 minutos para o ponto central de cada polígono, foi contabilizado o número ocorrências de convecção profunda ($TBTN \leq 245$ K), de convecção média ($245 \leq TBTN \leq 280$) e de convecção rasa (≥ 280) (WANG *et al.*, 2009), nesse sentido, pode-se fazer uma alusão à idéia de que a variação do número de eventos de convecção local pode refletir na variabilidade de chuva local, conforme sugerido nos mecanismos de *feedback* atuantes na mudança do uso da terra , segundo Shukla *et al.* (1990); Sellers *et al.* (1997) e Pitman & Narisma (2005).

4.4.1 Média anual da TBTN

Para a média anual, os resultados da temperatura do brilho do topo de nuvem apresentaram valores entre 270 e 274,5 K. As variações espaciais demonstraram que na média anual os polígonos (1), (2) (3) (4) e (SUL) apresentaram uma média variando entre 272 K e 273 K, já o polígono (NORTE) apresentou valores de nuvens mais frias em torno de TBTN ~ 270,5 K, enquanto que para os polígonos (OESTE) (LESTE) e (5) esse valor foi de 271 K (Figura 33).

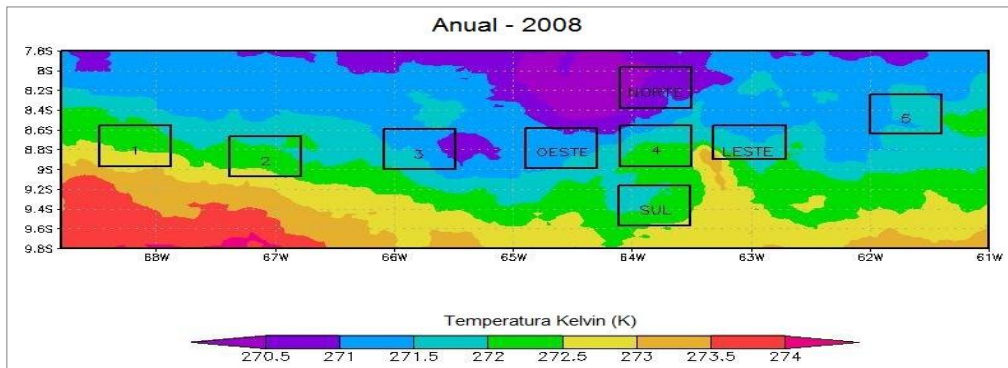


Figura 33. Média anual da temperatura do topo de nuvem.
 Fonte: GOES (2008).

Com base nos estudos de Wang *et al.* (2009), os valores de TBTN encontrados no presente estudo sugerem que numa média anual a convecção rasa atua por toda a área de estudo.

4.4.2. Média sazonal da TBTN – estação chuvosa

Para a média trimestral (JFM) (Figura 34), período da estação chuvosa na área de estudo, a temperatura do brilho do topo de nuvem apresentou valores entre 259 e 264 K. Neste trimestre, a TBTN do polígono de DESMAT I (4) foi de ~ 262K, respondendo de maneira diferenciada quando comparadas com a área de Floresta e Savana (polígonos 3 e 5, respectivamente) cujas TBTN's registraram ~ 259 K. Ainda é possível verificar neste estudo que as regiões do entorno do polígono de desmatamento (Norte, Sul, Leste e Oeste), apresentaram condições de nuvens mais frias, demonstrando, portanto que a região de desmatamento se configura como uma região com nuvens mais quentes em relação as suas adjacências.

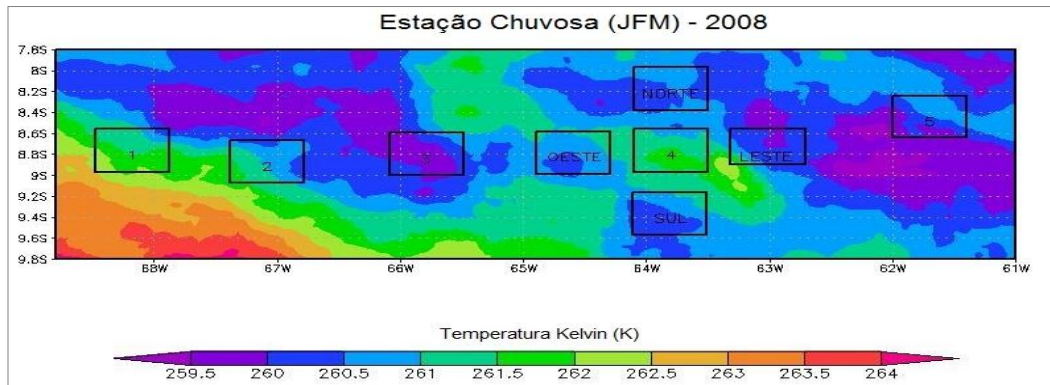


Figura 34. Média trimestral (JFM) da temperatura do topo de nuvem.
Fonte: GOES (2008).

Comparando o polígono 1 (FLORESTA II) com o polígono 2 (DESMAT II) observa-se que o polígono DESMAT II apresentou valores de TBTN menores que o polígono FLORESTA II. É possível destacar também que diante de diferentes percentuais de desmatamento os padrões de TBTN apresentam variações. De forma que foi encontrado no polígono DESMAT II valores menores de TBTN se comparado ao polígono DESMAT I. Sugerindo que dependendo do percentual de área desmatada, pode ser desencadeado mecanismos de mesoescala que contribuem para a atividade convectiva local.

4.4.3. Média sazonal da TBTN – estação seca

Para a média trimestral (JJA), período da estação seca na área de estudo, a temperatura do brilho do topo de nuvem apresentou valores entre 287 e 293 K. Neste trimestre, a TBTN do polígono 5 apresentou os maiores valores, aproximadamente 292 K, enquanto que o polígono 1 foi encontrado o menor valor ~ 287 K (Figura 35).

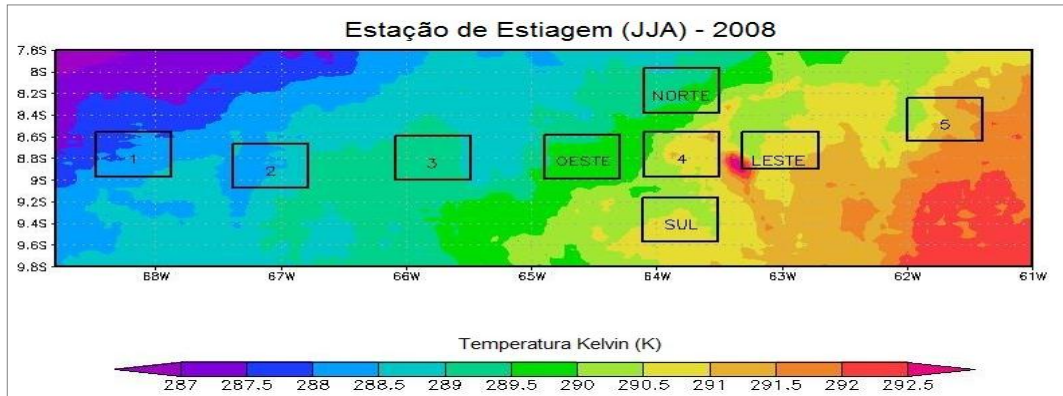


Figura 35. Média trimestral (JJA) da temperatura do topo de nuvem.
 Fonte: GOES (2008).

É possível verificar que sobre a região de estudo nesse trimestre do ano, a TBTN se apresenta sob forma de gradiente no sentido OESTE-LESTE acompanhando a disponibilidade de vegetação e energia disponível para convecção que decresce neste mesmo sentido (floresta fechada –transição- savanas), consistentemente com os estudos de (WANG *et al*, 2009).

4.4.4. Média mensal da TBTN para o ponto central

A Figura 36 apresenta os valores das (a) medias mensais, (b) moda mensal de temperatura de topo de nuvens para um ponto central em cada polígono ao longo do ano.

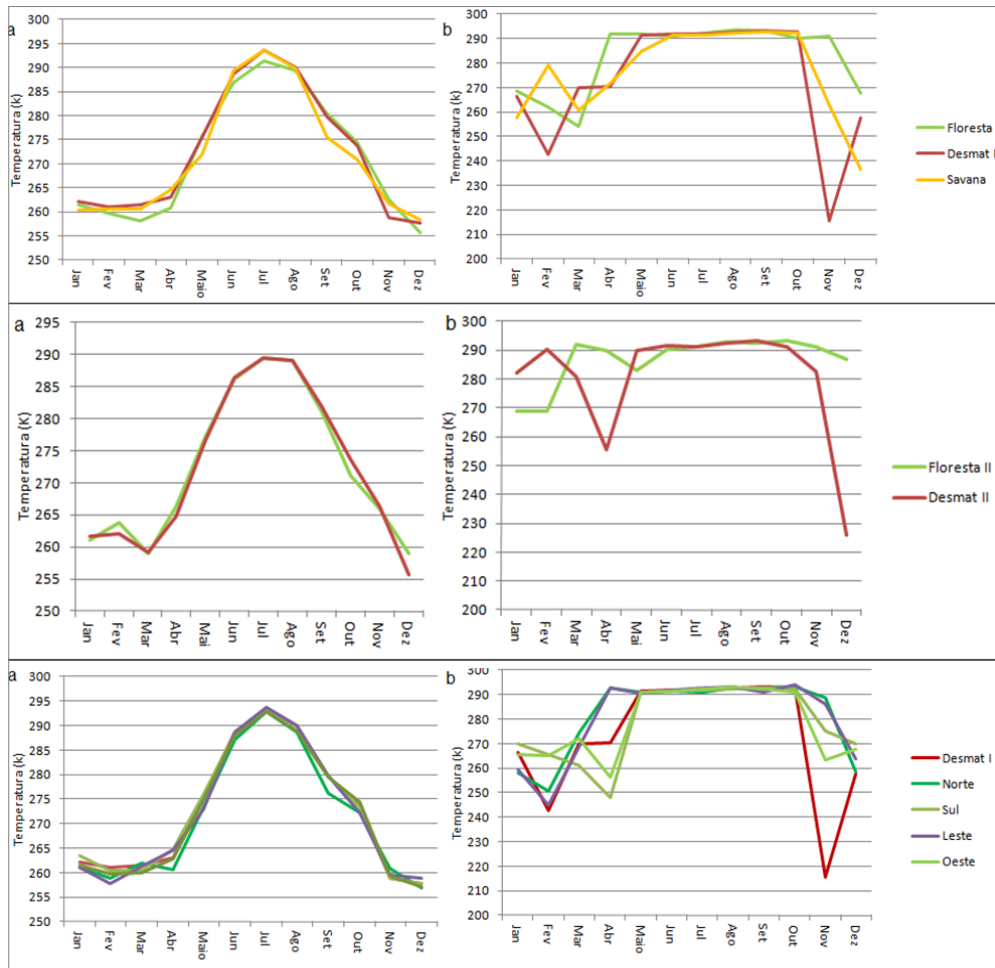


Figura 36. (a) Médias de temperatura do brilho do topo de nuvens e os resultados da (b) moda das temperaturas de maior ocorrência.

A TBTN apresentou variação temporal de forma que os valores mínimos médios de 255 K foram apresentados no período da estação chuvosa e os valores máximos no período de estação seca. Comparando os resultados apresentados pelas médias de TBTN, foi possível verificar que as linhas de TBTN não variam de um polígono para o outro nesta escala temporal, evidenciando que para encontrar sinais de processo de convecção profunda seria necessário refinar a escala temporal.

Esses resultados não revelam os fenômenos de convecção profunda, haja vista que há um predomínio de nuvens rasas atuantes nesta escala temporal, neste sentido, apresentamos os resultados da Moda mensal ao longo do ano, a fim de encontrar o valor de TBTN predominante em cada polígono.

O resultado da Moda mensal ao longo do ano apresentou maior (menor) variabilidade TBTN no período da estação chuvosa (seca) para todos os polígonos, acompanhando os períodos de maior (menor) instabilidade atmosférica na região de estudo como um todo.

Durante o período chuvoso a TBTN variou entre 215 a 280 K e no período de estiagem, a TBTN predominante registrou 290 K para todos os nove polígonos. Esse resultado sugere que devido a predominância da TBTN igual a 290 K no período de maio a outubro, ocorre o predomínio da convecção rasa no período seco, vindo a refletir no resultado da media anual.

Os resultados apresentados estão consistentes com aqueles de Durieux *et al*, (2003), que realizaram um estudo observacional para um período de dez anos analisando o comportamento da cobertura de nuvens sobre uma área de pastagem (10% e 20% de área desmatada) e sobre área de floresta na região do Arco do Desmatamento. Naquele estudo, os autores concluíram que uma media anual de cobertura de nuvens para diferentes áreas (floresta X pastagem) não permite fazer conclusões sobre o impacto do desmatamento sobre as nuvens oriundas de convecção profunda. As mudanças mais significativas no comportamento da cobertura de nuvens são percebidas na escala sazonal e nos ciclos diurnos.

4.4.5. Número ocorrências de convecção profunda

No intuito de encontrar um sinal da variação da atividade convectiva profunda na área de estudo, foi contabilizado o número de ocorrências de convecção profunda ($TBTN \leq 245K$), de convecção média ($245 \leq TBTN \leq 280$) e de convecção rasa ($TBTN \geq 280$) (WANG *et al.*, 2009), nesse sentido, poderá ser confirmada a hipótese que a variação desse número de registros em cada polígono pode refletir na variabilidade de chuva local, conforme sugerido nos mecanismos de *feedback* atuantes na mudança do uso da terra, conforme (PITMAN & NARISMA, 2005; SELLERS *et al.* 1997; SHUKLA *et al* 1990). A Tabela 7 apresenta os números de ocorrências de temperatura de topo de nuvens para um ponto central em cada polígono ao longo do ano.

Tabela 7. Polígonos pesquisados, intervalos de temperatura e total de registros dentro de cada intervalo.

POLÍGONO/ TBTN	< 245 K	K < TBTN < 280 K	> 280 K
FLORESTA II	3360	8595	11384
DESMAT II	3637	8428	11261
FLORESTA I	3736	8333	11244
DESMAT I	3596	8247	11253
SAVANA	3830	8525	10822
NORTE	3902	8417	10948
SUL	3593	8220	11496
LESTE	3707	8522	11107
OESTE	3770	8283	11063

Fonte: GOES (2008).

Para a porção Oeste da área de estudo, o polígono DESMAT II apresentou maior número de ocorrências (277 registros a mais) de convecção profunda quando comparado ao polígono Floresta II, é importante salientar que para os outros tipos de convecção (media e rasa) foram notados pequenas variações do número de ocorrências para os dois polígonos comparados.

Para a porção Leste da área de estudo, o polígono DESMAT I apresentou menor número de ocorrências de convecção profunda (-140 registros) quando comparado aos polígonos FLORESTA I e menos 234 registros quando comparado com o polígono SAVANA, é importante salientar que para os outros tipos de convecção (média e rasa) foram notados pequenas variações do número de ocorrências de uma região para outra.

Fazendo uma breve comparação entre o polígono DESMAT I, com a sua região de entorno, verificou-se que o polígono DESMAT I apresentou menor número de ocorrências de convecção profunda quando comparado aos polígonos Norte, Leste e Oeste e acompanhando o padrão apresentado na porção Sul, para os outros padrões de convecção foram notados pequenas variações do número de ocorrências de uma região para outra.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSÃO

As inúmeras atividades econômicas tais como, extrativismo vegetal, pecuária e culturas agrícolas, estão exercendo certa pressão sobre novas áreas de floresta nativa. A expansão destas atividades demanda novas áreas o que tem contribuído para a conversão da floresta para outro tipo de uso. A ocupação de novas áreas quase sempre é alavancada pela infra-estrutura instalada pelo poder público o que facilita a expansão das atividades para novas áreas e o escoamento da produção. Os municípios localizados no Estado do Amazonas (área de expansão), ainda registram valores relativos de desmatamento bem inferiores que os municípios localizados no Estado de Rondônia, que se caracteriza como uma área de ocupação consolidada.

Os resultados de precipitação processados através dos dados do TRMM parecem ter superestimado os valores mínimos e as médias de precipitação à medida que está em compatibilidade com os valores máximos apresentados para o período chuvoso. Já para o período de estiagem, os dados do TRMM parecem ter subestimado os valores mínimos e as médias de precipitação a medida que está em compatibilidade com os valores máximos para o período.

Na análise dos possíveis impactos do desmatamento, verificou-se que na porção Leste da área de estudo (polígonos 3, 4 e 5), os dados do TRMM 3B43 indicaram uma tendência de redução da precipitação para o polígono DESMAT I (54% de área desmatada) seja na escala de tempo anual, seja na escala sazonal tanto para o período chuvoso quanto para o período de estiagem. Os polígonos SAVANA e FLORESTA I não apresentaram grandes variações na tendência de precipitação para o período anual e sazonal. Contudo, o polígono FLORESTA I apresentou tendência negativa de precipitação para o período de estiagem.

As médias de TBTN, sobre todos os polígonos da porção Leste da área de estudo, apresentaram perda de sinal, para representar a atividade de convecção profunda, não sendo possível tirar conclusões sobre o impacto do desmatamento sobre esta atividade, para estes polígonos analisados. O sinal de redução de convecção

profunda foi melhor visualizado no número de registros de temperatura abaixo de 245 K. O polígono DESMAT I apresentou menor número de ocorrências de TBTN < 245 K o que nos dá indícios de que esteja ocorrendo menor atividade convectiva ou uma redução do tempo de permanência de nuvens profundas sobre o polígono. Esses resultados sugerem que esteja ocorrendo o processo de “*feedback positivo*” sobre a área de desmatamento intenso com redução da atividade convectiva profunda acompanhada pela redução da precipitação.

Para os resultados de TBTN (na porção Oeste da área de estudo), as médias de temperatura apresentaram a mesma perda de sinal de atividade de convecção profunda verificada para a porção Leste. O sinal de convecção foi melhor visualizado no registro de ocorrências de TBTN < 245 K, que apresentou maior número de ocorrências se comparado com o polígono FLORESTA II.

Na porção Oeste da área de estudo, os dados de precipitação indicaram aumento de precipitação para o polígono DESMAT II (44% de área desmatada), para as escalas de tempo anual e sazonal (período chuvoso) a medida que a precipitação sobre o polígono FLORESTA II sofreu poucas alterações para as mesmas escalas temporais. Para o período de estiagem, ambos os polígonos (DESMAT II e FLORESTA II) apresentaram tendência negativa de precipitação. Esses resultados sugerem que esteja ocorrendo o processo de *feedback* negativo para as escalas de tempo anual e sazonal (período chuvoso) e *feedback* positivo para o período de estiagem.

Os resultados aqui encontrados não nos permite obter respostas conclusivas a respeito das possíveis alterações nos padrões de precipitação causados pelo desmatamento. Os dados de sensoriamento remoto da atmosfera disponíveis para o monitoramento da precipitação (13 anos para o TRMM-3B43) não nos permite traçar uma normal climatológica. Para se traçar um padrão climatológico de uma dada região, seriam necessários ao menos 30 anos (série de tempo que nos permite traçar uma representação do comportamento estatístico da atmosfera) de dados de satélite. Porém, o monitoramento nos permite acompanhar (mesmo de maneira não conclusiva) as possíveis alterações nos padrões de precipitação e nuvens motivadas pelo processo de desmatamento.

6. BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A. *Domínio morfoestruturais e morfoclimáticos*. Série Mapas, IBGE, 2006.
- ANDREAE, M.O.; CRUTZEN, P.J. Atmospheric aerosols: biogeochemical sources and role. *Science*, v. 276, 1997.
- ANGELIS, CARLOS F.; MCGREGOR, GLENN R.; KIDD, C. A 3 year climatology of rainfall characteristics over tropical and subtropical South America based on tropical rainfall measuring mission precipitation radar data. *Introduction Journal Climatology*. 24: 385–399, 2004.
- ARTAXO, P.; DIAS, M.A.F.S.; MEINRATO; ANDREAE. Mecanismos da floresta para fazer chover. *Scientific American Brasil*. 2003.
- ARTAXO, P.; GATTI, L.V.; LEAL, A.M.C.; LONGO, K.M.; FREITAS, S.R.; LARA, L.L.; PAULIQUEVIS, T.M.; PROCÓPIO, A.S.; RIZZO, L.V. Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. *Acta Amazonica*, v. 35(2), 185-196, 2005.
- Avissar, R.; Dias, P. L. S.; Dias, M. A. F. S.; The Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA): Insights and future research needs. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 107, NO. D20, 8086, doi:10.1029/2002JD002704, 2002

- BACK, Á. J. Relações entre precipitações intensas de diferentes durações ocorridas no município de Urussanga, SC Relationships between heavy precipitations of different durations in the municipality of Urussanga, SC. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 48, 170-175, 2009.
- BATISTA, G.T.; DIAS, N.W. *Introdução ao sensoriamento remoto e processamento de imagens*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2005, 54p. Disponível em: <<http://eprint.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/ePrint@80/2005/04.01.14.06/doc/v1.pdf>> Acesso em jun. 2010.
- BRASIL. *Comunicado nacional inicial do Brasil à convenção-quatro das Nações Unidas sobre mudança do Clima. Coordenação-Geral de Mudanças Globais*. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004, 274 p.
- BUTT, N., OLIVEIRA, P.A.D.; COSTA, M.H. Evidence that deforestation affects the onset of the rainy season in Rondonia, Brazil. *Distribution*, 116, 2-9, 2011.
- CAMPOS, M.C.C.; *Pedogeomorfologia aplicada à ambientes amazônicos do médio rio madeira pedogeomorfologia aplicada à ambientes*. 242 f. *Doutorado* (Ciências do Solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Depto de Agronomia, 2009.
- CARSON, D.J.; SONGESTER, A.B. The influence of land-surface albedo and moisture on general circulation model simulations. *Numerical Experimentation Programme Report*, n.2, 514-521, 1982.
- CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; DIAS, M.A.F.; JUSTI, M.G.A.J. *Tempo e Clima no Brasil*, SP. Oficina de Textos. 2009, 463 p.
- CENAMO, M.C., CARRERO, G.C.; SOARES, P.G. Estudo de oportunidades para a região sul do amazonas. IDESAM, Série: *Relatório Técnico*, 01, 2011.
- CHIU, L.S.; SHIN, D.B.; KWIATKOWSKI, J. Surface rain rates from tropical rainfall measuring mission satellite algorithms. In: QU, J.J.; GAO, W.; KAFATOS, M.; MURPHY, R.E.; SALOMONSON, V.V. *Earth science satellite remote sensing v. 1: Science and instruments*, Springer Berlin Heidelberg, 317-336. 2006.
- COHEN, J. C. P., SÁ, L. D.A.; NOGUEIRA, D. S. Jatos de Baixos Níveis Acima da Floresta Amazônica em Caxiuanã; *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21, n.3b, 271-282, 2006.
- COHEN, J.C.P.; BELTRÃO J.C.; GANDU, A.W.; SILVA R.R. Influência do desmatamento sobre o ciclo hidrológico na Amazônia. *Ciência e Cultura*, v. 59, 36-39, 2007.
- COLLISCHONN, B.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C.E.M. Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai superior. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.59, 93-99, 2007.
- CORREIA, F.W.S.; MANZI, A.O.; CÂNDIDO, L.A.; SANTOS, R.M.N.; PAULIQUEVIS, T.; *Balanço de umidade na amazônia e sua sensibilidade as mudanças na cobertura vegetal*. Mudanças Climáticas/ ARTIGOS. 2007.

- CORREIA, F.W.S; MANZI A. Impacto das modificações da cobertura vegetal no balanço de água na Amazônia. Um estudo com modelo de circulação geral da atmosfera (MCGA). *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21 (3), 1-15, 2006.
- DEBORTOLI, N; FILHO, S.R.; DUBREUIL, V. Deforestation vs. changes in the amazonian forest of northern mato Grosso state. *Anais...* 15. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, INPE, 2944-2951. 2011.
- DIAS, M. A. F.S; SILVA, M. G. A.; Para entender tempo e clima. 2009. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; DIAS, M.A.F.; JUSTI, M.G.A.J. (orgs.) *Tempo e Clima no Brasil*. SP. Oficina de Textos, Cap. 1, 15-21, 2009.
- DIAS, M.A.F.S; COHEN, J.C.P.; GANDÚ, A.W. Interações entre nuvens, chuvas e a biosfera na Amazônia. *Acta Amazonica*, v. 35 (2), 215-222, 2005.
- DURIEUX, L.; MACHADO, L. A. T.; LAURENT, H.; The impact of deforestation on cloud cover over the Amazon arc of deforestation. *Remote Sensing of Environment*, v. 86 (1), 132-140, 2003.
- FEARNSIDE, P.M. *A floresta amazônica nas mudanças globais* - Manaus: INPA, 2003. 134 p.
- FEARNSIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências. *Megadiversidade*. v.1, 1, 113-123, 2005.
- FEARNSIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazonica*, 36(3): 395-400, 2006.
- FECHINE, J.A.L.; GALVINÍCIO, J.D. *Aplicação do teste de Mann- Kendall na análise de tendências climáticas em anos de El Niño*, 2010. (não-publicado).
- FERREIRA, N.J.; RAMIREZ, M.V.; GAN, M.A. Vórtices ciclônicos de altos níveis que atuam na vizinhança do nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; DIAS, M.A.F.; JUSTI, M.G.A.J. *Tempo e Clima no Brasil*, SP. Oficina de Textos. Cap.3, 43-60. 2009.
- FISCH, G. Mudanças climáticas na Amazônia: Estudo de caso de substituição de floresta tropical por pastagens. In: LIMA, M.A.; CABRAL, O.M.R.; MIGUEZ, J.D.G. *Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira*. EMBRAPA, 125-142. 2001.
- FISCH, G.; MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Acta Amazonica*. v. 2: 101-126, 1998.
- FOLEY, J.A.; COSTA, M.H.; DELIRE, C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P.; Green surprise? How terrestrial ecosystems could affect earth's climate. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1: 38-44, 2003.
- GARCIA, S.R.; KAYANO, M.T. Climatologia de verão e inverno das circulações de Hadley, Walker e monçônica nas duas fases da oscilação decenal do Pacífico In: *Anais...* 14 Congresso Brasileiro de Meteorologia. SBMET, 2006.

- GARSTANG, M., MASSIE, H.L., HALVERSON, Jr, J., GRECO S. and SCALA, J. Amazon coastal squall lines. *Part I: Structure and kinematics. Monthly Weather Review*, v. 122, 608 - 622, 1994.
- GASCON, C.; LAURENCE, W.F.; LOVEJOY, T.E.; *Fragmentação Florestal e Biodiversidade na Amazonia Central*. In: GARAY.; DIAS B. (orgs). Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA. Editora Vozes, p. 112 - 127, 2004.
- GASH, J. H.C., NOBRE, C.A., ROBERTS, J.M., VICTORIA, R.L. (eds). Amazonian Deforestation and Climate. *Chichester*. John Wiley, 1996, 425 - 435.
- GONÇALVES, C.W. P. - *Amazônia, Amazonas*, Ed. Contexto, 2008.
- GRIMM, A. M.; Variabilidade interanual do Clima no Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; DIAS, M.A.F.; JUSTI, M.G.A.J. *Tempo e Clima no Brasil*, SP. Oficina de Textos. Cap.22, 353-374. 2009.
- GRIMM, A.M.; VERA, C.S.; MECHOSO, C.R. The South American Monsoon System. In: *International Workshop on Monsoons*, 3, 2004.
- GUTBERLET, J. Zoneamento da Amazônia: uma visão crítica. *Estudos Avançados*. São Paulo, v.16, n. 46, p.157-174, 2002.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). *Bases cartográficas*. Disponível em: <www.ibge.gov.br>2002.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). Disponível em: <www.ibge.gov.br>2004.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). Disponível em: <www.ibge.gov.br>2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). Disponível em: <www.ibge.gov.br>. 2009.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). *Rede de estações*. http://www.inmet.gov.br/html/rede_obs.php 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Projeto PRODES. Monitoramento da floresta Amazônica brasileira por satélite. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>>. 2008.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Projeto PRODES. Monitoramento da floresta Amazônica brasileira por satélite*. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>. 2009.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Projeto PRODES. Monitoramento da floresta Amazônica brasileira por satélite*. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>. 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Projeto PRODES. Monitoramento da floresta Amazônica brasileira por satélite*. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html> 2011.

- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Projeto PRODES. Monitoramento da floresta Amazônica brasileira por satélite*. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>>. Acesso em jun. 2008.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) *Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos(CPTEC)*. <http://www.cptec.inpe.br/> 2010.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Mudança do clima 2007: a base das ciências físicas*. Paris, 2007. 25 p. (*Relatório técnico*). Disponível em: <www.mct.gov.br/clima/> Acessado em: jul de 2007.
- JIMENEZ, K.Q.; DOMEQ, F.M. *Estimação de chuva usando métodos de interpolação*, 1-6, 2009. (não publicado).
- KAIMOWITZAVID, D., MERTENS, B., WUNDER, S., PACHECO, P. *Hamburger connection fuels Amazon destruction: cattle ranching and deforestation in Brazil's Amazon*. *Statistics*, 1-10. 2004.
- KAMPEL, S.A.; CÂMARA, G. *Análise exploratória das relações espaciais do desmatamento na Amazônia legal brasileira*. *Anais... GIS Brasil 2002*. Disponível em:<<http://www.dpi.inpe.br/~silvana/PAPER/gisbr2000.pdf>> Acesso em jun. 2008.
- KHAMBHAMMETTU, P.; *Mann-Kendall Analysis Mann-Kendall analysis for the fort ord site*. *Hydrogeologic*. 2005.
- KLEIDON, A.; HEIMANN,M.; *Deep-rooted vegetation, Amazonian deforestation, and climate: results from a modelling study*. *Global Ecology and Biogeography* 8, 397–405, 1999.
- KNOX, R.; BISHT, G. *Precipitation tendencies over forested and non-forested amazonian landscapes*. *Methods*, 1-12. 2010.
- KUMMEROW, C.; SIMPSON, J.; THIELE, O.; BARNES, W.; CHANG, A.T.C.; STOCKER, E.;ADLER, R.F.; HOU, A.; KAKAR, R.; WENTZ, F.; ASHCROFT, P.; KOZU, T.; HONG, Y.; OKAMOTO, K.; IGUCHI, T.; KUROIWA, H.; IM, E.; HADDAD, Z.; HUFFMAN, G.; FERRIER, B.; OLSON, W. S.; ZIPSER, E.; SMITH, E. A.; WILHEIT, T.T.; NORTH, G. KRISHNAMURTI, T.; NAKAMURA, K. *The Status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after two years in orbit*. *Journal of Applied Meteorology*, v. 39, 1965-1982, 2000.
- LANDIM, P.M.B. *Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas*. UNESP, Rio Claro, 2000.
- LAURANCE, W.F.; COCHRANE, M.A.; BERGEN, S.; FEARNSIDE, P.M.; DELAMÔNICA, P.; BARBER, C.; D'ANGELO, S.; FERNANDES, T. *The future of the brazilian Amazon*. *Science*, v. 291, 438-439, 2001.
- LAURANCE, W.F; *Mega-development trends in the Amazon: implications for global changes*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 61: 113-122, 2000.
- LIMA, M.S.B.; MAY, P. H. *A expansão da fronteira agrícola no sul do amazonas e sua relação com o incremento do desmatamento nas áreas de cerrado e campos naturais*. *VI Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica*, 1-25. 2005.

- LIU, W.T.H. *Aplicações de sensoriamento remoto*. Ed. UNIDERP. 2006.
- LUTGENS F.K.; TARBUCK E.J. *The Atmosphere, an introduction to meteorology*. pearson Prentice Hall: New Jersey, USA, 10th Ed.; 2007.
- MACEDO, M.A.; TEIXEIRA, W. Sul do Amazonas, nova fronteira agropecuária? O caso do município de Humaitá. *Anais... 14 Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, INPE, 5933-5940. 2003.
- MARENGO, J.A.; FISCH, G; MORALES, C; VENDRAME, I; DIAS, P.C. Diurnal variability of rainfall in Southwest Amazonia during the LBA-TRMM field campaign of the Austral summer of 1999. *Acta Amazonica*, v.34(4), 593-630, 2004.
- MARENGO, J.A.; NOBRE, C.; Clima da região Amazônica. In: CAVALCANTI, F.A. FERRIRA, N.J. ASSUNÇÃO, F.S.D. GERTRUDES, M.; JUSTI, S. A. (orgs.) *Tempo e Clima no Brasil*. Cap. 13. p. 197-2007. SP. Oficina de Textos. 2009.
- MARGULIS, S. *Causas do desmatamento da Amazônia Brasileira*. Brasília – Banco Mundial, 1ª ed. Brasília, 100p. 2003.
- MELO, A.B.C.; CAVALCANTI, I.F. de A.; SOUZA, P.P.; Zona de convergência intertropical do Atlântico. In: CAVALCANTI, F.A. FERRIRA, N.J. ASSUNÇÃO, F.S.D. GERTRUDES, M.; JUSTI, S. A. (orgs.) *Tempo e Clima no Brasil*. Cap. 2. p. 25-39. SP. Oficina de Textos. 2009.
- MELO, M.L.; MARENGO, J.A.; SOARES, W. Clima futuro da Amazônia a partir dos cenários do modelo regional ETA – CCS. In: *Conferência Científica Internacional: Amazônia em Perspectiva Ciência Integrada para um Futuro Sustentável*, 2008, Manaus. LBA, GEOMA e PPBio, 2008.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, *Bases de dados*. <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=41>. 2002.
- MOLION, L.C.B.; Climatologia Dinâmica da Região Amazônica: Mecanismos de Precipitação. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2(1): 107 - 117, 1987;
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Tropical Rainfall Measuring Mission. (TRMM). Disponível em: <http://trmm.gsfc.nasa.gov/> Acesso: 06/10/2010.
- NATIONAL CENTER FOR ATMOSPHERIC RESEARCH; *Remote Sensing*. Disponível em: <http://ncar.ucar.edu/2009>.
- NEGRI, A.; ADLER, R. The impact of Amazonian deforestation on dry season rainfall. *Journal of Climate*, v. 17, 1306-1319, 2004.
- “ON”OZ, B.; BAYAZIT, M. The Power of Statistical Tests for Trend Detection. *Turkish J. Eng. Env. Sci*, 27, 247 – 251, 2003.
- OLIVEIRA, R.A.J. ANGELIS, C.F.de. Análise do comportamento da precipitação estimada por satélite sobre áreas de intenso desmatamento na Amazônia Legal. XVI CBMET - Congresso Brasileiro de Meteorologia: 2010.

- OYAMA, M.D.; NOBRE, C.A. A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical South America. *Geophysical Research Letters*, 30(23), 2199-2203, 2003.
- PITMAN, A.J. The evolution of, and revolution in, land surface schemes designed for climate models. *Int. J. Climatol.*, v. 23, 479-510, 2003.
- PITMAN, A; NARISMA, G. The role of land surface processes in regional climate change: a case study of future land cover change over south western Australia. *Meteorol Atmos Phys* v. 89, p. 235-249, 2005.
- QU, J.J.; GAO, W.; KAFATOS, M.; MURPHY, R.E.; SALOMONSON, V.V. *Earth Science Satellite Remote Sensing*. 2006.
- RODRIGUES, R.L.V. Análise dos fatores determinantes do desmatamento na Amazônia Legal. 2004. 253 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Instituto Alberto Luiz Coimbra (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2004.
- ROSS, J. L. S. *Geografia do Brasil*. Ed. EDUSP. São Paulo. 2003
- SABINS, F.F. Remote sensing. Principles and interpretation. São Francisco. W.F. Freeman. 1978, 426p.
- SALATI, E.; MARQUES, J. Climatology of Amazon Region. In: SIOLI, H. (Ed.) The Limnology and landscape-ecology of a mighty river and its Basin. *Dordrecht, Junk Publishers*, 1984. p.85-126.
- SALATI, E.; MARQUES, J., MOLION, L.C.; Origem e Distribuição das chuvas na Amazônia. *Interciencia*, v.3, n. 45, p.200-2005, 1978.
- SALATI, E.; MARQUES, J.; *Climatology of Amazon Region*. Capítulo 4, p. 85-126. 1984.
- SALATI, E; NOBRE, C.A. Possible climatic impacts of tropical deforestation. *Climatic Change*, v, 19, n 1-2, 177-196, 1990.
- SANTOS, D. N., SILVA, V. D. P. R., SOUSA, F. D. A. S., & SILVA, R. A. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil Study of some climate scenarios for the northeastern region of Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, (83), 492-500. (2010)
- SAWYER, D. Evolução demográfica, qualidade de vida e desmatamento na Amazônia. In: *Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia*, Mistério do Meio Ambiente, Brasília, MMA, 2001, 436p.
- SELLERS, P., DICKINSON, R., RANDALL, D., BETTS, A., HALL, F., BERRY, J., COLLATZ, G. Modeling the exchanges of energy, water, and carbon between continents and the atmosphere. *Science*, 275, 502-9, 1997.
- SERVIÇO GEOLÓGICO BRASILEIRO (CPRM) *Geobank*, Escala: 1:250.000. DVD.
- SHUKLA, J., NOBRE, C.A.; SELLERS, P. Amazon deforestation and climate change. *Science* 247: 1322-1325, 1990.
- SUD, Y. C., SHUKLA, J., MINTZ, Y. Influence of land surface roughness on atmospheric circulation and precipitation: a sensitivity study with a general circulation model. *Journal of Applied Meteorology*, v. 27, p. 1036-1054, 1988.

- SUD, Y. C., SMITH, W. E. The influence of surface roughness of deserts on the July circulation – a numerical study. *Boundary Layer Meteorology*, v. 33, p. 15-49, 1985.
- SUD, Y. C.; FENNESSY, M. A study of the influence of surface albedo on July circulation in semi-arid regions using the GLAS GCM. *Journal of Climatology*, v.2, p.105-125, 1982.
- SUD, Y.; CHAO, W.; WALKER, G. Dependence of rainfall on vegetation: theoretical considerations, simulation experiments, observations, and inferences from simulated atmospheric soundings. *Journal of Arid Environments*, v.25, 5-18, 1993.
- SUD, Y.; YANG, R.; WALKER, G. Impact of in situ deforestation in Amazonia on the regional climate: General circulation model simulation study. *Journal of Geophysical Research*, v.101, n. D3, 7095-7109, 1996.
- SUD, Y.C., SHUKLA, J., MINTZ, Y. Influence of land surface roughness on atmospheric circulation and precipitation: a sensitivity study with a general circulation model. *Journal of Applied Meteorology*, v. 27, 1036-1054, 1988.
- SUD, Y.C., SMITH, W.E. The influence of surface roughness of deserts on the July circulation – a numerical study. *Boundary Layer Meteorology*, v. 33, 15-49, 1985.
- SUD, Y.C.; FENNESSY, M. A study of the influence of surface albedo on July circulation in semi-arid regions using the GLAS GCM. *Journal of Climatology*, v.2, 105-125, 1982.
- VIANA, D.R.; FERREIRA, N.J.; CONFORTE, J.C. Avaliação das estimativas de precipitação 3B42 e 3B43 do satélite TRMM na Região Sul do Brasil, INPE/CPETC, 2010.
- VILA, D.A.; MACHADO, L.A.T.; LAURENT, H.; VELSCO, I.; Forecast and tracking the evolution of cloud clusters (ForTraCC) using satellite infrared imagery: Methodology and Validation. *American Meteorological Society*, v.23, 233-245, 2008.
- WANG, J., BISHT, G., KNOX, R., & BRAS, R. L. Impact of deforestation in the Amazon basin on cloud climatology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009.
- WANG, J.; CHAGNON, F.J.F.; WILLIAMS, E.R.; BETTS, A.K.; RENNO, N.O.; MACHADO, L.A.T.; BISHT, G.; KNOX, R.; BRAS, R.L. Why clouds follow deforestation over the Amazon? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009.

1998/ mês	Min	Max	Média	DesPad
JAN	134.30	427.46	248.38	42.81
FEV	182.45	382.14	270.24	36.06
MAR	163.08	436.66	276.16	54.77
ABR	52.94	529.47	202.88	70.46
MAIO	17.26	206.46	81.20	31.65
JUN	0.99	123.80	15.65	16.30
JUL	1.19	104.05	17.50	15.14
AGO	10.70	80.96	35.23	13.55
SET	21.65	168.32	69.49	26.42
OUT	126.39	323.63	211.55	37.50
NOV	160.62	321.63	208.30	29.51
DEZ	85.46	359.24	231.64	57.56

2005/ mês	Min	Max	Média	DesPad
JAN	140.69	409.49	253.27	55.68
FEV	180.19	477.34	339.08	50.72
MAR	190.14	571.57	314.70	65.79
ABR	83.92	275.20	155.44	33.89
MAIO	21.44	256.95	98.31	39.44
JUN	1.72	71.76	14.61	10.89
JUL	0.02	53.57	7.31	8.76
AGO	3.22	112.32	33.49	18.21
SET	14.91	144.30	54.47	20.88
OUT	94.25	289.85	175.73	39.93
NOV	113.83	355.51	201.40	39.50
DEZ	219.98	564.96	364.26	61.01

1999/ mês	Min	Max	Média	DesPad
JAN	262.86	507.76	370.46	55.34
FEV	224.36	476.96	337.25	57.93
MAR	117.78	368.68	234.50	56.19
ABR	153.22	476.45	250.23	61.07
MAIO	45.80	282.31	147.87	38.32
JUN	32.08	145.86	63.81	20.65
JUL	1.39	90.83	18.90	14.63
AGO	1.23	161.23	32.73	24.91
SET	34.77	299.11	163.99	57.96
OUT	39.14	226.11	109.71	25.49
NOV	127.74	348.13	202.00	38.87
DEZ	137.24	319.74	208.19	38.44

2006/ mês	Min	Max	Média	DesPad
JAN	204.72	781.27	362.48	88.58
FEV	262.94	527.94	372.76	51.61
MAR	163.57	426.64	281.56	51.28
ABR	95.97	364.82	213.36	57.69
MAIO	28.11	314.13	104.41	48.45
JUN	1.06	52.76	15.36	11.01
JUL	0.35	76.93	16.60	15.96
AGO	1.10	86.01	25.26	15.69
SET	19.24	108.78	51.08	14.63
OUT	97.09	282.15	175.23	42.07
NOV	108.35	367.48	199.92	44.74
DEZ	162.60	436.25	256.77	52.00

2000/ mês	Min	Max	Média	DesPad
JAN	191.76	508.75	323.72	70.69
FEV	145.65	373.93	255.56	47.03
MAR	95.28	524.77	256.15	54.12
ABR	136.61	404.53	244.69	54.39
MAIO	14.41	239.38	88.38	37.39
JUN	1.46	113.40	34.64	18.31
JUL	7.85	94.81	44.13	14.29
AGO	11.98	143.18	58.33	22.16
SET	47.63	330.43	142.22	44.07
OUT	121.73	375.52	252.15	44.84
NOV	159.06	504.15	276.19	51.95
DEZ	148.47	461.73	302.66	74.21

2007/ mês	Min	Max	Média	DesPad
JAN	167.55	440.71	272.27	56.68
FEV	136.61	393.67	243.88	51.17
MAR	150.52	402.68	255.10	48.58
ABR	111.26	361.09	205.17	47.01
MAIO	36.70	264.08	121.76	45.24
JUN	0.10	138.58	13.13	12.74
JUL	6.70	80.12	27.42	12.31
AGO	1.43	127.43	19.46	18.79
SET	13.53	129.33	54.00	14.77
OUT	101.12	367.60	193.76	46.65
NOV	127.41	360.42	221.10	41.68
DEZ	141.52	416.89	245.22	48.57

2001/ mês	Min	Max	Média	DesPad
JAN	282.85	1058.34	432.26	98.60
FEV	202.23	577.40	353.99	76.02
MAR	163.64	506.91	320.60	63.99
ABR	85.40	334.22	215.55	46.55
MAIO	48.08	311.69	144.19	55.04
JUN	24.53	193.18	77.76	30.42
JUL	28.63	187.28	93.17	33.59
AGO	1.47	86.11	26.20	15.09
SET	37.22	288.98	134.15	47.12
OUT	79.01	285.90	147.16	36.17
NOV	103.20	343.18	190.98	50.89
DEZ	225.50	713.47	379.90	110.45

2008/ mês	Min	Max	Média	DesPad
JAN	227.54	498.63	338.78	59.72
FEV	187.01	504.17	292.49	64.96
MAR	157.43	427.14	263.53	57.99
ABR	64.30	355.09	179.97	51.37
MAIO	42.55	319.20	163.73	58.90
JUN	1.65	70.88	23.83	14.71
JUL	3.13	103.09	23.90	19.47
AGO	3.12	145.17	30.75	24.47
SET	43.44	300.82	140.92	57.58
OUT	84.21	299.53	154.11	41.42
NOV	140.48	398.27	246.90	56.14
DEZ	219.42	697.18	376.70	70.17

2002/ mês	Min	Max	Média	DesPad
JAN	177.43	461.42	264.31	55.08
FEV	223.43	478.54	350.02	53.28
MAR	192.41	460.56	304.32	54.43
ABR	113.97	354.89	238.98	41.90
MAIO	30.09	219.94	123.28	36.15
JUN	0.49	86.24	29.13	18.23
JUL	9.67	98.78	40.55	17.72
AGO	8.11	169.74	79.45	35.46
SET	28.33	216.40	79.70	29.70
OUT	110.03	283.36	168.95	35.27
NOV	82.18	304.48	192.85	47.23
DEZ	249.05	546.21	388.97	55.69

2009/ mês	Min	Max	Média	DesPad
JAN	142.53	443.67	291.41	53.99
FEV	190.60	642.04	328.33	68.27
MAR	172.49	537.90	310.58	59.28
ABR	202.58	535.26	319.55	65.06
MAIO	68.28	223.95	134.19	29.40
JUN	26.26	201.34	74.67	26.64
JUL	12.29	178.66	59.19	28.57
AGO	14.43	172.23	66.42	29.24
SET	45.11	191.64	100.85	23.64
OUT	68.83	391.85	166.40	55.45
NOV	121.15	363.17	220.35	43.00
DEZ	264.78	658.38	407.58	68.10

2003/ mês	Min	Max	Média	DesPad
JAN	168.74	452.65	268.32	54.16
FEV	162.57	484.46	288.97	66.05
MAR	201.39	712.34	364.14	77.75
ABR	102.88	376.77	226.53	48.45
MAIO	60.29	374.02	168.47	59.32
JUN	14.71	128.84	68.06	26.78
JUL	0.38	66.51	12.90	10.48
AGO	22.31	152.10	55.18	14.56
SET	34.21	275.19	138.81	36.14
OUT	74.96	407.25	170.06	55.25
NOV	116.95	318.36	201.26	42.57
DEZ	128.38	364.69	239.23	38.48

2010/ mês	Min	Max	Média	DesPad
JAN	261.93	613.77	387.35	58.11
FEV	122.25	438.79	257.11	65.48
MAR	156.98	426.67	278.71	48.71
ABR	53.18	229.50	122.08	38.02
MAIO	43.03	287.79	101.25	35.15
JUN	2.60	121.99	30.02	24.29
JUL	0.25	77.88	13.17	12.94
AGO	2.12	86.86	23.32	18.83
SET	6.18	134.46	46.97	22.47
OUT	108.58	359.30	214.35	61.13
NOV	98.34	277.80	176.97	30.48
DEZ	148.16	351.43	241.04	40.01

2004/ mês	Min	Max	Média	DesPad
JAN	186.47	552.88	320.39	53.58
FEV	172.78	438.96	262.55	44.50
MAR	124.17	536.75	333.52	79.23
ABR	118.38	344.42	187.04	37.51
MAIO	29.22	191.08	78.41	27.18
JUN	1.73	124.69	43.36	28.11
JUL	2.41	85.27	35.08	15.07
AGO	15.41	124.20	61.65	18.77
SET	39.04	194.57	82.37	26.85
OUT	89.80	360.71	201.71	48.76
NOV	125.59	411.72	224.70	50.16
DEZ	141.56	414.87	209.70	40.23

