



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA

Núcleo de Ciência e Tecnologia

Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente

**USO E COBERTURA DO SOLO E A VARIABILIDADE DO CLIMA DE
PORTO VELHO - RO**

MARCELO JOSÉ GAMA DA SILVA

Porto Velho – RO

2010



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
Núcleo de Ciência e Tecnologia

USO E COBERTURA DO SOLO E A VARIABILIDADE DO CLIMA NO
MUNICÍPIO DE PORTO VELHO - RO

MARCELO JOSÉ GAMA DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. Julio Sancho Linhares Teixeira Militão

Porto Velho (RO)

2010

FICHA CATALOGRÁFICA
BIBLIOTECA PROF. ROBERTO DUARTE PIRES

S586u

Silva, Marcelo José Gama da.

Uso e Cobertura do Solo e a Variabilidade do Clima de Porto Velho-RO. / Marcelo José Gama da Silva. Porto Velho, Rondônia, 2010.

70f.: il.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Núcleo de Ciências e Tecnologia (NCT), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional (PGDR), Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia, 2010.

Orientador: Prof. Dr. Júlio Sancho Linhares Teixeira Militão.

1. Uso e Cobertura do Solo. 2. Variáveis Meteorológicas. 3. Alterações Climáticas. I. Título.

CDU: 632.11(811.1)

Bibliotecária Responsável: Eliane Gemaque / CRB 11-549

**USO E COBERTURA DO SOLO E A VARIABILIDADE DO CLIMA NO
MUNICÍPIO DE PORTO VELHO - RO**

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Júlio Sancho Linhares Teixeira Militão - Orientador

Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi - UNB

Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho - UNIR

Prof. Dr. Ene Glória da Silveira - UNIR

Prof. MSc. Rafael Rodrigues da Franca - UNIR

Porto Velho, 23 de março de 2010

Resultado: _____

DEDICATÓRIA

Dedico com carinho esta dissertação a meus filhos, Macelle, Igor e Vivian e a minha querida esposa Antonieta por todo seu amor, carinho, estímulo e sacrifício para alcançar mais este objetivo.

À minha mãe (in memória), por sua presença constante e amor, que sempre me ajudaram a crescer na vida e que certamente está ao lado de Deus

A meu pai pela simplicidade de ser e, acima de tudo pelo exemplo de caráter e amor aos filhos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela graça da vida e por ser fonte de inspiração e coragem para superar todas as adversidades;

A minha família, minha esposa, filhas, filho, mãe (in memória), pai, irmãs, irmãos, sogra, cunhados e Sobrinhos, iniciadores e companheiros da minha caminhada;

Ao Prof. Dr. Júlio Sancho Linhares Teixeira Militão, pela “orientação”, colaboração, apoio e por ter sempre acreditado em mim;

Ao Prof. MSc. Rafael Rodrigues da Franca, pela sua disposição nas revisões, por suas consideráveis sugestões e correções na minha dissertação;

À Coordenação do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente da Fundação Universidade Federal de Rondônia, na pessoa do Prof. Dr. Ene Gloria da Silveira;

Aos Amigos de longa data Antonio Lisboa, Arquimedes Longo, Eliomar Pereira, Eraldo Matricardi, Luiz Cláudio e Siane Cristhina pelo companheirismo e amizade que conquistamos e pela ajuda e motivação sempre presente em todas as fases deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Flávio Simão pela ajuda na reestruturação e desenvolvimento da dissertação;

Ao Prof. Dr. Ranyere Nobrega e Fabio Adriano pela amizade, apoio e motivação;

Aos Senhores Paulo Roberto Ventura Brandão e Valdir Harmatiuk dirigentes da Secretaria de Estado da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM, pelo apoio e infra-estrutura dispensados a este trabalho.

A toda equipe da Coordenadoria de Geociência da SEDAM pelo convívio, amizade e apoio ao desenvolvimento desse trabalho;

Enfim a todos que direta ou indiretamente colaboraram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
LISTA DE SIGLAS	11
1. INTRODUÇÃO	13
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	13
1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE ESTUDO	14
1.3 OBJETIVOS	16
1.3.1 Objetivo geral	16
1.3.2 Objetivos específicos	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1.1 Ocupação da Amazônia	17
2.1.2 Ocupação de Rondônia	18
2.1.3 Políticas Públicas em Rondônia	20
2.1.3.1 Polonoroeste	20
2.1.3.2 Planaflores	21
2.1.4 Variabilidade espaço-temporal da precipitação	23
2.1.5 As mudanças climáticas e o desmatamento na Amazônia	24
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
3.2 DESCRIÇÃO	29
3.2.1 Descrição da área de estudo e características naturais	29
3.2.2 Clima	29
3.2.3 Solos	32
3.2.4 Vegetação	33
3.2.5. Hidrografia	36
4 MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1 MATERIAL	37
4.1.1 Dados disponíveis	37
4.2 MÉTODOS	37
4.2.1 Mudanças do uso do solo	38
4.2.2. Dados de Temperatura do ar, Umidade Relativa do ar e Precipitação.	39
4.2.3. Análise Estatística	40
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 – Uso do solo	41
5.2 – Temperaturas do ar (média, máxima e mínima)	42
5.3 – Umidade Relativa do ar	52
5.4 - Precipitação total anual	55
6 – CONCLUSÃO	59
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Área desmatada e percentual de incremento anual em relação ao Estado	20
Figura 02: Taxa de Desmatamento na Amazônia Legal Brasileira	26
Figura 03: Localização do domínio da área de estudo	28
Figura 04: Distribuição da Precipitação Média Mensal para Porto Velho (1945 / 2005)	30
Figura 05: Variação média mensal da temperatura do ar para Porto Velho (1945 / 2005)	31
Figura 06: Variação média mensal da umidade relativa do ar para Porto Velho (1945 / 2005)	32
Figura 07: Mapa de solos na área de estudo	33
Figura 08: Mapa de vegetação e uso do solo na área de estudo	35
Figura 09: Mapa da dinâmica do desmatamento na área de estudo no período de 1997 a 2006.	42
Figura 10: Média mensal da temperatura do ar nos períodos pré-colonização (1945-1970); colonização (1971-2005) e histórico (1945-2005).	44
Figura 11: Variabilidade interanual da temperatura média do ar no período de 1945 a 2005 .	44
Figura 12: Variabilidade interanual da temperatura média do ar no período de 1945 a 1970.	45
Figura 13: Variabilidade da temperatura média do ar no período de 1971 a 2005.	45
Figura 14: Variabilidade da temperatura máxima do ar no período de 1945 a 2005.	47
Figura 15: Variabilidade interanual da temperatura máxima do ar no período de 1945 a 1970	48
Figura 16: Variabilidade interanual da temperatura máxima do ar no período de 1971 a 2005	48
Figura 17: Variabilidade anual da temperatura média do ar no período de 1945 a 2005.....	49
Figura 18: Variabilidade interanual da temperatura mínima do ar no período de 1945 a 1970.	50
Figura 20: Variabilidade interanual da amplitude térmica do ar no período de 1971 a 2005. .	52
Figura 21: Variabilidade interanual da umidade relativa média do ar no período de 1945 a 2005.	52
Figura 22: Média mensal da umidade relativa do ar nos períodos pré-colonização (1945- 1970); colonização (1971-2005) e histórico (1945-2005).....	53
Figura 23: Variabilidade interanual da umidade relativa média do ar no período de 1945 a 1970.	54
Figura 24: Variabilidade anual da umidade relativa média do ar no período de 1971 a 2005.	55
Figura 25: Variabilidade interanual da precipitação pluviométrica total anual no período de 1945 a 2005.	56
Figura 25: Variabilidade interanual da precipitação pluviométrica total anual no período de 1945 a 1970.	57
Figura 26: Variabilidade interanual da precipitação pluviométrica total anual no período de 1971 a 2005.	57
Figura 27: Média mensal da precipitação pluviométrica nos períodos pré-colonização (1945- 1970); colonização (1971-2005) e histórico (1945-2005).....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Desflorestamento na área de estudo no período de 1997 a 2006.....	41
Tabela 02. Parâmetros estatísticos da temperatura média do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.....	43
Tabela 03. Resultado do teste <i>t</i> student e da análise de regressão linear da temperatura média do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.	46
Tabela 04. Parâmetros estatísticos da temperatura média máxima do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.....	47
Tabela 05. Resultado do teste <i>t</i> - student e da análise de regressão linear da temperatura média máxima do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.	49
Tabela 06. Parâmetros estatísticos da temperatura mínima média do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.....	50
Tabela 07. Resultado do teste <i>t</i> student e da análise de regressão linear da temperatura mínima média do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.....	51
Tabela 08. Parâmetros estatísticos da umidade relativa do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.....	53
Tabela 09: Resultado do teste <i>t</i> student e da análise de regressão linear da umidade relativa média do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.....	54
Tabela 10: Parâmetros estatísticos da precipitação pluviométrica para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.....	56
Tabela 11: Resultado do teste <i>t</i> student e da análise de regressão linear da precipitação total anual para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.....	58

RESUMO

As mudanças do clima na região amazônica têm sido foco de discussões e estudo em diversas áreas de conhecimento. Vários estudos de avaliação do processo de uso e ocupação das terras da Amazônia e de Rondônia já foram publicados, mas ainda existem grandes lacunas a serem preenchidas, especialmente sobre a relação existente entre o uso da terra e as mudanças climáticas locais. Questões pertinentes a este tema podem ser levantadas, e esse trabalho tem com objetivo avaliar a influência das mudanças de uso e cobertura da terra sobre o clima da região de Porto Velho – RO. Foram analisadas as séries temporais das variáveis meteorológicas: temperatura do ar (média, máxima e mínima), umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica, do município de Porto Velho, referente ao período de 1945 a 2005. Para observar a influência das mudanças de uso e cobertura do solo foi avaliada a dinâmica de desflorestamento a partir das informações geradas pelo Programa de Cálculo de Desflorestamento da Amazônia do INPE, referente ao período de 1988 a 2006 para os estados de Rondônia e Amazonas além de dados de desmatamento em Rondônia produzidos pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM), referentes ao período de 2000 a 2007. As análises realizadas mostraram que a área de estudo apresentou uma dinâmica de desmatamento com incrementos inferiores ao mensurado no estado de Rondônia e superiores ao do estado do Amazonas e da Amazônia Legal. A temperatura média do ar apresentou uma tendência ligeiramente crescente no período antes do processo de colonização da região (1945 a 1970), quando comparado com os dados do período de colonização (1971 a 1945). Para as temperaturas médias máxima e mínima do ar evidenciou-se uma maior alteração no período de colonização (1971 a 2005), quando comparado ao período pré-colonização (1945 a 1970), com aumento da temperatura média máxima do ar e redução da temperatura média mínima do ar, demonstrando um aumento na amplitude térmica. A umidade relativa do ar apresentou uma tendência de redução no período de análise (1945 a 2005), sendo bem mais evidenciado no período de colonização (1971 a 2005), principalmente após a década de 80. Os resultados observados para o período de colonização (1945 a 2005) corroboram com os estudos de simulação climática sobre possíveis impactos do desmatamento no clima da Amazônia. Porém, as informações disponíveis e os testes estatísticos aplicados não foram suficientes para comprovar que ocorreram alterações climáticas significativas na região.

PALAVRAS-CHAVES: Uso e cobertura do solo, variáveis meteorológicas e alterações climáticas.

ABSTRACT

The climate changes in the Amazon region have been an important study topic of several science fields. Many studies for assessing of land use and land occupation processes in Amazon and Rondônia have already been conducted, but yet there are great scientific gaps, particularly those related to the relationship between land use and local climate changes. Relevant issues on this topic can be raised and this study assesses effect of land use and land cover changes on climate of the Porto Velho region. Temporal series of meteorological variables were used, which included: air temperature (maximum and minimum averages), relative air humidity, and pluviometric precipitation in the Porto Velho municipality between 1945 and 2005. To observe effects of land use and land cover changes, the deforestation dynamic was analyzed based on information derived from the INPE dataset, including the deforestation maps between 1988 and 2006 for the Amazonas and Rondônia states. Additionally, the deforestation dataset for the period of 2000 to 2007 produced by the Environmental State Agency (SEDAM) was also used in this analysis. This study results showed that the deforestation increase was lower within the study area than the deforestation increase observed for the entire Amazon and the state of Rondônia. The estimated mean air temperature showed a higher increasing trend for the pre-colonization period (1945 to 1970) than for the post-colonization period (1971 to 2005) in the study region. However, an increasing trend of the maximum mean air temperature and a decreasing trend of the minimum air temperature were observed in the post-colonization studied period compared to the pre-colonization period, which evidenced a greater temperature variation. The relative air humidity showed a decreasing trend in the period of analysis (1945 to 2005). This decreasing trend was enhanced in the colonization period, especially after the 1980s. Finally, the results showed an agreement between climate changes in the post-colonization period (1971 to 2005) for the study area and the Amazon region. However, the information available and the applied statistical tests could not support a final conclusion regarding the relationship between land use and climate changes in the study region.

KEY-WORDS: Land use and land cover change, weather variables, and climate changes.

LISTA DE SIGLAS

AB	Alta da Bolívia
ABRACOS	Anglo Brazilian Amazonian Climate Observation Study
AC	Acre
AM	Amazonas
ASAS	Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
Aw	Clima Tropical Chuvoso
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
BASA	Banco da Amazônia S/A
°C	Grau Centígrado
CPAF-RO	Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia
COL	Período de colonização da Amazônia
CV	Coefficiente de Variação
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IOS	Índice de Oscilação Sul
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
Km ²	Quilômetros Quadrado
LBA	Experimento de Grande Escala na Biosfera-Atmosfera da Amazônia
LI	Linhas de Instabilidades
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PDA	Programa de Desenvolvimento da Amazônia
PIN	Programa da Integração Nacional
PLANAFLORO	Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia
POLAMAZÔNIA	Programa de Pólos Agropecuário e Minerais de Amazônia
POLONOROESTE	Programa de Desenvolvimento Integrado do Noroeste do Brasil
PND	Programa Nacional de Desenvolvimento
PRÉ-COL	Período colonização da Amazônia
PRODES	Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia
PROTERRA	Programa de Redistribuição de Terras
REMAR	Rede de Estações Meteorológica Automática de Rondônia
RO	Rondônia
SAE/PR	Secretaria de assuntos Estratégicos da Presidência da Republica
SEPLAD	Secretaria de Estado do Planejamento, Coordenação Geral e Administração
SEDAM	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental
SEPLAN	Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento Econômico
SPVEA	Superintendência de Valorização Econômica da Amazônia
SUDAM	Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia

TMG
TSM
WMO
ZSEE
ZCIT

Tempo Médio de Greenwich
Temperatura da Superfície do Mar
World Meteorological Organization
Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico
Zona de Convergência Intertropical

1. INTRODUÇÃO

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

As mudanças do clima na região amazônica têm sido foco de discussões de estudo de diversas áreas de conhecimento, desde as ciências sociais, geociências e exatas. São variadas as investigações que tentam correlacionar possíveis mudanças no clima em diferentes escalas, com alterações do uso da terra por ações antropogênicas ocorridas durante os últimos dois séculos e, em especial, nas últimas décadas. Projetos agropecuários, interligados por estradas de rodagem, têm transformado as características físicas das florestas amazônicas, substituindo a vegetação nativa por outro tipo de cobertura vegetal, o que altera as interações água-solo-planta-atmosfera.

São crescentes as especulações de como as atividades humanas, econômicas e ambientais, tanto em nível global como regional, influenciam o clima de uma determinada região. A conversão das florestas tropicais para o plantio de pastagens e práticas agrícolas tornou-se um problema sócio-ambiental e uma importante fonte de gases que contribuem para a elevação das temperaturas do Planeta, com grande influência na hidrologia, clima e ciclos biogeoquímicos globais (HOUGHTON, 1991; NOBRE *et al.*, 1991; PEDLOWSKI *et al.*, 1999). Atualmente o desmatamento representa cerca de 75% das emissões de CO₂ brasileiras (HOUGHTON *et al.*, 2000).

Estudos realizados por ALVES *et al.* (1999), CORREIA *et al.* (2007) e FEARNSSIDE (2007) indicam que interferências antrópicas nos ecossistemas amazônicos podem provocar impactos na circulação atmosférica, no transporte de umidade para/e da região e, conseqüentemente, no ciclo hidrológico, com a redução regional das chuvas (SILVA DIAS *et al.*, 2002) e suas tele conexões climáticas, afetando o clima sobre a América do Sul e em outras partes do mundo. FEARNSSIDE (2003) sugere que o desmatamento na Amazônia é capaz de diminuir as chuvas no Sudeste brasileiro. AVISSAR & WERTH (2003) associam o antropismo na região ao agravamento do período de estiagem no meio-oeste americano.

Nos últimos anos, a Amazônia tem sido foco de discussões no mundo inteiro a respeito de sua importância no equilíbrio do ecossistema terrestre, e do impacto que a alteração do uso e cobertura da terra teria sobre o ecossistema amazônico no clima regional e global (ALVES *et al.*, 1999) e no balanço hídrico.

Para o balanço hídrico local, a vegetação tem papel importante no recebimento e distribuição da precipitação, atuando no escoamento superficial que atinge a rede hidrológica e no processo de infiltração de água no solo, bem como no processo de evapotranspiração. Em áreas com escassez de vegetação, são verificados menores valores de interceptação e de evapotranspiração (LINHARES, 2005; SANTIAGO, 2005).

Neste sentido, tem sido crescente o interesse científico em avaliar como a alteração da cobertura vegetal da Amazônia pode provocar mudanças no clima local, regional e global. Resultados desses estudos, como (NOBRE *et al.* 1991; FISCH *et al.*, 1997; ALVES *et al.* 1999), indicam que a substituição da vegetação nativa por atividades agropecuárias provoca um aumento da temperatura do ar de 0,6 a 2,0 °C, uma redução no total da precipitação e da evaporação de 20 a 30% e uma estação seca mais prolongada após o desmatamento. Outro tipo de investigação mostra que a variabilidade natural do Clima não permite afirmar que este aquecimento seja decorrente da intensificação do *efeito-estufa* causado pelas atividades humanas, ou mesmo que essa tendência de aquecimento persistirá nas próximas décadas MOLION (2008).

A importância da cobertura vegetal no clima e no ciclo hidrológico vem sendo ponto de apoio para as discussões sobre mudanças climáticas. Estudar e quantificar como o aumento substancial do desmatamento influencia o padrão climatológico da região, ou se a alteração da superfície vegetada por atividades agropecuárias modifica a interação entre a cobertura vegetal e a atmosfera, não é uma tarefa fácil (NÓBREGA, 2008).

O presente estudo avalia a influência da alteração da cobertura vegetal sobre as variáveis meteorológicas (temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica) na região de Porto Velho, Rondônia, entre os anos de 1945 a 2005.

1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE ESTUDO

Durante o século XIX e o início do século XX, várias foram as frentes de exploração econômica da floresta amazônica, porém os avanços tecnológicos observados durante a segunda metade do século passado permitiram uma nova forma exploratória da região (FERREIRA DA COSTA *et al.*, 1998, FEARNSSIDE, 2007), caracterizada pela substituição da floresta nativa por atividades agropecuárias. A supressão da vegetação nativa e a alteração

no uso e ocupação do solo pelo homem constituem os maiores agentes modificadores do meio ambiente e desencadeia uma série de alterações significativas no meio físico, no ciclo hidrológico e, por consequência, no clima (LINHARES, 2005).

Segundo Alves *et al.* (1999), a substituição da floresta por pastagens modifica as interações entre vegetação e atmosfera e, se grandes extensões forem desmatadas, o clima da região será, portanto, influenciado, podendo ocorrer redução de 10% na precipitação total, 24% na evapotranspiração real e aumento de 1,6 °C na amplitude térmica .

Nas últimas décadas, Rondônia, a exemplo de todos os estados da Amazônia brasileira, tem sofrido um intenso processo de ocupação territorial, com um grande incremento populacional e o desenvolvimento de determinadas atividades devastadoras dos recursos florestais. Fearnside (1986) estudou o aumento do desmatamento em Rondônia, Mato Grosso e no sul do Pará e verificou que a taxa de desmatamento em Rondônia cresceu de forma exponencial, fruto de políticas públicas do Governo Federal, voltadas para dinamizar a região, através da implantação de novas áreas para culturas agrícolas nas regiões dos projetos de colonização ao longo das principais estradas. Essa ocupação, iniciada no final dos anos 60, foi influenciada por mudanças na estrutura da propriedade da terra no centro-sul do Brasil (MARTINE, 1990). Segundo Escada (2003) a abertura de estradas vicinais continua contribuindo para o aumento do desmatamento em áreas destinadas a expansão agrícola e em áreas protegidas.

A implantação da BR 364, na década de 80, ligando a região Centro Oeste a Porto Velho, capital do estado de Rondônia, foi um marco para a ocupação agrícola, associada à pecuária e a exploração de madeira. Os efeitos da ocupação descontrolada da terra já estavam visíveis (PEDLOWSKI *et al.*, 1999) e o reflexo desta ocupação sobre o ambiente natural foi a substituição de áreas de floresta tropical aberta e densa por cultivos agrícolas para produção de grãos, e por gramíneas para formação de pastagens (BARTHOLO & BURSZTYN, 1999).

O processo de ocupação promovido pelo Governo Federal no estado de Rondônia e no sul do estado do Amazonas nas últimas décadas causou mudanças substanciais no meio ambiente, provocando a supressão da vegetação nativa e a mudança de uso e cobertura da terra, o que pode ter desencadeado uma série de alterações no meio físico, no ciclo hidrológico e no clima.

Vários estudos de avaliação do processo de uso e ocupação das terras de Rondônia já foram publicados (FEARNSIDE, 1989; ROCHA & BACHA, 2000; BATISTA, 2001), mas ainda existem grandes lacunas a serem preenchidas, especialmente sobre a relação existente entre o uso da terra e as mudanças climáticas locais. Desta forma questões pertinentes a este tema podem ser levantadas: as mudanças no uso e cobertura da terra em Rondônia têm afetado o clima da região? Se isso vem ocorrendo, quais foram os impactos no clima da região de Porto Velho?

Com base na problemática exposta acima, realizou-se uma análise do comportamento da temperatura do ar (média, máxima e mínima), umidade relativa do ar e precipitação, medidos na estação meteorológica, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia (EMBRAPA / CPAF – RO), no município de Porto Velho – RO, num período de 61 anos entre 1945 a 2005 e comparou-se com a dinâmica do desmatamento ocorrido nas últimas décadas, em uma área compreendida num raio de 75 Km em torno da referida estação.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo avaliar a influência das mudanças de uso e cobertura da terra sobre algumas variáveis climáticas na região de Porto Velho - RO.

1.3.2 Objetivos específicos

- a. Levantar, analisar e avaliar o comportamento da temperatura do ar (média, máxima e mínima), umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica no período de 1945 a 2005 e nos sub-períodos de 1945 a 1971 e de 1970 a 2005;
- b. Levantar, analisar e avaliar a dinâmica do desmatamento na localidade de estudo em torno do município de Porto Velho, no período de 1997 a 2006;
- c. Correlacionar às variáveis meteorológicas com a dinâmica do desmatamento na região e comparar os resultados encontrados a outros estudos sobre mudanças climáticas na Amazônia

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

2.1.1 Ocupação da Amazônia

A Amazônia é um dos mais importantes ecossistemas do Planeta e a maior floresta tropical contínua e preservada do mundo. Não obstante, esta região vem apresentando as mais altas taxas de desmatamento de florestas tropicais nas últimas décadas (FEARNSIDE *et al.* 1990; SKOLE & TUCKER 1993; INPE 2008).

Embora as primeiras incursões documentadas na Amazônia datem do período colonial, assume-se que apenas a partir da década de sessenta do século XX ocorreu um ordenado processo de ocupação e expansão da fronteira (SILVA, 2008). Foi nesta década que o Governo Federal brasileiro realizou políticas de colonização e exploração da floresta sob um fraco ou inexistente planejamento (BRASIL, 1997; ALENCAR *et al.*, 2004).

Nessa época foram estabelecidas políticas governamentais que influenciaram o intenso processo de ocupação da região, tendo como base a substituição da floresta nativa para a implantação de projetos de assentamentos (ANDRADE, 2001). Também foram criados programas governamentais, tais como: Programa de Integração Nacional (PIN); Programa de Redistribuição de Terras (PROTERRA); Programa Nacional de Desenvolvimento (PND); Programa de Desenvolvimento da Amazônia (PDA); Programa de Pólos Agropecuário e Minerais de Amazônia (POLAMAZÔNIA) e outros que visavam atenuar a crise causada pelos movimentos de reforma agrária no nordeste do Brasil, facilitando a aquisição de terras e melhorando o trabalho rural através da criação de agroindústrias; além de promover o desenvolvimento sócio-econômico e agropecuário da região. Esses programas governamentais de colonização foram implantados de maneira indiscriminada, com pouca ou nenhuma preocupação ambiental, gerando pressões de uso nos recursos naturais e supressão da vegetação nativa.

Nos últimos anos, a Amazônia brasileira apresentou uma das maiores taxas de desflorestamento no mundo tropical (PEDLOWSKI *et al.*, 1999). Segundo Alves (2001), nas décadas de 70 e 80, cerca de noventa por cento do desmatamento na Amazônia concentrou-se

nos limites de 100 km da malha rodoviária principal e ao redor dos eixos e pólos de desenvolvimento, mostrando uma grande concentração de taxas de desmatamento nos municípios próximos à malha viária principal. Já na década de 90, oitenta e sete por cento do desmatamento ocorreu dentro de um raio 25 km em torno das áreas de ocupação pioneira (áreas desmatadas até 1978), onde, destas, cerca de dezessete por cento ocorreram dentro de 50 km do eixo Cuiabá - Porto Velho – Rio Branco.

Para Kohlepp (2002) e Soares Filho *et al.* (2005) a criação do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), com a finalidade de estabelecer e formatar o processo de ocupação da região, modelando os assentamentos em grande escala e fixando uma faixa de 10 km de extensão ao longo de cada lado das estradas principais, contribuiu com o processo de redução da cobertura florestal da Amazônia. O estado de Rondônia é um exemplo clássico das conseqüências dessa política institucional, ao receber quase 800 mil pessoas entre os anos de 1977 a 1994 (RONDÔNIA, 2000).

Estudo promovido pelo Banco Mundial mostra que as principais formas de desmatamento na Amazônia são: a conversão de floresta em pastagens para a criação de gado; o corte e a queima de floresta para cultivos anuais pela agricultura familiar; e a implantação de cultivos de grãos pela agroindústria (MARGULIS, 2003). Segundo Alencar *et al.* (2004), o desmatamento é um fenômeno complexo e não atribuído a um único fator.

2.1.2 Ocupação de Rondônia

Localizado na Amazônia Ocidental, situado entre os paralelos de 07° 58' e 13° 43' de latitude Sul e os meridianos de 59° 50' e 66° 48' de longitude Oeste, o estado de Rondônia possui uma área de 238.512,80 km², limitando-se ao Norte com o estado do Amazonas, a Noroeste com o estado do Acre, a Oeste com a República da Bolívia e a Leste e Sul com o estado do Mato Grosso.

O processo de ocupação de Rondônia foi marcado por vários ciclos: o primeiro ciclo da borracha (século XIX), o segundo ciclo da borracha (década de 40), o ciclo da cassiterita (1958) e o ciclo agrícola (1970) (BANCO MUNDIAL, 1999). A exploração da floresta, por parte da população local, por meio da caça, da pesca e da colheita de produtos vegetais, tinha como finalidade a subsistência, não alterando significativamente o ambiente florestal (ROCHA & BACHA, 2000).

Nas décadas de 60 e 70, os grandes projetos agropecuários e de integração governamentais impulsionaram fluxo de pequenos agricultores para a região. Entretanto, desde a sua criação em 1982, o estado de Rondônia passou por um vertiginoso processo de crescimento e transformação, aparecendo em posição de destaque quanto ao desmatamento (BANCO MUNDIAL, 1999). O reflexo desse processo de ocupação agrícola sobre o ambiente natural foi à substituição de áreas de vegetação nativa, em sua maioria formada por floresta tropical aberta e densa, por cultivos agrícolas para produção de grãos e, por gramíneas para a formação de pastagens (BARTHOLO & BURSZTYN, 1999).

Este processo causou efeitos danosos à vegetação nativa da região, implicando em um aumento significativo do desmatamento, cuja dinâmica desde a década de 70 não foi homogênea (Figura 01). O crescimento do desmatamento em Rondônia até o final da década de 1980, está relacionado ao aumento da população e à expansão da pecuária (FEARNSIDE, 1989). Esse crescimento atingiu níveis altíssimos em algumas regiões do Estado, em especial na região central, envolvendo as microrregiões dos municípios de Ji-Paraná e Cacoal, onde o processo de colonização ocorreu a partir da década de 60, fruto de políticas oficiais que visavam transformar Rondônia em exemplo de colonização.

São vários fatores que ajudam a explicar as variações no comportamento do desmatamento em Rondônia, dentre os quais podemos citar a estreita correspondência entre as variações do desmatamento na Amazônia e as mudanças macroeconômicas.

No período de 2001 a 2003 o incremento do desmatamento em Rondônia se mostrou crescente e após 2003 observa-se uma queda acentuada e contínua no incremento anual em relação à dinâmica de anos anteriores (Figura 01). É importante ressaltar que, com a implementação de iniciativas inovadoras de controle e monitoramento de desmatamento e queimadas, pelos órgãos ambientais, associadas ao desenvolvimento de ações voltadas à valorização da floresta e ao desenvolvimento sustentável, atualmente já percebe-se áreas em processo de regeneração no estado de Rondônia.

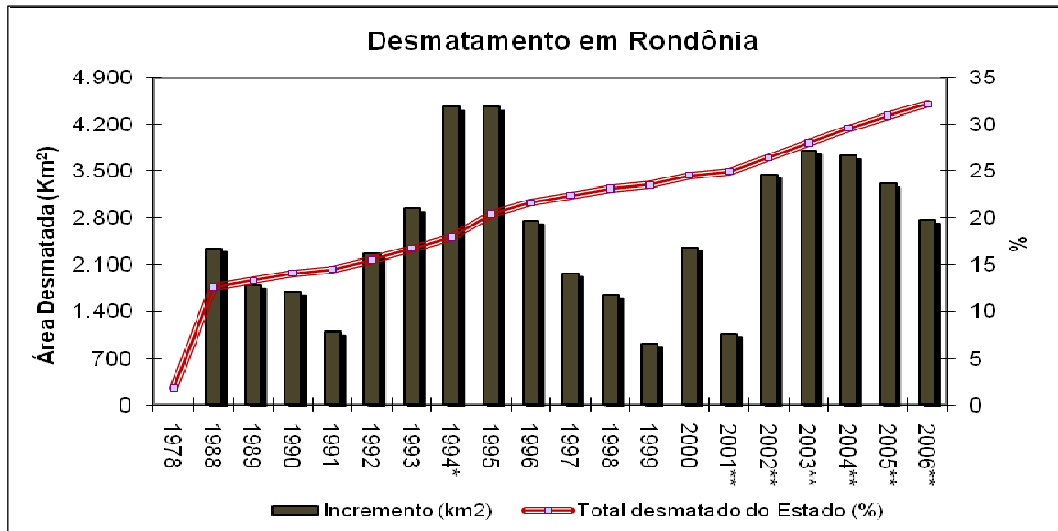


Figura 01: Área desmatada e percentual de incremento anual em relação ao Estado

Fonte: INPE (1992), SEDAM (1993, 1995, 1996, 1997, 2001 a 2006) e IBAMA/CSR (1998, 1999 e 2000) * Estimativa com base na média entre 1993 e 1995 ** Mensuração base Cartográfica
 Contínua escala 1:100.000 MMA/Gov.RO)

2.1.3 Políticas Públicas em Rondônia

O estado de Rondônia, assim como os demais estados da Amazônia, tem sido objeto de projetos de políticas públicas desenvolvimentistas, particularmente a partir dos anos 70, porém, muito dos resultados dessas políticas são diferentes daqueles imaginados pelos seus formuladores (BANCO MUNDIAL, 1999). Esses projetos nasceram da busca de soluções para problemas externos à região, vista como espaço vazio, que serviria como alternativa à realização de uma reforma agrária da região centro-sul do País. Os reflexos destas políticas públicas desenvolvimentistas em Rondônia resultaram basicamente na implementação de dois grandes projetos sucessivos: O Programa de Desenvolvimento Integrado do Noroeste do Brasil (POLONOROESTE) e o Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia (PLANAFLORO).

2.1.3.1 Polonoroeste

O POLONOROESTE foi criado no início da década de 1980, pelo Governo Federal, com o objetivo de orientar o processo de ocupação de Rondônia e parte do estado de Mato Grosso, onde era considerada reduzida a capacidade dos governos estaduais em lidar com a necessidade de ordenamento e auxílio sócio-econômico das populações que ingressavam nesta região (ROCHA & BACHA, 2000). Este Programa foi parcialmente financiado pelo Banco Mundial, tendo como principais objetivos (RONDÔNIA, 1998):

- a. obter uma maior integração nacional, por meio da pavimentação da BR 364 no trecho Cuiabá-Porto Velho;
- b. favorecer a adequada ocupação da região que fazia parte do programa;
- c. abrigar populações economicamente marginalizadas de outras regiões;
- d. conseguir o aumento significativo na produção da região e na renda de sua população;
- e. auxiliar na diminuição das desigualdade de desenvolvimento , aos níveis inter e intra-regionais; e,
- f. possibilitar o crescimento da população em harmonia com as preocupações de preservação do sistema ecológico e da proteção às comunidades indígenas.

Em decorrência do padrão de ocupação, a cobertura florestal da região sofreu um grande impacto, colocando Rondônia como um dos estados com maior percentual de desmatamento da região Norte do Brasil.

Em termos de resultados, o POLONOROESTE cumpriu seus objetivos em relação ao componente infra-estrutura, porém não teve o mesmo desempenho nos demais, repercutindo de imediato sobre o meio ambiente, sendo considerado por vários setores da sociedade como causador dos problemas ambientais enfrentados pelo estado, especialmente pela elevação da taxa de desmatamento (BANCO MUNDIAL, 1999).

O programa financiou também a elaboração da 1ª Aproximação do Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico do estado de Rondônia, instituída em 1988, como principal instrumento de planejamento do Estado, definindo critérios para investimentos públicos e privados, preservação de ecossistemas frágeis e/ou representativos e ordenamento do uso dos recursos naturais (BATISTA, 2001).

2.1.3.2 Planaflo

O PLANAFLORO foi estruturado com base no Zoneamento Sócio Econômico Ecológico, como um instrumento de política pública de ordenamento do uso dos recursos ambientais para a ocupação racional das terras rurais do estado de Rondônia e, segundo (BANCO MUNDIAL, 1999) tinha como objetivos,:

- a. implementar políticas, regulamentos e programas de investimentos destinados a promover uma moldura para o desenvolvimento sustentável de Rondônia;
- b. conservar a biodiversidade de Rondônia;

- c. proteger e fazer valer as fronteiras de todas as Unidades de Conservação, Áreas Indígenas, floretas públicas e reservas extrativas, bem como controlar e prevenir o desflorestamento, o transporte de madeira e as queimadas de florestas em Rondônia, que sejam contra as leis brasileiras;
- d. desenvolver sistemas agrícolas integrados em áreas apropriadas para agricultura permanente e para agroflorestas;
- e. apoiar investimentos prioritários em infraestrutura socioeconômica e serviços para implementar o zoneamento agroecológico de Rondônia e;
- f. consolidar a capacidade técnica e operacional das instituições de Rondônia

O objetivo fundamental do programa foi a implementação do desenvolvimento sustentável no Estado (BATISTA, 2001). O Zoneamento Socioeconômico Ecológico do estado de Rondônia, na sua 1ª aproximação, foi criado em 14 de junho de 1988, instituído através do Decreto Estadual nº 3782, e posteriormente ratificado pela Lei Complementar nº 052 de 20 de dezembro de 1991, em escala de 1: 1000000.

A 2ª Aproximação do Zoneamento Socioeconômico Ecológico (ZSEE) foi instituída por lei complementar nº. 233 de 06 de junho de 2000, alterada pela Lei complementar n.º 312 de 06 de maio de 2005 e, surgiu com o intuito de suprir as deficiências deixadas pela 1ª Aproximação do Zoneamento.

Este Zoneamento foi gerado com maior nível de detalhes, em escala de 1:250.000, o que proporcionou informações mais precisas, seguindo as metodologia da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da Republica – SAE/PR, estabelecendo que o zoneamento devesse ser “(...) *um instrumento para a racionalização da ocupação dos espaços e de redirecionamento de atividades, subsídio a estratégias e ações para a elaboração e execução de planos regionais em busca do desenvolvimento sustentável*” (SAE/PR, 1997 *apud* FERNANDES, 2008). Tanto o POLONOROESTE como o PLANAFLORO foram planejados de cima para baixo e não levaram em conta as necessidades específicas das populações e da economia do Estado (SEPLAD, 2000).

2.1.4 Variabilidade espaço-temporal da precipitação

O clima de uma região depende de vários fatores, chamados de domínios ou fatores climáticos, dentre os quais destacam-se: a circulação geral da atmosfera; tipo de cobertura vegetal; relevo e o ciclo hidrológico (KOUSKY & MOLION, 1985).

A circulação geral da atmosfera é consequência da distribuição desigual de energia solar no planeta, a qual gera gradientes térmicos e produz movimentos verticais e horizontais na atmosfera, com a expansão e ascensão do ar em regiões quentes e a compressão e subsidência em latitudes frias (FRANCA, 2009).

A interação biosfera-atmosfera determina os fluxos energéticos e hídricos, e sua quantificação depende das características da vegetação e do solo (SANTIAGO, 2005). A transformação de grandes áreas de vegetação nativa em pastagens poderá afetar de forma significativa o ciclo hidrológico e conseqüentemente a precipitação da região (FEARNSSIDE, 2003).

O ciclo hidrológico pode ser considerado como uma circulação contínua e fechada da água em seus três estados (sólido, líquido e gasoso), pelos três maiores reservatórios de água do planeta (oceanos, continente e atmosfera) através dos componentes básicos que são: a precipitação; a evapotranspiração; a drenagem para os rios; a convergência de umidade pela atmosfera; e as variações na quantidade de água armazenada na atmosfera, no solo e em reservatórios subterrâneos (CORREIA et al., 2007). O ciclo hidrológico só pode ser considerado fechado em níveis globais, pois a evaporação que ocorre em um local não precipitará, necessariamente, no mesmo local, devido ao movimento das massas de ar, assim como a precipitação incidente em dado local não será toda evaporada ali, pois muito será escoado para o oceano (LINHARES, 2005). Desta forma, em níveis locais, o ciclo hidrológico é aberto, característica esta mais marcante quanto menor for à escala de observação e menor for a bacia hidrográfica (SILVEIRA, 2002).

A precipitação é de fundamental importância para a caracterização climática de uma região. O estudo da variabilidade espaço-temporal dessa variável tem sido de grande relevância para o entendimento da oferta e demanda da água na superfície, como também em suas aplicações hidrológicas. Fisch et al. (1998) afirma que a substituição da floresta por sistemas agropecuários provoca modificações climáticas regionais, em escala sazonal. Outros

estudos já foram realizados para entender este comportamento atmosférico, a exemplo de BOSH & HEWLETT, 1989; ROCHA *et al.*, 1996; COSTA *et al.*, 2003; MARENGO, 2001 onde afirmam que mudanças no uso do solo e o aumento do desmatamento fazem com que os ecossistemas sejam afetados alterando o ciclo biogeoquímico e o ciclo hidrológico.

Segundo Alves *et al.* (1999), a substituição de florestas por pastagens modifica a interação entre a superfície e a atmosfera. Em vista disso, é de fundamental importância o entendimento dos complexos mecanismos de formação do clima da região e de como as diversas variáveis envolvidas no processo, principalmente a precipitação, se modifica com a alteração da cobertura vegetal.

2.1.5 As mudanças climáticas e o desmatamento na Amazônia

Atualmente a população mundial é superior a 6,5 bilhões de habitantes sendo que destes mais de 183 milhões estão no Brasil e mais de 14,6 milhões na Amazônia brasileira (IBGE, 2006). Estudos sobre as mudanças nos padrões de uso e cobertura do solo têm despertado interesse, dentro e fora do meio científico, devido ao acelerado processo de alteração da fisionomia vegetal das últimas décadas e aos possíveis impactos ambientais e sócio-econômicos dessas alterações, que causam preocupações desde o nível local até o global (NÓBREGA, 2008).

Segundo Cox *et al.* (2000), as previsões climáticas indicam que em cenário de mudanças globais, nos próximos 50 a 100 anos, parte da Amazônia poderá experimentar temperaturas mais elevadas e reduções nos totais pluviométricos, como resultado da intensificação do fenômeno El-Niño.

O fenômeno El Niño corresponde a uma fase quente do ciclo, que se caracteriza, tipicamente, por anomalias positivas da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Pacífico Equatorial e, simultaneamente, por valores abaixo da média histórica para a diferença de pressão atmosférica entre Tahiti e Darwin, na Austrália, ou seja, com a ocorrência de valores negativos do Índice de Oscilação Sul (IOS) (XAVIER *et al.*, 2000). Fenômeno contrário ao El Niño é a La Niña, que é a fase fria do ciclo, caracterizada por apresentar anomalias negativas da TSM no Pacífico Equatorial e valores positivos do Índice de Oscilação Sul. A rigor os eventos dos fenômenos El Niño e La Niña não se apresentam de forma cíclica (XAVIER *et al.*, 2000).

De acordo com Nepstad *et al* (1999), caso ocorra uma diminuição na precipitação e um alongamento no período de estiagem, a vegetação pode consumir toda a água disponível ao sistema radicular, ocasionando forte senescência das folhas. Esse cenário torna a superfície florestal vulnerável ao fogo. Para Aragão *et al.* (2007), a inflamabilidade da floresta é potencialmente elevada pela ocorrência de estiagem.

A floresta tropical amazônica é reconhecida, amplamente, como uma importante fonte de energia e umidade para os processos que ocorrem na atmosfera tropical (GALVÃO & FISCH, 2000). Devido aos seus altos índices de precipitação e de umidade do ar, em condições climáticas normais, ela pode ser considerada de pequeno risco de incêndios florestais (NEPSTAD *et al.*, 1999). Mas, durante as últimas décadas grande parte desta floresta tropical vem sendo transformada, através da extração de madeira ou geração de áreas de pastagens para as atividades agropecuárias e, isso tende a alterar esta característica da região.

Para Nobre *et al* (2007), se confirmada a tendência de redução da precipitação na Amazônia como resposta ao desmatamento, haveria um aumento substancial da suscetibilidade dos ecossistemas amazônicos ao fogo, reduzindo a quantidade de espécies menos tolerantes a seca, com impactos na biodiversidade, podendo causar a savanização de parte da região.

O desmatamento da Amazônia vem sendo mapeado pelo Programa de Cálculo de Desflorestamento da Amazônia – PRODES, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE desde 1988, através da utilização de ferramentas de sensoriamento remoto. O uso de Sistemas de Informação Geográfica tem permitido, a partir do cruzamento dos polígonos de desflorestamento com o mapa de vegetação do IBGE, avaliar o quanto foi desflorestada nos últimos anos em áreas de Floresta Ombrófila Densa e Aberta, bem como o padrão do desflorestamento para cada tipo de vegetação afetada (KRUG, 2001).

Certamente, o desmatamento na Amazônia é um dos maiores fatores de impacto nas pressões que o País sofre de diferentes entidades ambientais e governos internacionais. O desmatamento é um fenômeno complexo que não pode ser atribuído a um único fator (ALENCAR *et al.*, 2004). Inicia com a exploração seletiva e predatória de madeiras nobres e na maioria das vezes vem seguida de atividades agropecuárias, as quais convertem a floresta em pastagens para a criação de gado, ou o corte e a queima da floresta para cultivos anuais

para a agricultura familiar ou a implantação de cultivos de grãos pela agroindústria (MARGULIS, 2003).

O desmatamento na Amazônia tem aumentado continuamente desde 1991 (Figura 02), variando de acordo com as forças econômicas (FEARNSIDE, 2006). Segundo o mesmo autor, essas mudanças incluem um pico no desmatamento em 1995, resultado do Plano Real, iniciado em 1994, e uma queda em 2005, resultado de taxas de câmbio desfavorável para exportações, combinado com operações do Governo Federal, para reprimir a exploração madeireira ilegal e a criação de Unidades de Conservações.

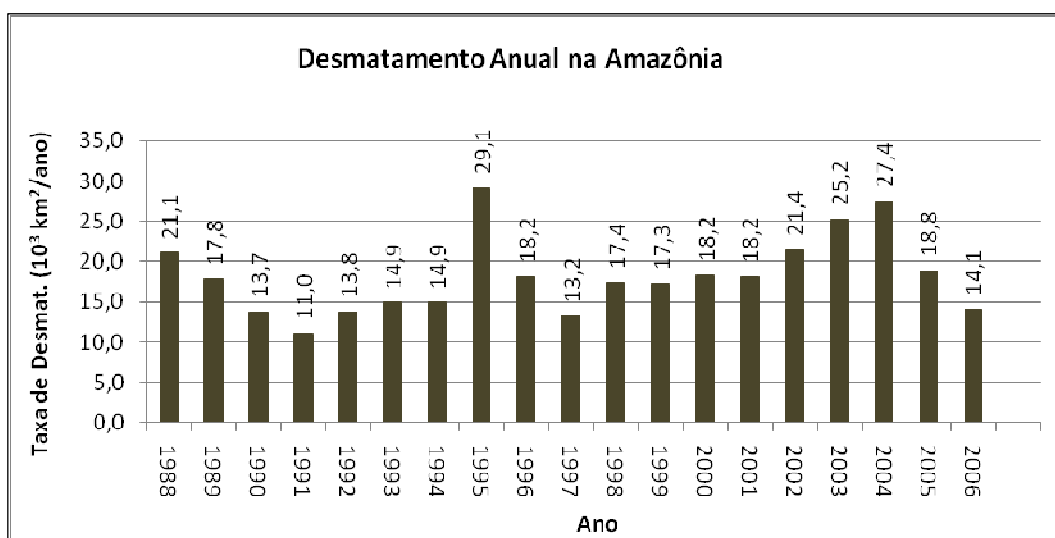


Figura 02: Taxa de Desmatamento na Amazônia Legal Brasileira

Fonte: PRODES/INPE. Desmatamento 88: média entre 1977 a 1988; desmatamento 93 e 94: média entre 1993 e 1994; desmatamento 05 e 06 desmatamentos consolidados segundo o sistema PRODES/INPE (2008).

A substituição em larga escala de floresta tropical por pastagem tem efeitos consideráveis no clima regional e do mundo (ALVES *et al.*, 1999; NOBRE *et al.*, 1991). Os resultados encontrados pelos autores mostram uma redução na evapotranspiração de trinta por cento, um decréscimo de vinte a trinta por cento na precipitação e um aumento de 1 a 3° C na temperatura do ar. Se grandes extensões são desmatadas, podem-se esperar mudanças afetando os sistemas atmosféricos causadores da formação do tempo podendo modificar o clima (GALVÃO & FISCH, 2000).

Alves *et al.*, (1999) ao analisarem o balanço hídrico em áreas de pastagem e floresta no estado de Rondônia, constataram que a floresta tropical, na estação seca, consegue retirar mais água do solo que as pastagens.

Estudos (como os realizados por NOBRE & GASH, 1997; FERREIRA da COSTA *et al.*, 1998; ALVES *et al.*, 1998; MARENGO, 2001) relacionam as possíveis mudanças do clima em nível local e global, gerado pela alteração da cobertura vegetal para fins de pastagens ou para formação de lagos para geração de energia hidrelétrica, através da análise de vários anos de observações meteorológicas, em comparação com a observação e análise destas variáveis em tempo quase real.

Segundo Salati *et al.* (1983), existe uma interação estreita entre a cobertura florestal e o clima. Para o autor, da quantidade de precipitação que cai na Amazônia, apenas aproximadamente cinquenta por cento retornam aos oceanos, os outros cinquenta por cento reciclam-se no sistema, através do processo de evapotranspiração das plantas e infiltração no solo. Resultado coerente com o dos autores foi encontrado por Nóbrega *et al.* (2005), no entanto, estes últimos observaram que a importância da evapotranspiração na quantidade de precipitação que é originada localmente da Amazônia aumenta de leste para oeste.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desta pesquisa está inserida nos estados de Rondônia e Amazonas, que são parte da Amazônia Legal (Figura 03), correspondendo a aproximadamente 17.300 Km². Compreende um raio de 75 km a partir da estação meteorológica do INMET, localizada na EMPRAPA / CPAF-RO (latitude: 08° 47' 42" Sul, longitude: 63° 50' 45" Oeste e altitude: 95 metros) e é delimitada pelas seguintes coordenadas geográficas: 08° 13' e 09° 48' de latitude Sul e 63° 17' e 64° 52' de longitude Oeste. Setenta e quatro por cento da área está inserida no estado de Rondônia, nos municípios de Porto Velho, Candeias do Jamari, Itapuã do Oeste e Alto Paraíso; os outros vinte e seis por cento, no estado do Amazonas, parte dos municípios de Canutama e Lábrea.

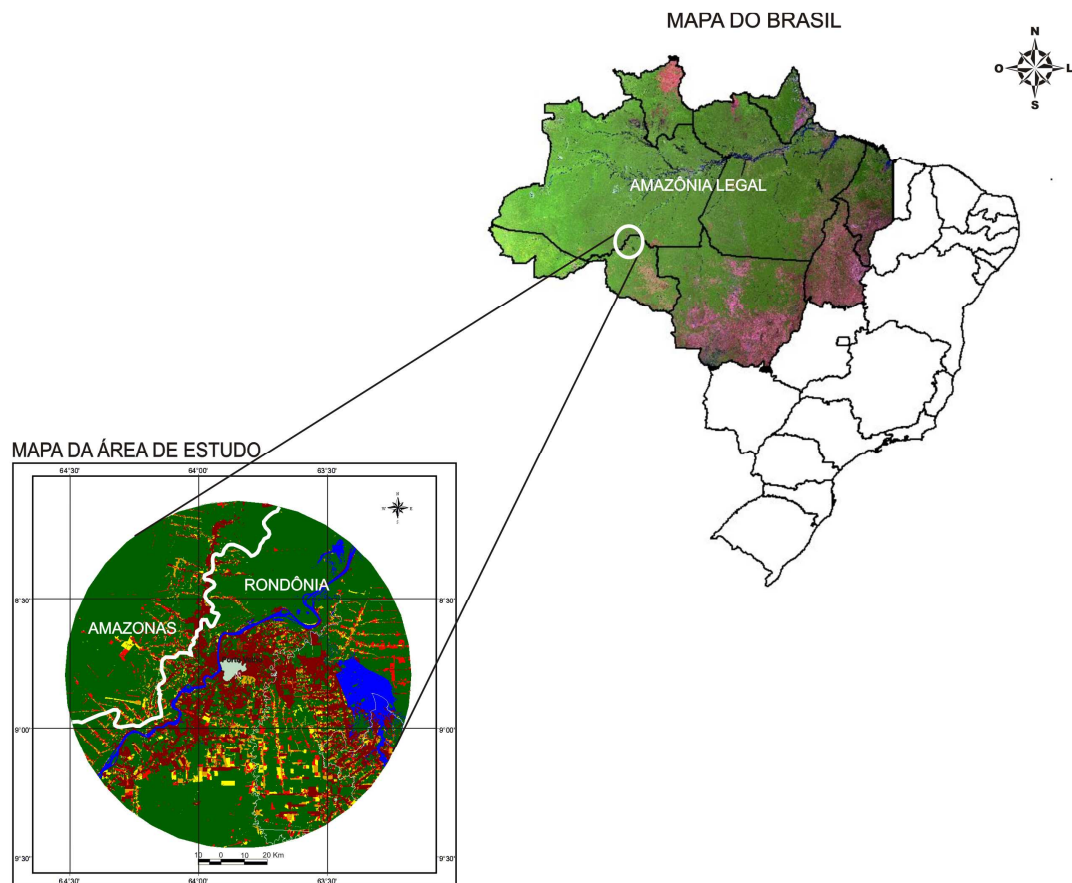


Figura 03: Localização do domínio da área de estudo

Nesta área, o processo de colonização se iniciou de fato na década de 70, quando migraram para a região excedentes populacionais vindos do meio rural dos estados da região Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil.

3.2 DESCRIÇÃO

3.2.1 Descrição da área de estudo e características naturais

A região de estudo desta pesquisa tem sido bastante impactada pelas atividades agropecuárias e madeireiras nas últimas décadas, causando grandes alterações em seus padrões biofísicos e socioeconômicos, onde tais interferências humanas além de substituir a floresta nativa por vegetação de menor porte pode ter alterado a dinâmica do ciclo hidrológico regional e as características climáticas, ambas ainda pouco estudadas.

A área de estudo localiza-se em torno da cidade de Porto Velho, que está situada à margem direita do rio Madeira, no extremo Norte do estado de Rondônia, que surgiu no início do século XX com a construção da estrada de ferro Madeira / Mamoré. Em 2000, Porto Velho possuía uma população de 334.585 habitantes com uma densidade demográfica de 9,82 hab/km² (IBGE, 2000), e está situada próximo da divisa com o Amazonas. É a principal via de acesso entre Manaus (AM), Rio Branco (AC) e o centro-sul do Brasil. O comércio, a prestação de serviço, a produção e processamento de produtos agrícolas constituem as principais atividades econômicas da região (IBGE, 2000).

Em termos geofísicos, a região representa uma área de transição entre a Depressão da Amazônia Central e Depressão da Amazônia Meridional, apresentando relevo dissecado em forma de topos tabulares, intercalados com setores conservados. A drenagem, de maneira geral, submete-se ao controle estrutural apresentando ao longo dos cursos fluviais, diversas mudanças de direção, com trechos de superimposição sujeitos em certos pontos, a alagamento temporário, ou trechos com cachoeiras e corredeiras (IBGE, 1991).

3.2.2 Clima

O clima da região de estudo pode ser representado pelas mesmas características do município de Porto Velho – RO e, de acordo com o sistema de classificação de Köppen, se

enquadra no tipo Aw - Clima Tropical Chuvoso com média climatológica da temperatura do ar durante o mês mais frio, superior a 18°C (megatérmico). Tem um período seco bem definido durante o inverno astral, quando ocorre na região um moderado déficit hídrico, com índices pluviométricos inferiores a 50mm/mês. A média climatológica da precipitação pluvial é de 2.250 mm ano⁻¹, apresentando duas estações: uma chuvosa e uma seca. O período compreendido entre novembro a abril registra índice pluviométrico superior a 220 mm mês⁻¹, sendo janeiro o mês que apresenta maior índice, com média de 333,4 mm. O período seco, com menor atividade convectiva, abrange os meses de junho a agosto, com precipitações inferiores a 50 mm mês⁻¹, sendo que o mês de julho apresenta o menor índice pluviométrico, com média de 25,3 mm (Figura 04).

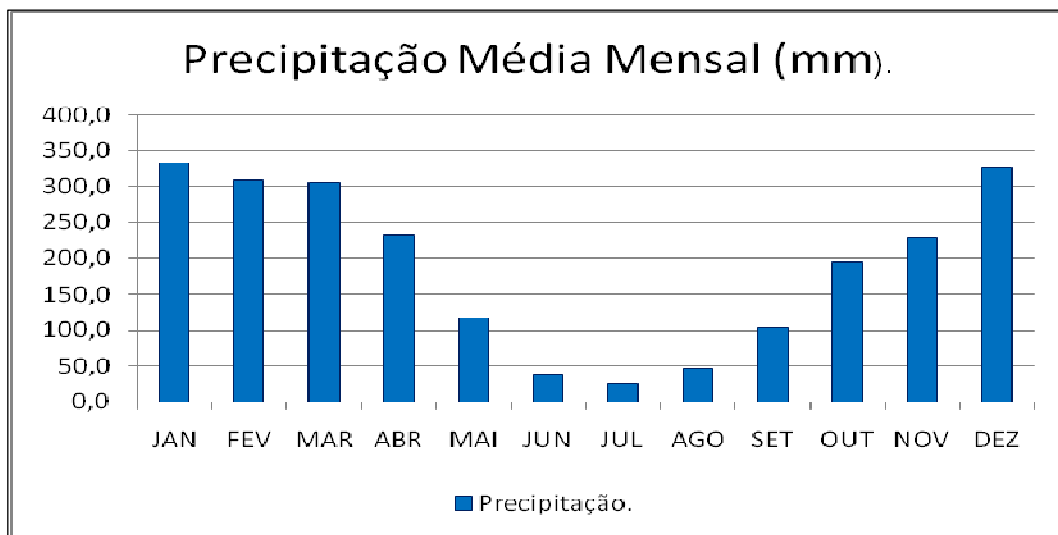


Figura 04: Distribuição da Precipitação Média Mensal para Porto Velho (1945 / 2005)

Nos meses chuvosos, os principais mecanismos dinâmicos que atuam sobre a precipitação da região são, essencialmente, os de larga escala: Alta da Bolívia (AB) - anticiclone que se forma em alto nível da atmosfera (200hPa) durante os meses de verão e situa-se sobre o altiplano boliviano; a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as Linhas de Instabilidade (LIs) - conglomerados de nuvens cumulonimbos que se formam na costa N-NE do Oceano Atlântico devido à circulação de brisa marítima. As LIs apresentam-se com maior ou menor intensidade dependendo do comportamento sazonal e a intensidade da ZCIT. Nos meses secos (estação do inverno), a atuação da face continentalizada do Anticiclone Subtropical de Atlântico Sul (ASAS) sobre o Brasil Central dificulta a atuação das LIs e depressões tropicais e equatoriais, resultando em uma atmosfera mais seca, quente e estável (FRANCA,2009). Na escala local, os fenômenos atmosféricos que provocam chuva na região

são as altas convecções diurnas resultante do aquecimento das superfícies de água, floresta e vegetação. Tais mecanismos estão associados aos de larga escala. (SILVA *et al.*, 2004).

A média anual da temperatura do ar é de 25,5°C, com uma pequena oscilação ao longo do ano, sendo setembro o mês mais quente e julho o mais frio. A temperatura média máxima anual é de 32,4 ° C, com a maior média no mês agosto (34,4 °C). A temperatura mínima média anual é de 20,6 ° C, sendo julho o mês que apresenta os menores valores, média de 19,2 °C (Figura 05). Em alguns anos, em poucos dias dos meses de maio a setembro, a região encontra-se sob a influência de anticiclones que se formam nas altas latitudes e atravessam a Cordilheira dos Andes em direção ao sul do Chile. Alguns destes anticiclones são excepcionalmente intensos, o que condicionando a formação de aglomerados convectivos que intensificam a formação dos sistemas frontais na região Sul do País, causando o fenômeno denominado de "**Friagem**". Durante alguns dias destes meses as temperaturas mínimas do ar, podem atingir valores inferiores a 12° C. (SILVA *et al.*, 2004).

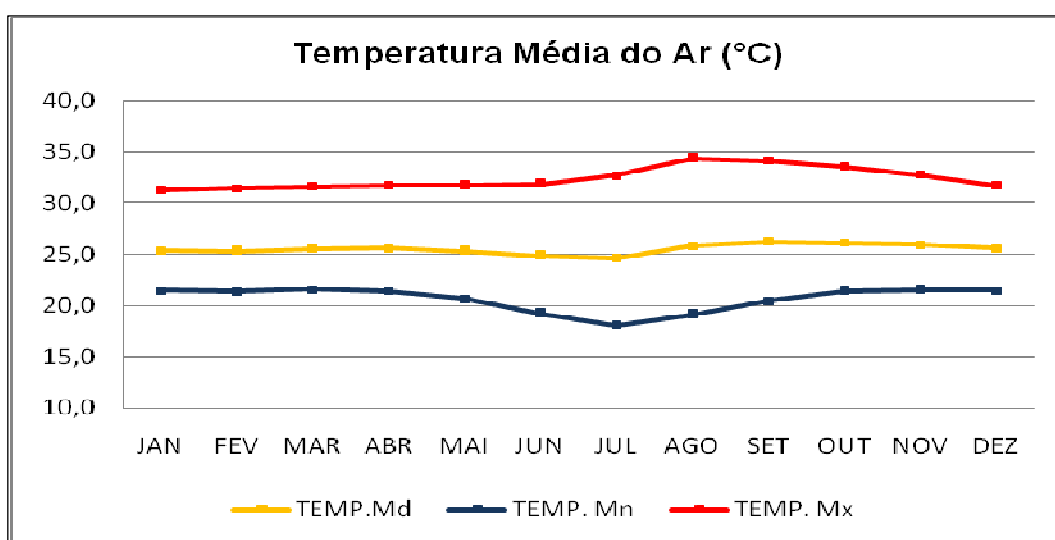


Figura 05: Variação média mensal da temperatura do ar para Porto Velho (1945 / 2005)

Durante o ano, a umidade relativa média do ar é de aproximadamente 84%, apresentando pequena oscilação, com valores mais elevados nos meses de dezembro a março, meses em que ocorrem os maiores índices pluviométricos, e mínimo entre junho e setembro, quando observa-se uma amplitude diária mais acentuada, (Figura 06)

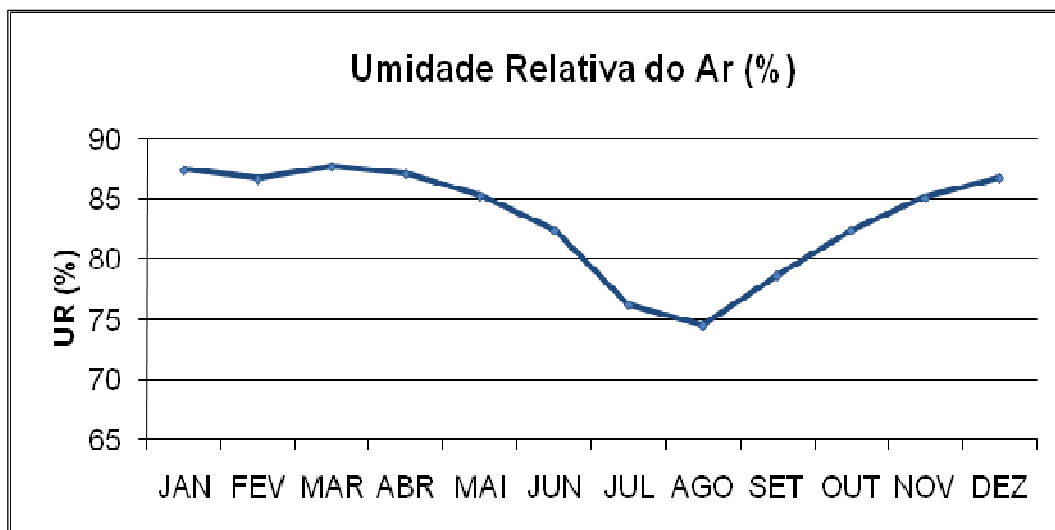


Figura 06: Variação média mensal da umidade relativa do ar para Porto Velho (1945 / 2005)

3.2.3 Solos

Os dados de solos foram obtidos do levantamento de solos e terrenos desenvolvidos pelo Governo de Rondônia (2000) e adaptado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, elaborado pela EMBRAPA (2006). Os solos predominantes na área de estudo, para uma definição das classes de solo a 1º nível de ordem, são do tipo Latossolos Amarelo e Argissolos, e em menor quantidade do tipo Gleissolos, Plintossolos, Neossolos e Cambissolos (Figura 07). Os solos da região caracterizam-se por apresentarem baixa fertilidade natural, e com a fração de argila constituída de minerais caolinita, goetita, gibsita e óxido de ferro.

Segundo a EMBRAPA (2006), os solos do tipo Latossolos Amarelo são caracterizados por apresentarem elevado grau de intemperização, podendo ser profundos, ocorrendo principalmente em regiões tropicais e subtropicais. Apresentam geralmente baixa saturação por base e baixo pH, o que caracteriza-os como solos ácidos, variando de fortemente a bem drenados. Os solos Argissolos caracterizam-se pela presença de argila de baixa atividade e profundidades variáveis, com drenagem variando de fortemente a imperfeitamente drenados. Os solos Plintossolos geralmente se apresentam como solos fortemente ácidos e com baixa saturação de base. Os Cambissolos, segundo Silva Filho (2009), são solos álicos, de textura média ou argilosa, com pouco ou moderada profundidade. Os Neossolos são solos pouco evoluídos, não apresentando horizonte diagnóstico, estando este em via de formação (EMBRAPA, 2006). Os Gleissolos são solos constituídos de material mineral, com horizonte

glei imediatamente abaixo de horizonte A e, apresentam sérias limitações impostas pela presença de lençol freático a pouca profundidade (EMBRAPA, 2006).

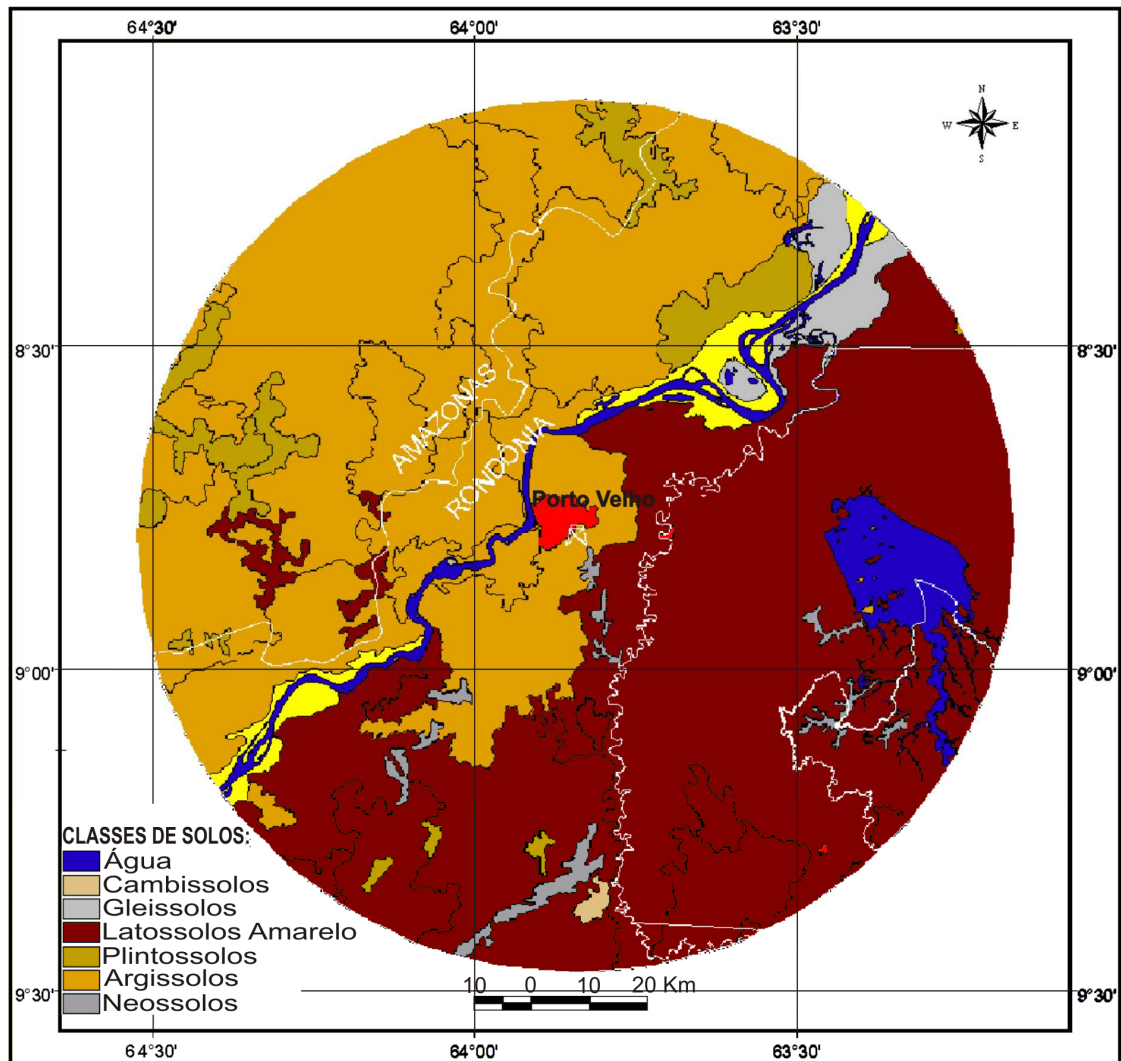


Figura 07: Mapa de solos na área de estudo
Fonte: Adaptado Governo de Rondônia (2000)

3.2.4 Vegetação

A vegetação da Amazônia apresenta seu sistema ecológico vegetal adaptado a um clima presente caracterizado por apresentar uma temperatura média anual em torno de 25°C e por chuvas bem distribuídas ao longo do ano, um reduzido déficit hídrico mensal no balanço ombrotérmico anual (IBGE, 1991). Segundo o mapeamento elaborado pelo IBGE (1992), a área de estudo possui características muito diversificadas, apresentando regiões de Floresta Ombrófila Aberta (Floresta de transição), Floresta Ombrófila Densa (Floresta Amazônica),

Savanas (Cerrados / Campos), Formações Pioneiras e Contato ou Floresta de Transição, além de áreas de ação antrópica (Figura 08).

Floresta Ombrófila Aberta é o tipo de floresta dominante na área de estudo. Esta tipologia caracteriza-se pela descontinuidade do dossel, permitindo que a luz alcance o seu sub-bosque, favorecendo a sua regeneração. Os troncos apresentam-se mais espaçados no extrato mais alto que atinge cerca de 30 metros de altura. São comuns a presença de cipós, palmeiras, bambus e sororocas, originando várias fisionomias vegetais (SEDAM, 2002). Nesta área de estudo ocorrem às seguintes fisionomias: Floresta Ombrófila Aberta Aluvial com Palmeiras; Floresta Ombrófila Aberta Submontana com Palmeiras; Floresta Ombrófila Aberta Submontana com Cipós; e Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas com Palmeiras.

Floresta Ombrófila Densa é o tipo de floresta caracterizada pela maior densidade do extrato superior e menor presença de sub-bosque. Nesta tipologia as árvores são de grande porte, podendo atingir 45 metros de altura ou mais, e observa-se a ocorrência de árvores de valor comercial (SEDAM, 2002).

Savana (Cerrado / Campos) são formações vegetais com feições xeromórficas produzidas por estacionalidade ou estresse edafo-climático de origem hídrica, ou por saturação de alumínio e ferro. Apresentam desde espécies arbustivas até formações de gramíneas (Matricardi, 1999). Nesta região são comuns as seguintes fisionomias: Savana Arborizada com Floresta de Galeria; Savana Arborizada sem Floresta de Galeria; Savana Florestada; Savana Parque com Floresta de Galeria; e Savana Arborizada sem Floresta de Galeria (SEDAM, 2002).

Formações Pioneiras ocorrem em terrenos susceptíveis a inundações, apresentando diversas fisionomias, podendo ou não apresentar vegetação florestal. O tamanho das árvores depende da altitude e do grau de inundação. Algumas Destas áreas encontram-se dominadas por palmeiras conhecidas como buritis (SEDAM, 2002).

Contato ou Floresta e Transição são áreas de transição entre o Cerrado e a floresta, apresentando características destas duas formações, com o estrato mais alto com cerca de 20 metros de altura (SEDAM, 2002). Nesta área de estudo encontra-se a formação Contato Savana / Floresta Ombrófila (ecotono).

Áreas antropizada são resultantes da intervenção do homem, estando representadas

pelas zonas urbanas e peri - urbanas de Porto Velho, pelas áreas de mineração e pelas áreas onde estão assentados os estabelecimentos rurais (fazendas) com desenvolvimento de atividades agropecuárias e de vegetação secundária.

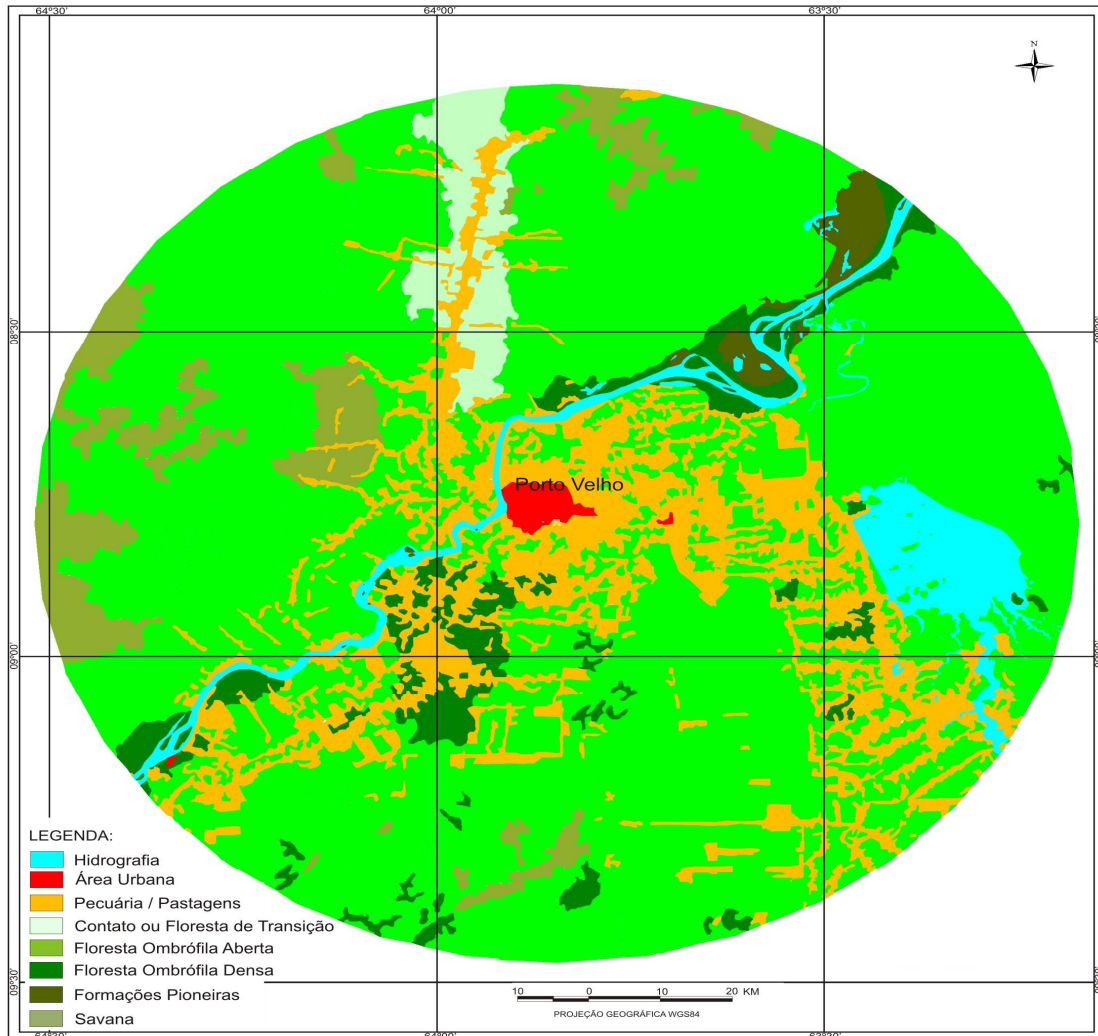


Figura 08: Mapa de vegetação e uso do solo na área de estudo

Fonte: Adaptado Governo de Rondônia (2000)

Embora a formação vegetal predominante, na área de estudo, seja a Floresta Ombrófila Aberta, é esta também a mais afetada pelo desmatamento nos últimos anos. O desmatamento cresceu de 263.730,8 ha em 1997 para 430.978,8 ha em 2006. E, como pode ser observado na figura acima, as áreas desmatadas se concentram no entorno das principais vias de acesso e da área urbana da cidade de Porto Velho. Encontra-se também situado dentro da área de estudo o lago da hidroelétrica de Samuel, ocupando uma área aproximada de 50.000 ha, originalmente coberto por florestas nativas e, atualmente, completamente alagado, com apenas alguns troncos de árvores mortas que ainda resistem ao tempo e que servem de testemunho da Floresta Ombrófila Aberta, antes ocupante da maior parte daquele lago artificial.

3.2.5. Hidrografia

A bacia Amazônica, devido às suas dimensões geográficas, é afetada por variações climáticas regionais e globais. A rede de drenagem da área de estudo é parte da grande bacia hidrográfica do rio Amazonas, compreendida pela sub-bacia do Madeira, tendo como principais rios o Madeira, o Candeias, e o Jamari, além de seus tributários, como os lagos de várzeas. A sub-bacia do Purus, tem como principais rios o Mucuim e Ipixuma.

Os rios da região são mantidos pela grande quantidade de chuva e pela vegetação de floresta, contribuindo assim para o equilíbrio do ciclo hidrológico e a manutenção da água na região, sendo o Rio Madeira o único navegável durante todo o ano.

A sub-bacia do Rio Madeira tem uma área de aproximadamente $1,3 \times 10^3$ km², que representa cerca de um quarto da área e 15% do volume de água da Bacia Amazônica (GOULDING, 1979). A sub-bacia do rio Purus drena uma área de aproximadamente $3,76 \times 10^3$ km², sendo que, deste total, 73% se encontra no estado do Amazonas, 21% no estado do Acre, 5,5% no Peru e 0,5% na Bolívia (SOUSA JUNIOR *et. al.*, 2006).

O Rio Madeira apresenta uma expressiva biodiversidade, com cerca de 750 espécies de peixe, 800 tipos de pássaros e outros animais selvagens da floresta tropical, e é o lar dos seringueiros, colhedores de castanha-do-pará, além de pescadores. Ele nasce na Cordilheira dos Andes, na Bolívia, com o nome de rio Mamoré, desce em direção ao norte para a Planície Amazônica, onde recebe pela margem direita, o rio Guaporé, marco geográfico que divide o Brasil e a Bolívia. Mais a jusante, o rio Mamoré encontra-se com o rio Beni, formando o rio Madeira, que demarca ainda a fronteira entre Brasil e Bolívia até o encontro deste rio com o rio Abunã. A partir daí, o rio passa a percorrer na direção nordeste, até chegar ao município de Porto Velho. As águas do rio Madeira são classificadas como de águas brancas, isto é, barrentas, caracterizada pela elevação de partículas sólidas em suspensão na época das chuvas (NÓBREGA, 2008).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Esse estudo envolveu a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas para avaliar as mudanças do uso e cobertura da terra, a coleta de dados meteorológicos oriundos da estação convencional do INMET, dados de desflorestamento do INPE e da SEDAM, além de mapas existentes em diferentes instituições públicas em Rondônia, tais como o mapa de solos e vegetação (ZSEE-RO), ferramentas estatísticas e outros dados secundários.

4.1.1 Dados disponíveis

Neste estudo foram analisadas as séries temporais de temperatura do ar (média, máxima e mínima), umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica do município de Porto Velho, referentes ao período de 1945 a 2005, obtidos pela estação meteorológica de superfície da rede de observações meteorológica do INMET (latitude: 08° 47' 35 e longitude: 63° 50' 48" W), localizada na EMBRAPA / CPAF – RO.

A dinâmica de desflorestamento foi avaliada a partir das informações gerada pelo Programa de Cálculo de Desflorestamento da Amazônia – PRODES do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), referente ao período de 1997 a 2006 para os estados de Rondônia e Amazonas além de dados de desmatamento em Rondônia, calculados pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM), referentes ao período de 2000 a 2007.

Para o preenchimento dos dados faltosos das séries temporais analisadas, foi utilizado o procedimento adotado por Qureshi & Khan (1994) citado em Shepherd (2006), que consiste em utilizar a média dos três valores anteriores e posteriores ao valor faltoso da série temporal.

4.2 MÉTODOS

A influência das mudanças de uso e cobertura da terra sobre o clima da região de Porto Velho é apresentada a seguir, tendo como base as séries temporais de 61 anos de dados das variáveis meteorológicas, além do mapeamento do uso do solo para um período de 1997 a 2006. A análise do comportamento das variáveis meteorológicas foi dividida em três períodos, aqui denominados de: histórico (1945 a 2005); Pré-Colonização (PRÉ-COL), que

corresponde aos anos de 1945 a 1970; e Processo de Colonização (COL), compreendendo os anos de 1971 a 2005.

4.2.1 Mudanças do uso do solo

Neste trabalho, para avaliar a mudança do uso do solo na área de estudo, foram utilizados os dados do desflorestamento amazônico acumulado no período até o ano de 1997 e deste a 2006, para os estados de Rondônia e Amazonas, a partir das informações geradas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) através do Programa de Cálculo de Desflorestamento da Amazônia (PRODES), os quais estão disponíveis no site do INPE, juntamente com a descrição da metodologia utilizada para a sua avaliação.

A avaliação da mudança do uso do solo foi realizada a partir dos arquivos no formato “vetorial” fornecido pelo INPE, disponível em < <http://www.obt.inpe.br/prodes/> > acesso em 22/05/2008. Com utilização do software Arc View 3.2, gerou-se um “buffer” de raio igual a 75 Km com centro nas coordenadas da estação meteorológica do INMET, localizada na EMBRAPA/CPAF-RO, representando assim a área de cobertura das estações meteorológicas.

A definição da área de estudo para um raio de 75 Km a partir da estação meteorológica do INMET foi definido em razão das normas estabelecidas pelo manual WMO n.º 544, vol. 1, da Organização Meteorológica Mundial (OMM), onde preconiza que o espaçamento entre estações meteorológica de superfície deve obedecer aos seguintes critérios: a) espaçamento máximo de 150 km entre estações e em regiões onde seja totalmente impossível de manter esse distanciamento não deve ultrapassar 500 km; b) a distribuição das estações deve ser representativa dos diferentes climas regionais, assim como das variações de relevo e vegetação (INMET, 1992).

Para a avaliação do desflorestamento foi considerada as cenas de imagens Landsat-5 TM 232/66, 232/67, 233/66 e 233/67, representativas da região de estudo, sendo quantificada a evolução do desmatamento das classes representadas nos mapas por: 1) Floresta, que representa a cobertura de floresta primária; 2) Desmatamento total, representando o desmatamento acumulado até o ano anterior ao ano de mapeamento; 3) Incremento, que é o desmatamento observado no período de um ano e; 4) Não-Floresta, representando todas as coberturas de vegetação que não pertencem originalmente à classe de floresta primária.

O percentual de desmatamento foi avaliado ano a ano a partir de 1998 e calculado a soma dos acumulados nos período de: 1998 a 2000; 2001 a 2003 e 2004 a 2006, os quais

foram adicionados aos dados de até 1997, que representam o desmatamento até o ano de 1997.

4.2.2. Dados de Temperatura do ar, Umidade Relativa do ar e Precipitação.

A partir dos dados diários da série histórica de 1945 a 2005, da estação meteorológica do INMET, localizada na EMBRAPA / CPAF – RO, foram calculadas as médias climatológicas das variáveis: temperatura média do ar, temperatura mínima média do ar, temperatura máxima média do ar, umidade relativa média do ar e precipitação média mensal.

Dentre todas as variáveis meteorológicas, a temperatura do ar é a que apresenta maior vulnerabilidade e resposta imediata a qualquer alteração do ecossistema, por estar diretamente relacionada à disponibilidade de energia solar que atinge a superfície terrestre e, conseqüentemente, ao aquecimento do solo, onde essa energia disponível é utilizada em parte para evapotranspiração, através do calor latente e o restante para o aquecimento do ar, na forma de calor sensível.

A região de estudo encontra-se localizada na faixa tropical e possui um comportamento da temperatura do ar regida basicamente pela disponibilidade de radiação solar global, vapor d'água e por outros fatores locais tais como: altitude, nebulosidade, vento, transporte convectivo de calor, distância do mar, cobertura do solo e outros.

Para o cálculo da temperatura média diária do ar foi utilizada a fórmula da “temperatura compensada”, desenvolvida por A. Serra, em 1938 (VAREJÃO-SILVA, 2001), representada por:

$$T_{md} = (2 \cdot t_{00h} + t_{12h} + t_{max} + t_{min}) / 5$$

onde t_{00h} e t_{12h} são, respectivamente, as temperaturas medidas às 00 e 12 TMG (Tempo Médio de Greenwich), t_{max} é a temperatura máxima do dia em questão, e t_{min} é a temperatura mínima deste mesmo dia.

Para a análise da temperatura máxima e mínima do ar foram calculadas as médias mensais e anuais.

A umidade relativa do ar expressa a quantidade de vapor d'água existente na atmosfera num dado momento, em relação à quantidade máxima que poderia existir a temperatura ambiente (RONDÔNIA, 2007). A variação da umidade relativa do ar está relacionada à demanda evaporativa da atmosfera, à proximidade de rios e a áreas florestadas.

A média da umidade relativa do ar foi calculada pela fórmula da média compensada adotada pelo INMET (1992), dada por:

$$UR_{med} = (UR_{12h} + UR_{máx} + UR_{mín} + 2 \cdot UR_{00h}) / 5$$

onde UR_{12h} e UR_{00h} são, respectivamente, as umidades relativa do ar às 12 e 00 TMG, $UR_{máx}$ e $UR_{mín}$ são as umidade relativa máxima e mínima do dia, respectivamente.

A precipitação diária foi calculada a partir da soma das leituras observada as 14:00 HL e 20:00 HL do dia anterior mais a leitura observada as 08:00 HL do dia do registro.

4.2.3. Análise Estatística

São muitos os critérios estatísticos disponíveis para avaliar a dependência ou aleatoriedade de séries temporais. Para o presente estudo foram utilizadas as seguintes análises descritivas: média aritmética, desvios-padrão e coeficiente de variação (CV). A descrição utilizada para estabelecer as faixas do Coeficiente de Variação foi a adotada por Pimentel-Gomes (1987), onde o CV que apresente valores menores que 10% são considerados baixos, entre 10% e 20%, médios, entre 20% e 30%, altos, e maiores que 30%, muito altos.

Os valores menores ou maiores que dois desvios-padrão, a contar da média, são considerados como valores discrepantes.

Na busca pela melhor compreensão do comportamento de cada variável meteorológica, foi feita a análise de regressão das séries temporal, através do modelo de regressão linear simples para os períodos de 1945 a 2005 (período histórico), 1945 a 1970 (PRÉ-COL) e 1971 a 2005 (COL). Através desse modelo foi avaliado se existe uma relação linear entre a variável dependente e uma variável independente, permitindo assim observar, empiricamente, se um relacionamento linear entre elas deve ser assumido. O modelo de regressão linear pode ser utilizado para indicar alterações climáticas.

Para identificar o grau de variabilidade dos parâmetros meteorológicos nos períodos supracitados em comparação a Normal Climatológica do INMET (1961 a 1990) utilizou-se o teste t de Student ao nível de 5% de significância. Estabeleceu-se a hipótese nula como sendo a de que não existe diferença significativa entre as médias dos períodos e a Normal Climatológica do INMET, e a hipótese alternativa aquela onde efetivamente existe diferença significativa entre as médias nesse nível de significância. Os testes de hipóteses aplicados nas análises de regressão e correlação buscaram verificar a possibilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos coeficientes populacionais inferidos (BRUNI, 2007).

Foram analisados os coeficientes de correlação e determinação, no sentido de verificar se a relação entre as variáveis é estatisticamente significativa.

O software utilizado para o cálculo das análises descritivas, análise de regressão linear e os testes de significâncias para as séries de dados meteorológicas de Porto Velho foi o Excel 2007.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – Uso do solo

Os resultados do mapeamento do uso do solo da área de estudo mostraram que o desmatamento avançou substancialmente durante o período de análise (1997 a 2006), representando mais 24 % do total da área (Figura 09). Em 1997 as florestas nativas ocupavam mais de 84% da área de estudo e o desflorestamento representava pouco mais de 15 %. No decorrer dos 10 anos de análise, o desflorestamento aumentou para aproximadamente 25% da área e a cobertura foi reduzida em um adicional de aproximadamente 10% (Tabela 01), resultando em um remanescente na área de estudo de 75% de sua cobertura original.

DESFLORESTAMENTO NA AREA DE ESTUDO (ha)				
UF	Até 1997	2000	2003	2006
AMAZONAS	22.571,9	29.077,8	37.821,3	53.928,5
RONDÔNIA	241.158,9	281.138,9	324.233,5	377.050,3
AM + RO	263.730,8	310.216,7	362.054,8	430.978,8
% de desflorestamento	15,2	17,9	20,9	24,9
Incremento (ha)	-	46.485,9	51.838,1	68.924,0

Tabela 01 – Desflorestamento na área de estudo no período de 1997 a 2006.

Ao compararmos os dados de desflorestamento na área de estudo com os dados de desmatamento de Rondônia e do Amazonas, verificamos que a taxa anual de desmatamento no estado de Rondônia foi superior ao observado na área de estudo, onde até 2006, Rondônia tinha 32,1 % de sua área territorial desmatada enquanto que o estado do Amazonas possuía apenas 2,3 %.

Estes resultados vão de encontro dos argumentos de Fearnside (2006), que afirma que em Rondônia, Amazonas e ao longo da rodovia transamazônica no Pará, pequenos agricultores são agentes importantes no processo do desflorestamento, e que os atores e as forças que conduzem ao desflorestamento na Amazônia variam entre partes diferentes da

região e ao longo do tempo. Alves (2001) afirma que no período entre 1991-1996, oitenta e sete por cento do desflorestamento da Amazônia ocorreu dentro de 25 km de áreas de ocupação pioneira, cerca de dezessete por cento ocorreram dentro de 50 km do eixo da rodovia Cuiabá-Porto Velho-Rio Branco e vinte e quatro por cento dentro de 50 km dos eixos ligando Cuiabá- Santarém e a Transamazônica.

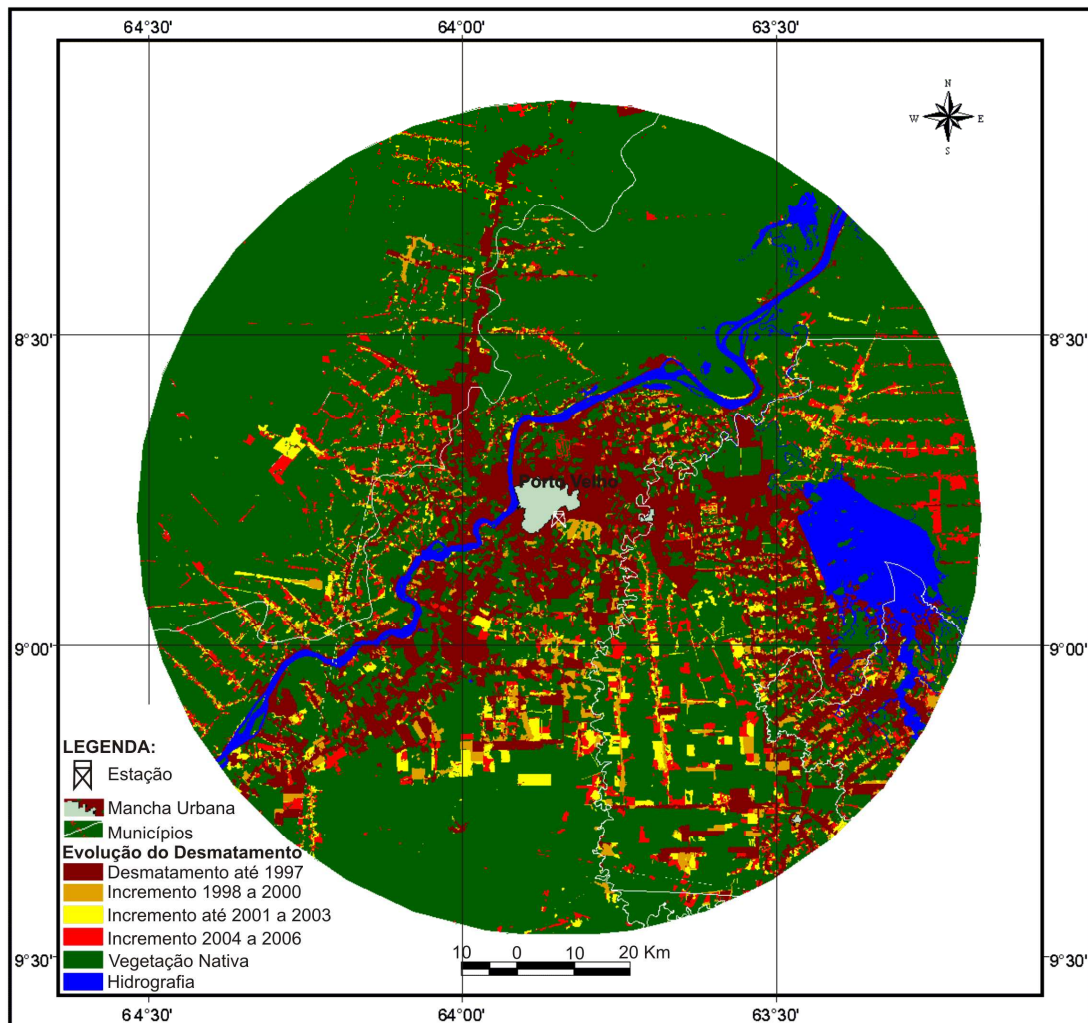


Figura 09: Mapa da dinâmica do desmatamento na área de estudo no período de 1997 a 2006.

O desflorestamento na área de estudo espalhou-se a partir dos eixos de desenvolvimento definidos nos anos 70 até a década de 90, concentrando-se fortemente em regiões próximas às áreas de ocupação pioneira.

5.2 – Temperaturas do ar (média, máxima e mínima)

A temperatura média do ar apresentou pequenas variações, tendo média e desvio padrão de $25,5 \pm 0,37$ °C no período de 1945 a 2005 e de $25,7 \pm 0,38$ °C e $25,4 \pm 0,33$ °C nos períodos PRÉ- COL e COL, respectivamente. O coeficiente de variação (CV) nos períodos de estudo foi baixo, variando entre 1,5 e 1,3%, com uma pequena redução no período COL, caracterizando pequena variabilidade interanual da temperatura média do ar, quando comparado à média dos demais períodos (Tabela 02), porém sem significância estatística.

Parâmetros Analisados	Período histórico (1945 a 2005)	Pré-Colonização (1945 a 1970)	Processo de Colonização (1971 a 2005)
Média do ar (°C)	25,5	25,7	25,4
Desvio-padrão (°C)	0,37	0,38	0,33
Coef. Var. anual (%)	1,5	1,5	1,3

Tabela 02. Parâmetros estatísticos da temperatura média do ar para os períodos de estudo na região de Porto Velho-RO.

Ao analisar-se os dados em escala cronológica mensais, verificamos que no período histórico (1945 a 2005) os meses de setembro, outubro e novembro foram os mais quentes, com média de 26,2, 26,1 e 26,0 °C, respectivamente e, junho e julho os meses mais frio, com média de 24,8 e 24,7 °C. Para fases diferentes do processo de antropização da área de estudo (PRÉ-COL) e (COL) em comparação com a média histórica, observou-se que no período PRÉ-COL a temperatura média do ar foi superior na quadra seca (junho a setembro), enquanto que no período COL apresentou valores iguais ou superiores durante a temporada chuvosa (outubro a abril) e temperaturas mais baixa na quadra seca (Figura 10), o que corrobora uma alteração recente no comportamento mensal da temperatura média do ar.

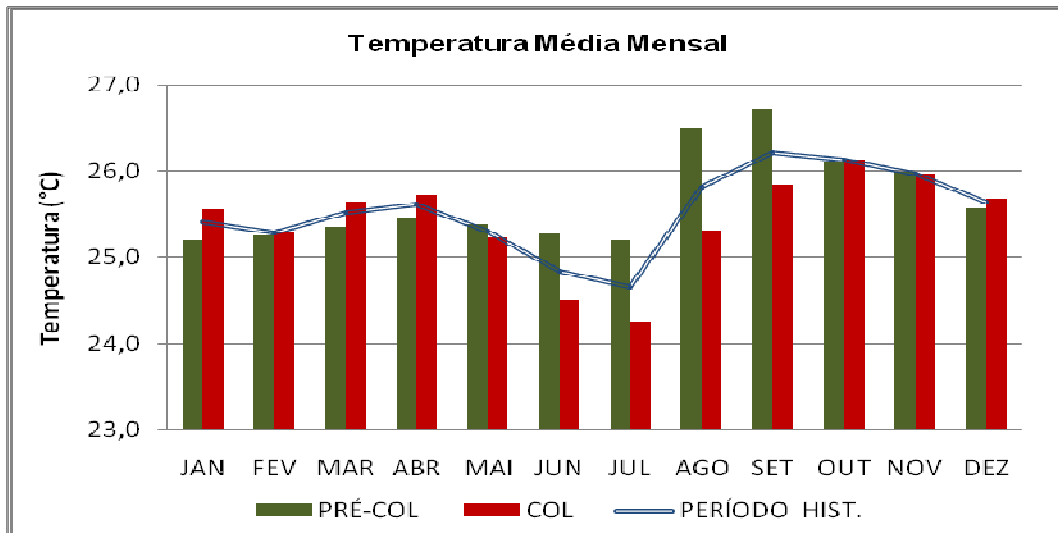


Figura 10: Média mensal da temperatura do ar nos períodos pré-colonização (1945-1970); colonização (1971-2005) e histórico (1945-2005).

Em escala interanual, a variabilidade da temperatura média do ar apresentou uma tendência levemente crescente na ordem de $0,002\text{ }^{\circ}\text{C ano}^{-1}$, que corresponde a um acréscimo de $0,12\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante o período histórico, não representando uma diferença significativa. Os anos de 1969 e 1970 foram os mais quentes, com média de $26,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, e 1975 o mais frio, com média de $24,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Os anos de 1959, 1963, 1967, 1969, 1970 e 1990 apresentaram variabilidade acentuada em relação à média histórica, sendo 1969, 1970 e 1990 os anos discrepantes em relação à média histórica, enquanto que os anos de 1974, 1975, 1976, 1978 e 1980 apresentaram desvios negativos, sendo o ano de 1965 o único a apresentar-se discrepante (Figura 11).

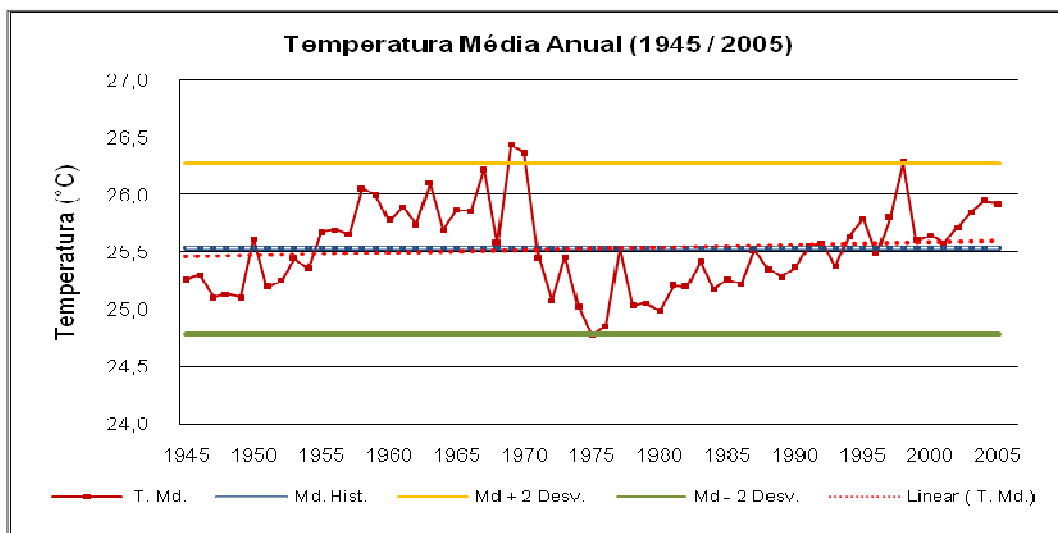


Figura 11: Variabilidade interanual da temperatura média do ar no período de 1945 a 2005

Para os períodos PRÉ-COL e COL, a variabilidade interanual mostrou que no período PRÉ-COL ocorreu uma tendência de aumento da temperatura média do ar na ordem de $0,043\text{ }^{\circ}\text{C ano}^{-1}$, correspondendo a um acréscimo de $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, enquanto que no período COL foi observado um aumento de $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo esse último onde ocorreu uma maior ação antrópica na região de estudo (Figuras 12 e 13).

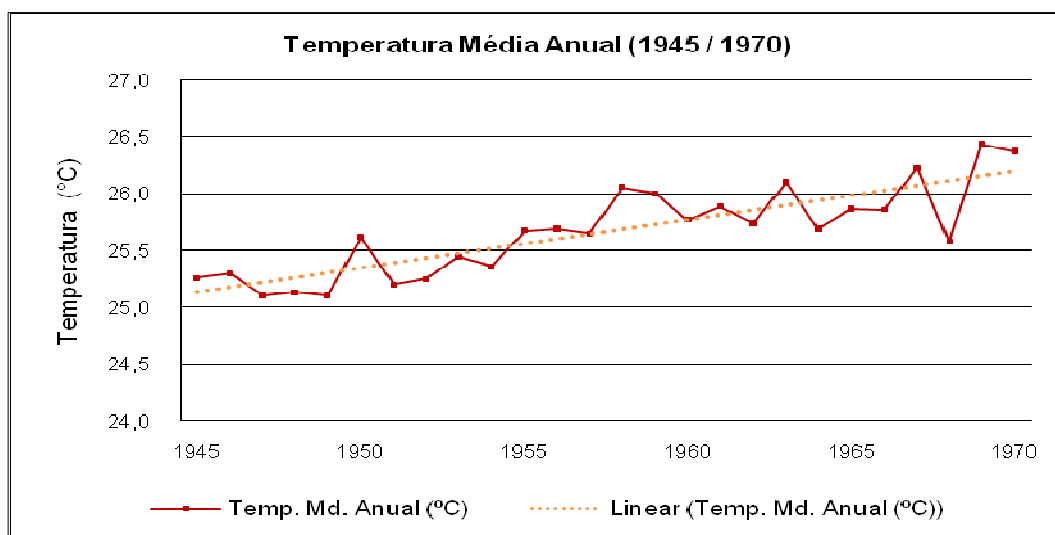


Figura 12: Variabilidade interanual da temperatura média do ar no período de 1945 a 1970.

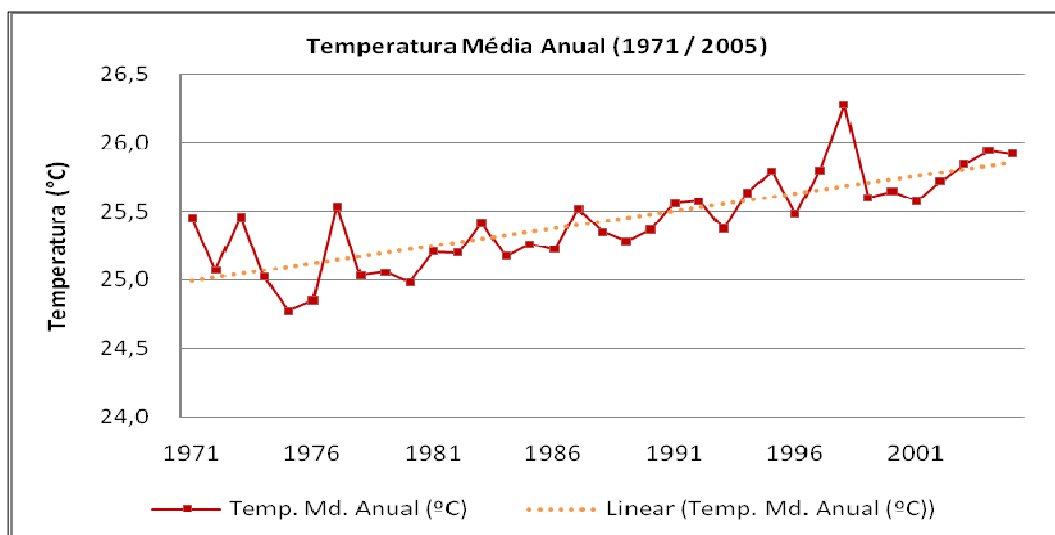


Figura 13: Variabilidade da temperatura média do ar no período de 1971 a 2005.

Ao testar a hipótese da variabilidade das séries de dados em relação à Normal Climatológica do INMET (1961 – 1990), hipótese nula (H_0) pelo teste t de student, aos níveis de significância de 5% de probabilidade, os resultados mostram que há evidência para rejeitar H_0 nos três períodos de estudos, pressupondo normalidade nos períodos estudados, não sendo detectada alteração climática significativas. Os parâmetros estatísticos da temperatura média

do ar para os três períodos analisados, estão representados na Tabela 03. Ao ajustarmos uma reta às series de dados de temperatura média do ar observamos que não existe tendência significativa, desta variável, em nenhum período de estudo.

Período	Teste t de student		Análise de Regressão Linear		
	T calculado	P valor	Int.. de Conf. (95%)	Coef. Ang.	Coef. Det. R2
Histórico	6,91	0,0	25,4 a 25,7	0,002	0,0117
PRÉ-COL	6,17	0,0	25,5 a 25,8	0,043	0,713
COL	4,05	0,0	25,3 a 25,5	0,025	0,606

Tabela 03: Resultado do teste t student e da análise de regressão linear da temperatura média do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.

Em relação à temperatura máxima média do ar, observou-se comportamento interanual semelhante ao da temperatura média do ar (Figura 14). Durante o período de estudo a média foi de 32,2 °C com desvio padrão de $\pm 1,21$ °C, sendo os anos de 2005 e 1998 os mais quentes, com média máxima de 35,5 e 35,2 °C, respectivamente, apresentando uma ligeira tendência positiva de 0,02 °C ano⁻¹, correspondendo a um acréscimo de 1,2 °C ao longo do período de estudo, porém uma pequena variabilidade interanual com CV de 3,7 %.

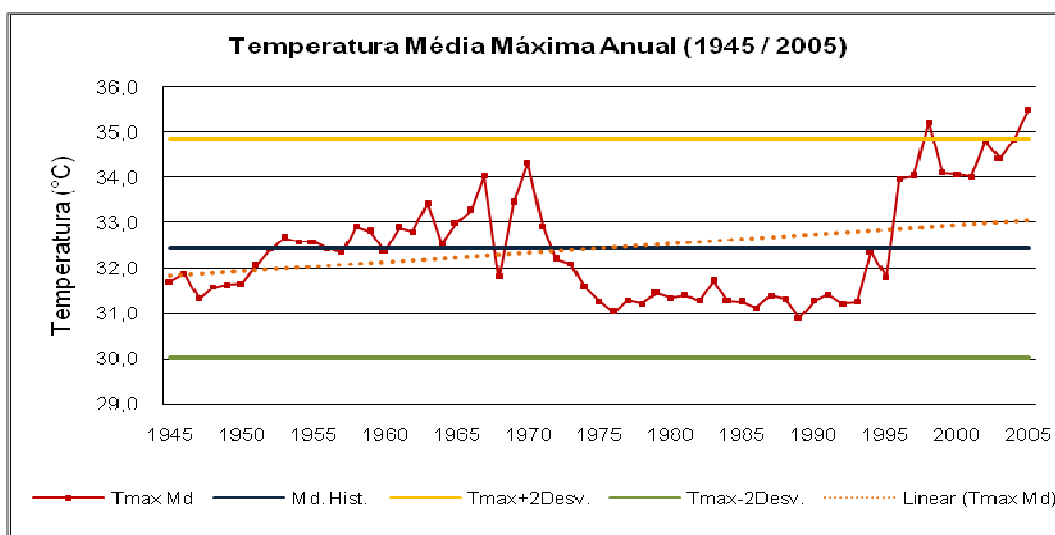


Figura 14: Variabilidade da temperatura máxima do ar no período de 1945 a 2005.

A diferença entre a temperatura média máxima dos períodos PRÉ-COL (32,6 °C) e COL (32,3 °C) não é estatisticamente significativa e o desvio padrão foi maior no período COL do que no período PRÉ-COL (Tabela 04). Os coeficientes de variação (CV) foram baixos, variando entre 2,3 e 4,5 %, com um pequeno aumento no período COL, caracterizando pequena variabilidade interanual da temperatura média do ar quando comparada a média dos demais períodos. Ao analisarmos essa variável em períodos cronológicos pré-colonização e Colonização, observamos que no período COL ocorreu uma tendência mais acentuada, principalmente a partir da década de 90 (Figuras 15 e 16), quando observou-se um aumento nos valores.

Parâmetros Analisados	Período Histórico (1945 a 2005)	Período Pré-Colonização (1945 a 1970)	Período de Colonização (1971 a 2005)
Média Máxima (°C)	32,2	32,6	32,3
Desvio-padrão (°C)	1,21	0,75	1,45
Coef. Var. anual (%)	3,7	2,3	4,5

Tabela 04. Parâmetros estatísticos da temperatura máxima do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.

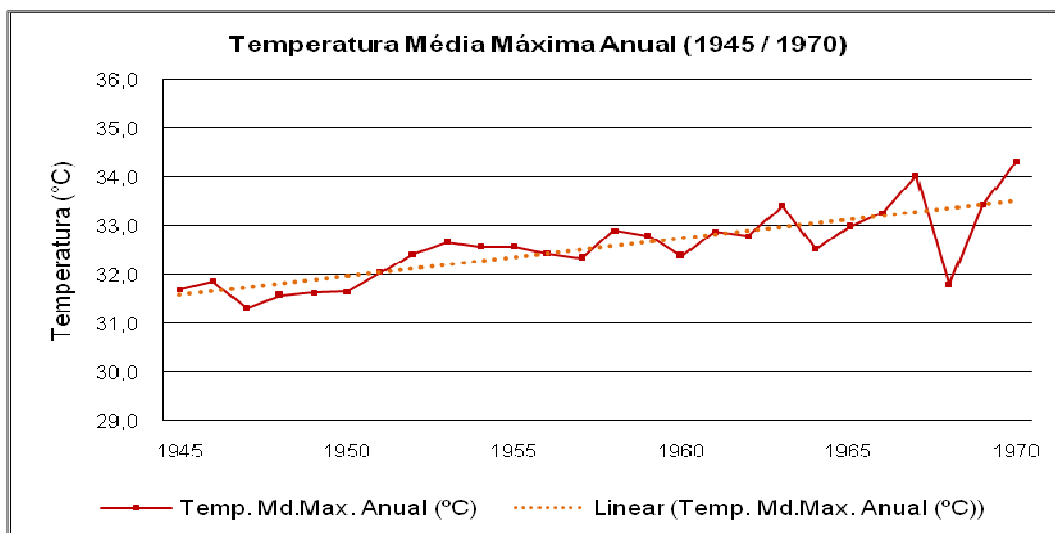


Figura 15: Variabilidade interanual da temperatura máxima do ar no período de 1945 a 1970

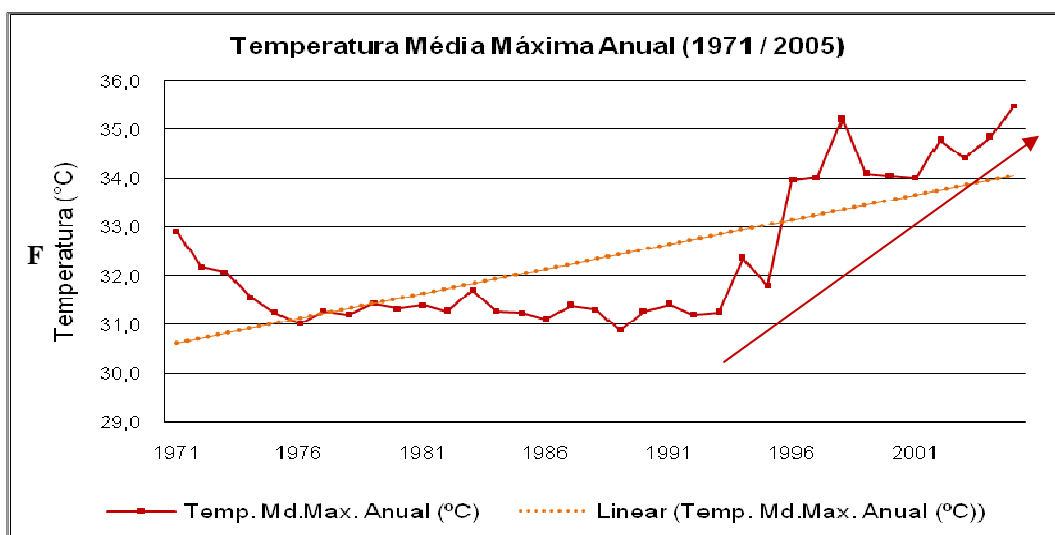


Figura 16: Variabilidade interanual da temperatura máxima do ar no período de 1971 a 2005

No período PRÉ-COL (1945 a 1970) foi observado um acréscimo de 1,9 °C enquanto que no período COL (1971 a 2005) o acréscimo foi de 3,4 °C.

Os parâmetros estatísticos da temperatura máxima média do ar, para a área de estudo, nos três períodos analisados, são mostrados na Tabela 05. Observa-se que quando comparado as séries de dados a Normal Climatológica do INMET pelo teste t de student, aos níveis de significância de 5% de probabilidade, os resultados também mostram evidências para rejeitar H_0 , nos três períodos de estudos, pressupondo normalidade nos períodos estudados, não sendo detectada alteração climática significativa. Ao ajustarmos uma reta às series de dados de temperatura máxima média do ar, observamos que só é verificada uma tendência significativa nas ultimas décadas do período COL, fato esse que não pode ser considerado como alteração climática, em função do pequeno período de observação.

Período	Teste <i>t</i> de student		Análise de Regressão Linear		
	T calculado	P valor	Int. de Conf. (95%)	Coef. Ang.	Coef. Det. R ²
Histórico	8,64	0,0	32,1 a 32,7	0,020	0,088
PRÉ-COL	9,83	0,0	32,2 a 32,8	0,077	0,030
COL	5,05	0,0	31,8 a 32,8	0,101	0,505

Tabela 05. Resultado do teste *t* - student e da análise de regressão linear da temperatura máxima do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.

Para a temperatura mínima média do ar o comportamento da variabilidade interanual é apresentado na Figura 17. Observa-se que a média e o desvio padrão do período histórico foi de $20,8 \pm 0,96$ °C, sendo os anos de 1999 e 2005 os que apresentaram valores mais discrepantes com médias de 18,1 e 19 °C, respectivamente. Foi observada uma insignificante tendência decrescente de $-0,019$ °C ano⁻¹, correspondendo a uma redução de 0,8 °C ao longo dos 61 anos de dados, com pequena variabilidade interanual e CV de 4,7 % (Tabela 06).

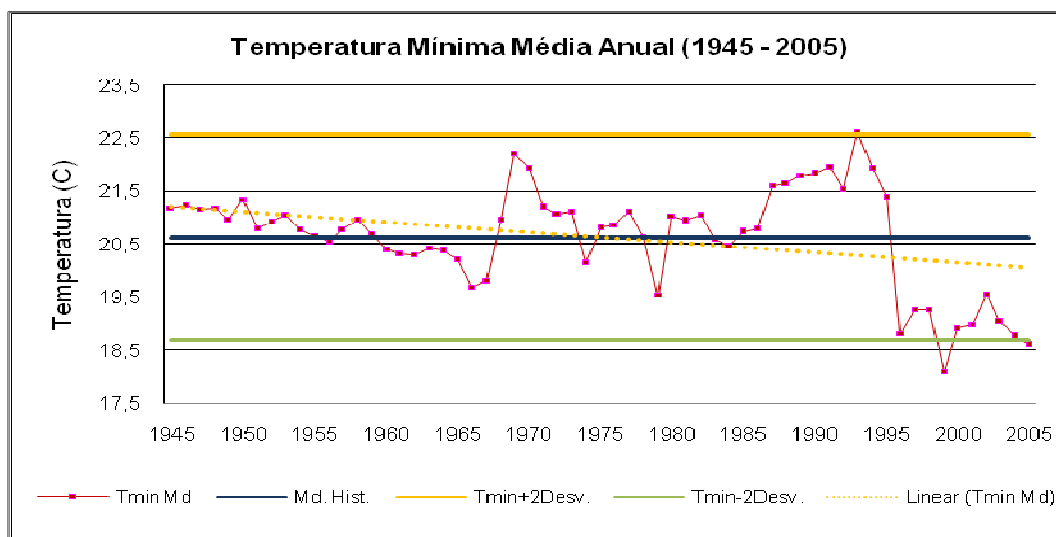


Figura 17: Variabilidade anual da temperatura média do ar no período de 1945 a 2005.

Para os demais períodos a variabilidade interanual mostrou que no período PRÉ-COL ocorreu uma pequena tendência de redução na ordem de $0,02$ °C ano⁻¹, correspondendo a um decréscimo de 0,4 °C, enquanto que no período COL foi observada uma redução de 0,06 °C

ano⁻¹, o que corresponde a um decréscimo de 1,9 °C, sendo esse último quando ocorreu maior ação antrópica na região de estudo (Figuras 18 e 19). Assim, como observado na temperatura média máxima do ar, esta redução foi mais acentuada após a década de 90.

Parâmetros Analisados	Período Histórico (1945 a 2005)	Período Pré-Colonização (1945 a 1970)	Período de Colonização (1971 a 2005)
Mínima Média (°C)	20,8	20,8	20,5
Desvio-padrão (°C)	0,96	0,56	1,17
Coef. Var. anual (%)	4,7	2,7	5,7

Tabela 06. Parâmetros estatísticos da temperatura mínima do ar para os períodos de estudo

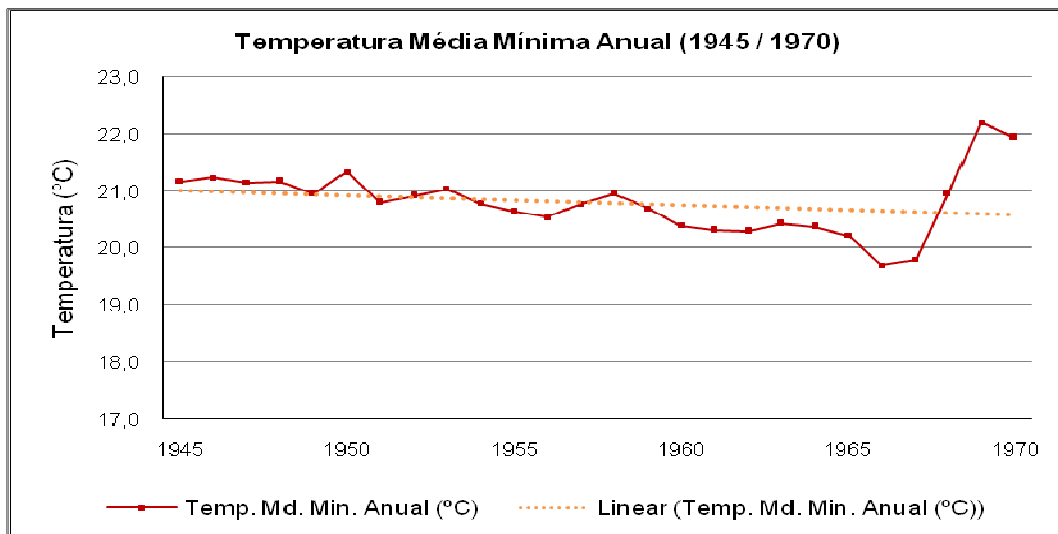


Figura 18: Variabilidade interanual da temperatura mínima do ar no período de 1945 a 1970.

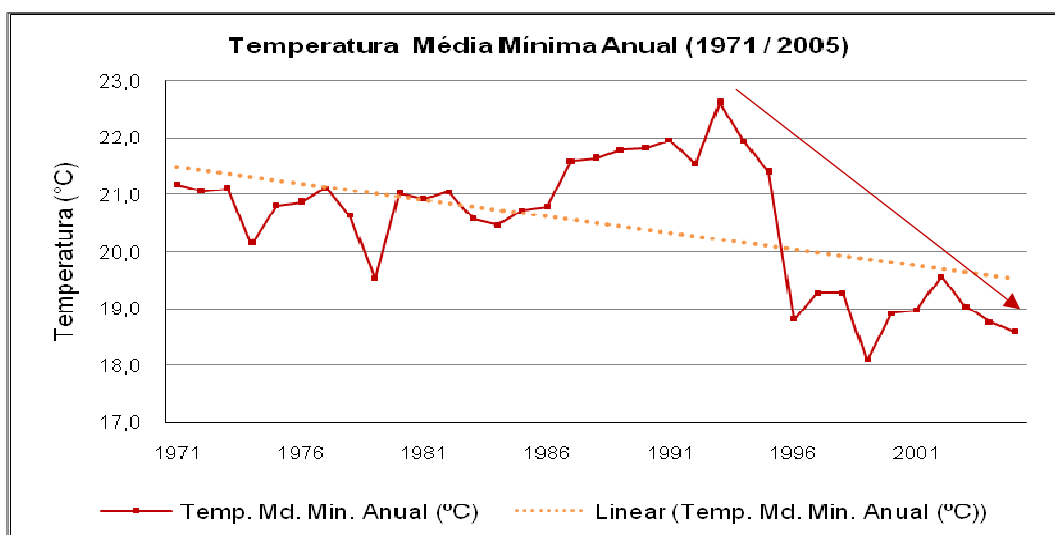


Figura 19: Variabilidade interanual da temperatura mínima do ar no período de 1971 a 2005.

Na Tabela 07 são mostrados os parâmetros estatísticos da temperatura mínima média do ar. Observa-se que, quando comparados as séries de dados à Normal Climatológica do INMET (1961 – 1990), através do teste *t* de student aos níveis de significância de 5% de probabilidade, observa-se que, no período COL, a série de dados não segue o padrão da Normal Climatológica do INMET, indicando que ocorreu uma alteração em relação a mesma. Para o período histórico e PRÉ-COL, os resultados são significantes, não sendo evidenciando alteração climática no período.

Período	Teste t de student			Análise de Regressão Linear	
	T	P	Int.. de	Coef.	Coef. Det.
	calculado	valor	Conf. (95%)	Ang.	R ²
Histórico	-2,18	0,03	20,4 a 20,9	-0,019	0,126
PRÉ-COL	-0,90	0,38	20,6 a 21,0	-0,016	0,050
COL	-2,00	0,05	20,1 a 20,9	-0,057	0,254

Tabela 07. Resultado do teste t student e da análise de regressão linear da temperatura mínima média do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.

Conforme comentado anteriormente, o curso temporal da variabilidade interanual da temperatura máxima e mínima do ar, para o período de estudo mostra que no período de colonização (1971 a 2005) ocorreu um aumento significativo da temperatura máxima do ar e uma redução da temperatura mínima do ar após a década de 90 (Figura 20). Essa variação

caracteriza um aumento da amplitude térmica do ar (Δt). Neste período, foi detectado um acréscimo de 18 % no desmatamento de Rondônia e 6 % na Amazônia.

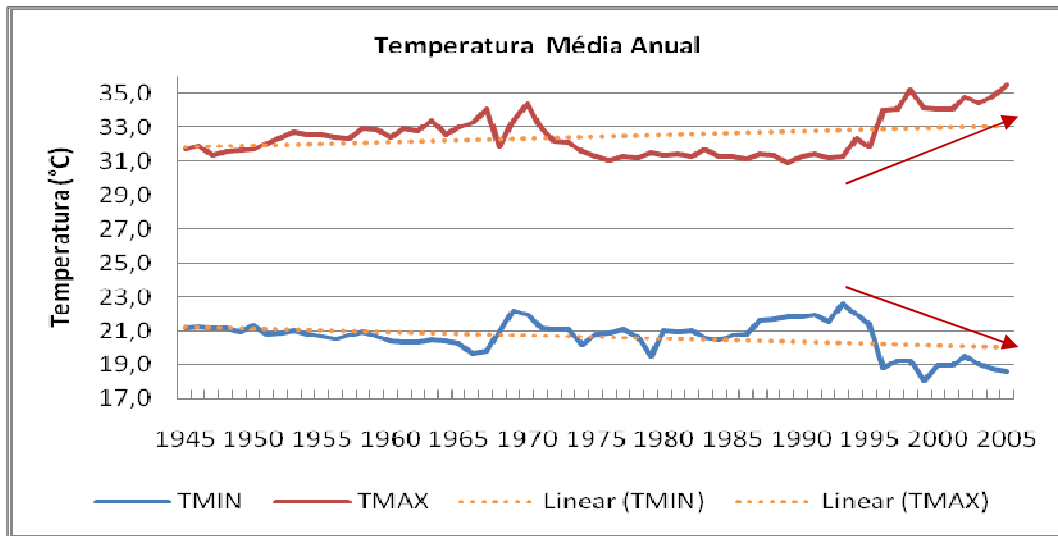


Figura 20: Variabilidade interanual da amplitude térmica do ar no período de 1971 a 2005.

5.3 – Umidade Relativa do ar

A variabilidade interanual observada no período de estudo apresentou média e desvio padrão de $83 \pm 3,78$ % no período de 1945 a 2005, mostrando pequena tendência de aumento ao longo dos anos na ordem de $0,016$ % ano⁻¹, o que corresponde a um aumento de 1 % (Figura 21). Nos períodos PRÉ e PÓS colonização a média e desvio padrão foram de $82 \pm 2,22$ % e de $85 \pm 3,78$ %, respectivamente. A diferença do coeficiente de variação (CV) nestes períodos também foi relativamente baixa 2,7 e 4,5 % (Tabela 08), mas ao observarmos o comportamento da umidade relativa média do ar no período COL pode ser notado que há acentuada tendência decrescente.

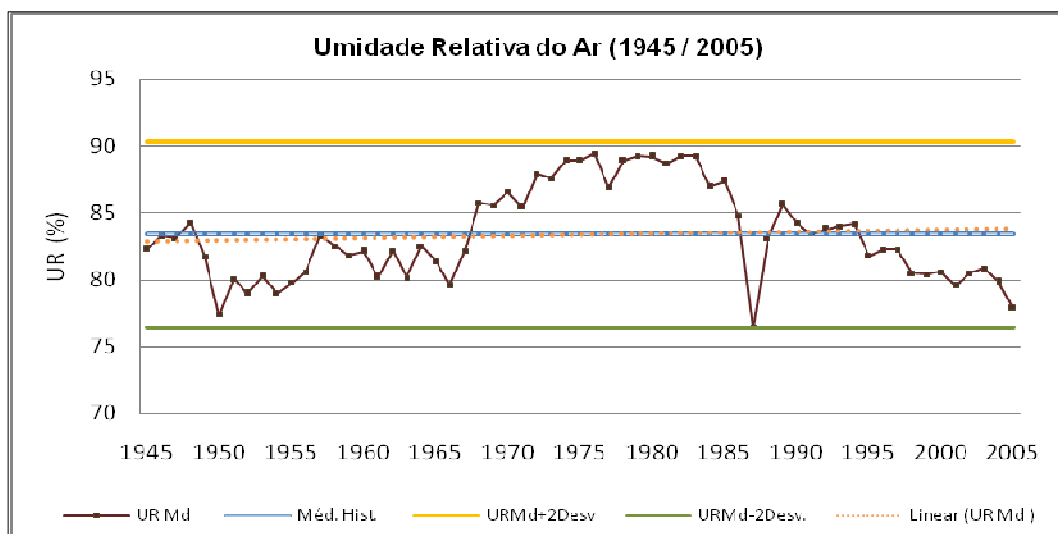


Figura 21: Variabilidade interanual da umidade relativa média do ar no período de 1945 a 2005.

Parâmetros Analisados	Período Histórico (1945 a 2005)	Período Pré-Colonização (1945 a 1970)	Período de Colonização (1971 a 2005)
Média (%)	83	82	85
Desvio-padrão (%)	3,78	2,22	3,48
Coef. Var. anual (%)	4,2	2,7	4,5

Tabela 08. Parâmetros estatísticos da umidade relativa do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO

Em escala cronológica mensal, verifica-se que nos meses de maio a outubro a umidade relativa do ar média foi superior no período PRÉ-COL quando comparado ao período COL (Figura 22), condição essa que contradiz o observado na temperatura média do ar quando mostra que no período PRÉ-COL a mesma apresentou valores mais elevados no período seco e de transição (maio a setembro). Os parâmetros estatísticos da umidade relativa média do ar são mostrados na Tabela 09.

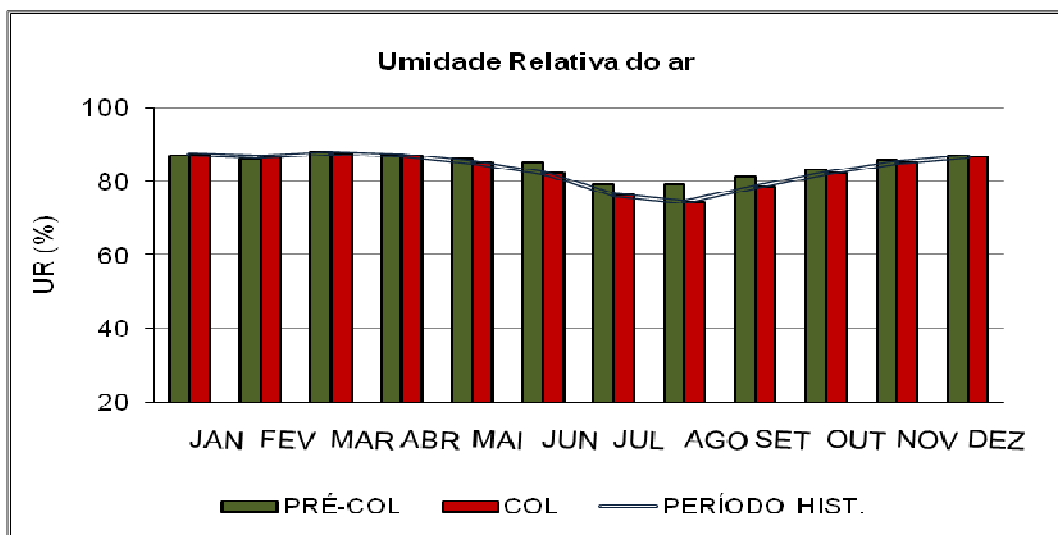


Figura 22: Média mensal da umidade relativa do ar nos períodos pré-colonização (1945-1970); colonização (1971-2005) e histórico (1945-2005).

Período	Teste t de student			Análise de Regressão Linear	
	T	P	Int.. de	Coef.	Coef. Det.
	calculado	valor	Conf. (95%)	Ang.	R ²
Histórico	-3,65	0,001	82,5 a 84,3	0,016	0,007
PRÉ-COL	-7,39	0,00	80,9 a 82,7	0,097	0,112
COL	-2,44	0,022	83,3 a 85,9	-0,308	0,695

Tabela 09: Resultado do teste t student e da análise de regressão linear da umidade relativa média do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.

A variabilidade interanual da umidade relativa média do ar nos períodos PRÉ-COL e COL mostrou características contrárias, onde foi verificado um pequeno aumento no período PRÉ-COL na ordem de $0,09 \text{ \% ano}^{-1}$, o que corresponde a uma redução de 2,2% no período e uma redução mais acentuada no período COL na ordem de $0,31 \text{ \% ano}^{-1}$, correspondendo a uma redução de 10 % no período. Ao testar a hipótese da variabilidade em relação à Normal Climatológica do INMET (1961 – 1990), hipótese nula (H_0) pelo teste t de student, ao nível de significância de 5% de probabilidade, os resultados mostram que há evidência para rejeitar H_0 , no período histórico e PRÉ-COL, pressupondo normalidade, enquanto que no período COL essa tendência configura-se como não significativa (p valor igual a 0,022), sendo evidenciada alteração climática (Figuras 23 e 24).

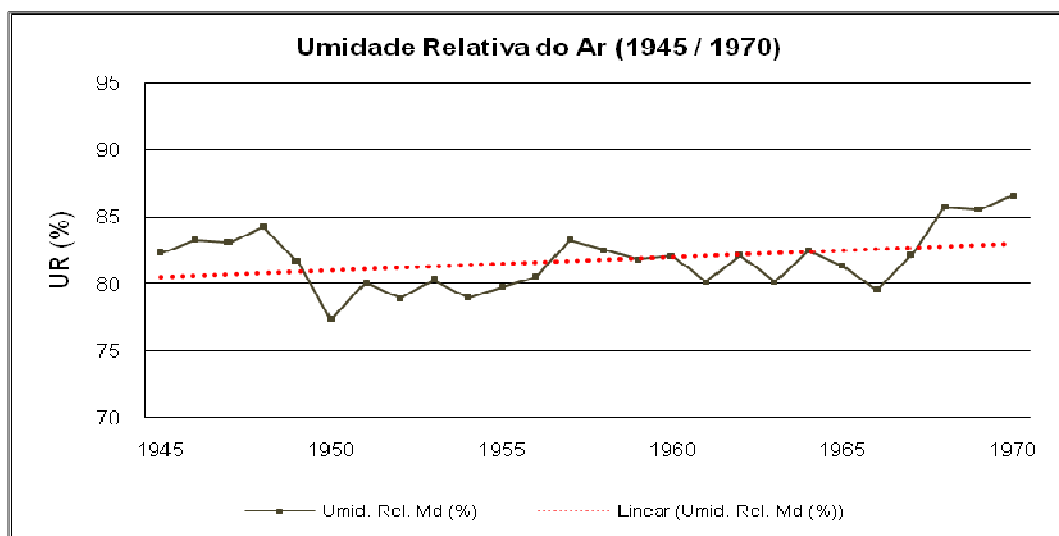


Figura 23: Variabilidade interanual da umidade relativa média do ar no período de 1945 a 1970.

Essa redução da umidade relativa do ar foi observada desde os anos 80, sendo mais acentuada a partir da década de 90, comportamento também verificado na temperatura máxima, onde observou-se um aumento mais significativo, e na temperatura mínima média do ar uma redução mais acentuada.

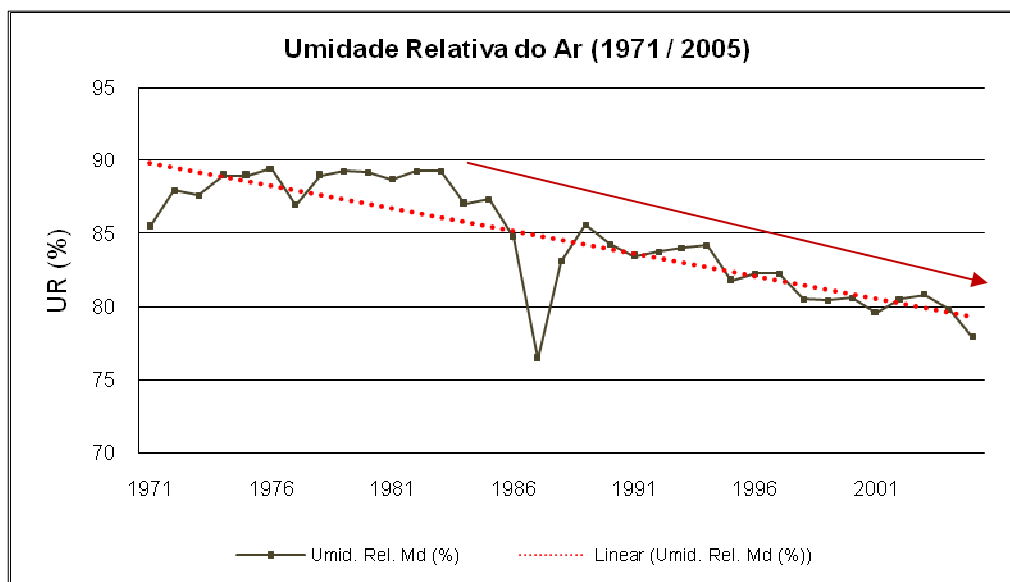


Figura 24: Variabilidade anual da umidade relativa média do ar no período de 1971 a 2005.

5.4 - Precipitação total anual

A precipitação pluviométrica apresentou pequena variação ao longo do período de estudo (1945 a 2005), com média e desvio padrão de $2.259 \pm 348,6$ mm ano⁻¹ e tendência levemente decrescente na ordem de $-0,36$ mm ano⁻¹, representando uma redução de aproximadamente 294 mm, enquanto que nos períodos PRÉ-COL e COL foi de $2223,0 \pm 272,58$ mm ano⁻¹ e $2286,6 \pm 348,55$ mm ano⁻¹, respectivamente (Tabela 10). Os anos de 1952, 1963, 1988 e 1998 foram os mais secos, sendo 1988 o ano mais discrepante com menor índice pluviométrico apresentando um total anual de 1220 mm e os anos de 1947, 1953, 1972, 1974, 1989, 1993, 1994 e 2001 os mais chuvosos, onde 1953 foi o que apresentou o maior índice com 2859,7 mm. Nestes períodos não foi observado tendência significativa em relação ao aumento ou diminuição da precipitação (Figura 25).

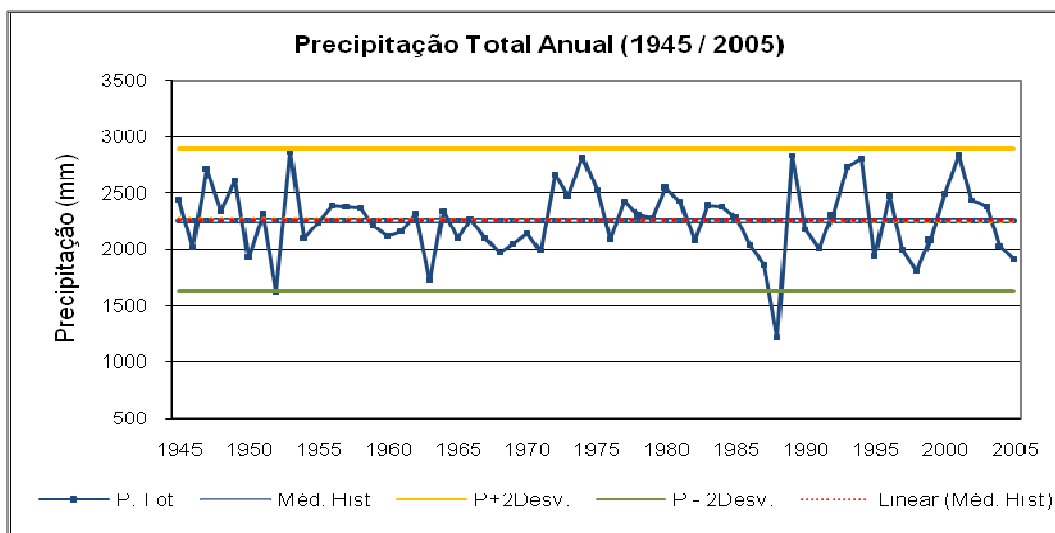


Figura 25: Variabilidade interanual da precipitação pluviométrica total anual no período de 1945 a 2005.

As médias dos períodos foram muito próximas, não apresentando diferenças estatisticamente significativas, porém o desvio padrão e o coeficiente de variação anual do período COL foram maior do que no período PRÉ-COL.

Parâmetros Analisados	Período Histórico (1945 a 2005)	Período Pré-Colonização (1945 a 1970)	Período de Colonização (1971 a 2005)
Total Anual (mm ano⁻¹)	2228,7	2223,0	2286,8
Desvio-padrão (mm)	317,51	272,58	348,55
Coef. Var. anual (%)	14,1	12,3	15,2

Tabela 10: Parâmetros estatísticos da precipitação pluviométrica para os períodos de estudo em Porto Velho-RO

A análise da série de dados de chuva em períodos cronológicos mostrou que no período PRÉ-COL a média do total anual da precipitação foi menor do que no COL. No período de 1945 a 1970 foi observada uma tendência de redução de 293,5 mm da precipitação total anual contra 177,9 mm no período de 1971 a 2005, período esse onde ocorreu uma maior ação antrópica na região de estudo (Figuras 25 e 26).

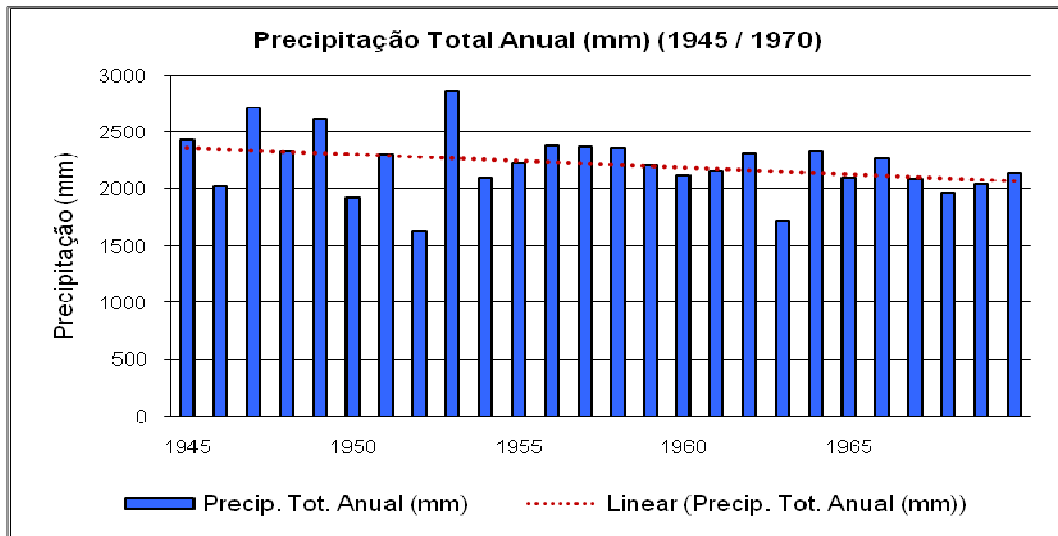


Figura 25: Variabilidade interanual da precipitação pluviométrica total anual no período de 1945 a 1970.

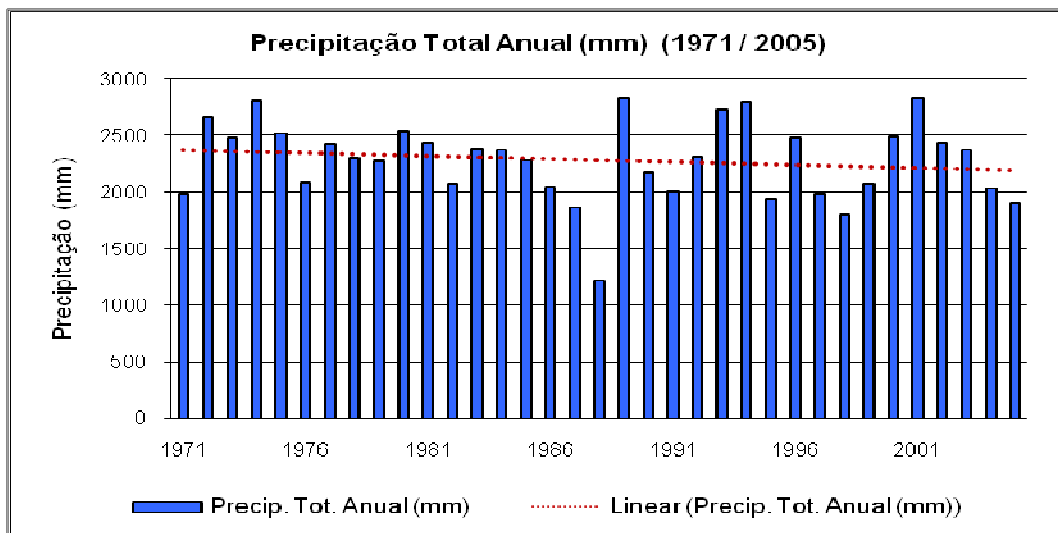


Figura 26: Variabilidade interanual da precipitação pluviométrica total anual no período de 1971 a 2005.

A precipitação total média mensal nos períodos PRÉ-COL e COL não apresentou uma uniformidade no comportamento ao longo dos meses do ano. Foi verificado que nos meses de fevereiro, março, maio, outubro e novembro a precipitação média mensal foi superior no período PRÉ-COL enquanto que nos meses de janeiro, abril, junho, julho, agosto, setembro e dezembro a precipitação média mensal foi maior no período COL (Figura 27).

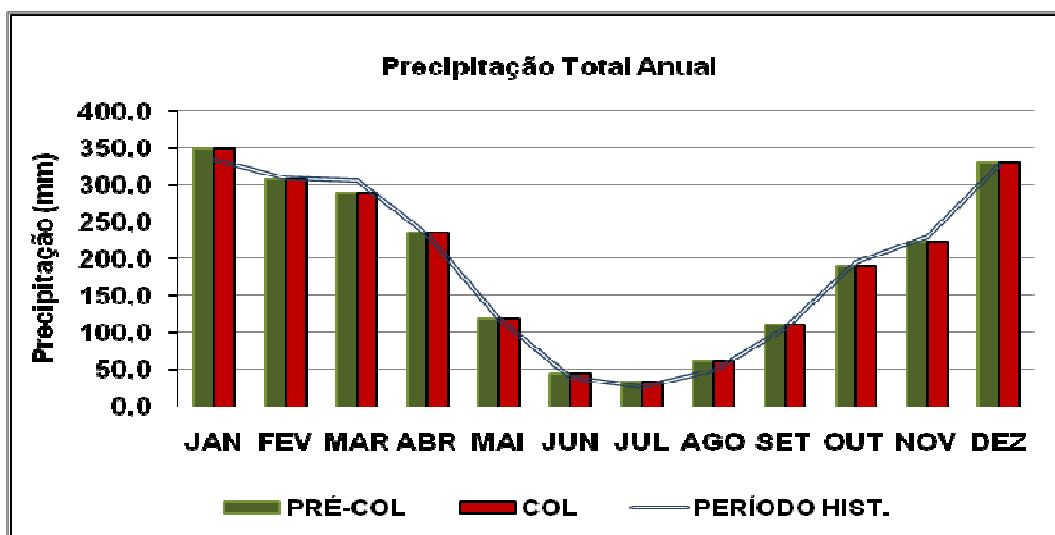


Figura 27: Média mensal da precipitação pluviométrica nos períodos pré-colonização (1945-1970); colonização (1971-2005) e histórico (1945-2005).

Os parâmetros estatísticos da precipitação total anual nos três períodos analisados são mostrados na Tabela 11. Observa-se que, quando comparado as séries de dados, a Normal Climatológica do INMET (1961 – 1990) pelo teste *t* de student, aos níveis de significância de 5% de probabilidade os resultados apontam que no período histórico e no PRÉ-COL os resultados se mostram significantes, pressupondo normalidade, enquanto que no período COL os resultados mostram que os dados não são estatisticamente significantes, podendo ser detectada alguma alteração no período.

Período	Teste t de student			Análise de Regressão Linear	
	T	P	Int.. de Conf.	Coef.	Coef. Det.
	calculado	valor	(95%)	Ang.	R ²
Histórico	-2,31	0,024	2.178,3 a 2.340,9	-0,36	0,082
PRÉ-COL	-2,44	0,022	2.112,9 a 2.333,2	-11,73	0,001
COL	-1,13	0,264	2.167,1 a 2.406,7	-5,23	0,023

Tabela 11: Resultado do teste t student e da análise de regressão linear da precipitação total anual para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.

6 – CONCLUSÃO

Com base nos dados de temperatura do ar (média, máxima e mínima), umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica, juntamente com as informações da dinâmica do desmatamento, em um raio de 75 km em torno da estação meteorológica do INMET, localizada na EMBRAPA / CPAF-RO, pode-se enumerar as seguintes conclusões:

1. No período de estudo, as séries de dados de temperatura do ar (média, máxima e mínima), umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica apresentaram desvios positivos e negativos em relação à sua média histórica, apresentando tendências não significativas de aumento ou diminuição em relação ao valor médio. Esta variação pode estar associada ao processo natural da dinâmica da circulação geral da atmosfera;
2. Verificou-se que a temperatura média do ar apresentou uma tendência ligeiramente crescente no período antes do processo de ocupação da região (1945 a 1970), quando comparado com os dados do período pós-ocupação (1971 a 2005). Para a temperatura média máxima do ar, no período de 1971 a 2005 evidenciou-se um aumento maior em comparação ao pré-colonização, e para a temperatura média mínima do ar é nítida a redução de valores no período de 1971 a 2005, evidenciando um aumento na amplitude térmica;
3. A umidade relativa do ar apresentou uma tendência de redução no período de 1945 a 2005, sendo bem mais evidenciado no período de 1971 a 2005, principalmente após a década de 80. Verifica-se que nesse período ocorreu uma redução de mais de 10% ;
4. A área de estudo apresentou uma dinâmica de desmatamento com incrementos inferiores ao mensurado no estado de Rondônia, e superior ao mensurado no estado do Amazonas e na Amazônia. Mesmo passando por um processo de supressão da vegetação nativa a partir do desmatamento na região de estudo, e sendo constatadas tendências não significativas, não foi possível evidenciar o cenário de alterações climáticas a partir dos dados utilizados;

5. Os resultados mostrados no período COL corroboram com os estudos de simulação climática sobre possíveis impactos do desmatamento sobre o clima, e de resultados de estudo micrometeorológicos realizados em Rondônia em áreas de vegetação nativa e pastagens, a exemplos de Nobre (1992), Alves *et al.* (1999), Ferreira da Costa (1998), Fisch *et al.* (1997) e outros;

6. Esses resultados indicam que o processo de antropização da região pode ter influenciado o clima de Porto Velho nas últimas décadas, porém as informações disponíveis e os testes estatísticos aplicados não foram suficientes para confirmar que ocorreram alterações climáticas significativas na região. Sugere-se, portanto que sejam realizados outros estudos estatísticos para evidenciar tendências climáticas para outras regiões bem como a utilização de outros modelos de análise estatística e série de dados mais completas, que possibilitem análises mais detalhadas.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, F.S.M.; FISCH, G.; VENDRAME, J.F. **Modificações do Microclima e Regime Hidrológico devido ao Desmatamento na Amazônia. Um estudo de Caso em Rondônia (RO), Brasil.** ACTA AMAZÔNICA 29(3): 395-409, 1999.

ALVES, D.S.; DA COSTA, W.M.; ESCADA, M.I.S.; LOPES, E.S.S.; DE SOUZA; R.C.M.; ORTIZ J.D. **Análise da distribuição espacial das taxas de desflorestamento dos municípios da Amazônia Legal no período 1991-1994.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, (Relatório Técnico. AMZ-R03/98),1998.

ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.; MCGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M.C. V. FILHO, B. S. **Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica.** Belém: IPAM, 89p, 2004.

ANDRADE, E. B. **Desmatamentos, solos e agricultura na Amazônia Legal. In: Causas e Dinâmica no desmatamento da Amazônia.** Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2001.

AVISSAR, R. & WERTH, D. **“Teleconnections between Tropical Deforestation and Midlatitude Precipitation”.** *Eos. Trans. AGU.* vol. 84, n. 46, Fall Meet. Suppl., Abstract, 2003. <http://www.agu.org/meetings/fm03/fm03-pdf/fm03-B32A.pdf>, visitado em 30/06/2009.

BANCO MUNDIAL. Projeto úmidas. **Um enfoque participatório para o desenvolvimento sustentável: O caso do estado de Rondônia.** Brazil Country Management Unit, 1999.

BARTHOLO JR., R. S. e BURSZTYN, M. **Amazônia sustentável: uma estratégia de desenvolvimento para Rondônia 2020.** Brasília, IBAMA, 1999.

BATISTA, I. X., **Desenvolvimento Sustentável em Rondônia: políticas públicas, desmatamento e evolução socioeconômica.** Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, 2001.

BECKER, Berta K. **A Amazônia pós eco-92: Por um desenvolvimento regional responsável.** In: Para pensar o desenvolvimento sustentável. Editora Brasiliense, São Paulo – SP, 1994.

BECKER, Berta K. **Síntese do Processo de Ocupação da Amazônia – Lições do Passado e desafios do Presente**. In: Causas e Dinâmica do Desmatamento na Amazônia. Ministério do Meio Ambiente, Brasília - DF, 2001.

BOSH, J.M. & HEWLETT, J.D. **A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration**. Journal of Hydrology, v. 55, p. 3 – 23, 1982.

BRASIL, M. C. **Os fluxos migratórios na Região Norte nas décadas de 70 e 80: uma análise exploratória**. Cadernos de Estudos Sociais, Recife, v.13, p.61-84, 1997.

BRUNI, A. L. **Estatística Aplicada à Gestão Empresarial**. – São Paulo: Atlas, 2007

CASTRO NETO, P.; SOUZA, J.L.M.1983. **Frequência horária de chuvas em Lavras, Estado de Minas Gerais**. In: XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Porto Alegre, 1993.

CORREIA, F.W.S.; MANZI, A.O.; CÂNDIDO, L.A.; SANTOS, R.M.N.; PAULIQUEVIS, T. **Balço de umidade na Amazônia e sua sensibilidade às mudanças na cobertura vegetal**. Cienc. Cult., 59 (3). São Paulo. 2007.

COSTA, M.H.; BOTTA, A.; CARDILLE, J.A. **Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia**. Journal of Hydrology, v. 283, p. 206 – 217, 2003.

COX, P.M.; BETTS, R.A.; JONES, C.D.; SPALL, S.A.; TOTTERDELL, I.J. **Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model**. Nature, London, v. 408; p. 184 – 187, 2000.

DIAS DE PAIVA, E. M. C. **Regime de Precipitação na Amazônia e sua Relação com o Desmatamento e a Temperatura da Superfície do Mar**. Tese (Doutorado, IPH). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, 1996.

EMBRAPA – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS – CNPS. 2ª edição. Rio de Janeiro – RJ: Embrapa Solos, 412p., 2006

ESCADA, M. I. S. **Evolução de padrões de uso e cobertura da terra na região centro-norte de Rondônia.** Tese (Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia.) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos – SP, 2003.

FEARNSIDE, P. M. **A ocupação humana de Rondônia; Impactos, limites e planejamento.** Brasília, Assessoria Editorial e Divulgação Científica, relatório de Pesquisa (5), 76 p, 1989.

_____. **Climate Change as a Threat to the Tropical Forests of Amazonia.** In: Climate Change Science and Policy., Chapter 9, Cambridge University Press, California, U.S.A, 2007.

FEARNSIDE, P. M., A. T. Tardin e L.G.M. Filho. **Deforestation in the Brazilian Amazonia. Manaus, AM, Brazil,** Amazon Research Institute and National Institute for Space Research, 1990.

_____, **A Floresta Amazônica nas mudanças globais.** Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), 134 p, 2003.

_____, **Desmatamento na Amazônia Brasileira: História, Índices e Conseqüências.** MEGADIVERSIDADE, Volume 1, 2005.

_____, **Deforestation in Amazonia.** Encyclopedia of Earth. Eds. C.J. Cleveland (General Editor) & M. Hall-Beyer (Topic Editor). Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment, Washington, D.C., U.S.A. 2007.

FEITOSA, J.R.P.; FERREIRA DA COSTA, R.; FISCH, G., SOUZA, S. S; NOBRE, C.A. **Radiação solar global em áreas de floresta e pastagem na Amazônia,** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, 1998.

FERNANDES, L.C. **Diagnóstico e análise multi-temporal do uso, ocupação e perda de solos em projetos de assentamentos em Rondônia.** Tese (Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geociências) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, 2009.

FERREIRA DA COSTA, R; FEITOSA, J.R.P.; FISCH, G.; SOUZA, S.S.; NOBRE, C. A. 1998. **Variabilidade Diária da Precipitação em regiões de floresta e de pastagem na Amazônia.** ACTA AMAZÔNICA 28(4): 395-408, 1998.

FISCH, G.; JANURIO, M.; SENNA, R.C. **Impacto ecológico em Tucuruí (PA)**. ACTA Amazônica, p 49 – 49, 1990.

FISCH, G.; LEAN, J.; WRIGHI, J. R.; NOBRE, C. A. **Simulação Climática do Efeito do Desmatamento na Região Amazônia: Estudo de Um Caso em Rondônia**. Revista Brasileira de Meteorologia, 1997.

FISCH, G.; MARENGO, J. NOBRE, C.A. **Uma revisão Geral sobre o Clima da Amazônia**. ACTA AMAZÔNICA 28 (2) 101-126. 1998.

FRANCA, R. R. **Anticiclones e umidade relativa do ar: Um estudo sobre o clima de Belo Horizonte**. Dissertação (Mestrado do Curso de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, 2009.

GALVÃO, J. A. da C. & FISCH, G. **Balanço de radiação em áreas pastagem da Amazônia**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria-RS, V.8, n. 1, p. 1 – 110, 2000.

GOULDING, M. **Ecologia da Pesca do Rio Madeira**. INPA, Manaus. Brasil, 1979.

GOVERNO DO ESTADO DE RONDÔNIA. **Atlas Geoambiental de Rondônia**. Porto Velho: SEDAM: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental, 2002.

IBGE, **Geografia do Brasil / Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, Diretoria de Geociências, v.3. Região Norte, 307 p. Rio de Janeiro, 1991.

_____, **Contagem da População**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2000.

_____, **Contagem da População**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2006.

INMET. **Manual de Observações Meteorológicas (1961-1990)**. Brasília, 84 p. 1992.

_____, **Normais Climatológicas 1961 a 1990**. INMET. Brasília, 1992.

INPE. **Projeto PRODES: Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite**, 2008.

HOUGHTON, R.A. **Tropical deforestation and atmospheric carbon dioxide**. *Climate Change*, 19:p 99-118, 1991.

HOUGHTON, R. A. et al. **“Annual Fluxes of Carbon from Deforestation and Regrowth in the Brazilian Amazon”**. *Nature*, n.º 403, p. 301-304, 2000.

KOHLHEPP, G. **Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira**. 16 (45): p. 37-61, 2002.

KOUSSKY, V & MOLION, L.C.B. **Uma Contribuição a Climatologia da Dinâmica da Troposfera sobre a Amazônia**. *ACTA Amazônica*, 15(3-4); p. 311 – 320, 1985.

KRUG, T. **O quadro do desflorestamento da Amazônia**. pp: 91-98 In: *Causas e Dinâmica do Desmatamento na Amazônia*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF. 436 p, 2001.

KRUSCHE, A.V.; BALLESTER, M.V.R.; VICTORIA, R.L. **Efeitos das mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos d’água da bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia**. *Acta Amazônica*, 35, (2), p. 192-205. 2005.

LINHARES, C.A.; SOARES, J.V.; BATISTA, G.T. **Influência do Desmatamento na Dinâmica da Resposta Hidrológica na Bacia do Ji-Paraná**. In: *Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 12, p. 3097-3105, Goiânia-GO, 2005.

MARGULIS, S. **Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira**. Banco Mundial, 1º ed. Brasília, DF, 2003.

MARQUES FILHO, A. DE O.; RIBEIRO, M.N.; SALATI, E. **Evapotranspiração da Floresta da Região Amazônica**. *Acta da Amazônia*, 1983.

MATRICARDI, Eraldo A. Trondoli. **Relatório de Vegetação**. Porto Velho, PNUD, 1999.

MARENCO, J.A. **Mudanças Climáticas Globais e Regionais: Avaliação atual do Brasil e Projeções de Cenários Climáticos do Futuro**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 16, n.º 1, p. 01 – 18, 2001.

MOLION, L. C.B; BENTANCURT J. J. V. **O Ciclo e o Uso da Terra nos Trópicos Úmidos**. Rossiléria, Porto Alegre; pp. 165-187, 1980.

MOLION, L. C.B. e KOUSKY, V., E. **Climatologia da Dinâmica da troposfera sobre a Amazônia**. INPE, São José dos Campos – SP, 1985.

MOLION, L. C.B; DALLAROSA, R. L.G. **Pluviometria da Amazônia são os dados confiáveis?** Climanálise – Boletim de Monitoramento e Análise Climática, 5 (3): 995-1110.

MOLION, L. C.B. **Aquecimento global: uma visão crítica**. Revista Brasileira de Climatologia, 18 p., 2008.

< http://www.geografia.fflch.usp.br/abclima/revista/vol_3e4/Luiz_Carlos_a.pdf > visitado em 09/12/2009.

MOTA, M. A. S., **Convecção na Amazônia: variabilidade, efeitos e resposta na circulação de grande escala** Tese (Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia.) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos – SP, 2004.

NECHET, D. **Variabilidade diurna de precipitação e de trovoadas em Manaus, AM**. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1992, São Paulo, 1992.

NEPSTAD, D.C.; MOREIRA A.G.; ALENCAR, A.A. **Flames in the rain forest: origins, impacts and alternatives to Amazonian fires**. The World Bank, Brasília, 1999.

NOBRE, C.A. & GASH, J. desmatamento muda clima da Amazônia. Ciência Hoje, v 22, p. 32-41, 1997.

NOBRE, C.A & SHUKLA, J. **Impactos climáticos do desmatamento da Amazônia**. Climanálise – Boletim de Monitoramento e Análise, 4 (9): 44-55, 1989.

_____.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. **Mudanças Climáticas e Amazônia**. Ciência e Cultura, v. 59, n. 3, p. 22-27, 2007.

_____.; SELLERS. P.J.; SHUKLA, J. **Amazonian Deforestation and Regional Climate Change**, journal of Climate, Boston, V4, p. 957-988, 1991.

NÓBREGA, R. S.; CAVALCANTI, E. P.; SOUZA, E. P. **Reciclagem de Vapor d'água sobre o Brasil utilizando Reanálises do NCEP-NCAR**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 20, n. 2, p. 253-262, 2005.

NÓBREGA, R. S. **Modelagem de Impacto do Desmatamento dos recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Jamari (RO) utilizando dados de Superfície e do TRMM**. Tese (Doutorado do Curso de Doutorado em Meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande - PB, 2008.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 434p, 1981.

PEDLOWSKI, M.; DALE, V.; MATRICARDI E. **A criação de Áreas Protegidas e os Limites da Unidade de Conservação Ambiental em Rondônia**. *Ambiente & Sociedade* – Ano II, N.º 5, 1999.

QURESHI, S. & KHAN, N. **Estimation of climatic transition in Riyadh (Saudi Arabia) in global warming perspectives**. *GeoJournal*, nº 33, vol. 4, pg. 423-432, 1994.

ROCHA, H. R., C. A. NOBRE, J. P. BONATTI, I. R. WRIGHT, AND P. J. SELLERS. **A vegetation-atmosphere interaction study for Amazonia deforestation using field data and a 'single column' model**. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 122, 567–594, 1996.

ROCHA, D. P. & BACHA, C. J. C. **A preocupação das políticas públicas com a sustentabilidade dos recursos florestais em Rondônia**, *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, 2000.

RONDÔNIA, Governo do Estado de Rondônia. **“Diagnóstico Sócio-Econômico-Ecológico do Estado de Rondônia e Assistência Técnica para Formulação da Segunda Aproximação do Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico do Estado de Rondônia”**. Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. Porto Velho, Rondônia, 1998.

_____, Governo do Estado de Rondônia. **Segunda Aproximação do Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico do Estado de Rondônia**. Porto Velho, Rondônia, 2000

_____, **Boletim Climatológico de Rondônia, ano 2006**. Governo do Estado de Rondônia. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM). 40p. Porto Velho, Rondônia, 2007

SALATI, E. **Clima atual depende da floresta**. In: *Amazônia: Desenvolvimento, integração e ecologia*. Cap 1 Brasiliense/CNPq. São Paulo-SP, 57 p., 1983.

SANTIAGO, A. V. **Simulação dos efeitos da cobertura vegetal no balanço hídrico da bacia do rio Ji-Paraná**. Tese (Doutorado Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP, 2005).

SILVA, A. N. **Análise das Relações entre o Desflorestamento e o Potencial Agropecuário das terras na Amazônia**. Dissertação (Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto). INPE, São José dos Campos - SP, 2008.

SILVA DIAS, M. A. F. *et al.* **"Cloud and Rain Processes in Biosphere-Atmosphere Interaction Context in the Amazon Region"**. *Journal of Geophysical Research*, n.º 107, 2002.

SILVA FILHO, E.P.; **Estudo da degradação dos solos em área de pastagens no município de Porto Velho (RO)**. Tese (Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geociências) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, 2009.

SILVA, M.G.S; SARAIVA,F.A.M.; ARAÚJO, M. L. P. **Aspectos climáticos de Porto Velho- RO**. In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza – CE. Anais. CD ROM, 2004.

SILVEIRA, A.L.L. **Ciclo Hidrológico e bacia hidrográfica**. In: Tucci, C.E.M. (org.)

Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS, cap. 2, p. 35-52, , 2002.

SOUSA JÚNIOR, W.C.; WAICHMAN, A.V.; JAIME, A.L.G.; SINISGALLI, P.A.A. **"Gestão das águas na Amazônia: a bacia do rio Purus"**. Workshop Gestão Estratégica de Recursos Hídricos, Brasília , 2006. Anais I GERH: ABRH, 4 p, 2006.

SOARES FILHO, B.S.; NEPSTAD D.C.; CURRAN, L.; CERQUEIRA, G.C.; GARCIA, R.A.; RAMOS, C.A.; VOLL, E.; MCDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; McGRATH, D. **"Cenário de Desmatamento para a Amazônia"** estudos Avançados, 19 (64), p. 137-152, 2005.

SEPLAD. **Zoneamento Socioeconômico-Ecológico de Rondônia**. Governo do Estado de Rondônia, Porto Velho-RO, 2000.

SKOLE, D. & C. Tucker. **Tropical Deforestation and Habitat Fragmentation in the Amazon: Satellite Data from 1978 to 1988**. Science. 260(5116:1905-1910), 1993.

SOUZA, E. B. DE; KAYANO, M. T.; TOTA, J.; PEZZI, L.; FISCH, G.; NOBRE, C. A. **On The Influences of the El Nino and Atlantic Dipole Pattern on The Amazonian Rainfall During 1960-1980.** ACTA AMAZÔNICA, 2000.

SHEPHERD, J. M.: **Evidence of urban-induced precipitation variability in arid climateregimes,** Journal of Arid Environments, n.º 67 , p. 607–628, 2006.

TOTA J.; FISCH G.; FUENTES J.; OLIVEIRA P. J.; GARSTANG M.; HEITZ R.; SIGLER J. **Análise da variabilidade Diária da Precipitação em Área de Pastagem Para a Época Chuvosa de 1999 – Projeto TRMM / LBA,** ACTA AMAZÔNICA, 30(4): 629-639, 2000.

VAREJÃO SILVA, M.A. **Meteorologia e Climatologia.** INMET, Gráfica e Editora PAX, Brasília-DF, 515p, 2001

XAVIER, A. F. S.; XAVIER, T. B. S., ALVES, J. M. B. **Uma análise cronológica de eventos ENOS (ElNino e La Nina): 1900-2000.**In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro, Anais. CD ROM, 2000 .