

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM

METEOROLOGIA



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Daris Correia dos Santos

**Análise dos Índices de Precipitação e Temperatura do Ar da
Amazônia Ocidental e Influências de Oscilações Climáticas de
Escala Global**

Campina Grande, fevereiro de 2014



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

**ANÁLISE DOS ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA DO AR DA
AMAZÔNIA OCIDENTAL E INFLUÊNCIAS DE OSCILAÇÕES CLIMÁTICAS DE
ESCALA GLOBAL**

DARIS CORREIA DOS SANTOS

Campina Grande - Paraíba

2014

DARIS CORREIA DOS SANTOS

**ANÁLISE DOS ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA DO AR DA
AMAZÔNIA OCIDENTAL E INFLUÊNCIAS DE OSCILAÇÕES CLIMÁTICAS
DE ESCALA GLOBAL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Meteorologia.

Área de Concentração: **Meteorologia de Meso e Grande Escala**

Sub-área: **Climatologia**

Orientador: **Prof. Dr. José Ivaldo Barbosa de Brito**

Campina Grande – Paraíba

2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

- S237a Santos, Daris Correia dos.
Análise dos índices de precipitação e temperatura do ar da Amazônia Ocidental e influências de oscilações climáticas de escala global / Daris Correia dos Santos. – Campina Grande, 2014.
173 f. : il. Color.
- Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.
- "Orientação: Prof. Dr. José Ivaldo Barbosa de Brito".
Referências.
1. Teleconexões. 2. Oscilações Climáticas. 3. Regiões Homogêneas.
I. Brito, José Ivaldo Barbosa de. II. Título.

CDU 551.58(043)

DARIS CORREIA DOS SANTOS

**ANÁLISE DOS ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA DO AR DA
AMAZÔNIA OCIDENTAL E INFLUÊNCIAS DE OSCILAÇÕES CLIMÁTICAS
DE ESCALA GLOBAL**

Dissertação Aprovada em 04/02/2014

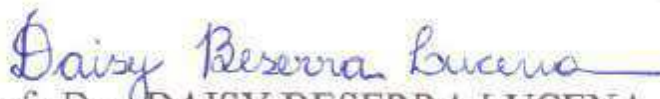
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. JOSÉ IVALDO BARBOSA DE BRITO
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dr. CARLOS ANTONIO COSTA DOS SANTOS
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande



Profª Dra. DAISY BESERRA LUCENA
Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido
Universidade Federal de Campina Grande

“O que prevemos raramente ocorre; o que menos esperamos geralmente acontece.”

Benjamin Disraeli

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. José Ivaldo Barbosa de Brito pela orientação e paciência nas correções deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande manifesto apreço pela possibilidade de realização do presente trabalho e por todos os meios colocados à disposição. Agradeço igualmente a excelência da formação prestada e conhecimentos transmitidos que foram úteis para esta dissertação.

A CAPES pela provisão da bolsa de mestrado.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia pelo seu auxílio nas tarefas desenvolvidas durante o curso.

A secretaria da Pós Graduação em Meteorologia na pessoa de Divanete Rocha da Cruz pela atenção dada desde meu ingresso no mestrado.

Ao European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) por disponibilizar os dados de precipitação e temperatura do ar.

Aos membros da banca examinadora pelas valiosas sugestões e correções propostas.

E todos aqueles que contribuíram de forma decisiva para a concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS.....	xvi
LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS	xx
RESUMO.....	xxii
ABSTRACT	xxiii
1. INTRODUÇÃO.....	24
2. OBJETIVOS.....	28
2.1. Geral	28
2.2. Específicos.....	28
3. FUNDAMENTOS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	29
3.2. Oscilações climáticas.....	29
3.2.1. Oscilação Decenal do Pacífico – PDO	29
3.2.2. Oscilação Multidecenal do Atlântico – AMO	29
3.2.3. Configuração Pacífico América do Norte - PNA	30
3.2.4. Oscilação Quase-Bianual – QBO	30
3.2.5. Oscilação Atlântico Norte – NAO.....	31
3.2.6. Temperatura da Superfície do Mar – TSM.....	31
3.3. Variabilidade climática na Amazônia Ocidental	33
3.4. Análise Multivariada	35
4. MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1. Caracterização da área de estudo.....	37
4.2. Material.....	39
4.2.1. Dados climatológicos	39
4.3 Métodos	41
4.3.1 Análise de Componentes Principais- ACP.....	41
4.3.2 Métodos de Agrupamentos (Cluster).....	43
4.3.2.1. Distância euclidiana.....	44
4.3.3. Correlação linear de Pearson	47
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
5.1. Análise da precipitação pluvial.....	50
5.2. Análise dos índices de precipitação.....	51
5.3. Análise dos índices de temperatura do ar	53

5.4. Análise de componentes principais da precipitação e da temperatura do ar observadas	55
5.5. Análise das componentes principais dos índices de extremos climáticos da precipitação e da temperatura do ar	59
5.6. Caracterização e Análise das regiões homogêneas	74
5.6.1. Análise de agrupamento do índice TNn	75
5.6.2. Análise de agrupamento do índice TNx	77
5.6.3. Análise de agrupamento do índice TXn	78
5.6.4. Análise de agrupamento do índice TXx	79
5.6.5. Análise de agrupamento da temperatura observada	81
5.6.6. Análise de agrupamento do índice SDII	85
5.6.7. Análise de agrupamento do índice DCS	88
5.6.8. Análise de agrupamento do índice DCM	91
5.6.9. Análise de agrupamento do índice PRCPTOT	93
5.7. La Niña 1988/89 e El Niño 1997/98	95
5.8. Oscilações interdecenais no clima da Amazônia Ocidental	97
5.9. Correlações dos índices extremos climáticos com os índices de teleconexões	99
5.9.1. Correlações referentes ao índice PRCPTOT	100
5.9.2. Correlações referentes ao índice SDII	104
5.9.3. Correlações referentes ao índice DCS	109
5.9.4. Correlações referentes ao índice DCM	113
5.9.5. Correlações referentes ao índice TNn	117
5.9.6. Correlações referentes ao índice TNx	121
5.9.7. Correlações referentes ao índice TXn	124
5.9.8. Correlações referentes ao índice TXx	128
5.10. Análise da variabilidade interanual e da tendência dos índices extremos da precipitação	131
5.11. Análise da Variabilidade Interanual e da Tendência dos Índices Extremos da Temperatura do Ar	134
6. CONCLUSÕES	137
7. REFERÊNCIAS	140
APÊNDICE A	154
APÊNDICE B	155
APÊNDICE C	156

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relevo da Amazônia Ocidental.	38
Figura 2: Distribuição espacial dos pontos de grade na Amazônia Ocidental e sua localização no Brasil.	40
Figura 3: Distribuição espacial das estações meteorológicas selecionadas.	41
Figura 4: Precipitação média anual (mm/ano) obtida dos dados da reanálise ERA-40 para Amazônia Ocidental, no período 1970-2001.	50
Figura 5: Precipitação média mensal (mm/mês) observada das estações meteorológicas do INMET para Amazônia Ocidental, no período 1970-2001.	51
Figura 6: (a) Índice simples de intensidade diária de precipitação – SDII – unidades em mm/dia; (b) Dias consecutivos secos – DCS – unidades em dias/ano, obtidos da reanálise ERA-40 para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.	52
Figura 7: Índices (a) Dias consecutivos molhados – DCM – dias/ano; (b) Precipitação total anual – PRCPTOT – mm/ano obtidos da reanálise ERA-40 para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.	53
Figura 8: Distribuição espacial da temperatura média anual do ar (°C) da reanálise ERA-40 no período de 1970 a 2001 (a) Temperatura Mínima das Mínimas – TNn; (b) Temperatura Máxima das Mínimas – TNx; (c) Temperatura Mínima das Máximas – TXn; e (d) Temperatura Máxima da Máxima- TXx para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.	54
Figura 9: Distribuição espacial da temperatura média anual do ar (°C) observada no período de 1970 a 2001 (a) Temperatura Máxima (b) Temperatura Mínima para a Amazônia Ocidental.	55
Figura 10: Distribuição espacial (mapas) e temporal (gráficos) da precipitação média mensal (mm/mês) observada na Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	56
Figura 11: Distribuição espacial (mapas) e temporal (gráficos) da temperatura máxima média mensal (°C) observada na Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	58
Figura 12: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) da temperatura mínima média mensal (°C) observada para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001. Os valores positivos (negativos) estão sombreados mais escuros (claros).	59

Figura 13: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) do modo de variabilidade do índice PRCPTOT, em mm/ano, para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.....	61
Figura 14: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) das cinco CPs do SDII, em mm/dia, para Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.....	64
Figura 15: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) do índice DCM para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.....	67
Figura 16: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) do índice DCS para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	69
Figura 17: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) do índice TNn médio mensal (°C) para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	71
Figura 18: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) do índice TNx médio mensal (°C) de reanálise para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	72
Figura 19: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) do índice TXn médio mensal (°C) para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	73
Figura 20: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) do índice TXx médio mensal (°C) para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	74
Figura 21: Dendrograma do índice de TNn proveniente de reanálise para a Amazônia Ocidental (1970-2001), através do método de Ward utilizando a distância euclidiana como medida de similaridade.	76
Figura 22: Regiões homogêneas do índice TNn (a) distribuição espacial e (b) temporal, para Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.....	77
Figura 23: Dendrograma do índice de TNx para a Amazônia Ocidental, no período 1970-2001.....	77
Figura 24: Regiões homogêneas de TNx (a) distribuição espacial e (b) temporal, para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.....	78
Figura 25: Dendrograma do índice de TXn para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.	78
Figura 26: Regiões homogêneas de TXn (a) distribuição espacial e (b) temporal, para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.....	79
Figura 27: Dendrograma do índice de TXx para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.	80
Figura 28: Regiões homogêneas de TXx (a) distribuição espacial e (b) temporal, para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.....	80

Figura 29: Dendrograma da Temperatura máxima observada para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.....	82
Figura 30: Regiões homogêneas da Temperatura Máxima Mensal (a) distribuição espacial e (b) temporal, na Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	82
Figura 31: Região homogênea da Temperatura Mínima Mensal (a) distribuição espacial e (b) temporal, na Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	83
Figura 32: Dendrograma da Precipitação média mensal observada nas estações do INMET para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.	84
Figura 33: Regiões homogêneas da precipitação média mensal observada (a) distribuição espacial e (b) temporal, na Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.....	85
Figura 34: Dendrograma do Índice simples de intensidade diária de precipitação para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	86
Figura 35: Regiões homogêneas do Índice simples de intensidade diária de precipitação-SDII (a) distribuição espacial e (b) temporal na Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.....	87
Figura 36: Regiões homogêneas da análise de CP do índice SDII (a) distribuição espacial e (b) estágios dos cálculos definindo o número de regiões homogêneas para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.	88
Figura 37: Dendrograma do índice Dias Consecutivos Secos- DCS para a Amazônia Ocidental, no período de 1970 a 2001.	88
Figura 38: Regiões homogêneas do índice Dias Consecutivos Secos-DCS (a) distribuição espacial e (b) temporal, para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.....	89
Figura 39: Regiões homogêneas da análise de CP do índice Dias Consecutivos Secos-DCS (a) distribuição espacial e estágios dos cálculos (b) definindo o número de regiões homogêneas para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.	90
Figura 40: Dendrograma do índice DCM para a Amazônia Ocidental, período 1970 a 2001.	92
Figura 41: Regiões homogêneas do índice Dias Consecutivos Molhados-DCM (a) distribuição espacial e (b) temporal, para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.....	92
Figura 42: Regiões homogêneas do índice DCM (a) distribuição espacial e (b) Estágios dos cálculos definindo o número de regiões homogêneas para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.	93

Figura 43: Dendrograma do índice PRCPTOT para a Amazônia Ocidental, período 1970 a 2001.....	94
Figura 44: Regiões homogêneas do índice de precipitação total anual- PRCPTOT (a) distribuição espacial e (b) temporal, na Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.....	94
Figura 45: Regiões homogêneas do índice PRCPTOT pela análise de CP (a) distribuição espacial e (b) estágios dos cálculos definindo o número de regiões homogêneas para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.	95
Figura 46: Distribuição espacial da precipitação média anual proveniente de reanálise, durante a ocorrência dos fenômenos La Niña 1988/89 (a), El Niño 1997/98 (b) e Precipitação média (mm/ano) (c) para o período de 1970-2001, respectivamente, para a Amazônia Ocidental.	97
Figura 47: Distribuição espacial da precipitação no período de 1970 a 1976 na fase negativa da PDO (a) e na fase positiva da PDO de 1977 a 1998 (b) para a Amazônia Ocidental.	98
Figura 48: Distribuição espacial da precipitação no período de 1970 a 1994 na fase negativa da AMO (a) e na fase positiva da AMO de 1995 a 2001(b) para a Amazônia Ocidental.	99
Figura 49: Correlação da PRCPTOT para a Amazônia Ocidental com: (a) PDO (b) AMO, período de 1970-2001.	100
Figura 50: Correlação da PRCPTOT para a Amazônia Ocidental com: (a) PNA (b) QBO, período de 1970-2001.	101
Figura 51: Correlação da PRCPTOT para a Amazônia Ocidental com: (a) NAO (b) IOS, período de 1970-2001.	102
Figura 52: Correlação da PRCPTOT para a Amazônia Ocidental com: (a) TNAI (b) TSAI, período de 1970-2001.	103
Figura 53: Correlação da PRCPTOT para a Amazônia Ocidental com: (a) Niño 1+2 (b) Niño 3 (c) Niño 3.4 (d) Niño 4, período de 1970-2001.	104
Figura 54: Correlação do SDII para a Amazônia Ocidental com: (a) PDO (b) AMO, período de 1970-2001.....	105
Figura 55: Correlação do SDII para a Amazônia Ocidental com: (a) PNA (b) QBO, período de 1970-2001.....	106
Figura 56: Correlação do SDII para a Amazônia Ocidental com: (a) NAO (b) IOS, período de 1970-2001.	107

Figura 57: Correlação do SDII para a Amazônia Ocidental com: (a) TNAI (b) TSAI, período de 1970-2001.....	108
Figura 58: Correlação do SDII para a Amazônia Ocidental com: (a) Niño 1+2 (b) Niño 3 (c) Niño 3.4 (d) Niño 4, período de 1970-2001.....	109
Figura 59: Correlação dos Dias consecutivos secos para a Amazônia Ocidental com: (a) PDO (b) AMO, período de 1970-2001.	110
Figura 60: Correlação dos Dias consecutivos secos para a Amazônia Ocidental com: (a) PNA (b) QBO, período de 1970-2001.	110
Figura 61: Correlação dos Dias consecutivos secos para a Amazônia Ocidental com: (a) NAO (b) IOS, período de 1970-2001.....	111
Figura 62: Correlação dos Dias consecutivos secos para a Amazônia Ocidental com: (a) TNAI (b) TSAI, período de 1970-2001.	112
Figura 63: Correlação dos Dias consecutivos secos para a Amazônia Ocidental com: (a) Niño 1+2 (b) Niño 3 (c) Niño 3.4 (d) Niño 4, período de 1970-2001.	113
Figura 64: Correlação dos Dias consecutivos molhados para a Amazônia Ocidental com: (a) PDO (b) AMO, período de 1970-2001.	114
Figura 65: Correlação dos Dias consecutivos molhados para a Amazônia Ocidental com: (a) PNA (b) QBO, período de 1970-2001.	114
Figura 66: Correlação dos Dias consecutivos molhados para a Amazônia Ocidental com: (a) NAO (b) IOS, período de 1970-2001.....	115
Figura 67: Correlação dos Dias consecutivos molhados para a Amazônia Ocidental com: (a) TNAI (b) TSAI, período de 1970-2001.	116
Figura 68: Correlação dos Dias consecutivos molhados para a Amazônia Ocidental com: (a) Niño 1+2 (b) Niño 3 (c) Niño 3.4 (d) Niño 4, período 1970-2001.	117
Figura 69: Correlação do índice TNn para a Amazônia Ocidental com: (a) PDO (b) AMO, período de 1970-2001.	117
Figura 70: Correlação do índice TNn para a Amazônia Ocidental com: (a) PNA (b) QBO, período de 1970-2001.	118
Figura 71: Correlação do índice TNn para a Amazônia Ocidental com: (a) NAO (b) IOS, período de 1970-2001.	119
Figura 72: Correlação do índice TNn para a Amazônia Ocidental com: (a) TNAI (b) TSAI, período 1970-2001.	120
Figura 73: Correlação do índice TNn para a Amazônia Ocidental com as regiões: (a) Niño 1+2 (b) Niño 3 (c) Niño 3.4 (d) Niño 4, período 1970-2001.	121

Figura 74: Correlação do índice TNx para a Amazônia Ocidental com: (a) PDO (b) AMO, período 1970-2001.	121
Figura 75: Correlação do índice TNx para a Amazônia Ocidental com: (a) PNA (b) QBO, período 1970-2001.	122
Figura 76: Correlação do índice TNx para a Amazônia Ocidental com: (a) NAO (b) IOS, período 1970-2001.	123
Figura 77: Correlação do índice TNx para a Amazônia Ocidental com: (a) TNAI (b) TSAI, período 1970-2001.	123
Figura 78: Correlação do índice TNx para a Amazônia com: (a) Niño 1+2 (b) Niño 3 (c) Niño 3.4 (d) Niño 4 Ocidental, período 1970-2001.	124
Figura 79: Correlação do índice TXn para a Amazônia Ocidental com: (a) PDO (b) AMO, período 1970-2001.	125
Figura 80: Correlação do índice TXn para a Amazônia Ocidental com: (a) PNA (b) QBO, período 1970-2001.	126
Figura 81: Correlação do índice TXn para a Amazônia Ocidental com: (a) NAO (b) IOS, período 1970-2001.	126
Figura 82: Correlação do índice TXn para a Amazônia Ocidental com: (a) TNAI (b) TSAI, período 1970-2001.	127
Figura 83: Correlação do índice TXn para a Amazônia Ocidental com: (a) Niño 1+2 (b) Niño 3 (c) Niño 3.4 (d) Niño 4, período 1970-2001.	128
Figura 84: Correlação do índice TXx para a Amazônia Ocidental com: (a) PDO (b) AMO, período 1970-2001.	128
Figura 85: Correlação do índice TXx para a Amazônia Ocidental com: (a) PNA (b) QBO, período 1970-2001.	129
Figura 86: Correlação do índice TXx para a Amazônia Ocidental com: (a) NAO (b) IOS, período 1970-2001.	129
Figura 87: Correlação do índice TXx para a Amazônia Ocidental com: (a) TNAI (b) TSAI, período 1979-2001.	130
Figura 88: Correlação TXx para a Amazônia Ocidental com: (a) Niño 1+2 (b) Niño 3 (c) Niño 3.4 (d) Niño 4, período 1970-2001.	131
Figura 89: Tendência do índice PRCPTOT (mm) na Amazônia Ocidental, período 1970-2001.	132
Figura 90: Tendência do índice SDII (mm) na Amazônia Ocidental, período 1970-2001.	132
Figura 91: Tendência do índice DCM (dias) na Amazônia Ocidental, período 1970-2001.	133

- Figura 92:** Tendência do índice DCS (dias) na Amazônia Ocidental, período 1970-2001... 134
- Figura 93:** Tendência do índice TXx (°C) na Amazônia Ocidental, período 1970-2001. 134
- Figura 94:** Tendência do índice TNn (°C) na Amazônia Ocidental, período 1970-2001. 135
- Figura 95:** Tendência do índice TNx (°C) na Amazônia Ocidental, período 1970-2001. 136
- Figura 96:** Tendência do índice TXn (°C) na Amazônia Ocidental, período 1970-2001. 136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Índices climáticos dependentes da temperatura do ar e da precipitação pluvial diária, com suas definições e unidades. O RR é o valor da precipitação diária. $RR > 1\text{mm}$ representa um dia úmido e $RR < 1\text{mm}$, um dia seco.	40
Tabela 2: Componentes e contribuição percentual da variância explicada da precipitação média mensal observada na Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	57
Tabela 3: Componentes e contribuição percentual da variância explicada da temperatura máxima mensal ($^{\circ}\text{C}$) para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	58
Tabela 4: Componentes e contribuição percentual da variância explicada da temperatura mínima mensal observada ($^{\circ}\text{C}$) para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	59
Tabela 5: Componentes e contribuição percentual da variância explicada do índice PRCPTOT para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	62
Tabela 6: Componentes e contribuição percentual da variância explicada do índice SDII para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	64
Tabela 7: Componentes e contribuição percentual da variância explicada da média do índice DCM anual.	68
Tabela 8: Componentes e contribuição percentual da variância explicada do índice DCS para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	70
Tabela 9: Componentes e contribuição percentual da variância explicada do índice TNn médio mensal para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	71
Tabela 10: Componentes e contribuição percentual da variância explicada do índice TNx médio mensal ($^{\circ}\text{C}$) para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	72
Tabela 11: Componentes e contribuição percentual da variância explicada do índice TXn médio mensal ($^{\circ}\text{C}$) para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	73
Tabela 12: Componentes e contribuição percentual da variância explicada do índice TXx médio mensal ($^{\circ}\text{C}$) para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.	74
Tabela 13: Ocorrência de eventos El Niño e La Niña para o período de 1970 a 2001.	96
Tabela 14: Fases conhecidas da PDO, de acordo com MANTUA et al. (1997).	97
Tabela 15: Fases conhecidas da AMO, de acordo com Enfield, Mestas-Nuñez e Trimble (2001), desde 1965 até 2005.	98
Tabela A1: Coordenadas geográficas dos pontos de grade na Amazônia Ocidental.	154
Tabela B1: Localização das estações meteorológicas estudadas.	155

- Tabela C1:** Correlações do índice de precipitação pluvial diária (PRCPTOT) na região homogênea R1, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade..... 156
- Tabela C2:** Correlações do índice de precipitação pluvial diária (PRCPTOT) na região homogênea R2, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade..... 157
- Tabela C3:** Correlações do índice de precipitação pluvial (PRCPTOT) na região homogênea R3, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade..... 158
- Tabela C4:** Correlações do índice de precipitação pluvial diária (SDII) na região homogênea R1, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade..... 159
- Tabela C5:** Correlações do índice de precipitação pluvial diária (SDII) na região homogênea R2, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade..... 160
- Tabela C6:** Correlações do índice de precipitação pluvial diária (SDII) na região homogênea R3, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade..... 161
- Tabela C7:** Correlações do índice de precipitação pluvial diária (DCM) na região homogênea R1, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade..... 162
- Tabela C8:** Correlações do índice de precipitação pluvial diária (DCM) na região homogênea R2, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade..... 163
- Tabela C9:** Correlações do índice de precipitação pluvial diária (DCM) na região homogênea R3, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste

t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.....	164
Tabela C10: Correlações do índice de precipitação pluvial diária (DCS) na região homogênea R1, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.....	164
Tabela C11: Correlações do índice de precipitação pluvial diária (DCS) na região homogênea R2, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.....	165
Tabela C12: Correlações do índice de precipitação pluvial diária (DCS) na região homogênea R3, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.....	166
Tabela C13: Correlações do índice de temperatura do ar (TXx) na região homogênea R1, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de de confiabilidade.....	167
Tabela C14: Correlações do índice de temperatura do ar (TXx) na região homogênea R2, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.....	168
Tabela C15: Correlações do índice de temperatura do ar (TXn) na região homogênea R1, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.....	169
Tabela C16: Correlações do índice de temperatura do ar (TXn) na região homogênea R2, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.....	170
Tabela C17: Correlações do índice de temperatura do ar (TNx) na região homogênea R1, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.....	171

- Tabela C18:** Correlações do índice de temperatura do ar (TNx) na região homogênea R2, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade..... 172
- Tabela C19:** Correlações do índice de temperatura do ar (TNn) na região homogênea R1, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade..... 173
- Tabela C20:** Correlações do índice de temperatura do ar (TNn) na região homogênea R2, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade..... 174

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

- AA-** Análise de Agrupamento
- ACP-** Análise de Componentes Principais
- AF-** Análise Fatorial
- AMO** - Oscilação Multidecenal do Atlântico
- AT-** Atlântico Tropical
- ATN-** Atlântico Tropical Norte
- ATSM-** Anomalias da Temperatura da Superfície do Mar
- CP-** Componentes Principais
- DCS** - Dias consecutivos secos – Consecutive Dry Days
- DCM** - Dias consecutivos molhados – Consecutive Wet Days
- ECMWF-** European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
- ENSO** – El Niño Oscilação Sul
- INMET** – Instituto Nacional de Meteorologia
- ERA-40-** Re-analysis Project
- IOS-** Índice de Oscilação Sul
- IPCC** - Intergovernmental Panel on Climate Change
- LI-** Linhas de Instabilidade
- MO-** Oscilação Mediterrâneo- Oscillation Mediterranean
- NAO-** Oscilação Atlântico Norte
- NCEP-** National Centers for Environmental Prediction
- OMO-** Oscilação do Mediterrâneo Ocidental
- PBMC** - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
- PDO** - Oscilação Decenal do Pacífico
- PNA** - Pacífico América do Norte
- PNM** - Pressão ao Nível do Mar
- PRCPTOT** - Precipitação total anual dos dias úmidos
- QBO-** Oscilação Quase Bianual
- R1-** Região homogênea 1
- R2-** Região homogênea 2
- R3-** Região homogênea 3
- R4-** Região homogênea 4

SDII - Índice simples de intensidade diária
TNAI- Índice do Atlântico Norte Tropical
TSAI- Índice do Atlântico Sul Tropical
TSM – Temperatura da Superfície do Mar
TNn - Temperatura mínima da mínima
TNx - Temperatura máxima da mínima
TXn - Temperatura mínima da máxima
TXx - Temperatura máxima das máxima
ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT- Zona de Convergência Intertropical

SÍMBOLOS

Σ - Somatório

p - Correlação de Pearson

$^{\circ}\text{C}$ - graus Celsius

mm dia⁻¹- milímetro(s) por dia

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi verificar possíveis influências das teleconexões Oscilações Decenal do Pacífico (PDO), Multidecenal do Atlântico (AMO), do Atlântico Norte (NAO), Quase Bianual (QBO), Configuração Pacífico América do Norte (PNA), Índice de Oscilação Sul (IOS) e índices de anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical nos índices de extremos climáticos da precipitação e temperatura do ar da Amazônia Ocidental. Para tanto usou-se os índices de precipitação total anual (PRCPTOT); Índice simples de intensidade de precipitação diária (SDII); dias consecutivos secos (DCS) e dias consecutivos molhados (DCM), baseados na precipitação, e temperatura máxima das máximas (TXx); temperatura mínima das máximas (TXn); temperatura máxima das mínimas (TNx) e temperatura mínima das mínimas (TNn), baseados na temperatura do ar. Dados estes, extraídos da reanálise ERA-40 no período 1970-2001. A partir dos padrões espaciais e temporais e regiões homogêneas dos índices climáticos obtidos utilizando análises de Componentes Principais e de Agrupamento, verificou-se que os índices de temperatura apresentam duas regiões homogêneas, sobre a Amazônia Ocidental, e os de precipitação de três a seis. Os índices de extremos climáticos de precipitação e temperatura do ar apresentaram correlações estatisticamente significativas com a PDO, AMO, NAO e IOS. Conclui-se que estas teleconexões de certa forma modulam a variabilidade interanual da precipitação e temperatura da Amazônia Ocidental. Os índices de temperatura e precipitação também são influenciados pelas anomalias da TSM do Atlântico Tropical, principalmente pelo setor norte. As anomalias da TSM das áreas dos Niños, principalmente 3.4 e 4 e os índices PRCPTOT, SDII e DCM apresentaram correlações positivas no setor oeste e negativa no setor leste da Amazônia Ocidental, para o índice DCS os sinais das correlações foram invertidos. Conclui-se o leste da Região tem uma relação com o El Niño/La Niña semelhante ao Nordeste do Brasil e Amazônia Oriental, enquanto o oeste com os Andes. Anomalias positivas da TSM no Pacífico Equatorial pode produzir aumento nos índices de temperatura e anomalias negativas diminuição. A temperatura mínima das mínimas mostrou tendência de decaimento, possivelmente associado com fatores antrópicos, e a máxima das máximas tendência de aumento, provavelmente decorrentes de fatores antrópicos e naturais, pois o estudo foi realizado na fase positiva da PDO.

Palavras-chave: Teleconexões, Oscilações climáticas, Regiões homogêneas.

ABSTRACT

The objective of this research was to investigate the possible influence of the Oscillation: Pacific Decadal (PDO), Multidecadal Atlantic (AMO), North Atlantic (NAO), Quasi-Biennial (QBO), Pacific North American (PNA) and indices of Sea Surface Temperature (SST) anomalies in the equatorial Pacific and the tropical Atlantic on the indices of climate extremes in precipitation and air temperature in the Western Amazon. We used indices: total annual precipitation (PRCPTOT); simple index of daily rainfall intensity (SDII); consecutive dry days (DCS) and consecutive wet days (DCM), based on rainfall, maximum temperature and maximum (TXx), minimum maximum temperature (TXn); maximum temperature minimum (TNx) and minimum temperature minimum (TNn), based on air temperature. They were extracted from the data reanalysis ERA-40 during 1970-2001. We determined the spatial and temporal homogeneous regions of climate indices using principal component analysis and grouping patterns. It was found that the indices of temperature show two homogeneous regions on the western Amazon, and precipitation from three to six. The indices of climate extremes of precipitation and air temperature showed statistically significant correlations with the DPO, AMO and NAO. We conclude that these teleconnections somehow modulate the interannual variability of precipitation and temperature in the Western Amazon. The indices of temperature and precipitation are also influenced by SST anomalies in the tropical Atlantic, especially the northern sector. The SST anomalies in the areas of Niños, especially 3.4 and 4 and indices of PRCPTOT, SDII and DCM showed positive and negative correlations in the western sector in the eastern sector of the Western Amazon. The correlation with the index DCS presented inverted signal. This result shows that the east region has a relationship with the El Niño / La Niña similar to Northeast Brazil and eastern Amazonia, while the west with the Andes. Positive SST anomalies in the equatorial Pacific can produce increased rates of temperature decrease and negative anomalies. The minimum temperature showed minimal decay trend, possibly associated with human factors and the maximum of maximum upward trend, probably due to anthropogenic and natural factors, since the study was conducted in the positive phase of the PDO.

Keywords: Teleconnections, Climate oscillations, Homogeneous regions.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da temperatura global previsto para o próximo século, os impactos associados às mudanças climáticas serão sentidos em todo o mundo e, provavelmente, terão implicações profundas para a população humana (IPCC 2007a). O conhecimento e a compreensão das alterações climáticas e dos seus efeitos são relevantes para formular cenários referentes ao comportamento futuro de variáveis relacionadas com o clima. Alterações nos sistemas hidrológicos e nas variáveis climatológicas implicam na revisão de procedimentos e critérios de projetos. Admite-se que assim se possa prevenir o dimensionamento de construção de obras hidráulicas e viárias, de estimativa de recursos hídricos de uma região, da drenagem e recuperação de áreas degradadas, das atividades agropecuárias, silvipastoris e florestais que são dependentes da evaporação e da infiltração de água no solo, do controle da erosão e do aproveitamento hidrelétrico, pois a análise da série de registros permite projetar para o futuro as tendências denotadas pelas séries históricas.

A precipitação, a vazão dos rios e a temperatura do ar são elementos considerados como parte vital do ambiente terrestre. De acordo com Vaz (2008), as análises do comportamento desses parâmetros levantam a questão das alterações climáticas e de seus impactos e permitem inferir possíveis tendências, que se as existirem apontam no mesmo sentido das que são frequentemente atribuídas ao domínio dos fenômenos meteorológicos extremos que são normalmente mencionadas como consequências da variabilidade climática e intensificação de fenômenos meteorológicos. Por meio da detecção de índices climáticos extremos é possível monitorar a variabilidade climática e a consistência física das tendências do clima nas distintas regiões do planeta.

Conforme o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas- PBMC (2011), enquanto, as modificações de clima associadas às mudanças globais podem comprometer o bioma em longo prazo, não obstante, a questão atual do desmatamento decorrente das intensas atividades de uso da terra representa uma ameaça mais imediata para a Amazônia.

De acordo com o Sumário Executivo do PBMC (2011) os estudos observacionais e de modelagem numérica sugerem que, caso o desmatamento alcance 40% na região amazônica, se esperam mudanças drásticas no ciclo hidrológico, com redução de 40% na precipitação durante os meses de julho a novembro, prolongando a duração da estação seca, bem como provocando aquecimento superficial em até 4°C. Ressalta-se que a retirada da cobertura vegetal produz um aumento médio na temperatura da superfície, embora a temperatura

mínima diminua devido ao resfriamento radiativo noturno. O desmatamento, como resultado das atividades humanas na Amazônia aumentou rapidamente nas últimas décadas, e há evidências de que as características termodinâmicas da baixa atmosfera tenham variado (MARENGO, 2007a), entretanto, apesar dos resultados de modelagem numérica estimar uma diminuição de 15% a 30% da precipitação sobre a Amazônia, caso a região seja desmatada, até o presente momento não há evidência observacional conclusiva de uma mudança climática nas áreas desmatadas. A propósito Silva Junior (2010) observou um aumento do total anual de precipitação e de eventos extremos de chuvas intensas em toda Região Amazônica.

A Amazônia é importante para o balanço global de carbono por seu papel na captação do carbono proveniente da atmosfera e sua absorção pelas árvores e pelo solo (IPCC 2007b). De acordo com Marengo et al. (2011) a floresta é importante não apenas em escala global, a Floresta Amazônica também desempenha um papel crucial no clima da América do Sul por seu efeito no ciclo hidrológico regional, pois a floresta interage com a atmosfera para regular a umidade no interior da bacia e a umidade é transportada para a região Amazônica pelos ventos alísios provenientes do Atlântico tropical e depois da chuva, a floresta tropical produz evaporação intensa e reciclagem da umidade e, em seguida, grande parte dessa evaporação retorna à região Amazônica na forma de chuva. A umidade originada na Bacia Amazônica é transportada pelos ventos para outras partes do continente e é considerada importante na formação de precipitações em regiões distantes da própria Amazônia (MARENGO, 2004).

De acordo com estudos realizados, na bacia Amazônica ocorreram secas extensas, e talvez muitos incêndios, relacionados a eventos como o El Niño e segundo Marengo (2009a) tais eventos podem ter sido substancialmente mais graves do que os ocorridos em 1982-83 e 1997-98. O caso melhor documentado de um evento de seca primitiva na Amazônia ligado ao El Niño ocorreu no período de 1925-26 (WILLIAMS et al. 2005). Em 1926, por exemplo, as chuvas no centro-norte da Amazônia brasileira e no sul da Venezuela foram cerca de 50% inferiores ao normal. Durante essa seca específica, extensos incêndios ocorreram na Venezuela e na área acima da bacia do Rio Negro (NASCIMENTO, 2011). Temperaturas do ar anormalmente altas foram registradas nas cidades da Amazônia venezuelana e no norte do Brasil em 1925 e 1926, sendo plausível que a seca na parte norte da bacia do Rio Negro em 1925 também tenha contribuído para a grande seca de 1926 devido ao esgotamento da umidade do solo (NASCIMENTO, 2011). Em 2005, grandes partes do sudoeste da Amazônia sofreram uma das secas mais intensas dos últimos cem anos. Outra grande seca na Amazônia Ocidental ocorreu em 2010 (MARENGO et al., 2011). O clima da região Amazônica é uma

combinação de vários fatores como latitude, altitude, maritimidade, continentalidade, vegetação, relevo, topografia e sistemas meteorológicos de grande, meso e pequena escalas.

Na Amazônia em 2005, ocorreu uma forte estiagem comparável como a estiagem de 1962-1963, embora mais intensa- atingiu o oeste e o sudoeste da Amazônia. Conforme Cox et al. (2008) as possibilidades de ocorrerem períodos de intensa seca na região da Amazônia podem aumentar dos atuais 5 % (uma forte estiagem a cada 20 anos) para 50% em 2030 e até 90% em 2100. Este prognóstico de Cox et al. (2008) aparentemente foi bastante oportuno, pois após a grande seca de 2005, em 2010 a Amazônia voltou a experimentar outra grande seca.

No contexto de mudanças climáticas, cenários gerados pelo CPTEC/INPE até o final do século XXI indicam reduções de chuva de até 40% e aquecimento de até 8°C na região Amazônica (MARENGO et al., 2008). O maior impacto sobre a redistribuição de espécies e biomas seria sentido no nordeste da Amazônia e o menor impacto no oeste (SALAZAR et al., 2007). Estudos de tendências de longo prazo parecem não apresentar uma redução na precipitação da Amazônia, como consequência de um aumento do desmatamento (MARENGO, 2004).

As análises feitas por Marengo et al. (2008) e Salazar et al. (2007) são referentes a resultados de modelos numéricos, os quais ainda necessitam de ser aprimorados, pois Silva Junior (2010) usando dados de reanálise observou um aumento da precipitação e da temperatura do ar sobre toda Amazônia brasileira. Por outro lado, modelos regionais sugerem que desmatamento pode reduzir as chuvas em determinados locais e aumentar em outras regiões, mostrando assim que em simulações de alta resolução a topografia, os sistemas de grandes rios e diferentes coberturas do solo têm um papel importante nos padrões anômalos de precipitação, ventos e energia (SILVA-DIAS et al., 2002; GANDU et al, 2004), ou em escala mais ampla, a partir de um patamar de desmatamento (ROY & AVISSAR, 2002). Na Amazônia Ocidental não se observa uma tendência clara de aumento ou redução nas chuvas, devido ao desmatamento e impermeabilização no solo, apresentando mais uma tendência de variações interdecenais. Além disso, o aumento na temperatura do ar observado por Silva Junior (2010), no período de 1960 a 2001, foi da ordem de 1,0°C, para as temperaturas mínimas e inferior a 1,0°C para as temperaturas máximas. Ressalta-se que Silva Junior (2010) encontrou diminuição das temperaturas mínimas e aumento das temperaturas na área denominada de “Arco do Fogo”.

A identificação de teleconexões e a análise de suas influências na estrutura horizontal da circulação atmosférica podem ser úteis para a compreensão da ocorrência de eventos

anômalos em várias regiões do globo. Análises de teleconexões compreendem uma visão geral da circulação atmosférica, onde forçantes remotas agem para influenciar parâmetros locais.

Este trabalho busca verificar a influência das Oscilações Decenais do Pacífico e Multidecenais do Atlântico, índices de anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical e teleconexões tipo Oscilação do Atlântico Norte (NAO) e Configuração Pacífico América do Norte (PNA) nos índices extremos de precipitação e temperatura do ar da Amazônia Ocidental. Para isto, são utilizados dados de reanálise de temperatura do ar máxima e mínima e de precipitação distribuídas em pontos de grade, oriundas da Reanálise do Centro Europeu de Previsão de Tempo de Médio Prazo (*ECMWF - European Center for Medium-Range Weather Forecasts*) e dados observados de precipitação e temperatura do ar máxima e mínima provenientes do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). É elaborada uma análise de agrupamento objetivando agrupar a região em áreas homogêneas de precipitação e temperatura do ar para melhor quantificar os resultados obtidos.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

O objetivo principal deste trabalho é verificar possíveis influências das Oscilações Decenal do Pacífico (PDO), Multidecenal do Atlântico (AMO), do Atlântico Norte (NAO), Quase Bianual (QBO), Configuração Pacífico América do Norte (PNA) e índices de anomalias da TSM no Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical nos índices de extremos climáticos da precipitação e temperatura do ar da Amazônia Ocidental.

2.2. Específicos

- Analisar a climatologia dos índices de extremo climático oriundos da precipitação e temperatura do Ar da Amazônia Ocidental.
- Determinar as regiões homogêneas dos índices de extremo climático oriundos da precipitação e temperatura do ar da Amazônia Ocidental e relacionar com os eventos de tempo e clima atuantes na Região.
- Calcular as componentes principais dos índices de precipitação e temperatura do ar relacionando-as com os sistemas de tempo e clima atuantes na Região.
- Comparar os resultados obtidos da análise de componentes principais com a análise de agrupamento.
- Estimar correlações entre as Oscilações Decenal do Pacífico e Multidecenal do Atlântico e os índices de extremo climáticos baseados na precipitação e temperatura do ar da Amazônia Ocidental.
- Investigar possíveis tendências nas séries de precipitação anual e de seus eventos extremos.
- Analisar possíveis tendências nas séries da temperatura do ar máximas e mínimas.
- Correlacionar os índices de extremos climáticos da Amazônia Ocidental com os índices de anomalias de TSM dos Oceanos Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical e com os índices de PNA (Configuração Pacífico América do Norte – *Pacific/North American Pattern*), NAO (Oscilação do Atlântico Norte – *North Atlantic Oscillation*) e QBO (Oscilação Quase Bianual – *Quasi-Biennial Oscillation*).

3. FUNDAMENTOS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.2. Oscilações climáticas

3.2.1. Oscilação Decenal do Pacífico – PDO

Em anos de extremos, os regimes de chuva são controlados por fatores interanuais, como os fenômenos El Niño e La Niña. Outro aspecto da variabilidade na precipitação é a modulação por fenômenos de mais baixa frequência, na escala interdecenal, como a Oscilação Decenal do Pacífico- PDO (SOUSA et al., 2008).

O nome Oscilação Decenal do Pacífico foi dado pelo biólogo Steve Hare da Universidade de Washington em 1996, junto com outros pesquisadores como, Nathan Mantua, Yuan Zhang, Robert Francis e Mike Wallace, que descobriram esse padrão decenal a partir de trabalhos feitos sobre a variação da população dos peixes no Pacífico norte (MANTUA et al., 1997).

A Oscilação Decenal do Pacífico ocorre com duas fases (fria e quente), em uma grande área da Bacia do Pacífico, as mudanças de fase da PDO, com duração de 20-30 anos, são relativamente abruptas. Na fase fria, ocorrem anomalias negativas da TSM no Pacífico Tropical e positivas no Pacífico Extratropical, nos dois hemisférios, enquanto, na fase quente, as alterações da TSM são opostas, com anomalias positivas no Pacífico Tropical e negativas nas duas regiões do Pacífico Extratropical (MANTUA et al., 1997). Durante o século 20, foi identificada uma fase fria (1947–1976) que separou duas fases quentes (1925–1946 e 1977–1998) da PDO (MANTUA e HARE, 2002). O período anterior a 1925 não está bem definido quanto à PDO (MANTUA e HARE, 2002), e o período após 1998 quanto à PDO, há expectativa de que possa ser uma nova fase fria (JISAO, 2009; MOLION, 2009).

3.2.2. Oscilação Multidecenal do Atlântico – AMO

A AMO (Oscilação Multidecenal do Atlântico) é uma série contínua de longa duração das mudanças na TSM do Oceano Atlântico Norte, com fases frias e quentes que podem durar de 20 a 40 anos e uma diferença entre extremos de 1°F, ou seja, 0,56°C. Estas mudanças são naturais e vêm ocorrendo pelo menos nos últimos 1.000 anos (Van OLDENBORGH et al., 2009).

A AMO afeta as temperaturas do ar e chuvas em grande parte do Hemisfério Norte, em particular, a América do Norte e Europa. Está associado com mudanças na frequência de secas na América do Norte e se reflete na frequência de furacões no Atlântico. Pesquisas recentes sugerem que a AMO está relacionada com a ocorrência prévia de grandes secas no Centro-Oeste e no Sudoeste dos Estados Unidos da América– EUA (MO et al., 2009). Quando a AMO está em sua fase quente, as secas tendem a ser mais frequentes e/ou prolongada. E na fase negativa (fria) contribui para períodos chuvosos. Duas das secas mais severas do século 20 nos EUA ocorreram durante a AMO positiva entre 1927 e 1963.

De acordo com Fearnside (2009) a água quente do Atlântico Norte em 2005, ano de ocorrência de grande seca na Amazônia, foi o resultado combinado de vários fatores, um deles foi a Oscilação Multidecenal do Atlântico (AMO), que produz água mais quente do que a média nesta área em intervalos de aproximadamente 40 anos. No Brasil, Silva Junior (2010) mostrou que a AMO contribui para a variabilidade da precipitação e temperatura do ar na parte norte do Brasil.

3.2.3. Configuração Pacífico América do Norte - PNA

O PNA é um dos principais modos de variabilidade de baixa frequência nos extratropicais do Hemisfério Norte, a fase positiva do padrão PNA é caracterizada por anomalias positivas da altura geopotencial, em 500 hPa, nas proximidades do Havaí e sobre a região das Montanhas Rochosas na América do Norte, e anomalias negativas de altura geopotencial, em 500 hPa, nas proximidades da costa sul do Alaska e sudeste dos EUA (SEVERO, 2007).

De acordo com Severo (2007), embora o PNA seja um modo interno natural da variabilidade climática, ele também é fortemente influenciado pelo fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). A fase positiva do PNA tende a estar associada aos episódios quentes (El Niño) enquanto que a fase negativa tende a estar associada com episódios frios (La Niña).

Em associação com a longa vida de episódios aquecidos, o índice PNA esteve acima do normal durante os invernos de 1991-92 e 1992-93. Entretanto, fases positivas e negativas desse padrão ocorrem regularmente e o decaimento desses padrões está direcionado pela dinâmica interna da atmosfera.

3.2.4. Oscilação Quase-Bianual – QBO

A QBO é uma oscilação interanual na qual sua fase de origem leste é associada com fortes ventos de leste na estratosfera inferior, produzindo um grande cisalhamento vertical do vento (BERTAGNOLLI et al., 2006). Esta fase persiste geralmente por 12 a 15 meses e inibe a formação de furacões, já sua fase de origem oeste exibe fracos ventos leste na estratosfera inferior e fraco cisalhamento vertical do vento; esta fase, que dura tipicamente entre 13 e 16 meses, é associada ao acréscimo em tempestades e furacões, sendo estes muito mais intensos com relação à fase leste (BERTAGNOLLI et al. 2006).

Bruijnzeel (2004) aponta como característica marcante das regiões tropicais, padrões cíclicos irregulares, como a QBO e o ENOS, que exibem ciclos de 2-2,5 anos e 3-8 anos, respectivamente, influenciando significativamente o regime de chuvas.

3.2.5. Oscilação Atlântico Norte – NAO

A NAO representa o principal modo de variabilidade da circulação atmosférica no Hemisfério Norte (HN).

Uma série de estudos (ESTEBAN PARRA et al, 1998;. PAREDES et al, 2006;. LÓPEZ-BUSTINS et al, 2008;. GONZÁLEZ-HIDALGO et al, 2009, 2010;. RODRIGO, 2010; LÓPEZ-MORENO et al., 2010) encontrou diminuição anual de precipitação na Península Ibérica, em meados do século 20, com diferenças sazonais e espaciais. Conforme Angulo-Martínez e Begueria (2012) estas tendências têm sido relacionadas às mudanças climáticas associadas às condições mais secas, devido a um deslocamento em direção ao norte das frentes polares, e são consistentes com a evolução dos principais padrões de teleconexões que afetam a precipitação sobre a Península Ibérica como Oscilação do Atlântico Norte (NAO), Oscilação do Mediterrâneo (MO) e do à Oscilação do Mediterrâneo Ocidental (OMO).

3.2.6. Temperatura da Superfície do Mar – TSM

O El Niño/La Niña são as fases positiva/negativa do fenômeno ENOS (El Niño – Oscilação Sul) que representam o aquecimento/resfriamento da TSM na região do Pacífico Equatorial, entre a costa do Peru e da Austrália (SOUZA et al, 2000). Esse fenômeno altera as condições climáticas em diversas partes do mundo, dura de 12 a 18 meses, em média, e ocorrem, também em média, em intervalos de 2 a 7 anos com diferentes intensidades.

O aquecimento do Pacífico Equatorial leste durante eventos El Niño suprime a precipitação da estação chuvosa no Nordeste do Brasil e Amazônia Oriental por meio da modificação da circulação de Walker (leste-oeste) e via os extratropicais no Hemisfério Norte (NOBRE e SHUKLA, 1996). Estudos de Ropelewski e Halpert (1989), Marengo (2004), Uvo (1998), Ronchail (2002) e muitos outros identificaram que anomalias negativas de precipitação no centro, norte e leste da Amazônia estão em geral associadas com eventos de El Niño – Oscilação Sul (ENOS) e anomalias da TSM no Atlântico tropical. Esses estudos ressaltaram que algumas das maiores secas na Amazônia foram devido à ocorrência de intensos eventos de El Niño e um forte aquecimento das águas superficiais do Atlântico tropical norte durante o verão-outono no Hemisfério Norte (MARENGO et al., 2007b).

Além disso, o fenômeno contrário ao El Niño, isto é, resfriamento anormal das águas superficiais na parte central do Pacífico Equatorial e eventualmente atingindo a costa do Peru. Este fenômeno é denominado La Niña. Durante os episódios de La Niña, os ventos alísios no Pacífico são mais intensos que a média climatológica (MARENGO, 2007b) e, em geral, observa-se chuvas superior à média climatológica na Amazônia Brasileira.

Conforme Andreoli e Kayano, 2007 a TSM no oceano Pacífico apresenta a variabilidade interanual do ciclo ENOS, na faixa equatorial, e a variabilidade interdecadal que exibem padrões espaciais de TSM similares, no entanto, para essa variabilidade a configuração do padrão espacial para TSM estende-se para latitudes fora do cinturão equatorial e é relativamente mais intenso sobre latitudes extratropicais do Pacífico Norte.

Na Amazônia a possibilidade de influência do Atlântico tropical na precipitação foi evidente após o evento severo de seca em 2005 (MARENGO et al., 2008; ZENG et al., 2008). Este evento de seca foi um dos intensos dos últimos 100 anos, que afetou rios afluentes do Amazonas, como o Solimões no oeste e o Madeira no sul da Amazônia (MARENGO et al., 2008).

Yoon e Zeng (2010) constataram que apenas uma fração da variabilidade da precipitação na Amazônia pode ser explicada pelo ENOS, e que esta relação é mais atuante somente durante a estação chuvosa. Os autores sugerem que a influência do Atlântico Tropical Norte (ATN) na variabilidade climática na região Amazônica pode ser comparável a do ENOS. Entretanto, deve ser observado que durante a seca de 2005 não foi registrado ocorrência de El Niño, o que demonstra que o principal responsável pela seca foi a anomalia positiva de TSM no Atlântico Tropical Norte, enquanto, em 2010 observou-se anomalia positiva da TSM no Pacífico Equatorial Central-leste e no Atlântico Tropical Norte. Portanto,

a seca de 2010 na Amazonas foi decorrente tanto do evento El Niño quanto das condições do Atlântico Tropical Norte.

Rodríguez-Fonseca et al. (2009) encontraram evidências que desde o final da década de 60 os eventos de ENOS no Pacífico são precedidos por eventos de sinal oposto nas anomalias TSM (ATSM) do Atlântico Equatorial. O mecanismo proposto para essa relação é que um evento de anomalia positiva (negativa) no Atlântico Equatorial intensifica uma circulação de Walker anômala com movimentos ascendentes (descendentes) sobre o Atlântico Equatorial e descendente (ascendente) sobre o Pacífico equatorial leste (WANG 2006; RODRIGUES-FONSECA et al. 2009; KAYANO et al., 2011). Esse mecanismo induz processos oceânicos que favorecem o afloramento (afundamento) da termoclina, o que contribui para que a região do Pacífico equatorial leste se torne ainda mais fria (quente), intensificando-se a La Niña (o El Niño) existente.

Kayano et al. (2011), analisaram a evolução temporal das TSM relacionadas ao ENOS que ocorreram após eventos quentes/frios no Atlântico Equatorial e aqueles que ocorrem independentemente das condições do Atlântico Equatorial. Seus resultados mostram diferentes padrões de evolução das anomalias de TSM e de pressão ao nível do mar (PNM), principalmente em relação às teleconexões associadas ao ENOS com efeitos na precipitação.

Araújo (2012) com o objetivo de analisar a tendência de índices extremos de temperatura e precipitação anuais na região da Bacia Hidrográfica do Rio Colorado situada no sudoeste dos EUA no período de 1970 a 2009, fez correlação destes índices com as anomalias de TSM nos Oceanos Atlântico e Pacífico e observou que as anomalias positivas de TSM contribuíram com aumento das temperaturas na região.

3.3. Variabilidade climática na Amazônia Ocidental

A variabilidade interanual das chuvas e sua influência na vazão estão relacionadas à ocorrência de eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS), com valores de escoamento baixo (alto) durante El Niño (La Niña) (ESPINOZA et al., 2009; LEWIS et al., 2011; XU et al., 2011). A precipitação também pode ser influenciada pelo padrão da temperatura da superfície do mar no oceano Atlântico (MARENGO, 1992), com efeito mais evidente durante a estação menos chuvosa (ZENG et al., 2008). Bittencourt e Amadio (2007) o classificaram como cheias (secas) os eventos hidrológicos extremos com maior (menor) nível do rio Amazonas.

Pesquisas observacionais não mostraram sinais evidentes de tendências negativas nas precipitações na Amazônia (MARENGO, 2009b; OBREGON e MARENGO 2007;

SATYAMURTY et al., 2009), apesar de um estudo (LI et al. 2008) ter detectado uma tendência significativa para condições mais secas na região sul da Amazônia nos últimos trinta anos do século XX. Contudo, a detecção de tendência unidirecional pode depender da duração da série temporal (MARENGO et al., 2011).

Quando a floresta é sujeita a períodos anormalmente secos, aumenta a probabilidade de ocorrência de queimadas que podem destruir centenas de milhares de hectares de floresta e injetar na atmosfera grandes quantidades de fumaça e aerossóis que poluem o ar em extensas áreas, afetando a população e com potencial de afetar o início da estação chuvosa e a quantidade de chuva na região (ANDREAE, 2004). Esses impactos ecológicos afetam a possibilidade de manejo sustentável da floresta na região, o que é uma premissa básica para a economia regional (BROWN et al., 2006). Ressalta-se que na ocorrência de grandes queimadas a fauna também é afetada, pois muitos animais silvestres são mortos pelo fogo.

Estudos observacionais realizados na Amazônia identificaram variações decenais e tendências de chuva e vazões de rios (DIAS DE PAIVA e CLARKE, 1995; CHU et al. 1995, ZHOU e LAU 2001; MATSUYAMA et al. 2002, MARENGO 2004, BOTTA et al. 2003, CHEN et al. 2003), caracterizadas por mudanças sistemáticas de chuva e circulação atmosférica, com aumentos/reduções sistemáticas da convecção e chuva sobre o sul/norte da Amazônia a partir de 1975. O regime anual de vazão é influenciado pela variabilidade espaço-temporal da precipitação, responsável pela ocorrência de cheias entre junho e julho e vazantes entre setembro e outubro (MOLINIER et al., 1996; FILIZOLA et al., 2006; VALE et al., 2011).

Dentre os processos físicos que interagem com a dinâmica atmosférica que podem gerar precipitação na Amazônia Ocidental estão a atividade convectiva que é um mecanismo importante de aquecimento atmosférico sobre a região, a Zona de Convergência Intertropical, a Zona de Convergência do Atlântico Sul, Alta da Bolívia, a influência da Oscilação de Madden e Julian, fenômenos como El Niño e La Niña, Linhas de instabilidade e ocasionalmente sistemas frontais austrais, que provoca queda de temperatura, localmente denominado de friagem resultado do avanço de massas polares na região centro oeste e sul do Amazonas.

A precipitação na região amazônica é uma composição da evapotranspiração local adicionada a uma contribuição do Oceano Atlântico, assim 50% do vapor d'água que precipita é gerado localmente, sendo o restante importado para a região pelo fluxo atmosférico proveniente do Oceano Atlântico (SALATI, 2006). Uma grande quantidade de vapor d'Água sai da Bacia Amazônica (5,3 trilhões de m³/ano), aproximadamente 44% do

vapor proveniente do oceano é transportada para o Centro Sul, inclusive o Pantanal (SALATI, 2006).

Conforme mostrado por Marengo et al., 2011 com relação à Amazônia, as projeções são de grandes reduções percentuais nas precipitações pluviométricas e de elevação da temperatura do ar, com mudanças mais acentuadas depois de 2040 e quanto às temperaturas, a projeção de aquecimento para as regiões tropicais varia de 1°C a 2 °C em 2010-40 até 6 °C a 8 °C em 2071-2100, com os maiores aumentos ocorrendo na Região Amazônica.

3.4. Análise Multivariada

O estudo de variáveis climáticas sobre determinada área envolvendo vários pontos de observação, torna necessário o uso de determinadas técnicas estatísticas, a mais utilizada, em várias áreas da ciência, é a análise multivariada, cujos principais objetivos são limitar a dimensão de uma matriz de dados, averiguar o comportamento espacial e temporal das variáveis consideradas e obter grupos homogêneos dessas variáveis.

Dentro da análise multivariada existem várias técnicas empregadas na climatologia, como a análise de componentes principais (ACP), análise fatorial, decomposição do valor singular, correlação canônica, Análise de Agrupamento, entre outras (DINIZ, 1998).

Em particular, a Análise de Componentes Principais (ACP) é um método que tem por finalidade básica, a análise dos dados visando sua redução, eliminação de sobreposições e a escolha das formas mais representativas de dados a partir de combinações lineares das variáveis originais (WILKS, 2006).

Ressalta-se que a metodologia da análise de Componentes Principais (CP) para determinar regiões homogêneas foi utilizada em Rodrigues et al. (2002) e Moura et. al. (2006) que utilizaram os escores obtidos através da análise de componentes principais como observações em uma análise de agrupamento e obtiveram resultados satisfatórios para os objetivos indicados.

Villar et al. (2009) estudaram a variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia amazônica através de componentes principais rotacionadas e diagnosticaram que as maiores variabilidades interdecenais e interanuais da chuva ocorrem no período chuvoso da região (dezembro a maio) e estão relacionadas a mudanças de longo prazo do Oceano Pacífico e eventos de ENOS, respectivamente.

Amanajás e Braga (2012) através do o método da ACP analisaram os principais padrões climatológicos da precipitação na Amazônia Oriental e relacionou com os principais

mecanismos climáticos dos Oceanos Pacífico e Atlântico Tropical e através dos resultados obtidos pela ACP mostraram a existência de três padrões pluviométricos bem definidos que explicaram aproximadamente 92% da variância total dos dados; o padrão dominante definiu áreas de chuva que são influenciadas pela atuação da ZCIT, o segundo padrão espacial está associado a eventos de mesoescala, tal como as linhas de estabilização que favorecem as chuvas na região nos meses de maio a agosto e o terceiro padrão espacial evidencia a influência da atuação da ZCAS, sistema atuante no final da primavera e início do verão, bem como sistemas de escala local.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área de estudo

A Amazônia Ocidental está situada entre as latitudes 13°42'S a 5°42'N e as longitudes 73°59'W a 56°20'W, abrangendo os estados Amazonas, Acre, Rondônia e Roraima, localiza-se no centro geográfico da Amazônia Continental (Amazônia sul americana), ocupando uma área de 2.196.743 km². Essa área corresponde a 25,7% do território brasileiro. Tem 6.409.000 habitantes, segundo estimativas do IBGE de 2012, foi estabelecida pelo § 4º Art. 1º do Decreto Lei nº 291, de 28 de fevereiro de 1967.

A distribuição sazonal da precipitação na Amazônia apresenta diferenças marcantes, principalmente, entre o norte e o sul, área que sofre influência constante da topografia, Figura 1. A precipitação média é da ordem de 2200 mm.ano⁻¹ (ESPINOZA et al., 2009). Na Amazônia o clima é distribuído de maneira a caracterizar duas épocas distintas: a seca e a chuvosa. Entretanto, na Amazônia Ocidental, principalmente na parte noroeste existe um período muito chuvoso e outro menos chuvoso. No extremo norte, da Região, o período seco é de outubro a fevereiro, no sul é de junho a setembro. O clima da Amazônia sofre a interferência da massa equatorial continental (mEc), que é originária da própria Amazônia Ocidental - área de baixa latitude e muitos rios. É uma massa de ar quente, úmido e instável. Atinge praticamente todas as regiões durante o verão no hemisfério sul, provocando chuvas. No inverno, a mEc recua e sua ação fica restrita ao noroeste da Amazônia Ocidental.

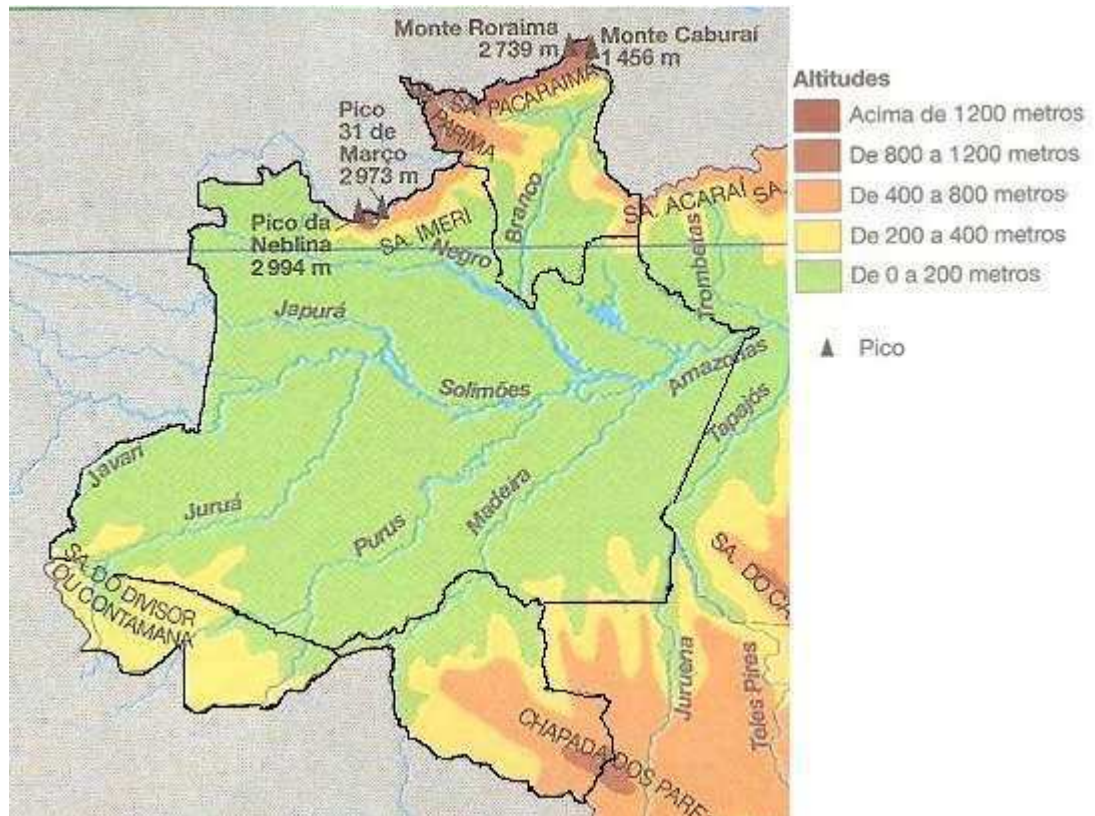


Figura 1: Relevo da Amazônia Ocidental.
Fonte: Adaptado da wordpress, (2013)

De acordo com Hutyrá et al. (2005), eventos climáticos extremos, como secas induzidas tanto pela variabilidade climática natural (por exemplo, dos padrões de circulação do Atlântico, que causaram a seca de 2005 na Amazônia ocidental, e dos eventos El Niño) quanto pelas atividades humanas, podem fragmentar a Floresta Amazônica e transformar grandes áreas em savana. Hutyrá et al. (2005) chegaram a esta conclusão por meio das análises do mapeamento de áreas de floresta mais sensíveis a seca utilizando registros de precipitação dos últimos 100 anos. A região que se estende do Tocantins a Guiana seria a mais afetada, ou seja, a Amazônia Oriental. Essas projeções corroboram com resultados de modelos de simulação para o futuro do clima na Amazônia (BETTS et al., 2004), que indicam uma maior frequência e intensidade de eventos de seca ao longo da segunda metade do século XXI. Por outro lado, Silva Júnior (2010) observou que no período de 1961 a 2001 ocorreu um aumento da precipitação e da temperatura do ar em toda a Amazônia.

Relatórios do *Intergovernmental Panel on Climate Change*– IPCC– (IPCC, 2007b) apontam resultados de projeções que mostram tendência de clima mais seco, diminuição na umidade do solo, redução na vazão dos rios, aumento no risco de incêndio e diminuição no escoamento superficial e sub-superficial para a Amazônia Ocidental até 2100. Às mudanças climáticas originadas do aumento das temperaturas, deve-se às alterações da cobertura da

vegetação. Há projeções que os desmatamentos da floresta tropical amazônica levarão a um clima mais quente e seco na região (SAMPAIO et al., 2007, COSTA et al., 2007). Entretanto, dados observacionais da Amazônia da segunda metade do século XX mostram aumento da precipitação e da temperatura do ar (AMBRIZZI et al., 2007).

4.2. Material

O conjunto de dados de temperatura do ar e precipitação para a Amazônia Ocidental utilizado neste trabalho é proveniente da reanálise ERA-40 do ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) e os dados observados médios mensais são oriundos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o período de 1970 a 2001. Também foram usados índices de PDO, AMO, NAO, PNA, QBO e de anomalias de TSM (Temperatura da Superfície do Mar), para as áreas do Niño 1+2; Niño 3; Niño 3.4; Niño 4, TNAI e TSAI que estão disponíveis no site do NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*). As análises estatísticas foram realizadas nos softwares *RClimDex*, Excel e *Statistical Package for the Social Sciences*- SPSS. E o *Surfer* foi utilizado na elaboração dos mapas.

4.2.1. Dados climatológicos

A partir dos dados da reanálise da temperatura do ar e de precipitação são estimados índices de extremos climáticos para a Amazônia Ocidental, a saber: (1) precipitação total anual (PRCPTOT); (2) Índice simples de intensidade de precipitação diária (SDII); (3) dias consecutivos secos (DCS) e (4) dias consecutivos molhados (DCM), baseados na precipitação, e (5) temperaturas máximas das máximas (TXx); (6) temperaturas mínimas das máximas; (7) temperaturas máximas das mínimas e (8) temperaturas mínimas das mínimas, baseados nos dados de temperatura do ar. Estes índices foram estimados com o *RClimDex* e são correlacionados com os índices de PDO, AMO, NAO, PNA, QBO, e índices de anomalias de TSM no Pacífico Equatorial (Niño 1+2; Niño 3; Niño 3.4; Niño 4) e Atlântico Tropical (TNAI e TSAI). A série histórica de reanálise engloba o período de 1970 a 2001.

Na Tabela 1 encontram-se os índices climáticos temperatura do ar e precipitação. A Figura 1 mostra a espacialização dos pontos de grade na Amazônia Ocidental, enquanto no Apêndice A estão descritos as posições dos pontos de grade marcados na Figura 2. Já a Figura 3 apresenta a distribuição espacial das estações meteorológicas da Amazônia Ocidental

pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia, cujas posições geográficas estão listadas no Apêndice B.

Tabela 1: Índices climáticos dependentes da temperatura do ar e da precipitação pluvial diária, com suas definições e unidades. O RR é o valor da precipitação diária. $RR > 1\text{mm}$ representa um dia úmido e $RR < 1\text{mm}$, um dia seco.

Índices	Nome do Indicador	Definição	Unidade
TXx	Máxima da temperatura máxima	Valor máximo mensal da temperatura máxima diária	°C
TNx	Máxima da temperatura mínima	Valor máximo mensal da temperatura mínima diária	°C
TXn	Mínima da temperatura máxima	Valor mínimo mensal da temperatura máxima	°C
TNn	Mínima da temperatura mínima	Valor mínimo mensal da temperatura mínima diária	°C
DCS	Dias consecutivos secos	Número máximo de dias consecutivos com $RR < 1\text{mm}$	Dias
DCM	Dias consecutivos molhados	Número máximo de dias consecutivos com $RR > 1\text{mm}$	Dias
SDII	Índice simples de intensidade diária	Média anual da precipitação quando $PRCP \geq 1,0\text{mm}$	mm
PRCPTOT	Precipitação total anual nos dias úmidos	Precipitação total anual nos dias úmidos ($RR > 1\text{mm}$)	mm

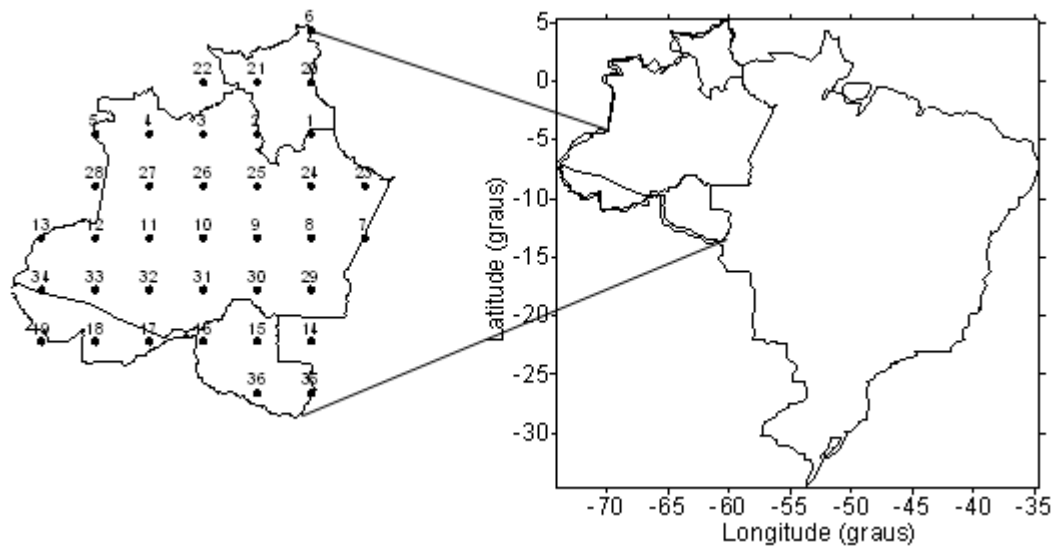


Figura 2: Distribuição espacial dos pontos de grade na Amazônia Ocidental e sua localização no Brasil.

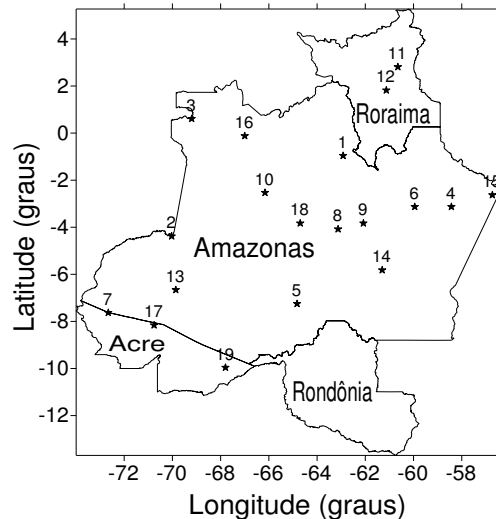


Figura 3: Distribuição espacial das estações meteorológicas selecionadas.

4.3 Métodos

4.3.1 Análise de Componentes Principais- ACP

A análise de componentes principais é uma técnica da estatística que consiste em transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis ortogonais denominadas de componentes principais. O objetivo principal da análise de componentes principais é a obtenção de um pequeno número de combinações lineares (componentes principais) de um conjunto de variáveis, que retenham o máximo possível da informação contida nas variáveis originais. Frequentemente, um pequeno número de componentes pode ser usado, em lugar das variáveis originais.

A análise de componentes principais é fortemente ligada à análise fatorial comum. Estas análises muitas vezes são usadas como sinônimas, mas não o são, mesmo existindo grandes semelhanças em seus métodos e resultados, pois ambas são análises fatoriais, que tem como objetivo principal identificar fatores não diretamente observáveis, a partir da correlação entre conjuntos de variáveis mensuráveis (CORRAR et al., 2007). A ACP permite detectar padrões e descrever um conjunto de variáveis através da criação de um número menor de dimensão e explorar a associação entre as variáveis estudadas a partir da identificação de fatores comuns. Em geral, a primeira solução obtida com a aplicação da ACP não fornece fatores que tenham a interpretação física mais adequada. Quando tal fato é observado para aumentar o poder explicativo dos fatores na análise efetua-se o procedimento de rotação de fatores através de algum método de rotação dos fatores. Para realizar este processo o método

comumente mais utilizado é o VARIMAX (WILKS, 2006). Na escolha do número de fatores adequados ao estudo é utilizado o critério desenvolvido por Kaiser, (GARAYALDE et al, 1996). Na aplicação deste critério são excluídos os fatores com autovalores menores que um. As componentes principais são determinadas de forma que a primeira Componente Principal-CP, ou CP(1), represente a maior parte da variabilidade total nos dados. Onde CP(1) é a combinação linear das variáveis observadas $X_j; j=1,2,\dots,p$:

$$CP_{(1)} = w_{(1)1}x_{(1)} + w_{(1)2}x_2 + \dots + w_{(1)p}x_p \quad (1)$$

os pesos $w_{(1)1}, w_{(1)2}, \dots, w_{(1)p}$ foram determinados de forma a maximizar a relação entre a variação da $CP_{(1)}$ com a variação total, sujeito a restrição

$$\sum_j^p = 1w^2(1) = 1 \quad (2)$$

Assim, $Var[CP(1)]$ é tão grande quanto possível sujeito a esta restrição sobre as constantes “ $w_{(ij)}$ ”. A restrição é introduzida porque se isso não for feito, $Var[CP(1)]$ pode ser aumentada fazendo simplesmente crescer qualquer um dos valores “ $w_{(ij)}$ ”.

A CP(2), é a combinação linear ponderada das variáveis observadas que não foram correlacionadas na primeira combinação linear e que representa o montante máximo da variação total restante ainda não contabilizada pela CP(1).

$$CP(2) = w(2)1 X1 + w(2)2X2 + \dots + w(2)p Xp \quad (3)$$

onde, $Var[CP(2)]$ é tão grande quanto possível sujeito as mesmas restrições impostas a CP(1) e que CP(1) e CP(2) possuam correlação igual a zero entre os seus dados. Os posteriores CP's são determinados da mesma forma, onde se existem “m” séries de valores a m-ésima CP apresenta-se da seguinte forma:

$$CP(m) = w(m)1 X1 + w(m)2X2 + \dots + w(m)p Xp \quad (4)$$

A determinação CP's é realizada considerando a matriz de variáveis $X_{[p \times m]}$, onde “p” é o tamanho da série temporal, ou seja, o número de observações realizada ao longo do tempo, e “m” é o número de séries, ou seja, de pontos espaciais que se deseja representar.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mp} \end{bmatrix} \quad (5)$$

A matriz de covariância de “X” é simétrica e possui os elementos na diagonal principal iguais a $Var[x1]$ e o restante do termos são formados por $Cov[xi xj]$. Se “X” possui dados centrados

em zero a matriz de covariância destes novos dados $R_{[p \times p]}$ é formada pela matriz de correlação de “X”.

$$R = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & r(x1xp) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r(xpx1) & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Os componentes principais são determinados resolvendo-se a equação característica da matriz: “R”: $\det[R-\lambda I]=0$ ou $|R-\lambda I|=0$. Os resultados são “p” raízes características chamadas de autovalores “ λ_p ” e para cada autovalor existe autovetor “ wip ”:

$$W = \begin{bmatrix} wi1 \\ wi2 \\ \vdots \\ wip \end{bmatrix} \quad (7)$$

A inversão da matriz de CP’s para variáveis na escala padronizada “Y” pode ser realizada através.

$$Y = CP \times (W)^{-1} \quad (8)$$

No presente trabalho as componentes principais foram obtidas utilizando o software estatístico SPSS. E para representar a variabilidade no espaço e no tempo do conjunto de dados de cada índice foram escolhidas as componentes cujos autovalores foram superiores a 1,0. Como fisicamente cada componente está associada a um ou mais sistemas meteorológicos, analisou-se a representatividade dos sistemas climáticos/meteorológicos na variabilidade total de cada índice de extremo climático associando a configuração espaço-tempo das componentes com autovalor superior a 1,0.

4.3.2 Métodos de Agrupamentos (Cluster)

A análise de Clusters designa uma série de procedimentos estatísticos que podem ser usados para classificar variáveis por observação das semelhanças e dissemelhanças entre elas. A análise de clusters é organizada objetivando a formação de grupos relativamente homogêneos (Clusters) de uma determinada variável meteorológica.

O método de agrupamento pode ser descrito da seguinte forma: dado um conjunto de n indivíduos para os quais existe informação sobre a forma de p variáveis, o método agrupa os indivíduos em função da informação existente, de modo que os indivíduos de um grupo sejam tão semelhantes quanto possível e diferentes dos elementos dos grupos restantes.

Alguns algoritmos de análise de agrupamento operam com os dados organizados numa matriz de dados $n \times p$, conforme ilustrado na tabela abaixo:

$$\begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1f} & \dots & x_{1p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{i1} & \dots & x_{if} & \dots & x_{ip} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & \dots & x_{nf} & \dots & x_{np} \end{pmatrix} \quad (9)$$

Esta matriz representa os dados. Cada linha representa as coordenadas de um objeto i . Cada coluna representa os valores de um atributo assumidos por cada um dos n objetos.

Por outro lado, muitos algoritmos de agrupamento se aplicam em dados organizados numa matriz de dissimilaridade, onde o elemento da coluna j e linha i da matriz é o número $d(i; j)$ representando a distância entre os objetos i e j .

$$\begin{pmatrix} 0 & \dots & & & \\ d(2,1) & 0 & & & \\ d(3,1) & d(3,2) & 0 & & \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d(n,1) & d(n,2) & d(n,3) & \dots & 0 \end{pmatrix} \quad (10)$$

Para que uma função d seja uma distância é necessário que as seguintes condições sejam satisfeitas, para quaisquer objetos $i; j; k$:

- [1] $d(i; j) \geq 0$
- [2] $d(i; i) = 0$.
- [3] $d(i; j) = d(j; i)$ (simetria)
- [4] $d(i; j) \leq d(i; k) + d(k; j)$ (desigualdade triangular)

A propriedade (1) implica que todos os elementos da matriz de dissimilaridade são não negativos, a propriedade (2) indica que a diagonal da matriz de dissimilaridade é formada por zeros. A propriedade (3), por sua vez, mostra que a matriz de dissimilaridade é simétrica com relação à diagonal e por isso, só se registra nela os elementos abaixo da diagonal.

4.3.2.1. Distância euclidiana

De acordo com Wilks (2006), a ideia central do agrupamento de um conjunto de dados distribuídos em pontos é o conceito de distância. A mais utilizada é a distância euclidiana em dados de vetores num espaço p -dimensional. Assim, a distância entre dois pontos x_i e x_j é:

$$d_{ij} = \|x_i - x_j\| = \left[\sum_{k=1}^P (x_{i,k} - x_{j,k})^2 \right]^{1/2} \quad (11)$$

Quando se usam grandezas que não são diretamente comparáveis (com unidades e naturezas diferentes), a mudança de uma das unidades de medida pode alterar completamente o significado e o valor do coeficiente de semelhança. Essa é uma das razões pelas quais a padronização ou redução das variáveis se torna necessário. A redução é feita da seguinte forma: a matriz $\mathbf{X}_{(n \times p)}$ é transformada numa outra $\mathbf{Z}_{(n \times p)}$ tal que

$$Z_{i,k} = \frac{x_{ik} - \bar{x}_k}{s_k} \quad (12a)$$

$$Z_{j,k} = \frac{x_{jk} - \bar{x}_k}{s_k} \quad (12b)$$

sendo \bar{x}_k e s_k a média e o desvio padrão dos valores na k -ésima coluna. Feita a transformação a distância euclidiana passa a ser:

$$d_{ij} = \|z_i - z_j\| = \left[\sum_{k=1}^P (z_{i,k} - z_{j,k})^2 \right]^{1/2} \quad (13)$$

ou, substituindo (12a) e (12b) em (13), temos:

$$d_{ij} = \|x_i - x_j\| = \left[\sum_{k=1}^P \frac{(x_{i,k} - x_{j,k})^2}{s_k} \right]^{1/2} \quad (14)$$

que é a média dos desvios quadráticos dos dados padronizados.

Tanto a distância euclidiana (medida de dissimilaridade) quanto o coeficiente de correlação (medida de similaridade) podem ser usados na determinação dos grupos. Para este fim existem dois conjuntos de métodos de agrupamento, os hierárquicos e os não hierárquicos. Nos métodos hierárquicos várias técnicas ou critérios de agrupamentos são possíveis. Dentre eles podem-se destacar os descritos por Wilks (2006), que são os seguintes: o método da ligação simples ou vizinho mais próximo, o da ligação completa ou vizinho mais distante, o método da centróide e o método de Ward.

a) Método da ligação simples ou vizinho mais próximo.

Usa como medida de semelhança entre dois grupos a similaridade e a distância. Por este método a distância entre os grupos é definida como a distância entre seus componentes mais próximos, ou seja, os grupos com menor distância se estabelecem primeiro. Assim, a distância entre duas regiões R1 e R2 será definida por:

$$d_{R_1R_2} = \min[d_{ij}] \quad (15)$$

Onde: $i \in R_1, j \in R_2$

No caso de similaridade (definida por s),

$$S_{R_1R_2} = \max[S_{ij}] \quad (16)$$

Onde: $i \in R_1, j \in R_2$

b) Método da ligação completa ou vizinho mais distante.

É precisamente contrário ao método da ligação simples. Os grupos são constituídos fundindo os membros mais distantes entre os grupos. No caso da similaridade definida pela distância, esta é calculada por:

$$d_{R_1R_2} = \max[d_{ij}] \quad (17)$$

Onde: $i \in R_1, j \in R_2$

No caso de similaridade (definida por s),

$$S_{R_1R_2} = \min[S_{ij}] \quad (18)$$

Onde: $i \in R_1, j \in R_2$

c) Método da centroide

Este método é o mais direto, pois substitui cada fusão de grupos por um único ponto representado pelas coordenadas de seu centro. A distância entre os grupos é definida pela distância entre os centros. Em cada etapa procura-se fundir grupos que tenham a menor distância entre si. A distância entre R1 e R2 é dada por:

$$d_{R_1R_2} = \|\bar{X}_{R_1} - \bar{X}_{R_2}\| \quad (19)$$

onde os vetores médios são definidos conforme equação abaixo:

$$\bar{X}_r = 1/n_r [X_r]^T \quad (20)$$

d) Método de Ward

O método de Ward é um método de agrupamento de dados que forma grupos de maneira a atingir sempre o menor erro interno entre os vetores que compõe cada grupo e o vetor médio do grupo. Isto equivale a buscar o mínimo desvio padrão entre os dados de cada grupo. No método de Ward, os grupos de dados são formados em etapas. No início, têm-se m grupos; ou seja, um grupo para cada vetor componente da base de dados. Neste estágio inicial o erro interno é nulo para todos os grupos, pois cada vetor que compõe cada grupo é o próprio vetor médio do grupo. Igualmente, o desvio padrão de cada grupo é nulo.

Na etapa subsequente, cada possibilidade de aglutinação entre os grupos 2 a 2 é verificada, e é escolhido o agrupamento que causa o menor aumento no erro interno do grupo. São $m \times m$ verificações. Desta forma, para uma base de dados com m valores observados, estas verificações exigem um grande esforço computacional caso o método seja executado em computador. Nota-se que a cada iteração tem-se m_i grupos (i = número de iterações), no entanto, como o número de elementos pertencentes a cada grupo aumenta, é maior o número de cálculos para o erro interno de cada grupo. O agrupamento é feito diretamente através da equação:

$$W = \sum_{i=1}^n x_1^2 - \frac{1}{n(\sum x_1)} \quad (21)$$

É importante ressaltar que assim como na análise das componentes principais na análise de agrupamento também foi utilizado o software SPSS para a obtenção dos grupos para cada índice de extremo climático. E cada grupo representante uma região homogênea do índice de extremo climático utilizado para a obtenção do grupo. Do mesmo modo das componentes principais cada grupo está associado a um ou mais sistema meteorológico atuante na Região da Amazônia Ocidental.

4.3.3. Correlação linear de Pearson

O método usualmente conhecido para medir a correlação entre duas variáveis é o Coeficiente de Correlação Linear. E um dos mais divulgado é o de Pearson, também conhecido como Coeficiente de Correlação do Momento Produto.

Este coeficiente de correlação é utilizado na Análise de Componentes Principais, Análise Fatorial Comum, Análise de Confiabilidade, entre outras.

O coeficiente de correlação populacional (parâmetro) ρ e sua estimativa amostral estão intimamente relacionados com a distribuição normal bivariada, cuja função densidade de probabilidade é dada por:

$$f_{X,Y}(X, Y) = \frac{1}{2\pi\sigma_X\sigma_Y\sqrt{1-\rho^2}} \exp\left\{-\frac{1}{2(1-\rho^2)} \left[\left(\frac{X-\mu_X}{\sigma_X}\right) - 2\rho\left(\frac{Y-\mu_Y}{\sigma_Y}\right) + \left(\frac{Y-\mu_Y}{\sigma_Y}\right)^2\right]\right\} \quad (22)$$

Sendo $\rho_{X,Y} = \rho = \frac{COV(X,Y)}{\sigma_X\sigma_Y} = \frac{\sigma_{X,Y}}{\sigma_X\sigma_Y}$ o parâmetro populacional onde:

$COV(X, Y)$ é a covariância entre X e Y

σ_X é o desvio padrão de X

σ_Y é o desvio padrão de Y

O Estimador de Máxima Verossimilhança é dado pela expressão:

$$\hat{\rho}_{X,Y} = \hat{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n}} \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n}}} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n \hat{\sigma}_X \hat{\sigma}_Y} \quad (23)$$

onde:

n é o número de observações da amostra

\bar{X} é a média aritmética de X

\bar{Y} é a média aritmética de Y

Outra forma de interpretar o coeficiente de correlação é em termos de $\hat{\rho}^2 = R^2$, denominado coeficiente de determinação ou de explicação. Quando multiplicado por 100, o $\hat{\rho}^2 = R^2$ fornece a percentagem da variação em Y (variável dependente), que pode ser explicada pela variação em X (variável independente), ou seja, o quanto de variação é comum às duas variáveis.

O coeficiente de determinação é a relação entre a variação explicada pelo modelo linear ($\hat{Y} = \hat{\alpha} + \hat{\beta}X$, onde $\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$ são constantes) e a variação total.

A significância do coeficiente de correlação estimado é verificada através de teste de hipóteses. A estatística para testar a hipótese $H_0 = \rho = 0$ contra $H_1 = \rho \neq 0$ tem distribuição t com n-2 graus de liberdade, ou seja:

$$t = \frac{\hat{\rho}\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-\hat{\rho}^2}} \sim t_{n-2} \quad (24)$$

O coeficiente de correlação de Pearson (r) ou coeficiente de correlação produto-momento ou o r de Pearson mede o grau da correlação linear entre duas variáveis quantitativas. É um índice adimensional com valores situados entre $-1,0$ e $1,0$ inclusive, que reflete a intensidade de uma relação linear entre dois conjuntos de dados. Este coeficiente, normalmente representado pela letra " r " assume valores entre -1 e 1 .

[1] $r = 1$ Significa uma correlação perfeita positiva entre as duas variáveis.

[2] $r = -1$ Significa uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis - isto é, se uma aumenta, a outra sempre diminui.

[3] $r = 0$ Significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra.

No entanto, pode existir uma outra dependência que seja "não linear". Assim, o resultado $r = 0$ deve ser investigado por outros meios.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de realizar os estudos da análise de agrupamentos, utilizou-se do método de interpolação Kriging para as variáveis estudadas. Os resultados obtidos a partir da metodologia desenvolvida neste trabalho permitiram a geração de mapas da precipitação média anual e mensal, temperatura média mensal ($T_{mín}$ e $T_{máx}$), índices de precipitação pluvial diária (PRCPTOT, SDII, DCM e DCS) e índices de temperatura do ar (T_{Nn} , T_{Nx} , T_{Xn} , T_{Xx}).

5.1. Análise da precipitação pluvial

A Figura 4 refere-se à precipitação média anual, na Amazônia Ocidental segundo a série de dados da reanálise, para o período 1970-2001. Da Figura 4 observa-se alta variabilidade espacial da precipitação na Amazônia Ocidental. Os altos valores de precipitação que ocorrem a noroeste da região estão associados à condensação do ar úmido trazido pelos ventos de leste da Zona de Convergência Intertropical, que são elevados quando o escoamento sobe os Andes provocando chuvas orográficas (NOBRE, 1984). Já Figueroa e Nobre (1990) afirmam que a precipitação máxima que ocorre em 5°S na Amazônia pode estar associada com a penetração de sistemas frontais da região Sul, interagindo e organizando a convecção local. Para o período em estudo a precipitação média anual da reanálise variou entre 1140 mm/ano a 2830 mm/ano. De um modo geral, observa-se uma faixa de máximo de precipitação total anual na direção noroeste sudeste semelhante à configuração da Zona de Convergência do Atlântico Sul.

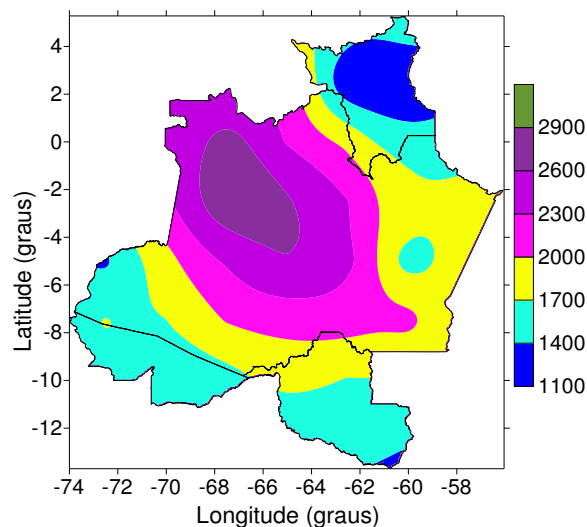


Figura 4: Precipitação média anual (mm/ano) obtida dos dados da reanálise ERA-40 para Amazônia Ocidental, no período 1970-2001.

A precipitação média mensal observada na Amazônia Ocidental oscilou com valores inferiores a 270 mm e superiores a 120 mm, Figura 5. Os meses com maiores totais de precipitação para o período observado foram de novembro a maio, cuja precipitação média mensal de toda área é superior a 240 mm/mês, e os meses que apresentaram os menores totais mensais médios em toda área foram de junho a outubro, com chuvas mensais médias inferiores a 170 mm/mês e superiores a 110 mm/mês.

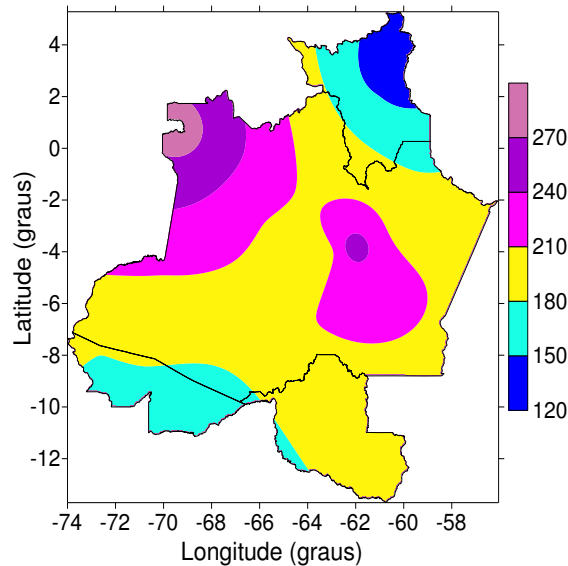


Figura 5: Precipitação média mensal (mm/mês) observada das estações meteorológicas do INMET para Amazônia Ocidental, no período 1970-2001.

5.2. Análise dos índices de precipitação

Nesta seção são analisados os índices de precipitação SDII, DCS, DCM e PRCPTOT.

O Índice simples de intensidade de precipitação diária (SDII) oriundo de reanálise, Figura 6(a), ou seja, a precipitação total anual dividida pelo número de dias úmidos oscilou entre 4,8 mm/dia a 8,2 mm/dia, média anual para o período 1970-2001. Identificaram-se mudanças espaciais na intensidade diária da precipitação, sendo que ao norte e ao sul evidenciaram-se menores valores de SDII. No noroeste observam-se maiores valores do SDII que está associado aos altos valores de precipitação nesta área. De um modo geral a configuração espacial de SDII (Figura 6a) foi semelhante ao da precipitação total anual média (Figura 4), com uma faixa de máxima intensidade diária na direção noroeste sudeste semelhante a da ZCAS. Entretanto, esta configuração é decorrente, da orografia local (Figura 1), dos ventos de leste que traz umidade do Atlântico Equatorial, do aquecimento da

superfície local, que produz correntes ascendentes de ar úmido, e da Zona de Convergência do Atlântico Sul- ZCAS.

A distribuição espacial dos Dias consecutivos secos (DCS) em um ano, valores médios para o período 1970-2001, é apresentada na Figura 6(b), observa-se uma grande área na parte central da Região com DCS inferior a 7 dias/ano. Isto mostra que a convecção local devido ao aquecimento diurno tem papel relevante na produção de precipitação diária, durante o ano todo, na faixa centra da Região. Na parte central do estado de Roraima e no sul de Rondônia verifica-se DCS superior a 27 dia/ano, em média, mostrando que nestas áreas existe um período seco durante o ano, que em geral, tem-se mais de um mês sem chuva. Isto é decorrente da migração sazonal dos principais sistemas de tempo produtores de chuvas em Roraima e Rondônia.

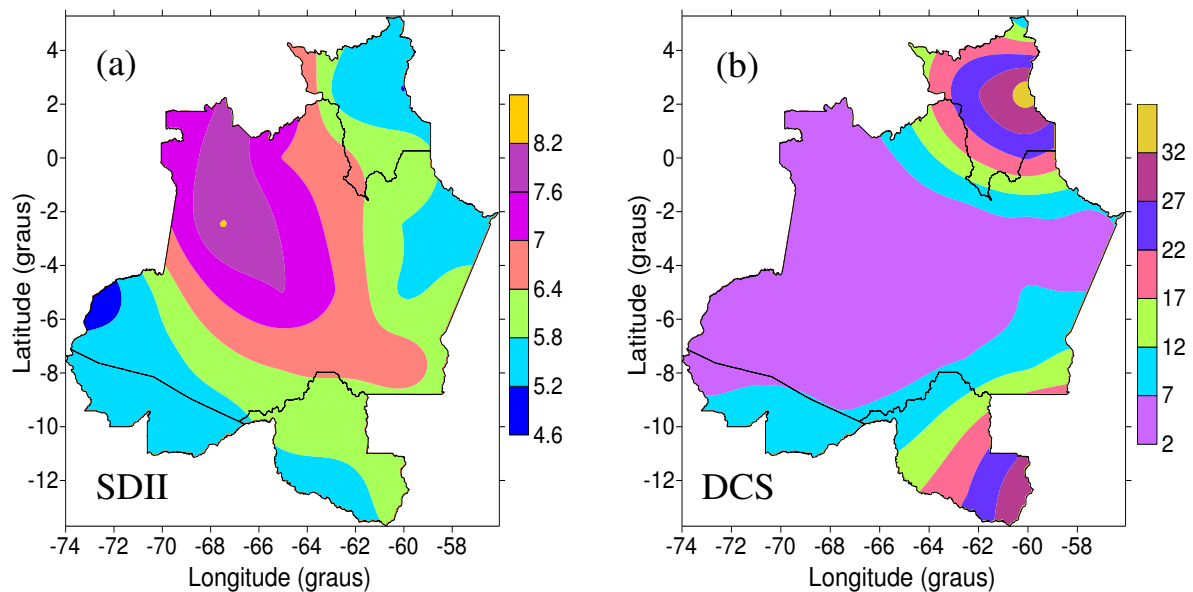


Figura 6: (a) Índice simples de intensidade diária de precipitação – SDII – unidades em mm/dia; (b) Dias consecutivos secos – DCS – unidades em dias/ano, obtidos da reanálise ERA-40 para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

A configuração espacial dos dias consecutivos molhados (DCM) é mostrada na Figura 7(a), verifica-se que os maiores valores, superiores a 70 dias/ano, estão localizados na parte centro-noroeste da Região e os menores na parte central do estado de Roraima e em áreas isoladas do Acre e Amazonas. Esta configuração concorda com a do SDII (Figura 5a) e da precipitação anual média climatológica (Figura 3), exceto para a parte sul de Rondônia, provavelmente devido aos efeitos da ZCAS nesse Estado. A configuração do índice da precipitação total anual (PRCPTOT) apresentada na Figura 7b é semelhante aos DCM (Figura 76(a)), exceto para o estado de Rondônia. A configuração do PRCPTOT é exatamente igual ao da precipitação média anual (Figura 4). Portanto, a explicação para esta configuração é a

mesma da seção 5.1. Ressalta-se que, além da TSM do Pacífico equatorial e dos efeitos locais a TSM no Atlântico Tropical também é muito importante na produção de chuva na Região (SERVAIN et al., 2000).

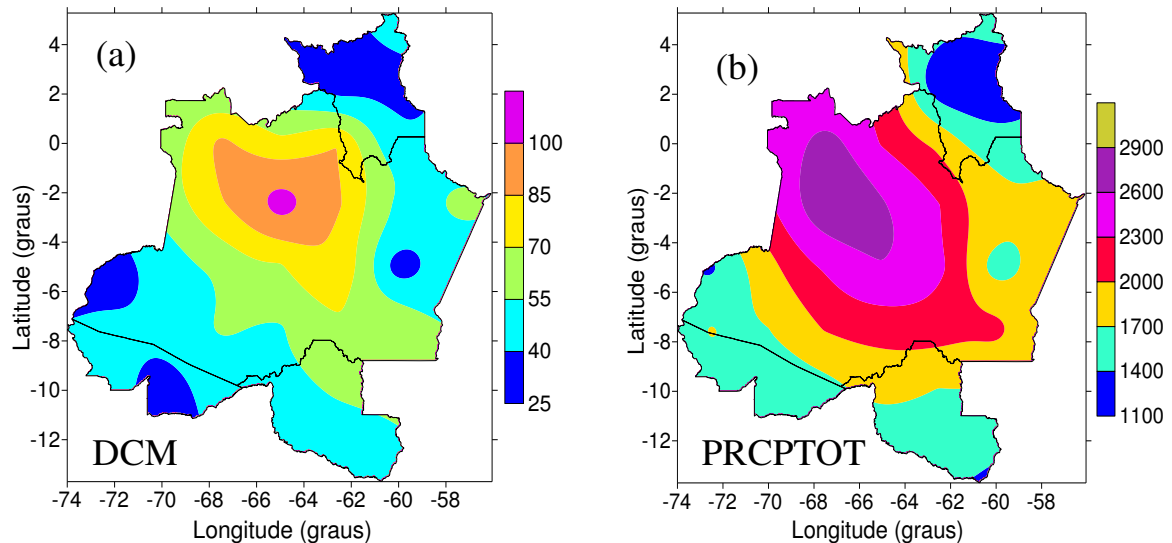


Figura 7: Índices (a) Dias consecutivos molhados – DCM – dias/ano; (b) Precipitação total anual – PRCPTOT – mm/ano obtidos da reanálise ERA-40 para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

5.3. Análise dos índices de temperatura do ar

A Figura 8 apresenta os campos de temperatura do ar dos dados proveniente da reanálise ERA-40 do ECMWF. Nota-se que os municípios localizados na parte centro-nordeste da Região apresentaram valores mais elevados de temperatura do ar, enquanto as localidades mais ao sul/norte registraram valores menores. Observa-se que a topografia é um fator importante na determinação da temperatura do ar, pois áreas elevadas mesmo próximas do equador apresentam temperaturas amenas, em comparação com as áreas circunvizinhas. O comportamento da temperatura do ar apresenta uma pequena variação ao longo do ano devido aos altos valores de energia que incide na superfície, exceto a parte mais ao sul, principalmente Rondônia e Acre que sofrem a ação de sistemas frontais que produz um abaixamento da temperatura conhecido como friagens.

A temperatura média anual mínima das mínimas apresenta valores variando entre 18,6°C a 22,1°C (Figura 8a), a máxima das máximas 28,2°C a 33,6°C (Figura 8d), a máxima das mínimas de 21,8°C a 25,3°C (Figura 8b) e mínima das máximas 23,8°C a 26,8°C (Figura 8c). Estas configurações são decorrentes da posição geográfica da Região, área equatorial, da topografia, cobertura vegetal e dos sistemas de tempo atuantes, como sistemas frontais, ZCIT, ZCAS e ventos alísios.

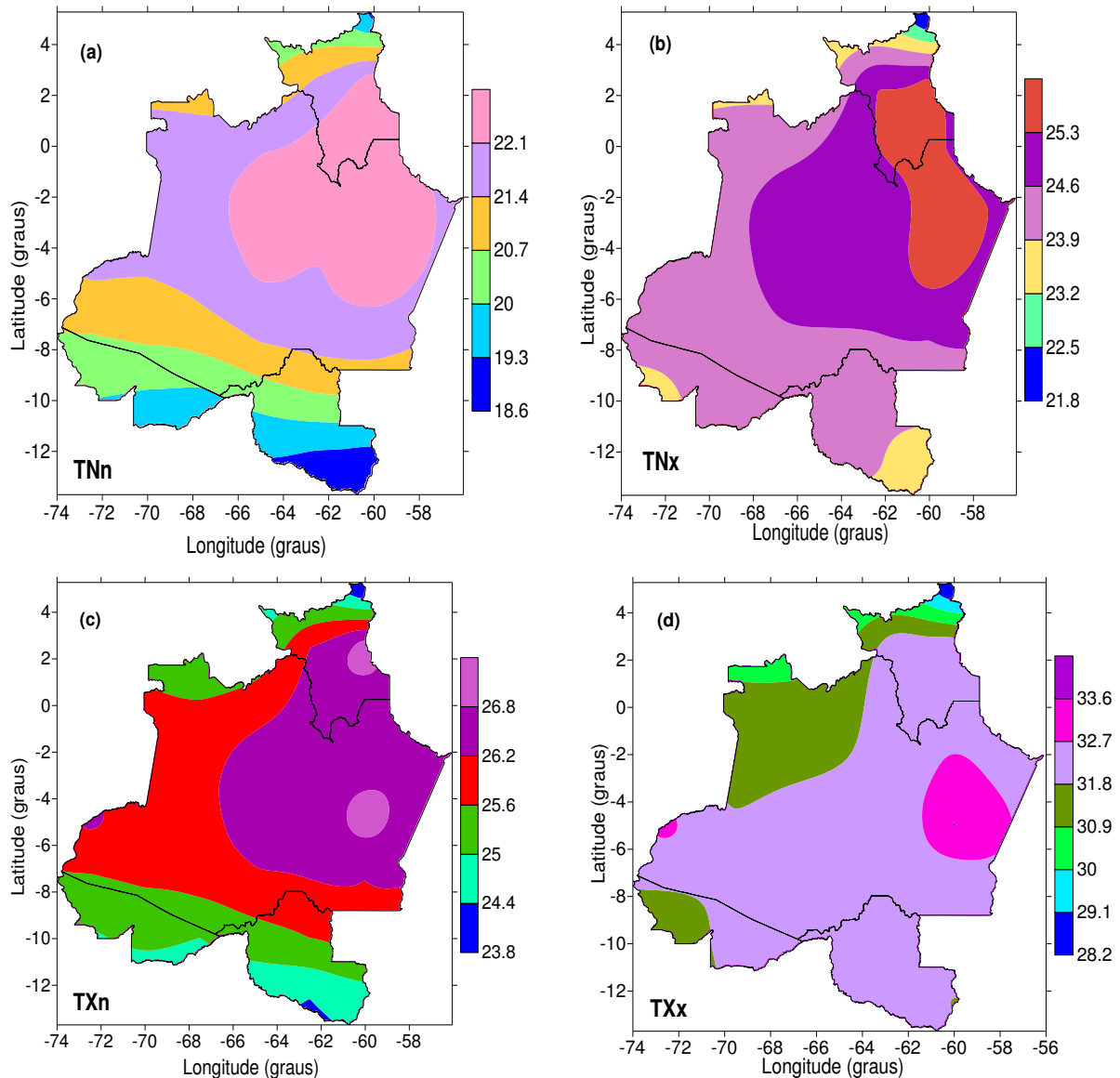


Figura 8: Distribuição espacial da temperatura média anual do ar ($^{\circ}\text{C}$) da reanálise ERA-40 no período de 1970 a 2001 (a) Temperatura Mínima das Mínimas – TNn; (b) Temperatura Máxima das Mínimas – TNx; (c) Temperatura Mínima das Máximas – TXn; e (d) Temperatura Máxima da Máxima- TXx para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

As Figuras 9a e 9b mostram as configurações espaciais das temperaturas máximas e mínimas médias anuais, respectivamente, obtidas com dados das estações meteorológicas do INMET. Observa-se que a temperatura máxima apresentam valores entre $30,5^{\circ}\text{C}$ a $32,4^{\circ}\text{C}$ e a temperatura mínima $19,0^{\circ}\text{C}$ a $24,2^{\circ}\text{C}$. Estas variações de temperaturas máximas e mínimas são semelhantes aos da reanálise ERA-40. Contudo, a configuração espacial difere principalmente na parte central do Amazonas e no extremo oeste do Acre, nos campos da temperatura mínima, e na parte sul do Amazonas, Acre e Rondônia, isso para campos de temperatura máxima. As razões para as diferenças nas configurações possivelmente são decorrentes da falta de estações nestas áreas.

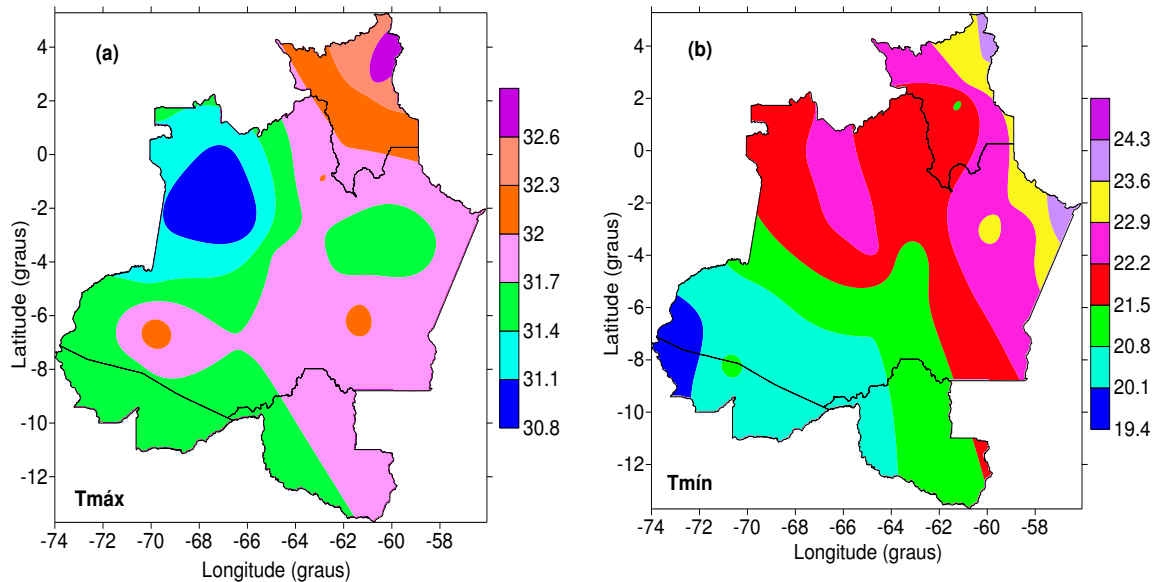


Figura 9: Distribuição espacial da temperatura média anual do ar (°C) observada no período de 1970 a 2001(a)Temperatura Máxima (b) Temperatura Mínima para a Amazônia Ocidental.

5.4. Análise de componentes principais da precipitação e da temperatura do ar observadas

A análise fatorial em componentes principais rotacionadas aplicada aos dados médios de precipitação e temperatura do ar na Amazônia Ocidental produziram padrões espaciais associados a cada fator comum (pesos). A ACP fornece resultados a respeito da localização espacial dos principais modos de variabilidade e também a variação temporal desses modos.

Os fatores rotacionados representam melhor a variabilidade dos dados que os não rotacionados, pois a variância explicada por cada nova variável é mais homogênea. Analisando os resultados obtidos para as componentes principais da precipitação média mensal observa-se que apenas as três primeiras componentes apresentam fatores superiores a 1,0, entretanto, estas componentes explicam aproximadamente 96% da variância total. As configurações espaciais das três primeiras componentes são apresentadas na Figura 9.

O primeiro fator Figura (10a), que explica 38,03% (rotacionado) da variância total, apresenta, de um modo geral, uma configuração com um gradiente meridional induzindo que este fator esteja relacionado com a Zona de Convergência Intertropical- ZCIT, provavelmente o principal sistema indutor de chuvas na Amazônia Ocidental. O segundo fator explica 32,64%, Figura (10b), com correlações positivas nos meses de janeiro a abril, os escores positivos encontram-se no centro-leste-sul do estado do Amazonas e parte de Rondônia indicando uma variabilidade devido à ZCAS e aos sistemas frontais austrais. O terceiro fator Figura (10c) explica 25,49% da variância total dos dados de precipitação média mensal

rotacionada com correlações positivas nos meses de setembro a dezembro, a configuração espacial apresenta um gradiente aproximadamente zonal possivelmente devido aos ventos úmidos de leste aos Andes, que induz a um aumento de umidade no extremo oeste da Amazônia.

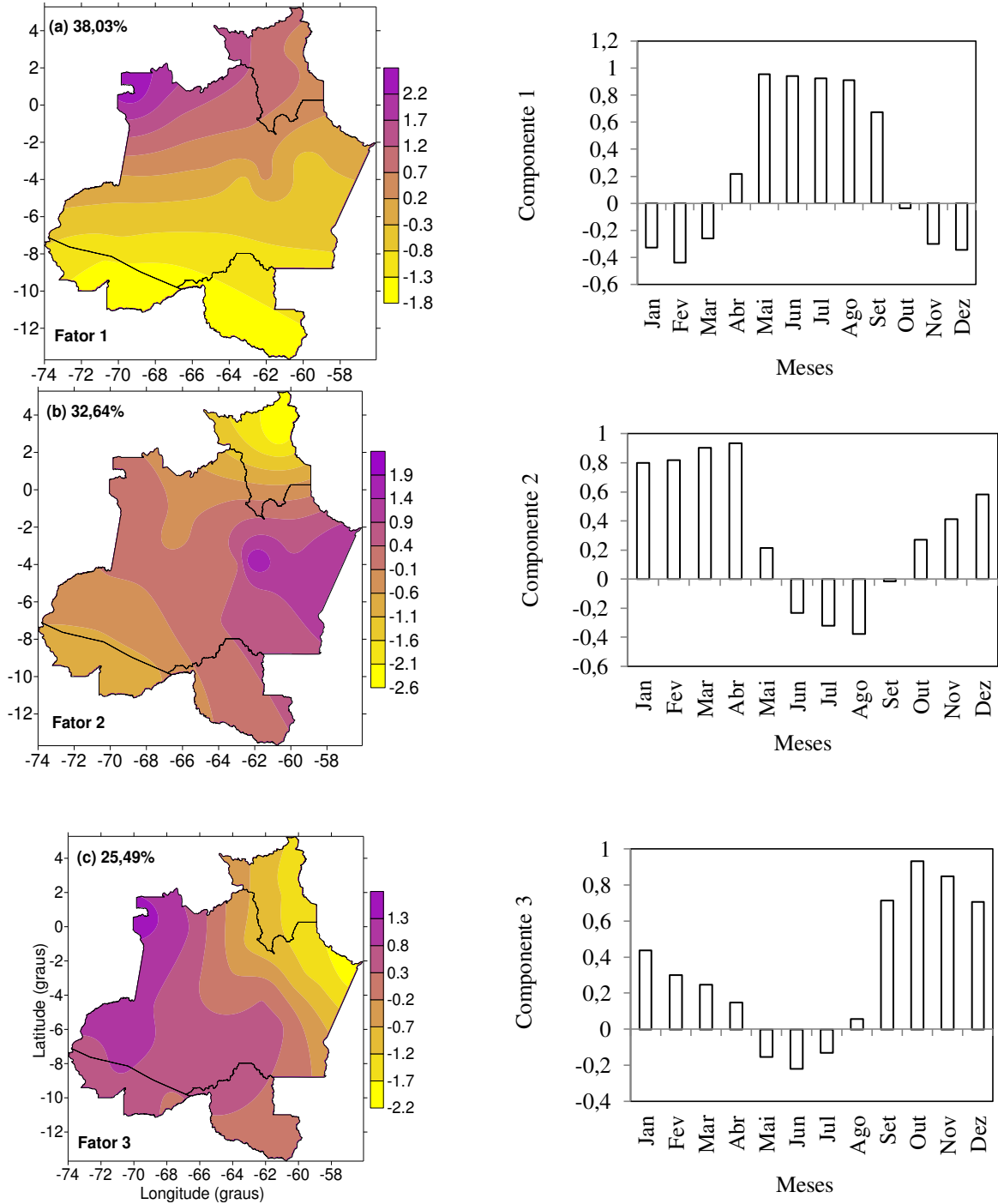


Figura 10: Distribuição espacial (mapas) e temporal (gráficos) da precipitação média mensal (mm/mês) observada na Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

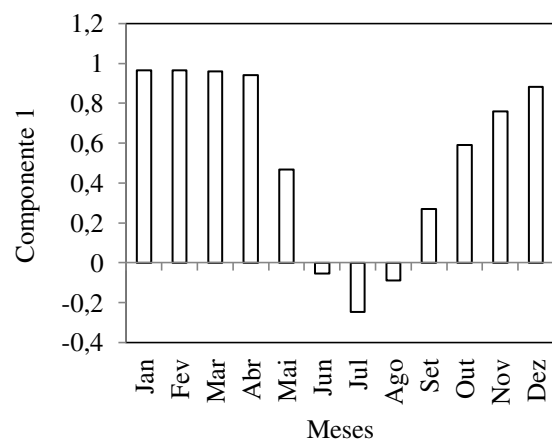
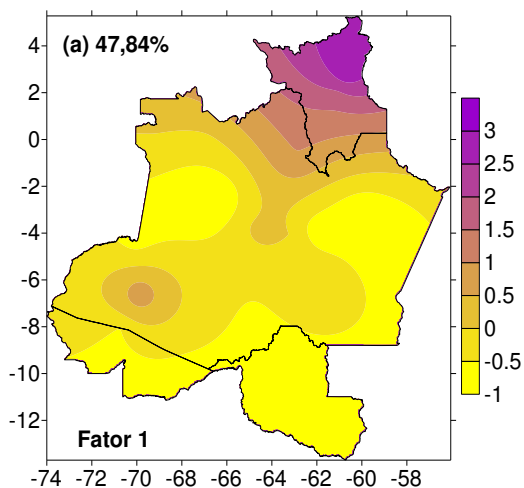
Na Tabela 2 observam-se as componentes e a contribuição percentual da variância explicada da precipitação média mensal observada (mm) rotacionada, para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

Tabela 2: Componentes e contribuição percentual da variância explicada da precipitação média mensal observada na Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

	Cargas Rotacionadas						
	Total	Variância %	Acumulado %	Total	Total	Variância %	Acumulado %
1	6,90	57,49	57,49	6,90	4,56	38,03	38,03
2	3,27	27,27	84,76	3,27	3,92	32,64	70,66
3	1,37	11,39	96,15	1,37	3,06	25,49	96,15
4	0,15	1,25	97,41				
...				
12	0,005	0,040	100				

Para a temperatura máxima observada apenas as duas primeiras componentes apresentaram cargas fatoriais superiores a 1,0 e que explicam aproximadamente 87% (rotacionadas) (Tabela 3). O primeiro fator (Figura 11a) apresenta padrões espaciais com um gradiente aproximadamente meridional e explica 47,84% da variância. Esta configuração é decorrente do gradiente sul-norte da temperatura média global e da topografia da Região. O segundo fator, Figura (11b), explica 39,21% da variância total, apresenta uma configuração com gradiente na direção noroeste-sudeste, possivelmente relacionado com a ZCAS.

As componentes e a contribuição percentual da variância explicada da temperatura máxima mensal observada, para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001, encontram-se na Tabela 3.



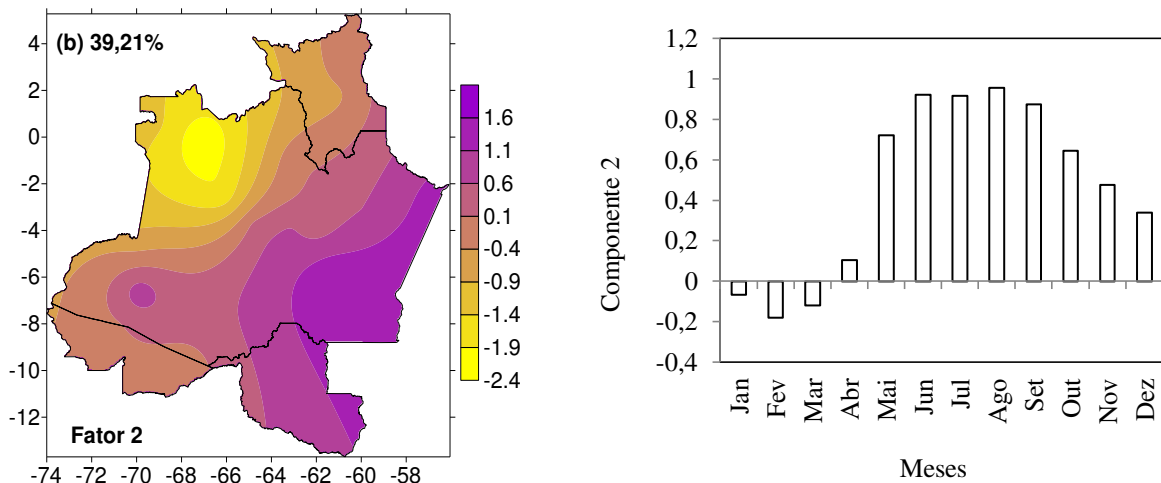


Figura 11: Distribuição espacial (mapas) e temporal (gráficos) da temperatura máxima média mensal (°C) observada na Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

Tabela 3: Componentes e contribuição percentual da variância explicada da temperatura máxima mensal (°C) para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

	Total	Variância %	Acumulado %	Cargas Rotacionadas		
				Total	Variância %	Acumulado %
1	6,36	52,96	52,96	5,74	47,84	47,84
2	4,09	34,08	87,05	4,71	39,21	87,05
3	0,92	7,71	94,75			
...			
12	0,0017	0,0140	100			

A temperatura mínima média mensal observada apresentou um único fator com carga superior a 1,0 e que explica 91,22% da variância total dos dados rotacionados (Tabela 4). Isto mostra que a temperatura mínima observada da Amazônia Ocidental tem um comportamento mais homogêneo que a temperatura máxima. A configuração espacial e temporal da primeira componente da temperatura mínima observada é apresentada na Figura 12. As correlações negativas abrangem o extremo sul e parte central da Amazônia Ocidental e as correlações positivas o extremo norte e parte central. Isto ocorre devido à maior frequência de sistemas frontais que atingem o extremo sul e também pela influência da topografia no extremo norte. As menores correlações ocorreram nos meses de janeiro, fevereiro, junho, julho e agosto.

A Tabela 4 apresenta as componentes e a contribuição percentual da variância explicada da temperatura máxima mensal (°C) rotacionadas, para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

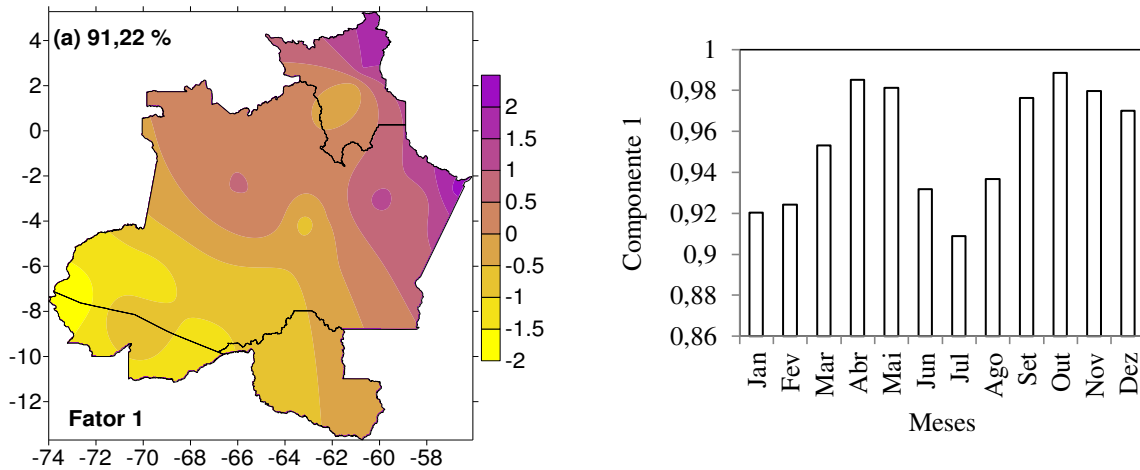


Figura 12: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) da temperatura mínima média mensal (°C) observada para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001. Os valores positivos (negativos) estão sombreados mais escuros (claros).

Tabela 4: Componentes e contribuição percentual da variância explicada da temperatura mínima mensal observada (°C) para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

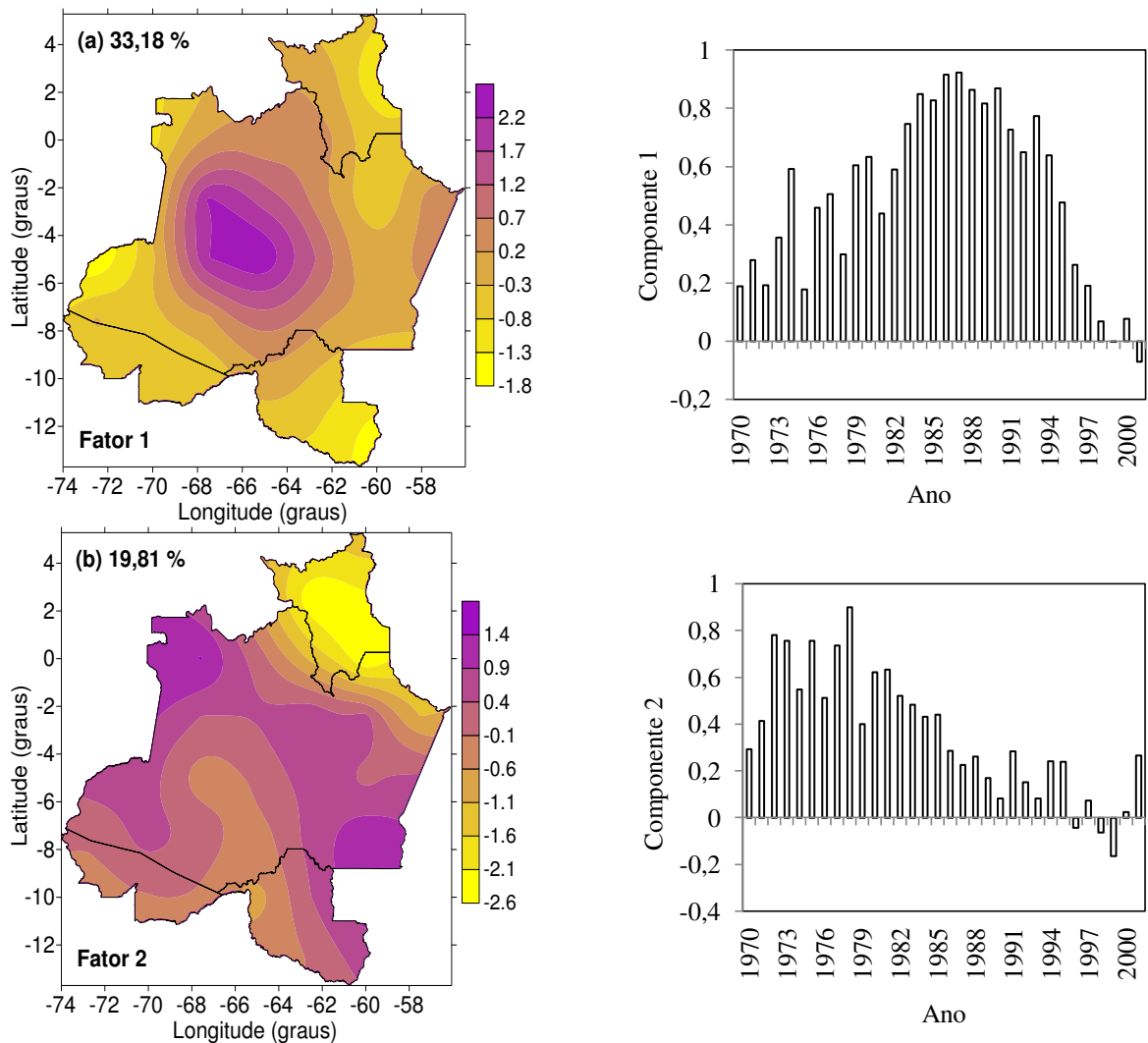
	Total	Variância %	Acumulado %	Cargas		Rotacionadas	
				Total	Variância %	Acumulado %	Acumulado %
1	10,95	91,22	91,22	10,95	91,22	91,22	
2	0,86	7,16	98,38				
...				
12	0,0004	0,0031	100				

5.5. Análise das componentes principais dos índices de extremos climáticos da precipitação e da temperatura do ar

Nesta seção são apresentadas as análises dos índices de extremos climáticos obtidos a partir dos dados de precipitação e temperatura do ar máxima e mínima da reanálise ERA-40. Inicialmente são analisados os índices relacionados com a precipitação

Para o índice de chuva PRCPTOT, observa-se na Tabela 5 que as cinco primeiras componentes apresentam fatores superiores a 1,0 e explicaram mais de 87% (rotacionado) da variância total. As configurações espaciais e temporais das cinco componentes são mostradas na Figura 13. A Figura 13(a), primeira componente, mostra um máximo na parte centro-oeste do Estado do Amazonas, possivelmente decorrente da convecção local devido ao aquecimento diurno, enquanto, a Figura 13(b), segunda componente, mostra um gradiente meridional, provavelmente associado com a ZCIT. A Figura 13(c), terceira componente, mostra os maiores valores no extremo oeste do Acre e do Amazonas e no nordeste do Amazonas, que

corresponde à topografia regional e umidade advectada pelos ventos alísios. A CP4 (Figura 13(d)) apresenta uma configuração complicada, possivelmente representa a interação dos sistemas de tempo que atuam na Amazônia Ocidental. A CP5 explica 5,27% da variância total e apresenta uma configuração com gradiente na direção sudoeste-nordeste (Figura 13(e)), este tipo de padrão deve estar associado à ZCAS e sistemas frontais austrais. A sexta CP foi excluída por não atender aos critérios de truncamento de componentes. Estas configurações diferem da precipitação média observada que apresentou a ZCIT com a responsável pela primeira componente e ZCAS/frentes frias austrais pela segunda. Isto ocorre porque as estações estão localizadas ao longo das margens dos rios e isto inibe configurações associada à topografia e de certa forma as convecções locais. No caso da reanálise estes fatores devem aparecer devido ao modelo utilizado na reanálise que contempla a topografia e a convecção cúmulo.



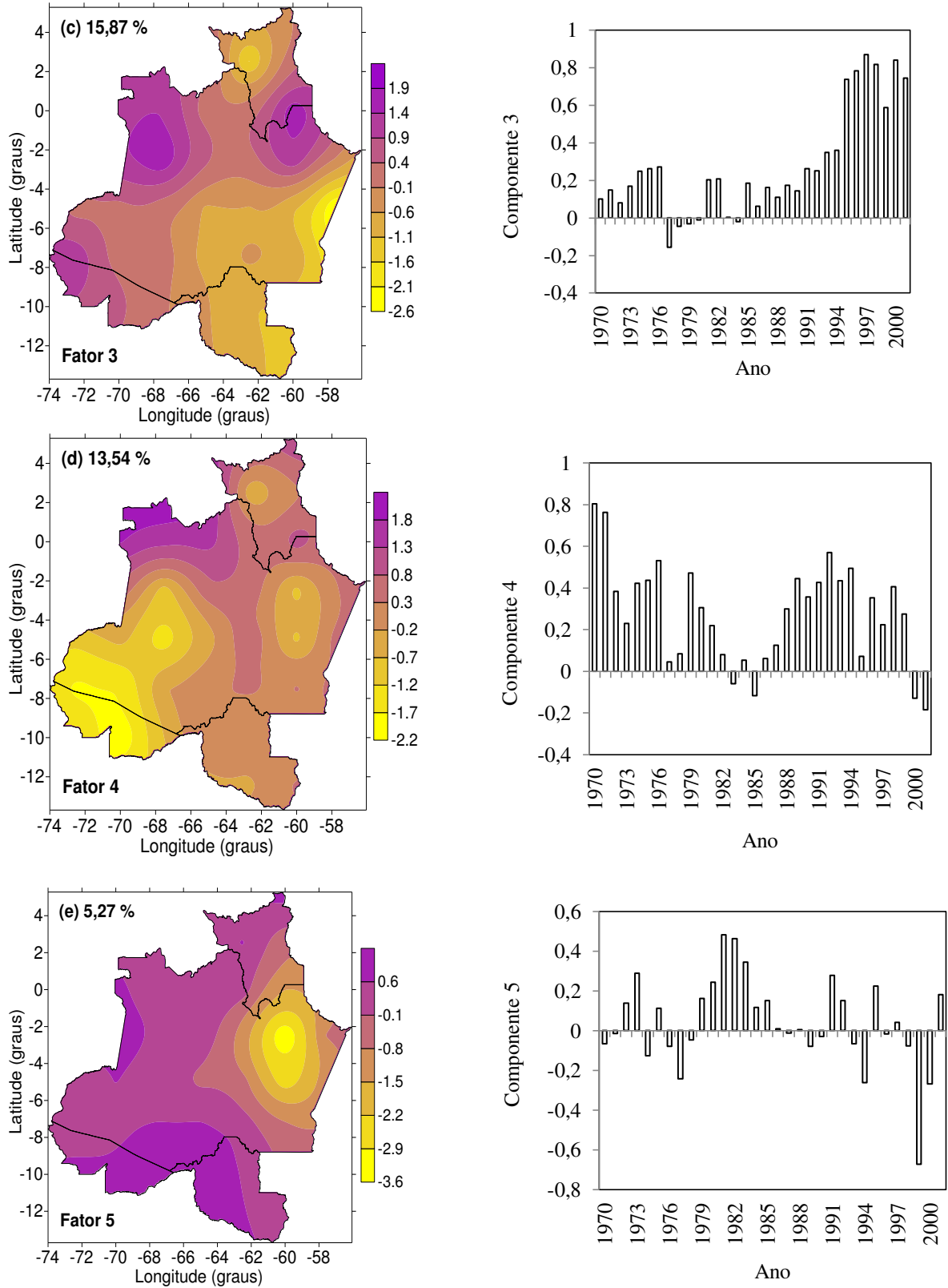
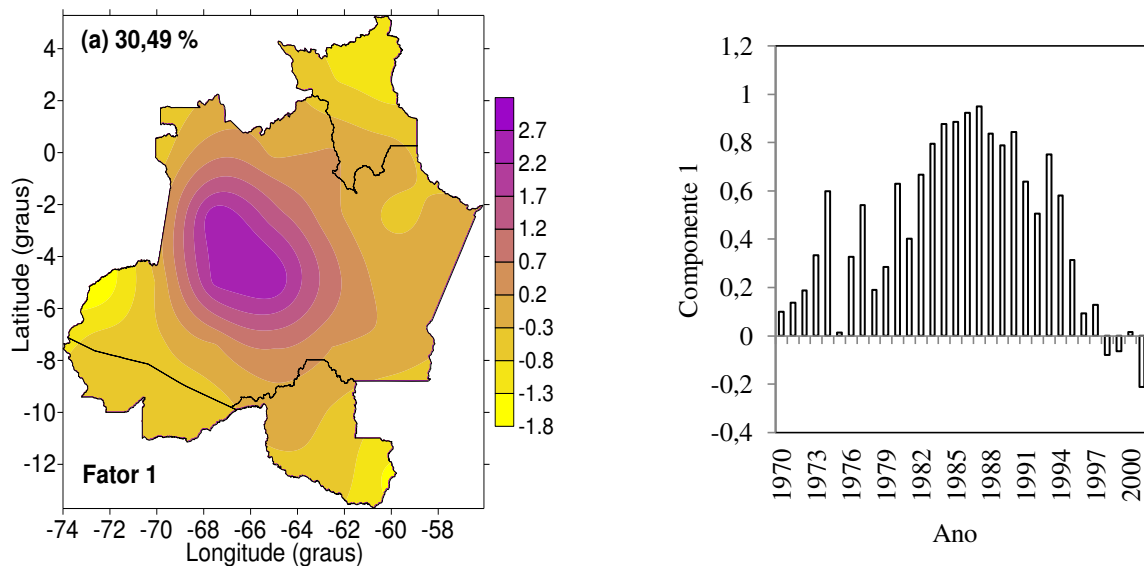


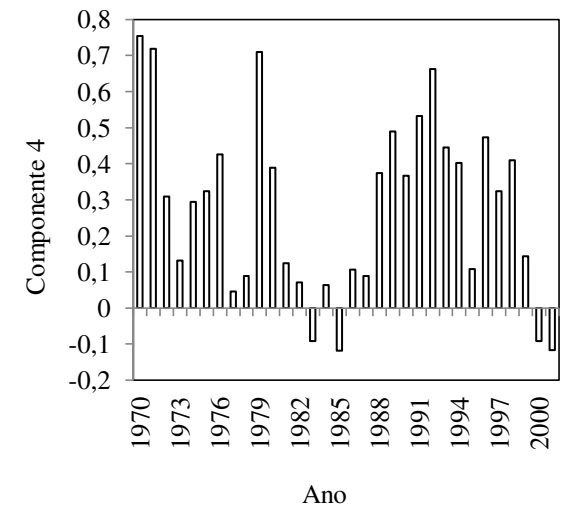
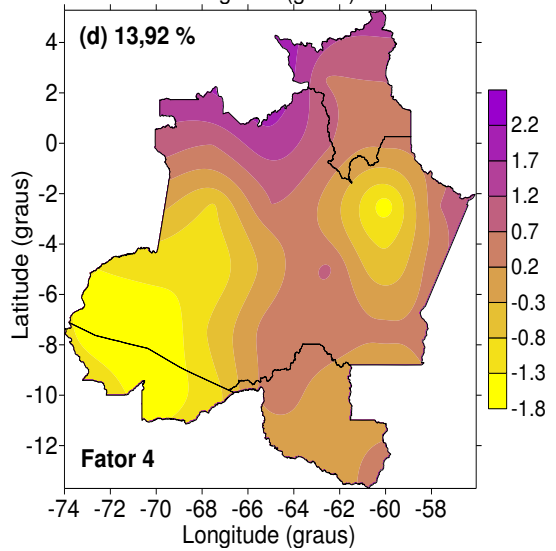
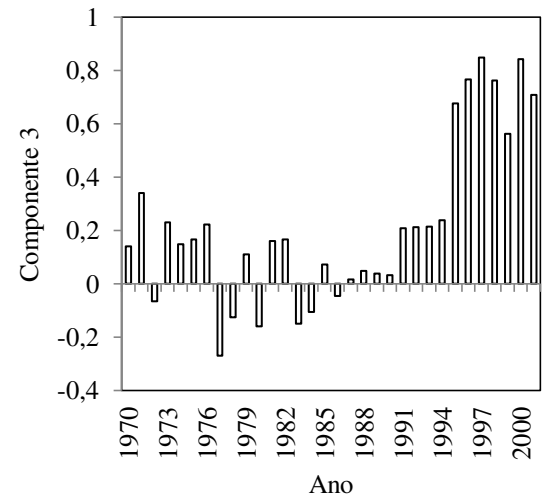
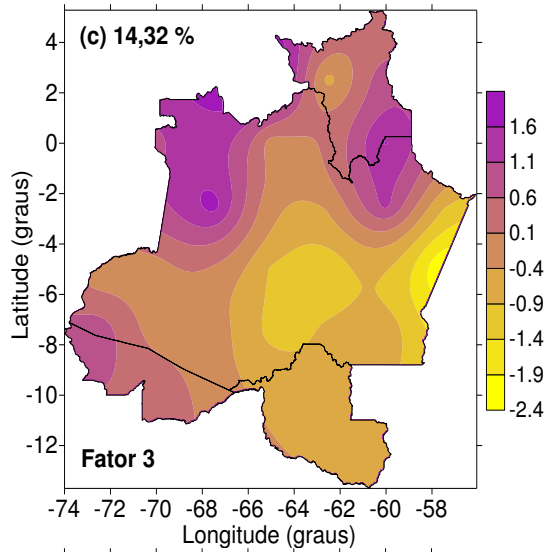
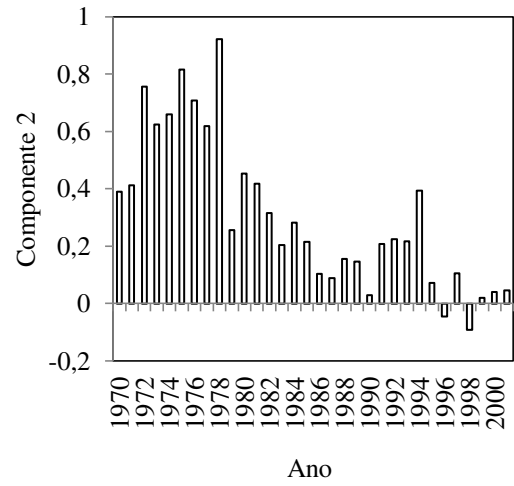
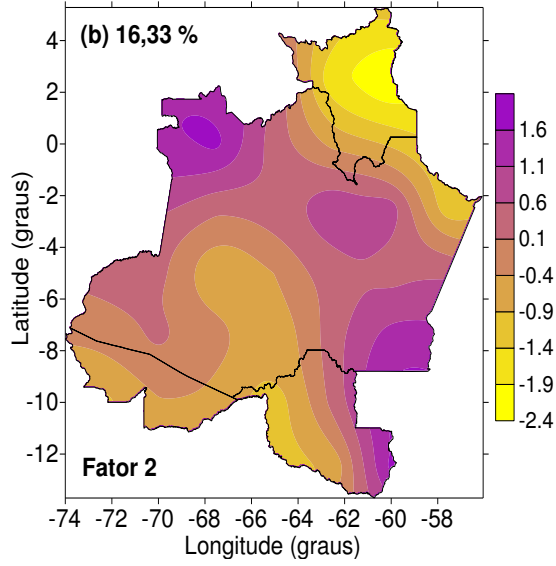
Figura 13: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) do modo de variabilidade do índice PRCPTOT, em mm/ano, para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

Tabela 5: Componentes e contribuição percentual da variância explicada do índice PRCPTOT para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

	Total	Variância %	Acumulado %	Cargas		Rotacionadas	
				Total	Total	Variância %	Acumulado %
1	18,08	56,51	56,51	18,08	10,62	33,18	33,18
2	4,50	14,05	70,57	4,50	6,34	19,81	52,98
3	2,34	7,32	77,89	2,34	5,08	15,87	68,85
4	2,08	6,50	84,39	2,08	4,33	13,55	82,40
5	1,05	3,28	87,67	1,05	1,69	5,27	87,67
6	0,73	2,29	89,96				
...
32	0,0003	0,0010	100				

As cinco primeiras componentes do índice SDII explicam 83,37% da variância total (Tabela 6). Os campos das variabilidades espacial e temporal das cinco componentes são apresentados na Figura 14. Observa-se que as configurações são semelhantes as das PRCPTOT, Figura 14(a), (b), (c), (d) e (e). As causas físicas destas configurações são as mesmas da PRCPTOT.





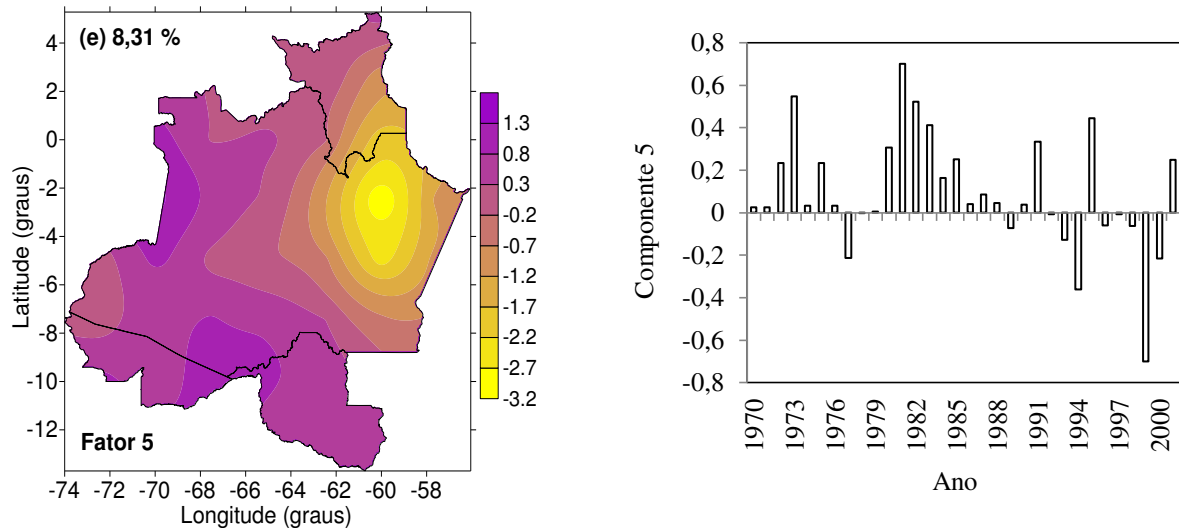


Figura 14: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) das cinco CPs do SDII, em mm/dia, para Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

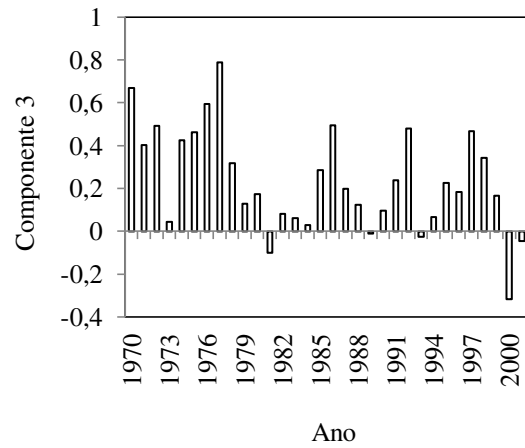
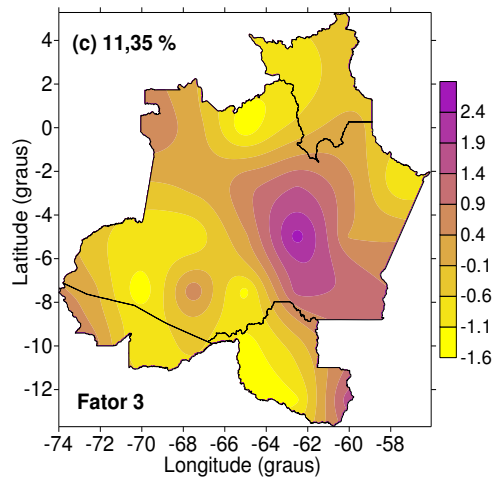
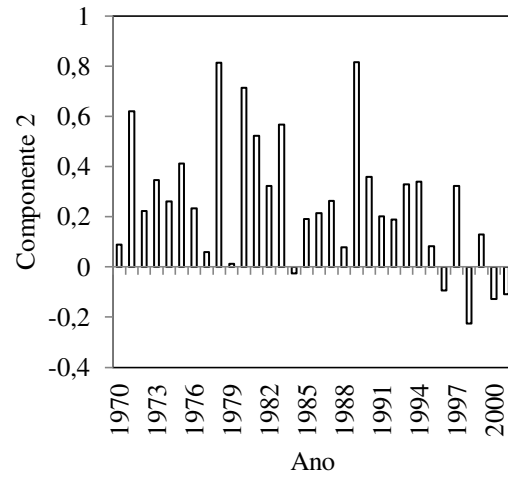
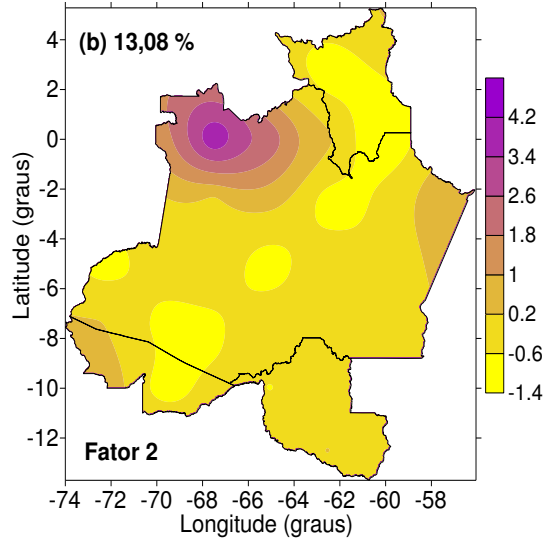
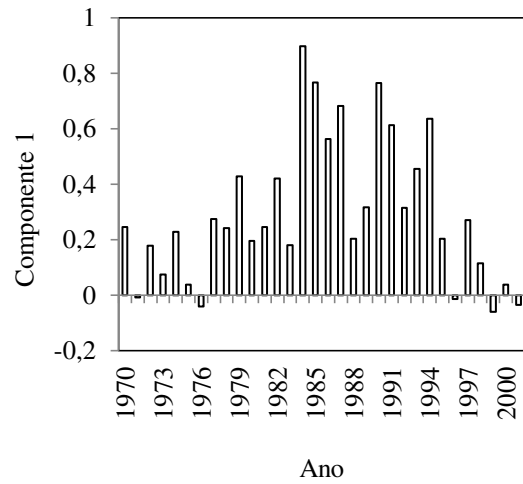
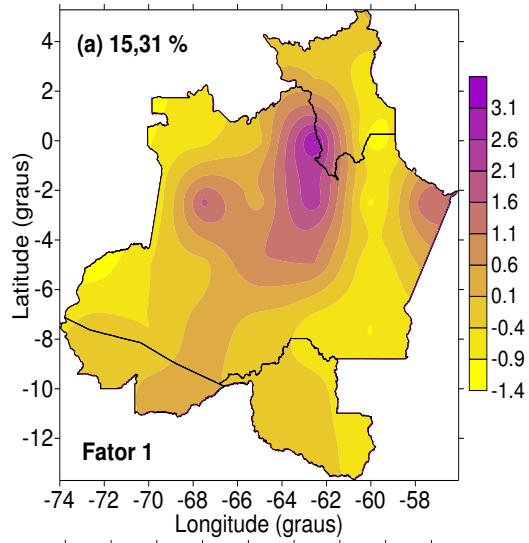
Tabela 6: Componentes e contribuição percentual da variância explicada do índice SDII para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

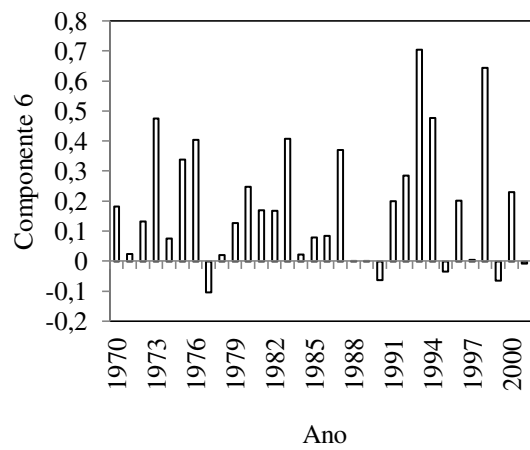
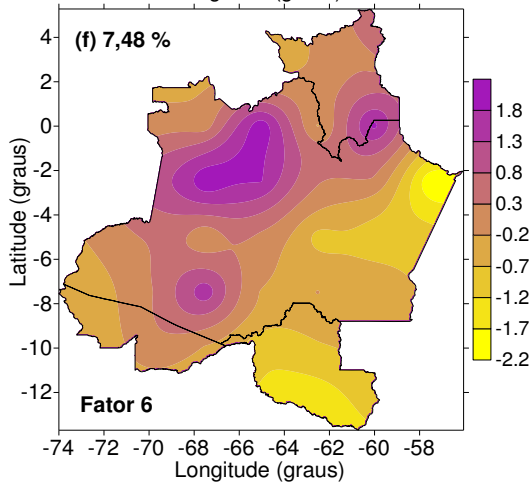
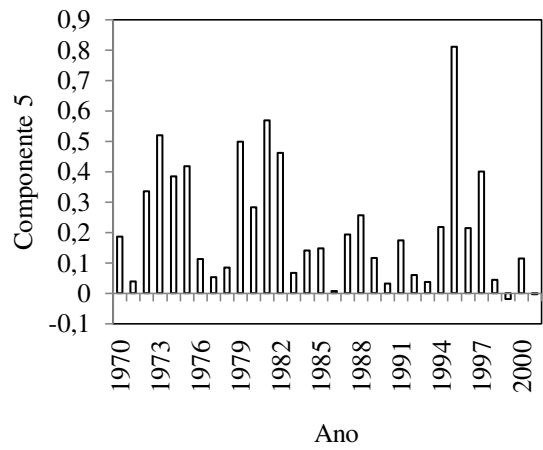
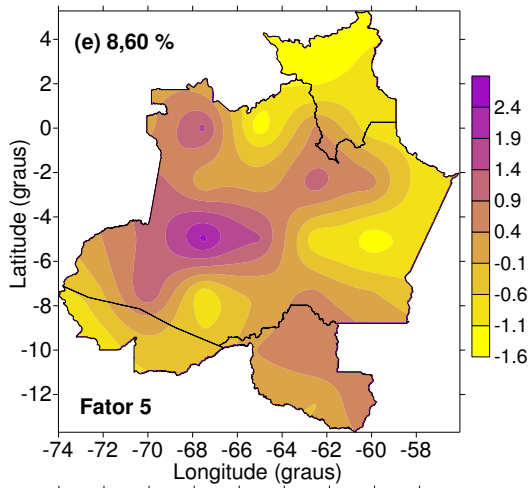
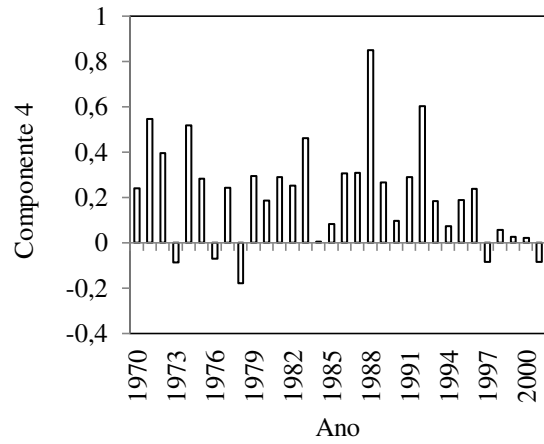
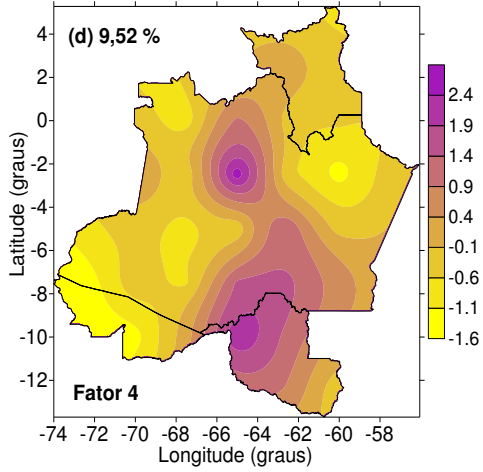
	Autovalor	Variância %	Acumulado %	Total	Cargas Rotacionadas		
					Total	Variância %	Acumulado %
1	14,98	46,82	46,82	14,98	9,76	30,49	30,49
2	5,12	16,00	62,81	5,12	5,22	16,33	46,82
3	2,93	9,15	71,96	2,93	4,58	14,32	61,13
4	2,42	7,56	79,52	2,42	4,46	13,92	75,06
5	1,23	3,85	83,37	1,23	2,66	8,31	83,37
6	0,83	2,59	85,96				
...
32	0,000	0,001	100				

Para o índice DCM observou-se que as nove primeiras CPs apresentam autovalores com carga fatorial maior que 1,0 e o conjunto destas nove CPs explicam 81,69% da variância total (Tabela 7). Não é possível afirmar categoricamente que as cargas do índice DCM, Figura 15, representam fielmente os dias úmidos na área em estudo, haja vista que os valores das variâncias explicadas dessas CPs são baixos quando comparados à variância total explicada.

A principal razão para a obtenção de nove CPs do índice DCM com score significativo é devido ao fato de que a precipitação na Amazônia Ocidental ocorre de forma convectiva. Como isto em um determinado dia pode ocorrer precipitação extremamente forte em uma localidade e na adjacente a precipitação seja mais amena. Em outro dia a precipitação mais forte já ocorre em outra localidade. Portanto, o total anual ou até mesmo mensal de

precipitação entre as diversas localidades são próximos, entretanto, a variabilidade diária pode ser diferente.





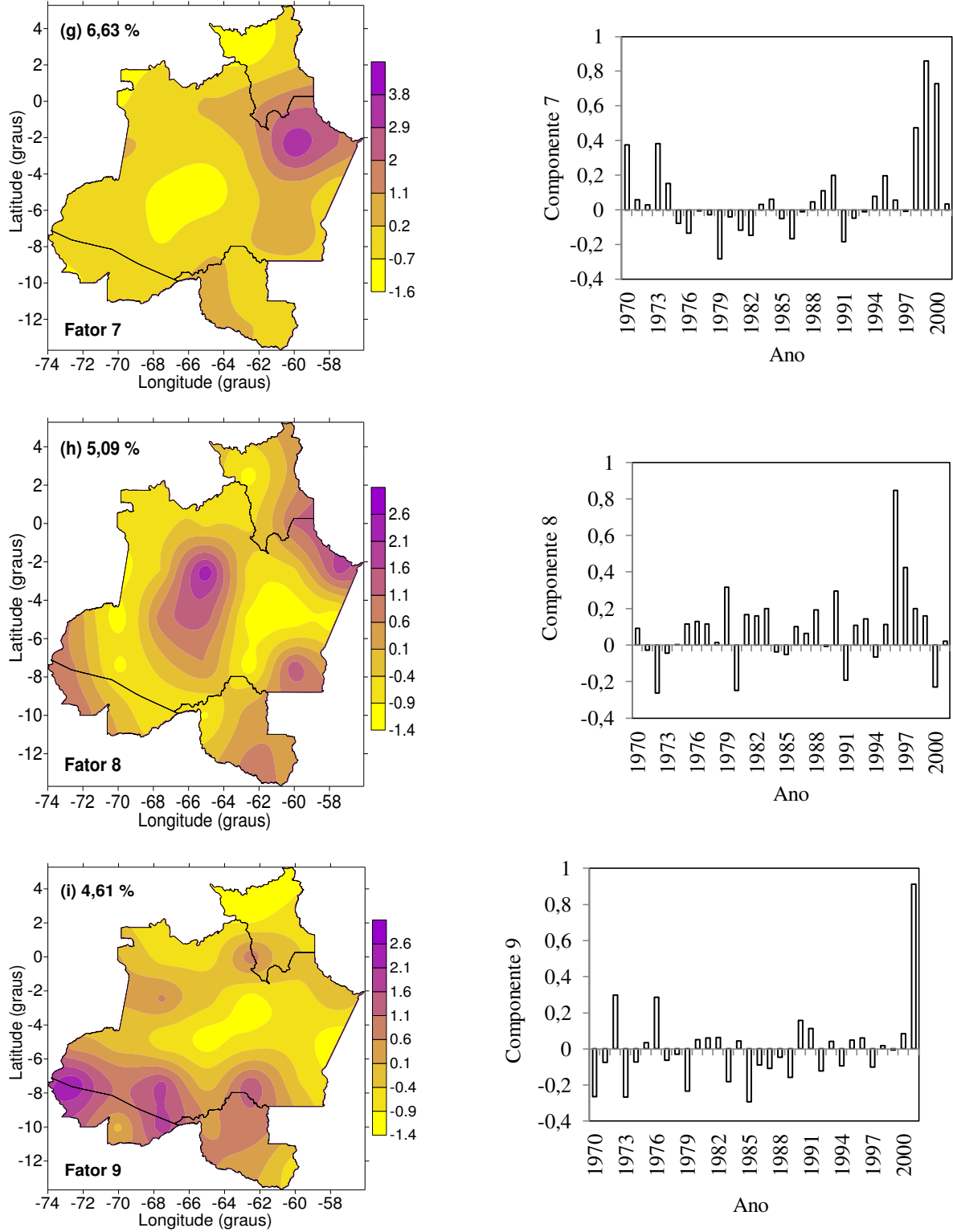
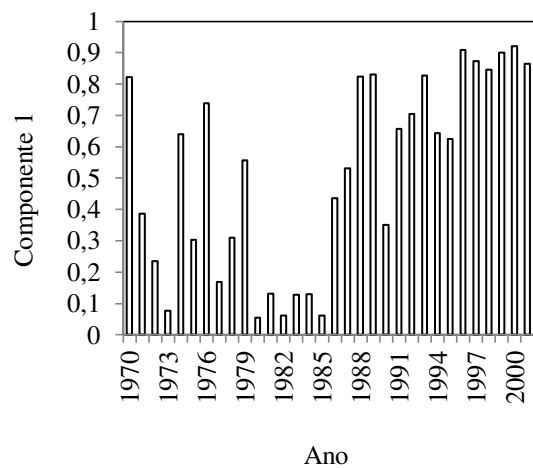
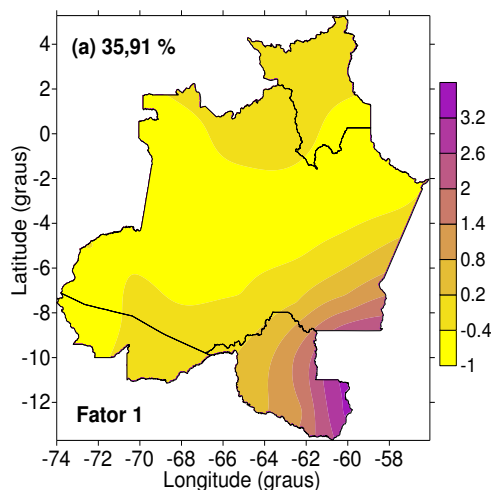


Figura 15: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) do índice DCM para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

Tabela 7: Componentes e contribuição percentual da variância explicada da média do índice DCM anual.

	Variância			Cargas Rotacionadas			
	Autovalor	%	Acumulado %	Total	Total	Variância %	Acumulado %
1	12,61	39,40	39,40	12,61	4,90	15,31	15,31
2	2,49	7,78	47,19	2,49	4,19	13,08	28,39
3	2,27	7,08	54,27	2,27	3,63	11,35	39,74
4	2,11	6,58	60,85	2,11	3,05	9,53	49,27
5	1,60	5,00	65,85	1,60	2,75	8,60	57,87
6	1,49	4,66	70,51	1,49	2,39	7,48	65,36
7	1,30	4,07	74,58	1,30	2,12	6,63	71,99
8	1,26	3,94	78,52	1,26	1,63	5,10	77,09
9	1,02	3,18	81,69	1,02	1,47	4,61	81,69
10	0,88	2,76	84,45				
...
32	0,00	0,01	100				

Para o índice DCS verificou-se que as quatro primeiras CPs apresentam autovalores superiores a 1,0 e explicam aproximadamente 88% da variância total (Tabela 8). As configurações espaciais e temporais das quatro CPs são apresentadas na Figura 16. Observa-se que a CP1 apresenta maiores valores na parte sudeste e a CP2 no norte (Figuras 16(a) e (b)). A distribuição espacial das cargas da CP3 e CP4, Figuras 15 (c) e (d) mostra valores elevados de DCS na parte norte e sul, respectivamente.



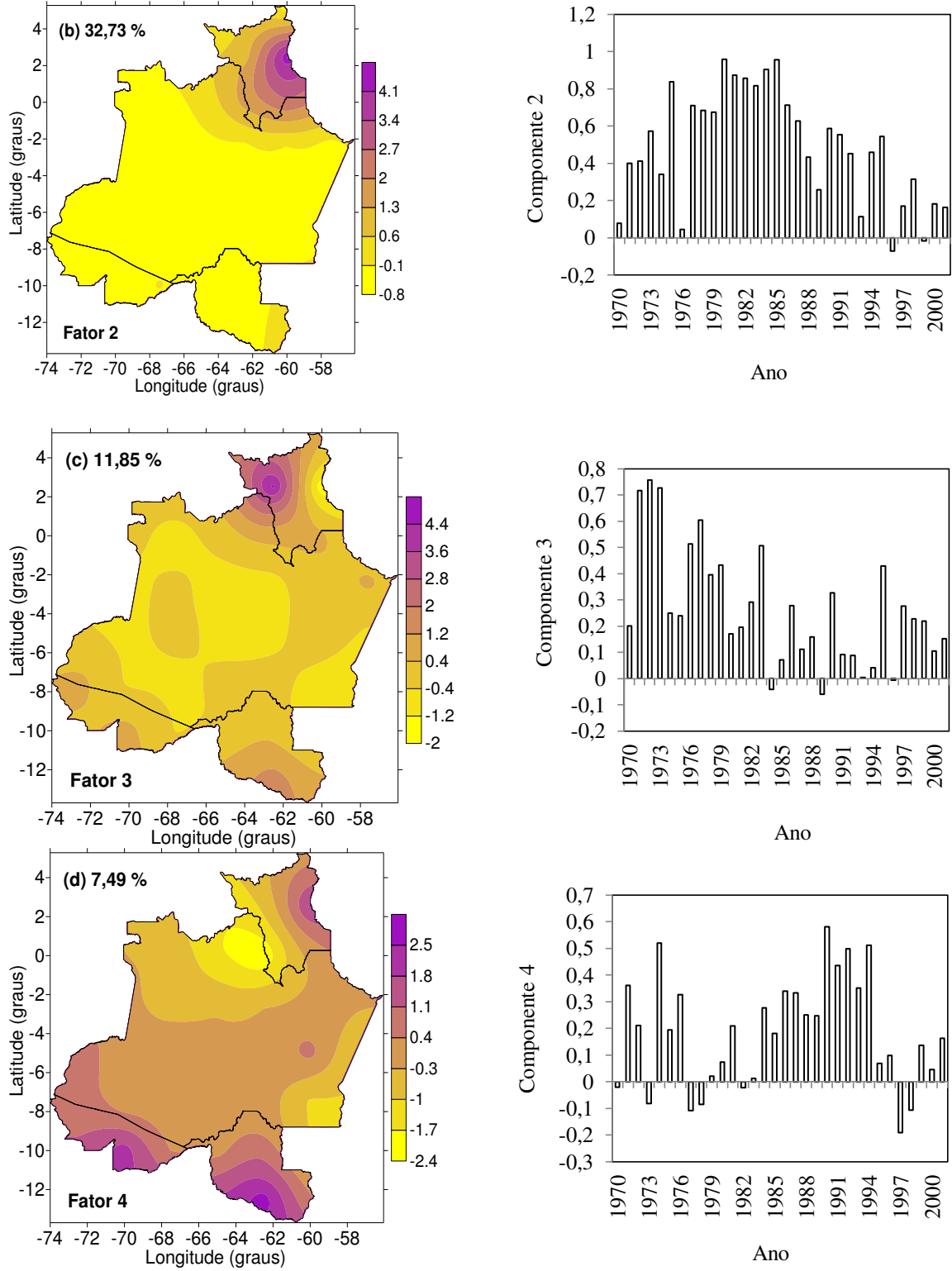
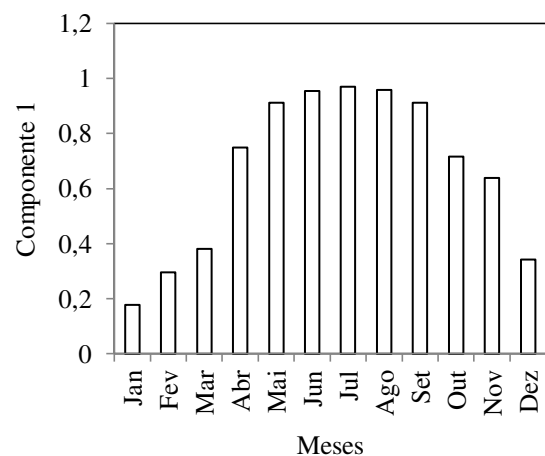
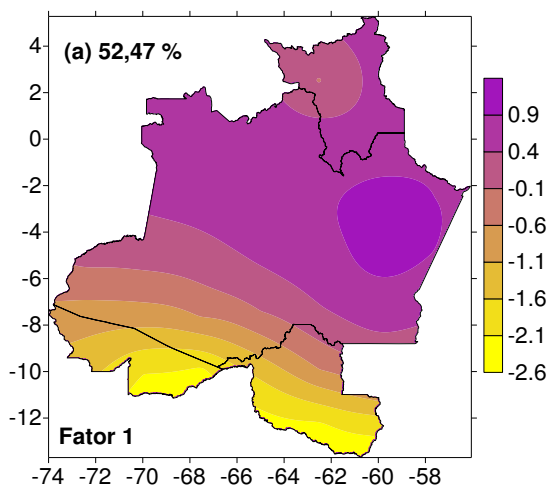


Figura 16: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) do índice DCS para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

Tabela 8: Componentes e contribuição percentual da variância explicada do índice DCS para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

	Autovalor	Variância %	Acumulado %	Cargas		Rotacionadas	
				Total	Total	Variância %	Acumulado %
1	19,74	61,67	61,67	19,74	11,49	35,91	35,91
2	5,60	17,49	79,16	5,60	10,47	32,73	68,64
3	1,81	5,66	84,83	1,81	3,79	11,85	80,49
4	1,01	3,15	87,98	1,01	2,40	7,49	87,98
5	0,80	2,49	90,47				
...
32	0,00	0,00	100,00				

Para o índice TNn observou-se que apenas duas componentes apresentam autovalor superior a 1,0 e explicam aproximadamente 98% da variância total do índice (Tabela 9). Isto ocorre porque a Amazônia Ocidental encontra-se na faixa equatorial do globo e nesta área, as temperaturas mínimas das mínimas médias mensais, de 32 anos, são homogêneas em quase toda área. A configuração espacial da primeira componente apresenta um gradiente quase meridional (Figura 17(a)), porém um pouco inclinado na direção sudoeste-nordeste. Este fator explica 52,47% da variância total. A segunda componente explica 45,43% da variância total do índice TNn com valores positivos em quase toda área de estudo com exceção de pequena porção ao norte que apresenta correlações negativas, área que sofre influência da topografia, principalmente do Monte Roraima (Figura 17(b)).



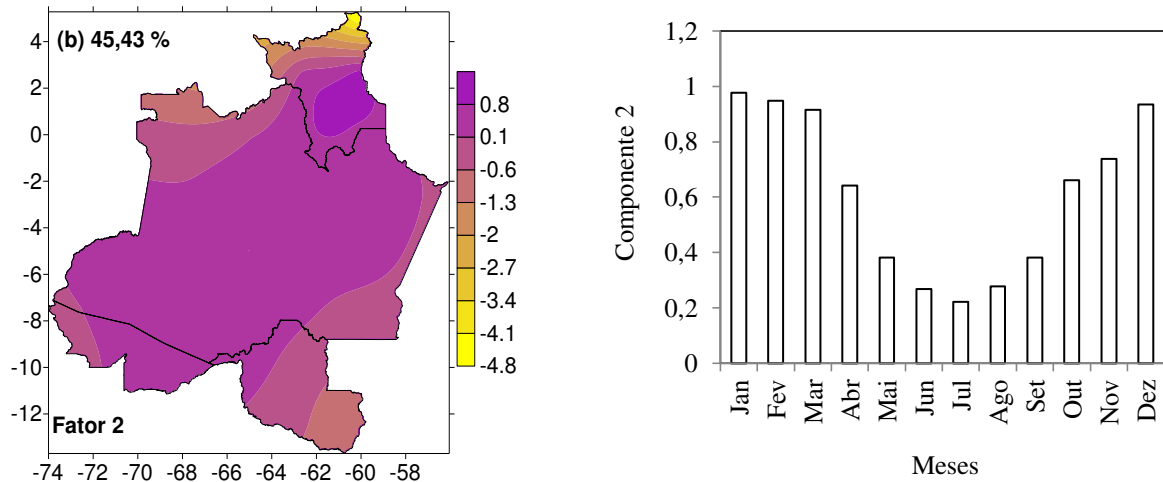


Figura 17: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) do índice TNn médio mensal (°C) para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

A Tabela 9 apresenta as componentes e contribuição percentual da variância explicada do índice TNn médio mensal para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

Tabela 9: Componentes e contribuição percentual da variância explicada do índice TNn médio mensal para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

	Total	Variância %	Acumulado %	Cargas Rotacionadas			
				Total	Total	Variância %	Acumulado %
1	9,88	82,34	82,34	9,88	6,30	52,47	52,47
2	1,87	15,55	97,89	1,87	5,45	45,42	97,89
3	0,12	0,97	98,86				
...				
12	0,001	0,009	100				

Assim como o índice TNn para o índice TNx os resultados também apresentam apenas duas CPs com autovalores superiores a 1,0 e explicam mais de 93% de variância total (Tabela 10). As causas físicas para a obtenção destes resultados são as mesma apontadas para o TNn. Os valores positivos da primeira componente do índice TNx concentram-se sobre o estado de Roraima, Figura 18 (a) e para a segunda componente na parte leste da Amazônia Ocidental, Figura 18(b).

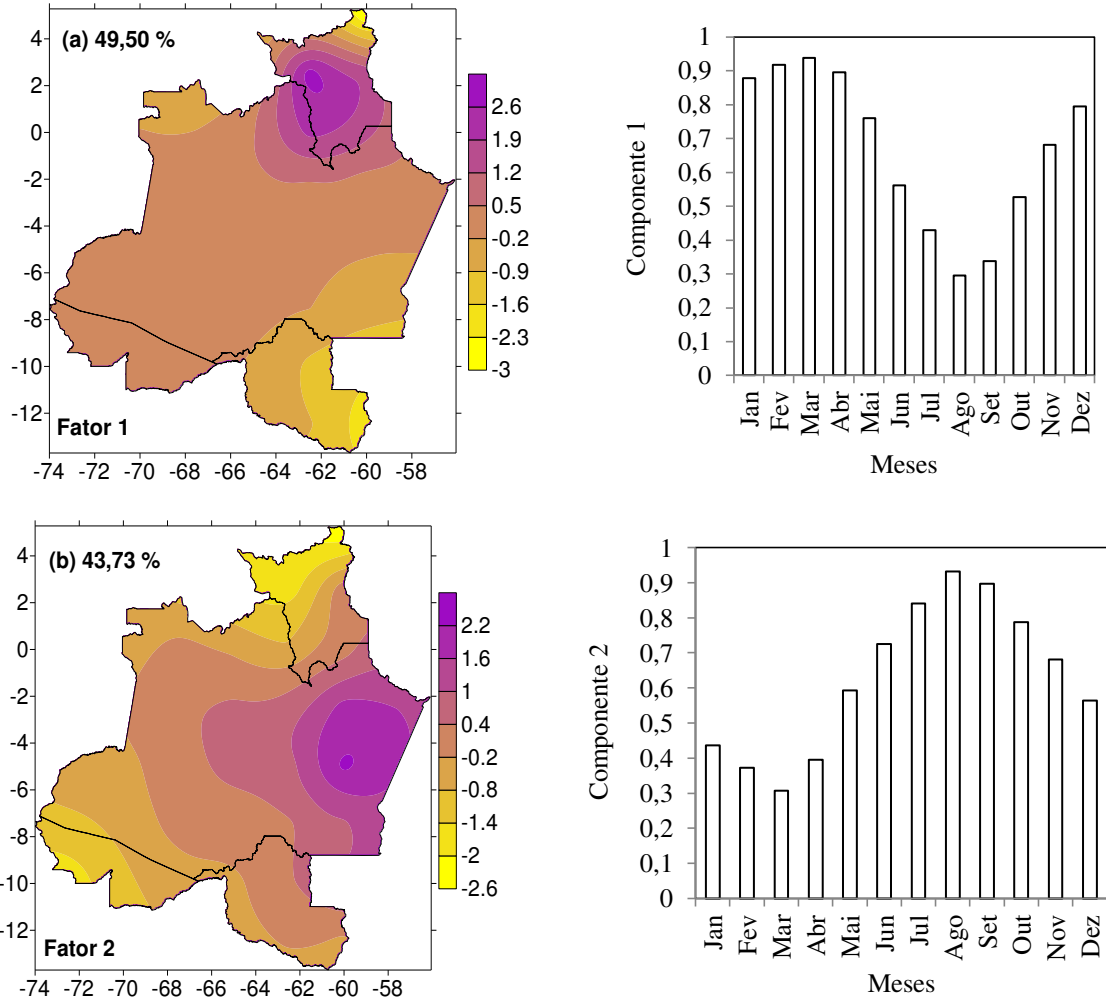


Figura 18: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) do índice TNx médio mensal (°C) de reanálise para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

Tabela 10: Componentes e contribuição percentual da variância explicada do índice TNx médio mensal (°C) para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

	Total	Variância %	Acumulado %	Cargas		Rotacionadas	
				Total	Variância %	Total	Acumulado %
1	10,10	84,16	84,16	10,10	5,94	49,50	49,50
2	1,09	9,07	93,23	1,09	5,25	43,73	93,23
3	0,55	4,61	97,84				
...				
12	0,002	0,014	100				

Nas Figuras 19 (a) e (b) são apresentados as configurações espaciais e temporais das duas primeira CPs do índice TXn, que são as únicas que apresentaram autovalores superiores a 1,0 e explicam mais de 93% da variância total dos dados de TXn (Tabela 11). As razões físicas para estas configurações são as mesmas do índice TNn.

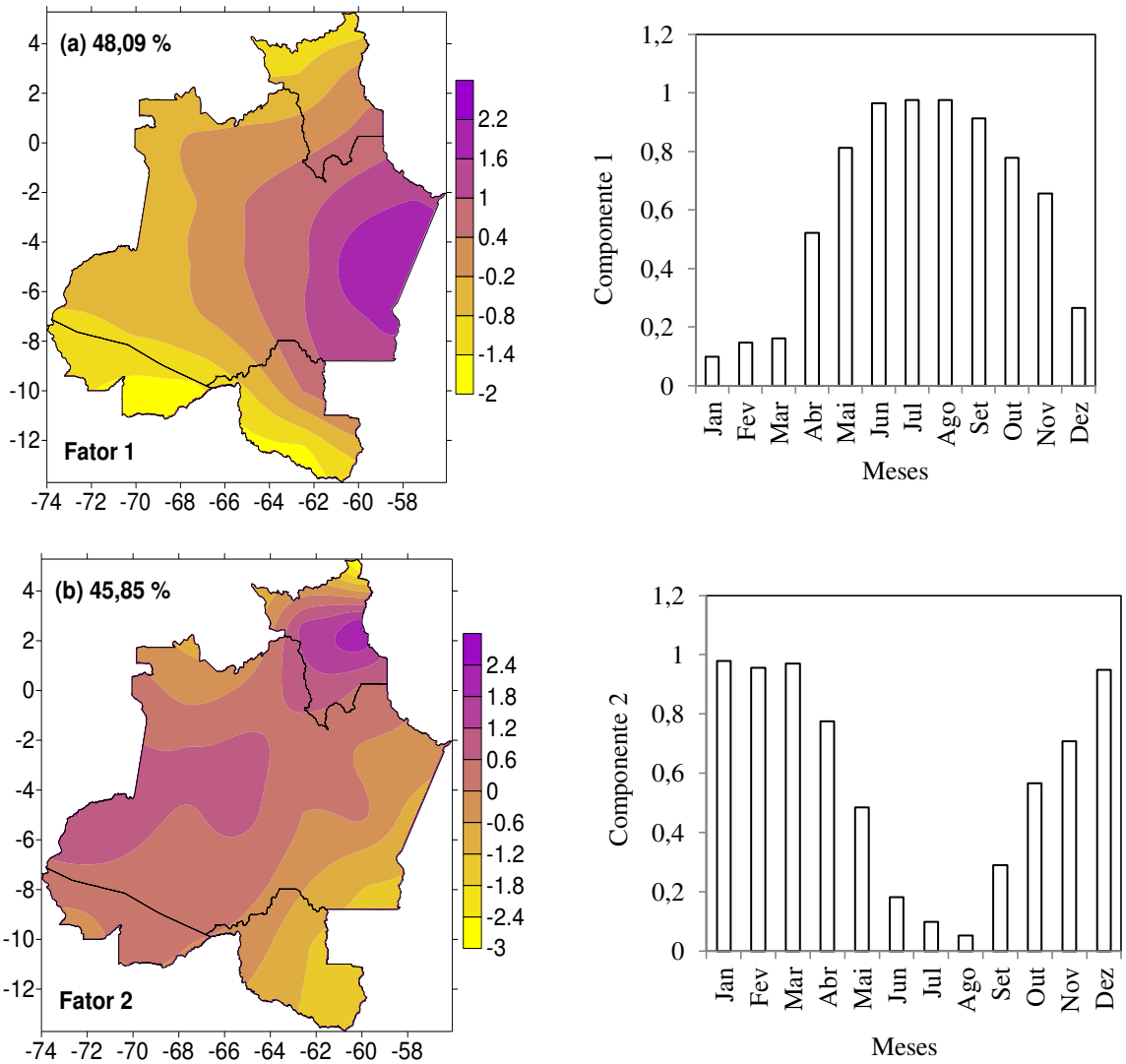


Figura 19: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) do índice TXn médio mensal (°C) para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

Tabela 11: Componentes e contribuição percentual da variância explicada do índice TXn médio mensal (°C) para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

	Total	Variância %	Acumulado %	Cargas Rotacionadas			
				Total	Total	Variância %	Acumulado %
1	8,58	71,52	71,52	8,58	5,77	48,10	48,10
2	2,69	22,43	93,95	2,69	5,50	45,85	93,95
3	0,29	2,43	96,38				
...				
12	0,01	0,05	100				

Na Figura 20 observa-se o comportamento das duas primeiras CPs do índice TXx com autovalor superior a 1,0. Estas duas CPs explicaram mais de 94% da variância total (Tabela 12). A configuração espacial da CP1 apresenta os maiores valores na parte leste nos meses de

maio a outubro, Figura 20 (a). A CP2 apresentou suas cargas positivas predominantemente na parte norte da área de estudo, Figura 20(b).

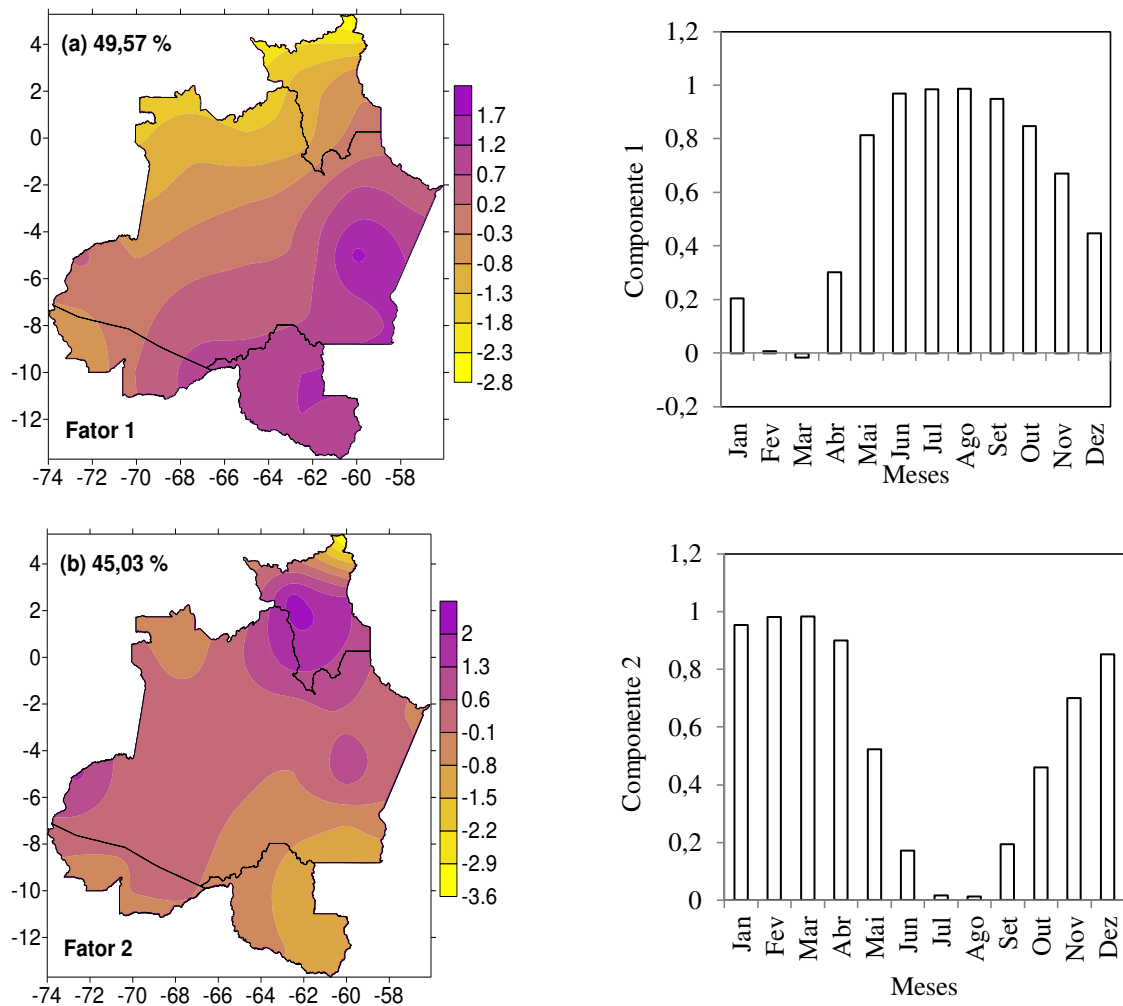


Figura 20: Distribuição espacial (mapa) e temporal (gráfico) do índice TXx médio mensal (°C) para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

Tabela 12: Componentes e contribuição percentual da variância explicada do índice TXx médio mensal (°C) para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

	Total	Variância %	Acumulado %	Cargas Rotacionadas			
				Total	Total	Variância %	Acumulado %
1	8,19	68,24	68,24	8,19	5,95	49,57	49,57
2	3,16	26,37	94,61	3,16	5,40	45,03	94,61
3	0,28	2,35	96,96				
...				
12	0,002	0,016	100				

5.6. Caracterização e Análise das regiões homogêneas

Após as análises da configuração espacial da climatologia anual das temperaturas do ar máximas e mínimas e da precipitação da Amazônia Ocidental e das análises de componentes principais dos índices de extremo climáticos realizou-se a análise de agrupamentos para identificar regiões homogêneas de acordo com as características de cada variável, que neste caso, corresponderam às similaridades climáticas da temperatura do ar e da precipitação e dos seus índices de extremos climáticos.

A distribuição das regiões homogêneas da precipitação e temperatura reflete sua associação com parâmetros meteorológicos em escala intra e intersazonais e interanual, fisiológicos (vegetação), topográficos, continentalidade e latitudinal explicando a localização de cada região e características térmicas existentes.

Os grupos homogêneos dos pontos de grade e estações meteorológicas foram identificados por meio do corte transversal no dendrograma, utilizando o critério matemático da inércia para divisão prévia de grupos nos quatro métodos estudados (Ligação Simples, Ligação Completa, Centróide e Ward); o método de Ward foi o que melhor representou a natureza dos dados através da semelhança com as características climáticas, utilizando como medida de similaridade (ou função de agrupamento) a distância euclidiana. Através do dendrograma, pode-se perceber a sequência de agrupamentos, juntamente com o corte transversal para obtenção dos grupos.

A análise de agrupamento pelo método hierárquico de Ward mostra o dendrograma representativo da homogeneidade existente entre os índices climáticos de cada estação meteorológica e pontos de grade. Um corte na horizontal, delimitando a formação de dois grupos intra-homogêneos se mostrou mais eficaz e melhor distribuído que outro corte.

5.6.1. Análise de agrupamento do índice TNn

De acordo com o dendrograma do índice TNn identificou-se duas regiões homogêneas para a Amazônia Ocidental (Figura 21) denominadas de R1 e R2.

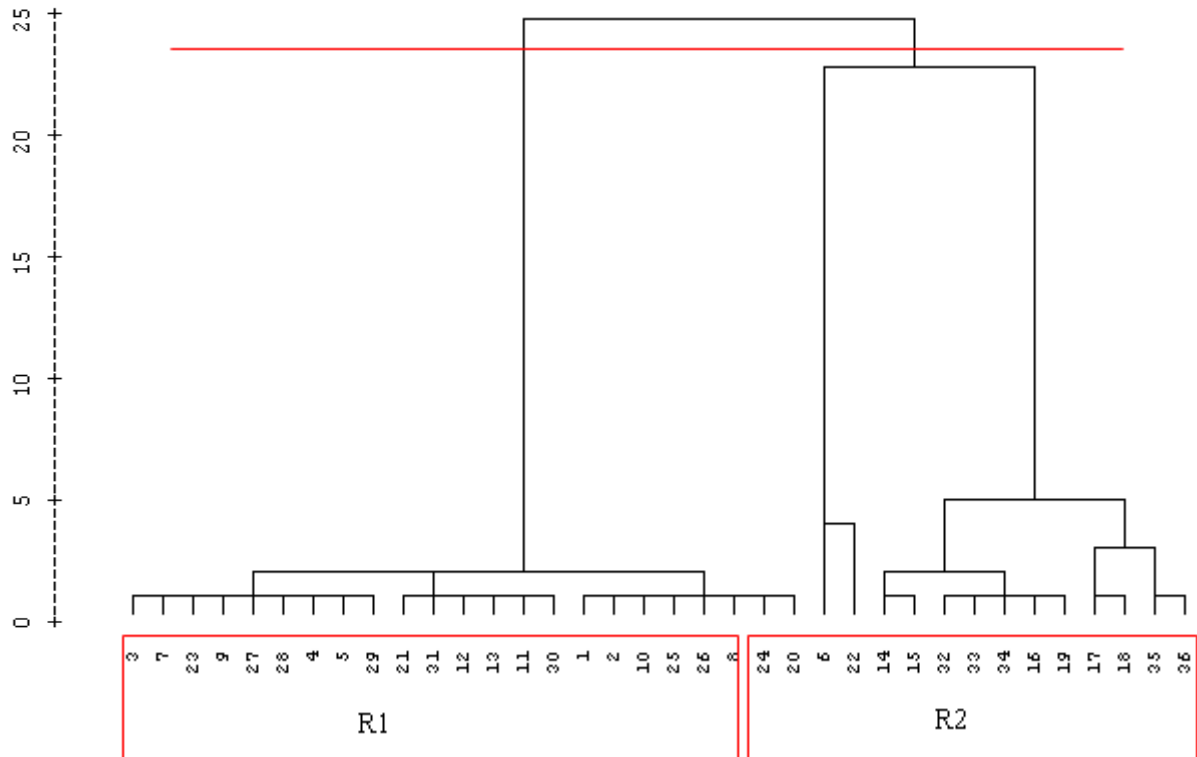


Figura 21: Dendrograma do índice de TNn proveniente de reanálise para a Amazônia Ocidental (1970-2001), através do método de Ward utilizando a distância euclidiana como medida de similaridade.

As regiões homogêneas do índice TNn são mostrada na Figura 22. A região R1 abrange a parte central da Amazônia Ocidental onde se observa que os pontos de grade próximos à linha do equador apresentaram valores mais elevados de temperatura mínima das mínimas, enquanto as localidades mais ao sul/norte que representam a região R2 apresentaram valores menores de temperatura, ou seja, a latitude e a topografia, uma vez que a calha principal do rio Solimões-Amazonas corre na direção oeste-leste em torno de 2,5°S, são fundamentais na determinação da homogeneidade das temperaturas mínimas das mínimas.

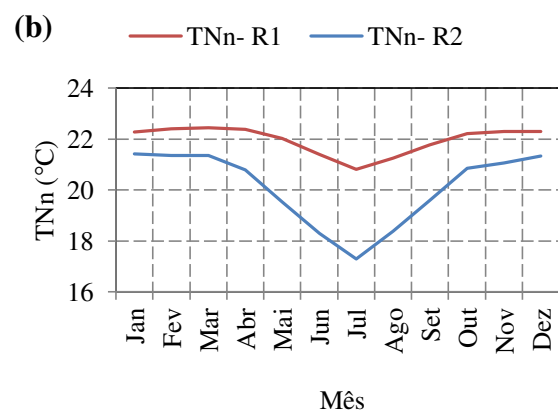
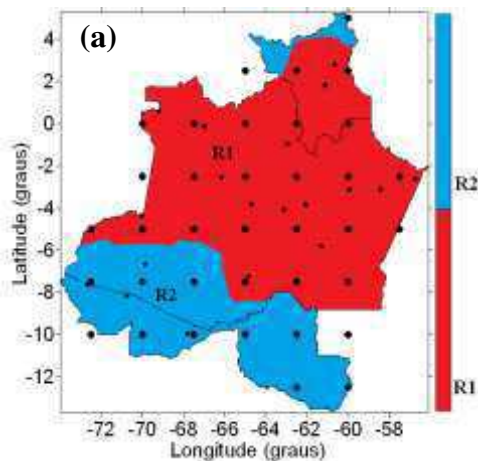


Figura 22: Regiões homogêneas do índice TNn (a) distribuição espacial e (b) temporal, para Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

5.6.2. Análise de agrupamento do índice TNx

A Figura 23 mostra o dendrograma do índice TNx para a Amazônia Ocidental, por meio de um corte no dendrograma (linha vermelha) obtém-se duas regiões homogêneas, denominadas de R1 e R2.

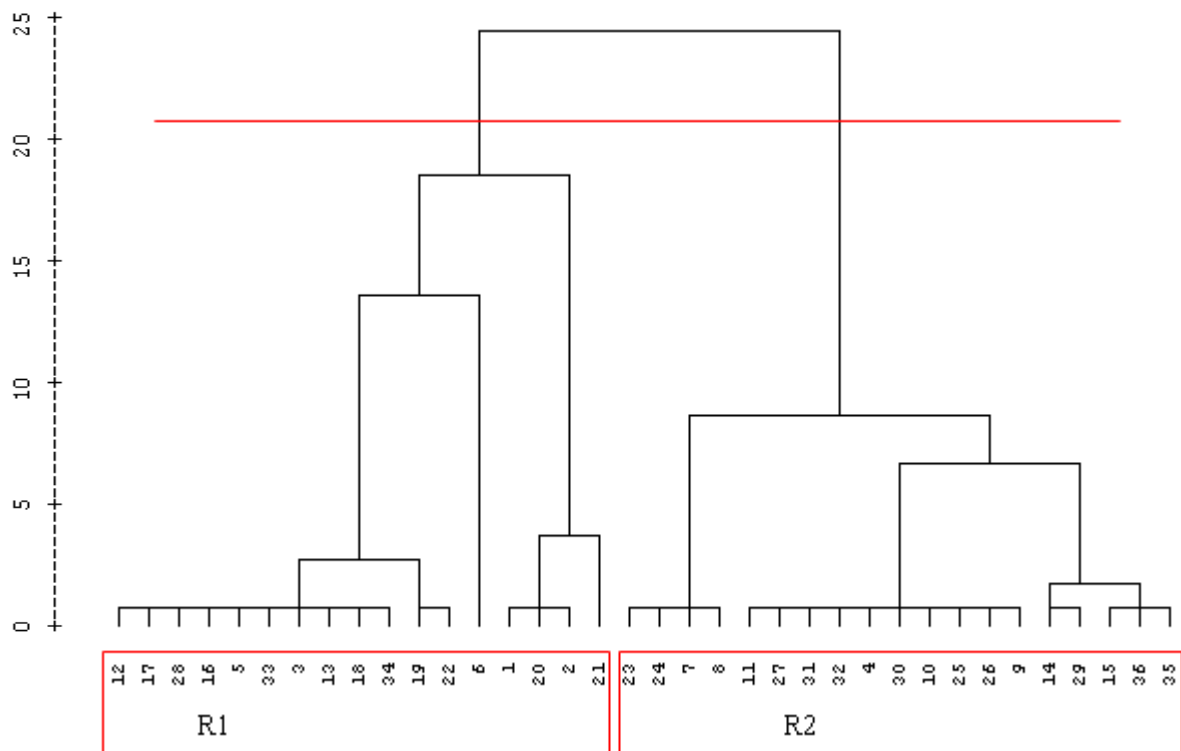


Figura 23: Dendrograma do índice de TNx para a Amazônia Ocidental, no período 1970-2001.

A Figura 24 apresenta as regiões homogêneas do índice TNx. Observa-se que região R1 que engloba o Estado de Roraima, oeste e sudoeste do Amazonas e o Estado do Acre em função da maior ou menor exposição aos sistemas extratropicais e a topografia. A região R2 engloba o estado de Rondônia que se encontra sob a influência de sistemas extratropicais tanto quanto ou até mais o estado do Acre, mas provavelmente devido à posição geográfica, Rondônia apresentou as mesmas variabilidades intersazonal e interanual do estado do Amazonas. É importante ressaltar que os sistemas extratropicais excepcionalmente intensos que se deslocam em direção à região amazônica, causando friagens.

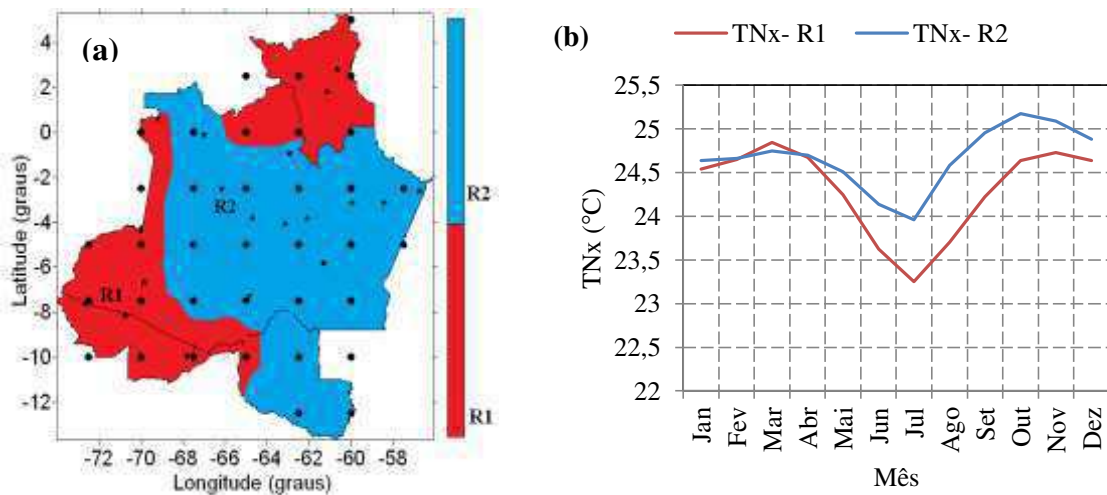


Figura 24: Regiões homogêneas de TNx (a) distribuição espacial e (b) temporal, para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

5.6.3. Análise de agrupamento do índice TXn

A Figura 25 mostra o dendrograma representativo da homogeneidade existente entre os pontos de grade do índice TXn na Amazônia Ocidental. Verifica-se que é possível uma delimitação em dois grupos intra-homogêneos. Assim, como no caso da temperatura mínima, esta delimitação em apenas dois grupos decorre da homogeneidade das temperaturas mínimas das máximas na Amazônia Ocidental, região inserida na faixa equatorial do globo.

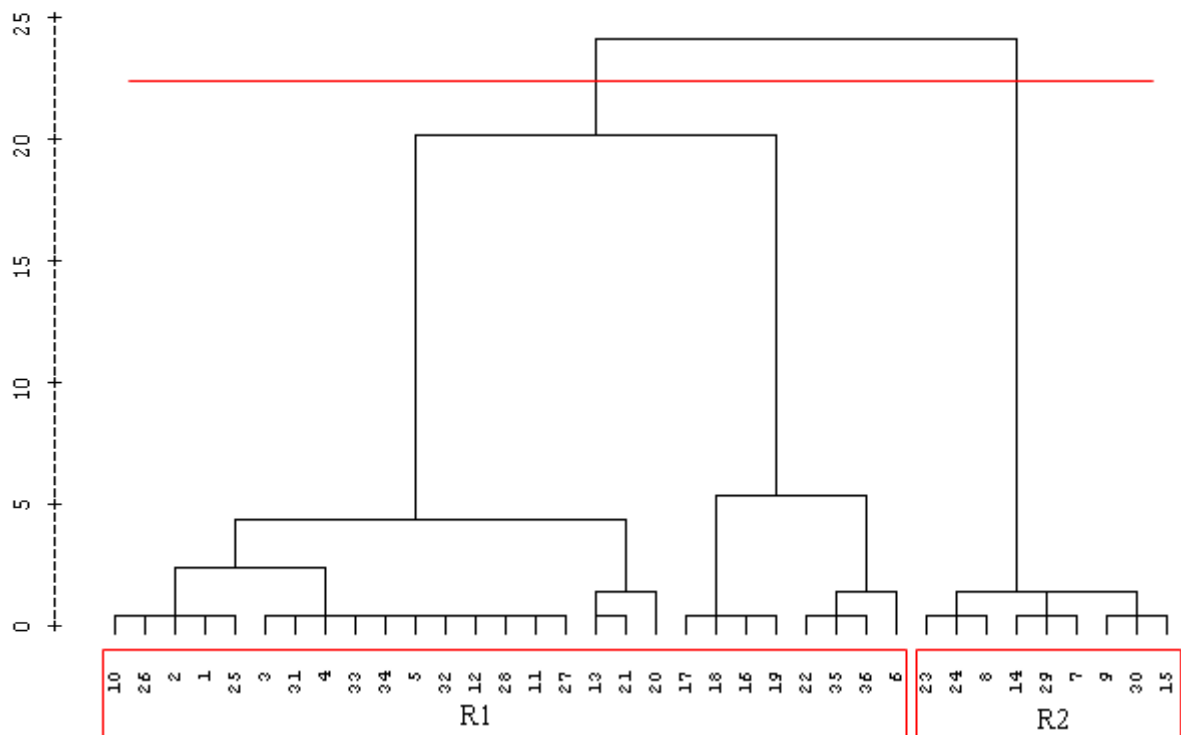


Figura 25: Dendrograma do índice de TXn para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

As regiões homogêneas do índice TXn são mostradas na Figura 26. Observa-se que a região R1 abrange o norte, centro-oeste e sul da Região onde se encontra os menores valores de temperatura mínima das máximas, enquanto, na parte leste, região R2, ocorre temperatura mínima das máximas mais elevada. Esta configuração é decorrente da topografia e continentalidade.

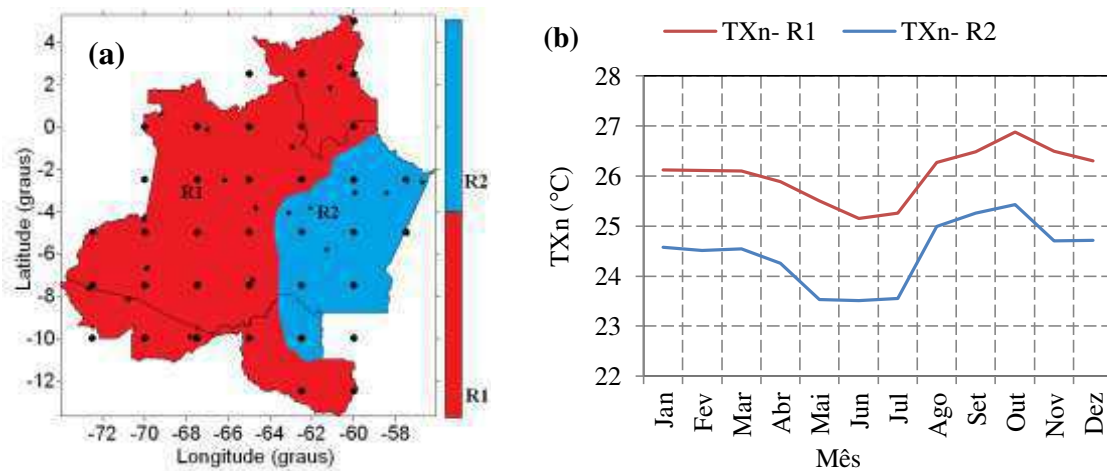


Figura 26: Regiões homogêneas de TXn (a) distribuição espacial e (b) temporal, para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

5.6.4. Análise de agrupamento do índice TXx

Seguindo as configurações de regiões homogêneas dos índices TNn, TNx e TXn, o índice TXx também apresentou duas regiões homogêneas na Amazônia Ocidental, como mostra o dendrograma da Figura 27. A princípio pode-se até imaginar uma única região homogênea para a temperatura máxima das máximas, mas a continentalidade e a latitude regional proporcionou a divisão em duas regiões.

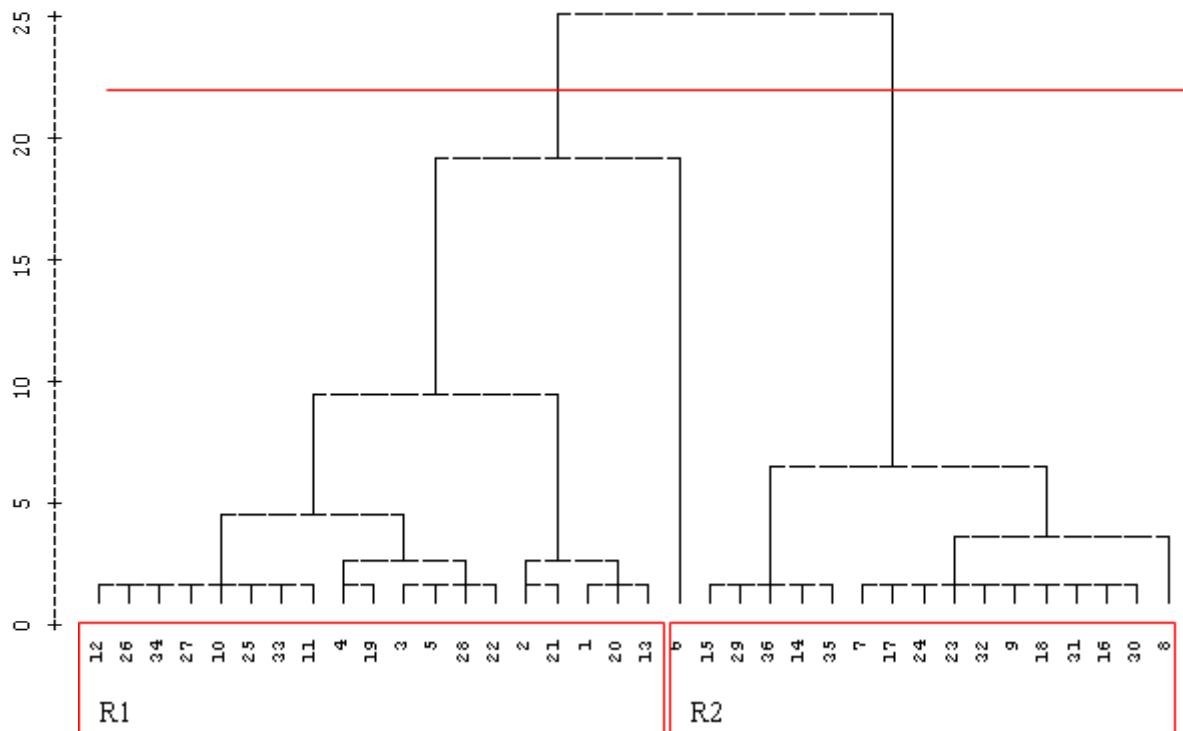


Figura 27: Dendrograma do índice de TXx para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

A partir da configuração espacial do índice TXx (Figura 28) verifica-se que a área com maiores máximas encontra-se na parte noroeste, área mais distante do oceano Atlântico, enquanto as áreas com menores máximas das máximas estão concentradas na parte sudeste (Figura 28), ou seja, nas latitude mais ao sul e de certa forma mais próximo do Atlântico, principalmente o nordeste do estado do Amazonas.

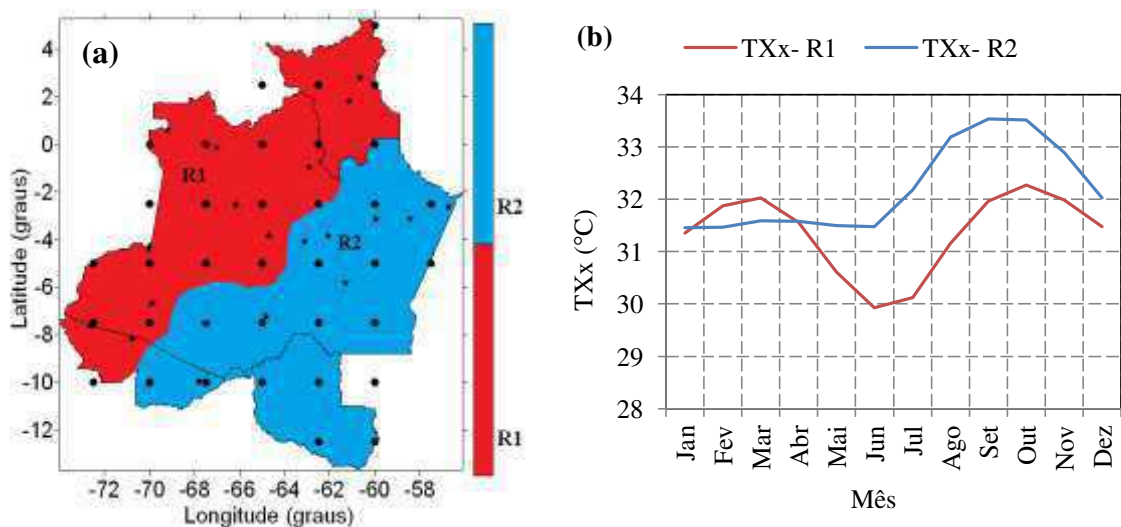


Figura 28: Regiões homogêneas de TXx (a) distribuição espacial e (b) temporal, para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

5.6.5. Análise de agrupamento da temperatura observada

O dendrograma para determinação das regiões homogêneas para a temperatura máxima observada é mostrado na Figura 29. Observa-se que foram identificadas por meio do corte transversal duas regiões.

As configurações espacial e temporal da Temperatura Máxima observada são mostradas na Figura 30. Espacialmente nota-se uma região ao sul de 1°S e outra ao norte desta latitude, enquanto no tempo observa-se que de um modo geral cada região apresenta temperaturas máximas mais elevada no verão e menos elevada no inverno de cada Hemisfério. Na parte sul da região nos meses de inverno, de junho a agosto, pode ocorrer influência da massa polar atlântica, que atinge a Amazônia ocidental ocasionando friagens, ou seja, súbito rebaixamento da temperatura em uma região normalmente muito quente.

Em geral, verifica-se que a latitude é o principal fator na determinação de regiões homogêneas da temperatura máxima na Amazônia Ocidental. Em relação à temperatura máxima observada a região em estudo sofre pouca influência da topografia, pois as estações meteorológicas estão quase todas localizadas nas áreas ribeirinhas. Além disso, a constante afluência de energia solar também implica no aumento da temperatura, bem como, o efeito da continentalidade e a baixa altitude são fatores que contribuem para elevar a temperatura média desta região.

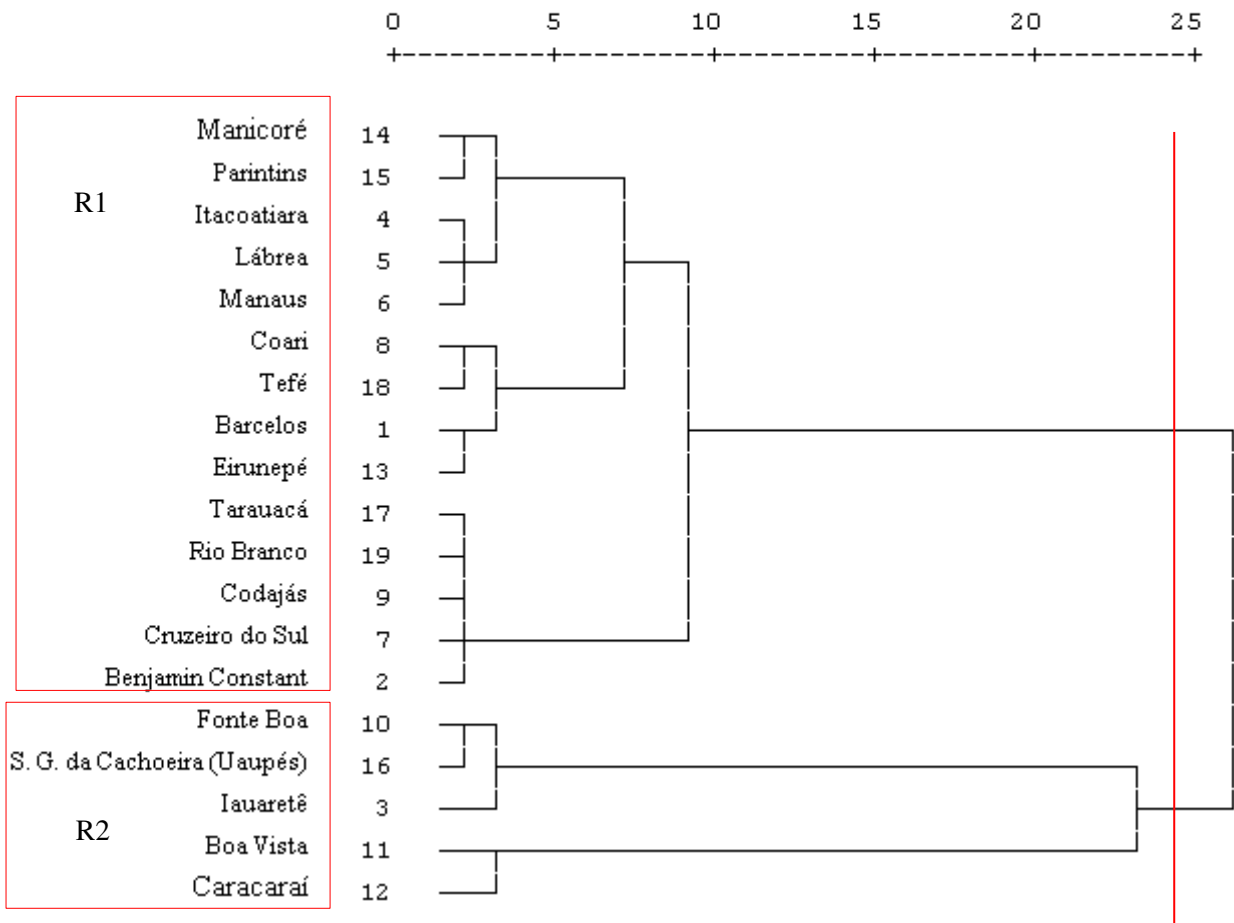


Figura 29: Dendrograma da Temperatura máxima observada para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

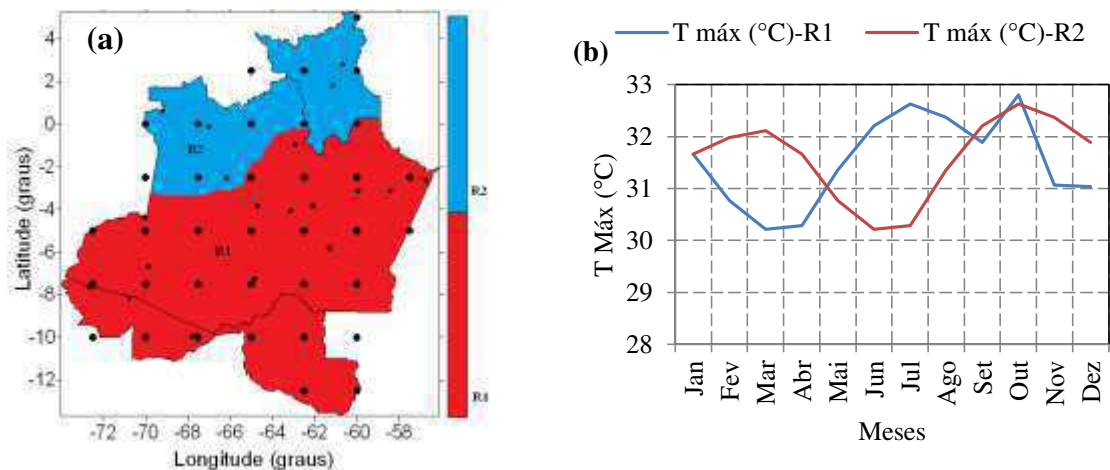


Figura 30: Regiões homogêneas da Temperatura Máxima Mensal (a) distribuição espacial e (b) temporal, na Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

Em relação à temperatura mínima observada não é apresentado um dendrograma delimitando as regiões homogêneas porque foi encontrada uma única região homogênea para toda área da Amazônia Ocidental. A Amazônia Ocidental apresenta constante nebulosidade

associada principalmente a ZCIT e a convecção local, desencadeada pelo vapor d'água trazido pelos alísios e a evaporação local. Outro fator que pode contribuir para a nebulosidade são as queimadas que se processam nas florestas equatoriais. Observa-se pequena variação sazonal de temperatura, porém há um resfriamento associado à advecção de ar frio de latitudes extratropicais no Hemisfério Sul, devido à passagem de sistemas frontais.

As configurações espacial e temporal da Temperatura Mínima mensal observada são mostradas na Figura 31. Observa-se um padrão espacial estável com apenas uma região denominada, região R1 que abrange toda a Amazônia Ocidental, pois na Região Norte as temperaturas possuem uma homogeneidade espacial e sazonal da temperatura, o que não acontece em relação à pluviosidade, a mínima variando em torno de 22°C e a máxima variando entre 30°C e 32°C. Na Amazônia Ocidental os maiores valores de Temperatura mínima foram nos meses de novembro a abril.

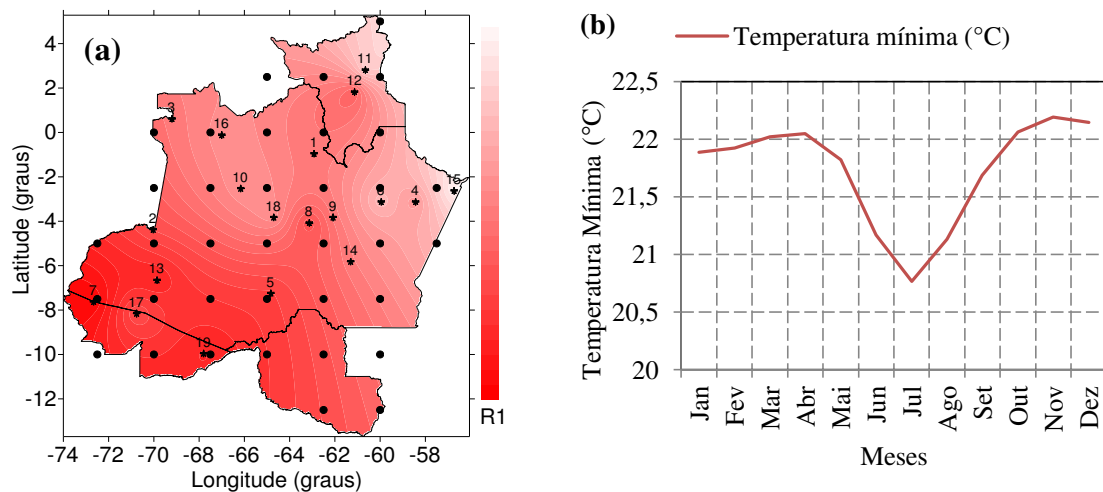


Figura 31: Região homogênea da Temperatura Mínima Mensal (a) distribuição espacial e (b) temporal, na Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

5.6.6. Análise de agrupamento da precipitação observada

O dendrograma da Figura 32 representa o resultado da análise de agrupamento, pelo método hierárquico de Ward, da precipitação média mensal observada na Amazônia Ocidental é possível verificar três grupos homogêneos, identificados por R1, R2 e R3.

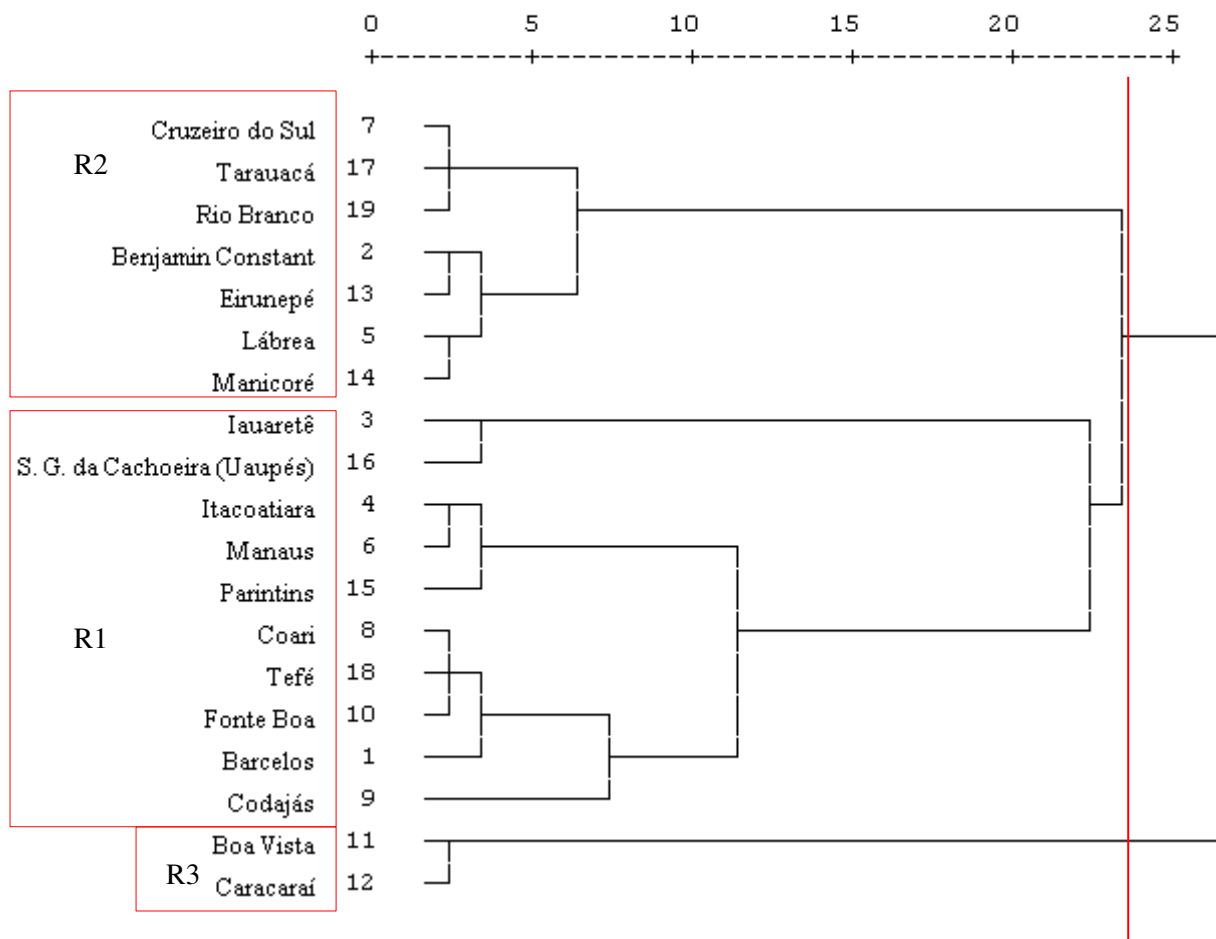


Figura 32: Dendrograma da Precipitação média mensal observada nas estações do INMET para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

As regiões homogêneas para a precipitação observadas nas estações do INMET são mostradas na Figura 33. Os maiores totais pluviométricos mensais observados encontram-se na parte noroeste da Amazônia Ocidental na região R1 nas seguintes localidades Iauaretê; Rio Içana; São Isabel do Rio Negro e São Gabriel da Cachoeira (Uaupés) com valores entre 2821,4mm e 3637,6mm. Os altos valores de precipitação que ocorrem a noroeste da região estão associados com o ar úmido trazido pelos ventos alísios da Zona de Convergência Intertropical, que são elevados quando o escoamento sobe os Andes e a Serra de Parima, que é o divisor de água das bacias dos rios Negro e Orinoco, produzindo chuvas intensas. Na região R1 a precipitação é decorrente, principalmente, da ZCIT.

A precipitação na região R2 observada na parte leste deve-se possivelmente às linhas de instabilidade que se formam ao longo da costa, durante o fim de tarde, forçado pela circulação de brisa marítima e no período noturno avança para o interior do continente (KOUSKY 1979, 1980).

Na região R3 que se encontra ao norte, os totais pluviométricos mensais são influenciados pela topografia, Figueroa e Nobre, 1990 mostram que o posicionamento de uma região a sotavento ou a barlavento na cordilheira, induz respectivamente formação de baixos e altos índices de precipitação e provavelmente contribui com a ocorrência do maior índice pluviométrico para as localidades que se encontram a noroeste da região norte.

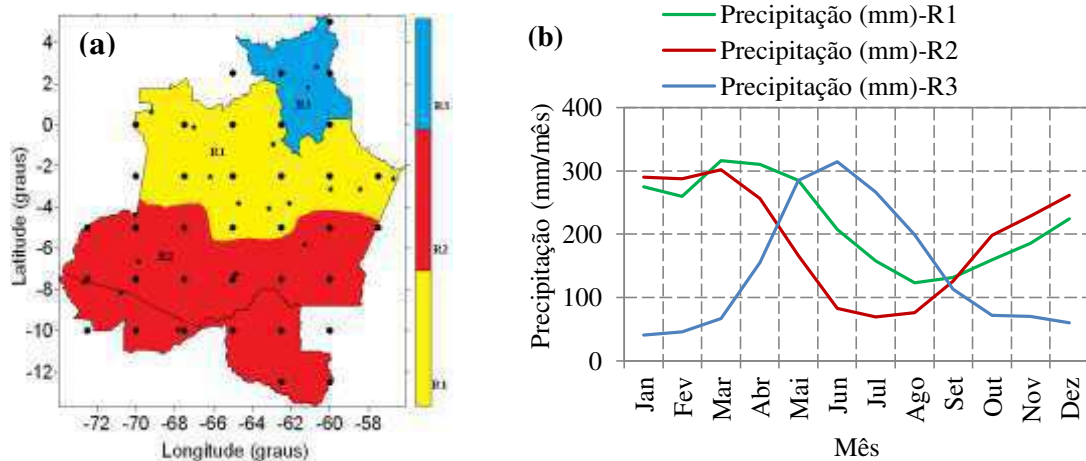


Figura 33: Regiões homogêneas da precipitação média mensal observada (a) distribuição espacial e (b) temporal, na Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

5.6.6. Análise de agrupamento do índice SDII

Por meio do dendrograma, pode-se perceber a sequência de agrupamentos, juntamente com o corte transversal para obtenção de três regiões homogêneas do Índice simples de intensidade diária para a Amazônia Ocidental, Figura 34.

A Figura 35 mostra a distribuição espacial das regiões homogêneas do SDII para a Amazônia Ocidental. Essa distribuição foi a que apresentou melhor desempenho, pois mostrou resultados mais coerentes com a realidade, na qual pontos de grade próximos apresentam comportamento similar no regime de chuvas.

Os valores de SDII, que é um índice de extremo climático oriundo da precipitação, são influenciados pela atuação dos sistemas atmosféricos indutores de chuvas, sobretudo da atuação da ZCIT e ZCAS, em escala semanal, Oscilação de Madden e Julian, em intra-sazonal, pelo dipolo (gradiente) de anomalia da TSM no Atlântico Tropical e pelo fenômeno El Niño (La Niña) Oscilação Sul, em escala interanual e pela PDO e AMO, em escala decenal.

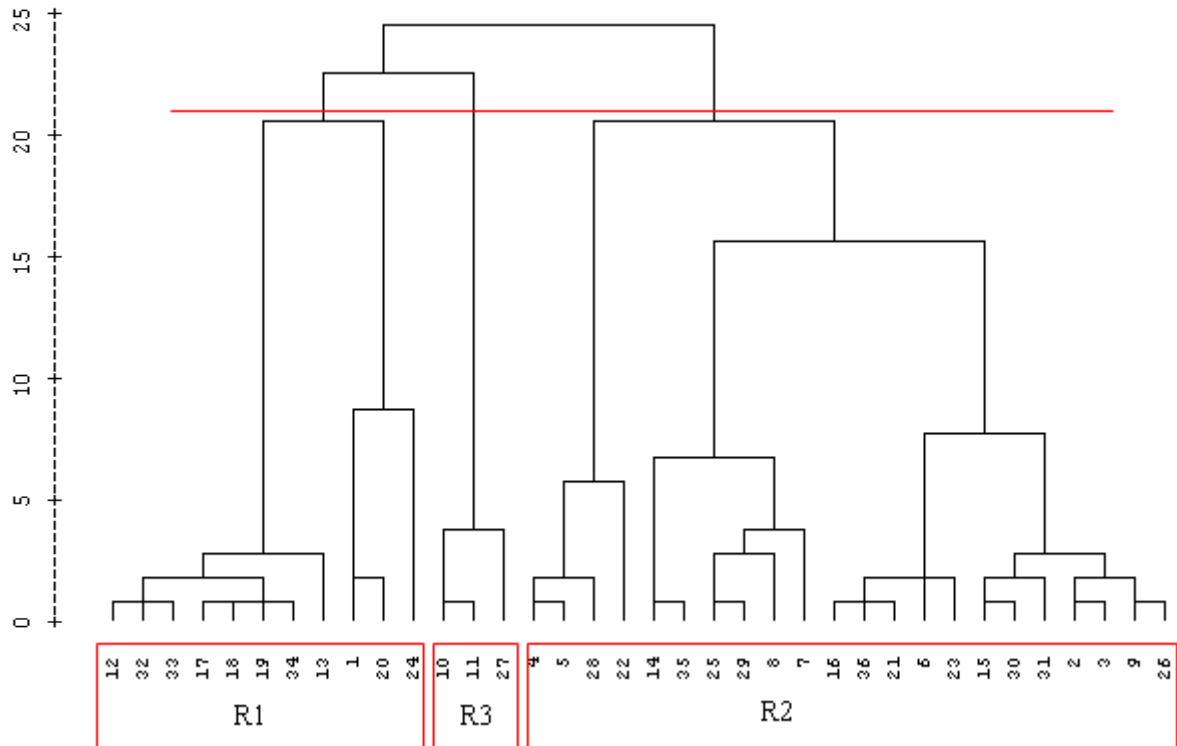


Figura 34: Dendrograma do Índice simples de intensidade diária de precipitação para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

A região R1 está dividida em duas áreas distintas, uma abrangendo o estado do Acre e extremo sul do Amazonas e a outra o nordeste do Amazonas. Estas áreas apesar de ter a mesma intensidade de precipitação diária ao longo do ano e comportamento semelhante os sistemas responsáveis pelas chuvas são diferentes. As chuvas no nordeste do Amazonas são decorrentes da ZCIT, de linhas de instabilidade e convecção local, enquanto, no sul do Amazonas e no Acre são da ZCAS, sistemas frontais austrais e convecção local. A região R2 abrange o noroeste, parte central e os extremos norte e sul da Amazônia Ocidental também apresenta diversos sistemas de tempo atuando em parte destas áreas, no sul tem-se ZCAS e sistemas frontais austrais, no norte ZCIT e sistemas de leste, porém as características da intensidade diária das chuvas ao longo do ano são semelhantes. A região R3 localiza-se no sudoeste da Amazônia Ocidental, recebe influências do clima equatorial úmido e quente.

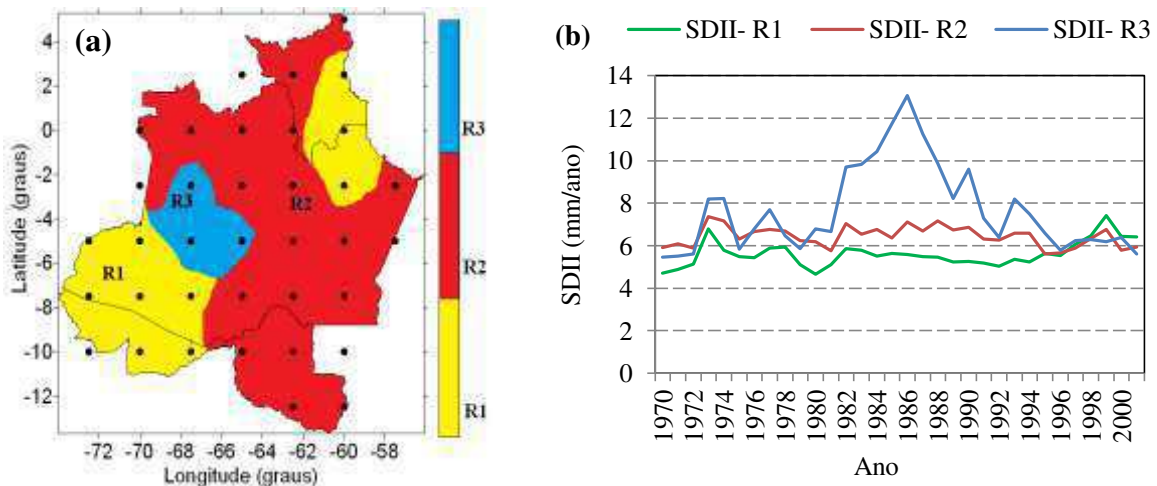


Figura 35: Regiões homogêneas do Índice simples de intensidade diária de precipitação-SDII (a) distribuição espacial e (b) temporal na Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

Outro método de encontrar regiões homogêneas para variáveis meteorológicas em determinada área geográfica é fazendo uso da análise de componentes principais. Para tanto plota-se os autovalores de cada CP em um gráfico, denominado de *scree*. O objetivo é localizar um ponto que separa uma parte de forte inclinação para a esquerda, de outra parte com inclinação mais rasa para a direita. O número de componentes principais em que a separação ocorre é então considerado como o corte de truncamento, o critério inclinação *scree* não envolve inferência estatística quantitativa (WILKS, 2006).

Assim, o número escolhido de componentes principais foi baseado no critério de truncamento de Kaiser (KAISER, 1958), que considera como mais significativos os autovalores cujos valores sejam superiores à unidade (GARAYALDE et al., 1996), e efetuando-se uma pequena inspeção no "*scree plot*", Figura 36, o gráfico apresenta tendência de paralelismo com o eixo das abscissas a partir do sexto fator, ou seja, sem influência. Observa-se uma seta indicando onde, a partir da qual, nos valores dos autovalores são inferiores a unidade e tornam-se quase constantes, ou seja, que a partir desse ponto em destaque a variância explicada por cada CP pode ser considerada desprezível, daí a justificativa para a escolha de cinco regiões do índice SDII (Figura 36).

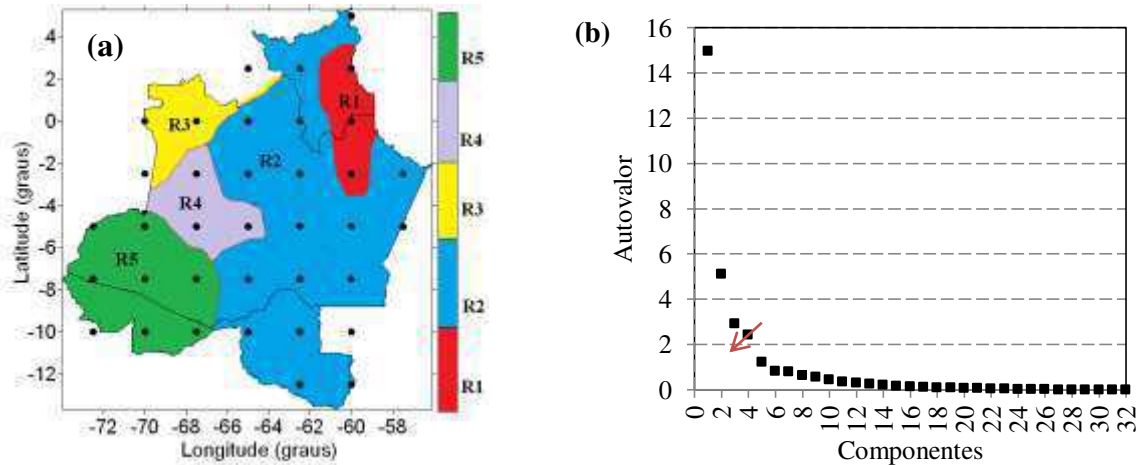


Figura 36: Regiões homogêneas da análise de CP do índice SDII (a) distribuição espacial e (b) estágios dos cálculos definindo o número de regiões homogêneas para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

5.6.7. Análise de agrupamento do índice DCS

Por meio do dendrograma, pode-se perceber a sequência de agrupamentos, juntamente com o corte transversal para obtenção de três regiões homogêneas do índice DCS, para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001, Figura 37.

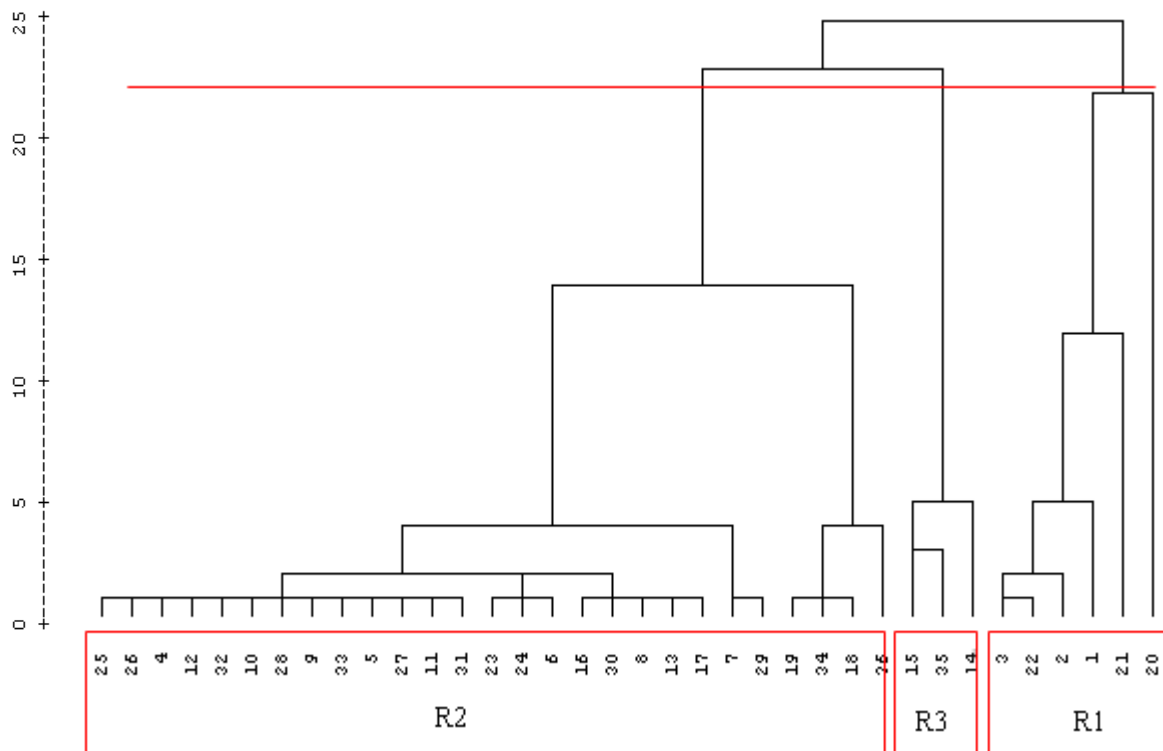


Figura 37: Dendrograma do índice Dias Consecutivos Secos- DCS para a Amazônia Ocidental, no período de 1970 a 2001.

A Figura 38 mostra a distribuição espacial e temporal das três regiões homogêneas do índice DCS, para a Amazônia Ocidental, obtidas na Figura 37. Esta representação espacial com três regiões homogêneas foi a que apresentou resultados mais coerentes com a realidade, na qual pontos próximos apresentam comportamento similar ao regime de chuvas na Amazônia Ocidental. Como a proximidade física das localidades não garante semelhança climática entre elas, ocorreram casos em que aparece a mesma região homogênea em áreas distintas da Amazônia Ocidental.

A região R1 abrange praticamente todo o estado de Roraima e parte do Amazonas onde o índice de chuvas é menor, nessa região, a estação de seca é bem definida, durante o final do outono e inverno do Hemisfério Norte. A região R3 abrange quase todo estado de Rondônia e pequena área do Amazonas, esta área é mais chuvosa que da R1, mas mais seca que o restante da Amazônia Ocidental. Além disso, também apresenta estação seca bem definida, durante o final do outono e inverno do Hemisfério Sul. A região R2 que abrange o Amazonas, parte norte de Roraima, Acre e oeste de Rondônia apresentam duas estações: seca e chuvosa. A estação seca estende-se de maio a setembro e é comum ocorrer friagens, fenômeno efêmero, porém muito comum na região. Como já mencionado anteriormente, em grandes áreas do estado do Amazonas e no noroeste do Acre a estação seca é muito pequena ou até mesmo inexistente, além disso, os eventos de friagens estão associados a sistemas frontais austrais, que, em geral, produz chuvas. A estação chuvosa é caracterizada por chuvas constantes, que se prolongam de outubro a abril.

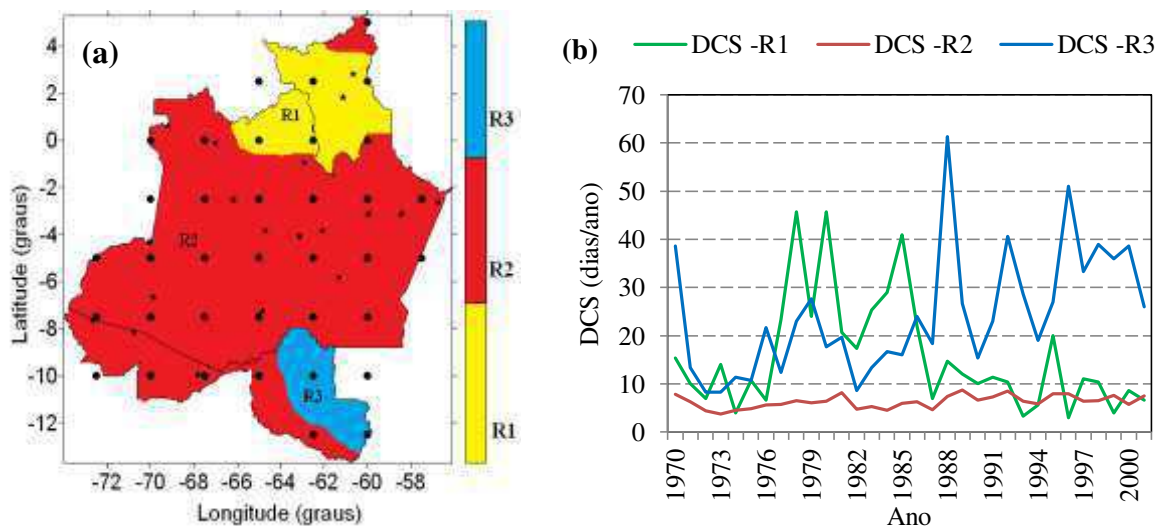


Figura 38: Regiões homogêneas do índice Dias Consecutivos Secos-DCS (a) distribuição espacial e (b) temporal, para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

A Figura 39 apresenta as regiões homogêneas do índice DCS, para Amazônia Ocidental, obtidas por meio da análise de CP, também mostra o gráfico com a tendência de paralelismo com o eixo das abscissas a partir do quinto fator, ou seja, a partir da quinta CP a influência das CPs na variância explicada é desprezível. Observa-se uma seta indicando onde, a partir da qual, os valores dos autovalores de cada CP tornam-se muito próximo de zero, indicando que a partir desse ponto as CPs devem ser desconsideradas para explicar a variância espacial e temporal do índice DCS, daí a justificativa para a escolha de quatro regiões homogêneas do índice DCS pelo método da análise de componentes principais. De um modo geral observa-se que as regiões homogêneas obtidas por ambos os métodos são muito semelhantes (Figuras 38 e 39). A única discrepância ocorre no estado de Roraima, onde a CP acrescentou mais um região, a R4, no leste do Estado. De fato esta área é mais seca que o restante do estado de Roraima, possivelmente isto fez com que a CP separasse esta área em uma pequena região homogênea.

Uma observação interessante é que tanto a análise de agrupamento como a CP incluiu o norte de Roraima, região do Monte Roraima, na mesma região homogênea dos estados do Amazonas e do Acre e oeste de Rondônia, áreas estas de chuvas abundantes e com poucos dias consecutivos secos ao longo do ano. Entretanto, esta configuração é coerente, pois no Monte Roraima, apesar do total anual de chuva ser inferior aos das outras áreas, chove quase todos os dias devido à topografia fazendo com que o número de dias consecutivos secos seja pequeno e semelhante aos das áreas mais chuvosa da Amazônia.

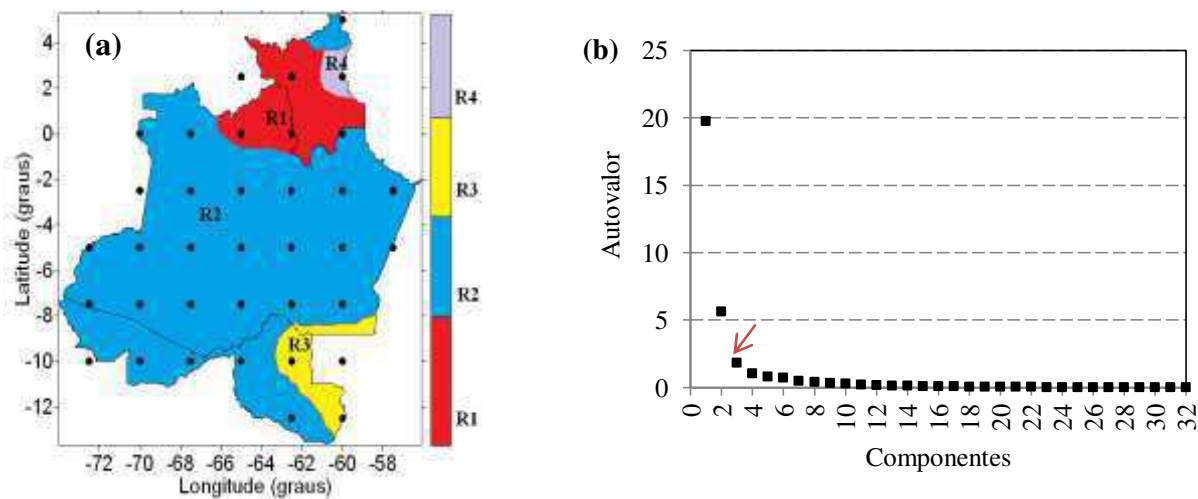


Figura 39: Regiões homogêneas da análise de CP do índice Dias Consecutivos Secos-DCS (a) distribuição espacial e estágios dos cálculos (b) definindo o número de regiões homogêneas para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

5.6.8. Análise de agrupamento do índice DCM

A Figura 40 mostra um dendrograma que contém a sequência de agrupamento do índice DCM nos diversos pontos de grade da Amazônia Ocidental. Por meio de um corte transversal linha vermelha obtém-se três regiões homogêneas do índice DCM.

De acordo com Albuquerque (2005) os dendrogramas apresentaram estruturas de agrupamentos de objetos homogêneos, embora não exista um critério objetivo para determinar um ponto de corte no dendrograma, ou seja, para determinar quais os grupos formados, permitindo observar graficamente o quanto é necessário consolidar o nível de dissimilaridade para considerar grupos próximos.

A escolha de três regiões homogêneas foi a que apresentou melhor comportamento, pois mostrou resultados mais coerentes com a realidade, na qual pontos próximos apresentam comportamento similar no regime precipitação de acordo com os sistemas meteorológicos atuantes.

A Figura 41 apresenta as configurações espacial e temporal das três regiões homogêneas do índice DCM para a Amazônia Ocidental. A região R1 abrange toda Amazônia Ocidental. A região R2 está confinada no noroeste do Amazonas área de maiores totais anuais de precipitação, porém com menores dias consecutivos com chuva. A Figura 38 mostra que esta área também apresenta poucos dias consecutivos secos. Mostrando que nesta região R2 tem dias com chuvas intercalados com dias secos ao longo do ano com a maior frequência de toda Região da Amazônia Ocidental. A região R3 abrange o extremo sul da Amazônia Ocidental áreas com maior frequência de chuvas da ZCAS e de sistemas frontais austrais.

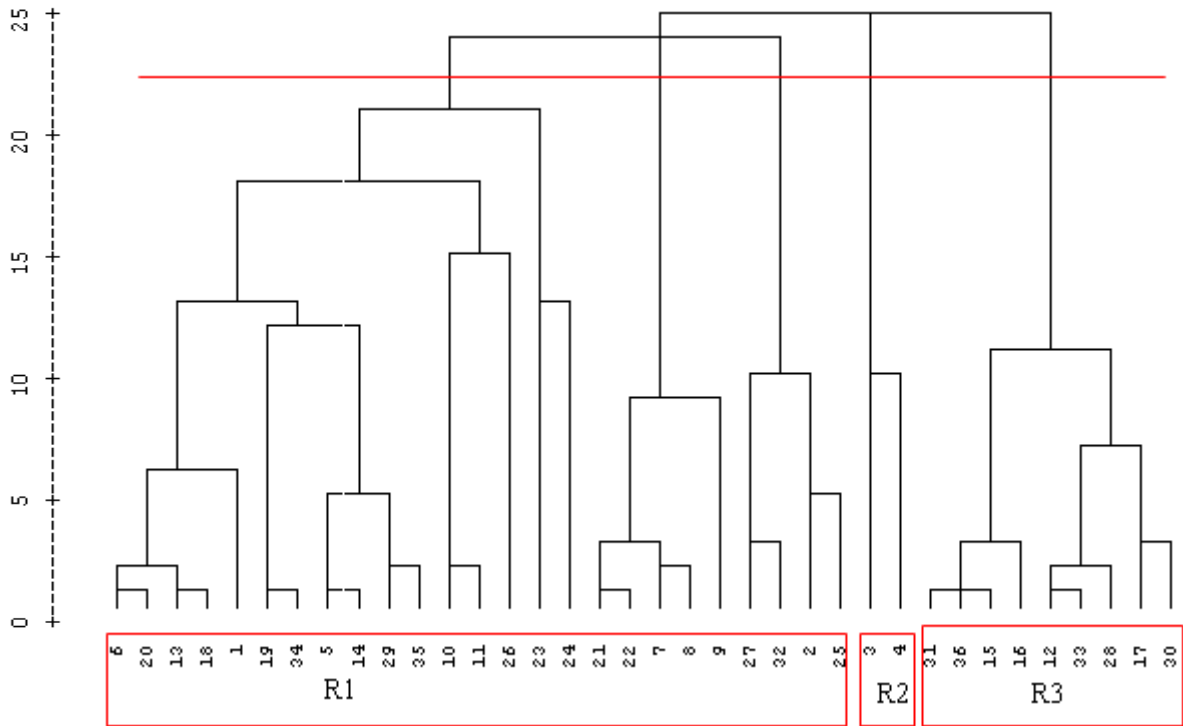


Figura 40: Dendrograma do índice DCM para a Amazônia Ocidental, período 1970 a 2001.

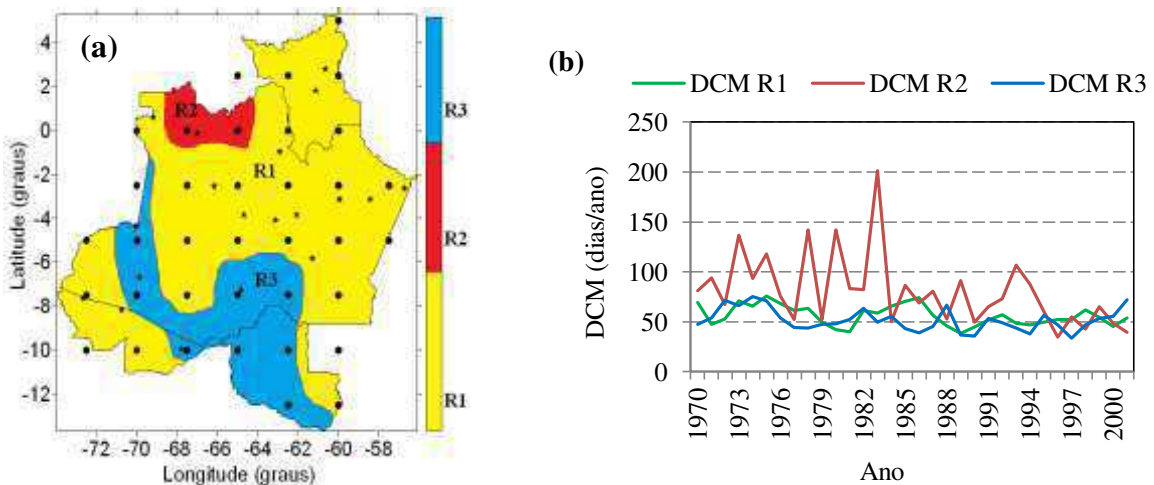


Figura 41: Regiões homogêneas do índice Dias Consecutivos Molhados-DCM (a) distribuição espacial e (b) temporal, para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

A Figura 42 apresenta a configuração espacial dos grupos homogêneo do índice DCM, pelo método da análise de CP e o gráfico com a tendência de paralelismo com o eixo das abscissas a partir do sétimo fator, ou seja, a partir da sétima CP a variância explicada por cada CPs é quase nula. Observa-se uma seta indicando que a partir desse ponto em destaque, as CPs devem ser desprezadas para agrupamento do conjunto de dados, daí a justificativa para a escolha de seis regiões do índice DCM.

Comparando as Figura 41 e 42 verifica-se discrepâncias na parte norte e sul da Amazônia Ocidental. Estas diferenças provavelmente estão associadas com o critério de corte do dendrograma, possivelmente a escolha de três regiões homogêneas não foi bem representada para o índice DCM. Para este índice se faz necessário um número mais elevado de regiões homogêneas. Isto decorre do processo de precipitação na Amazônia, em geral, ser convectivo, fazendo com que ocorra chuva em uma área e não ocorra na área vizinha, no dia seguinte a configuração da precipitação modifica, ou seja, na área que chove, no dia anterior, volta a chover ou não, mas chove na área vizinha.

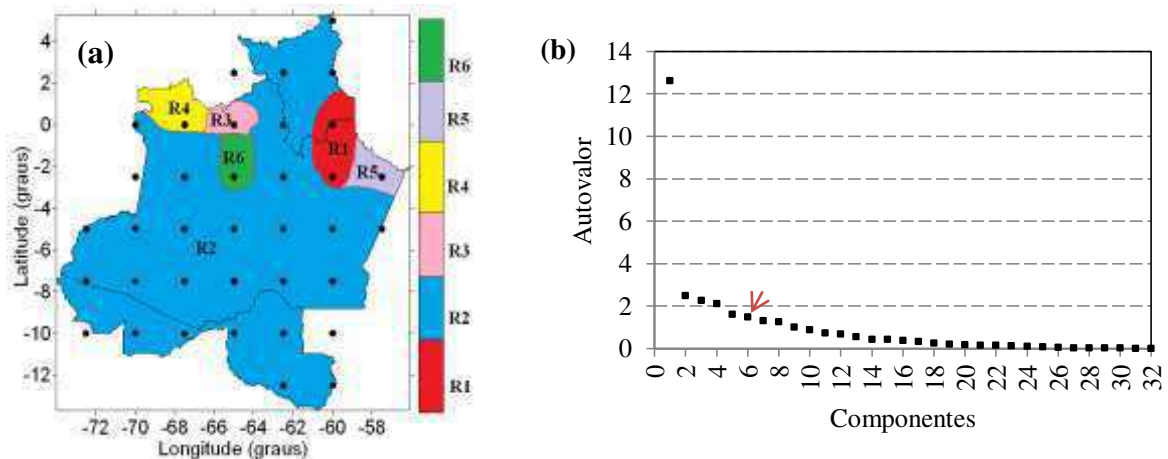


Figura 42: Regiões homogêneas do índice DCM (a) distribuição espacial e (b) Estágios dos cálculos definindo o número de regiões homogêneas para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

5.6.9. Análise de agrupamento do índice PRCPTOT

Por meio do dendrograma, pode-se perceber a sequência de agrupamentos, juntamente com o corte transversal para obtenção de três regiões homogêneas do Índice PRCPTOT para a Amazônia Ocidental, Figura 43. Enquanto, a Figura 44 mostra o campo espacial das três regiões homogêneas e a variabilidade interanual do índice PRCPTOT. Por outro lado, a Figura 45 mostra a configuração espacial das regiões homogêneas obtidas pela análise de CP.

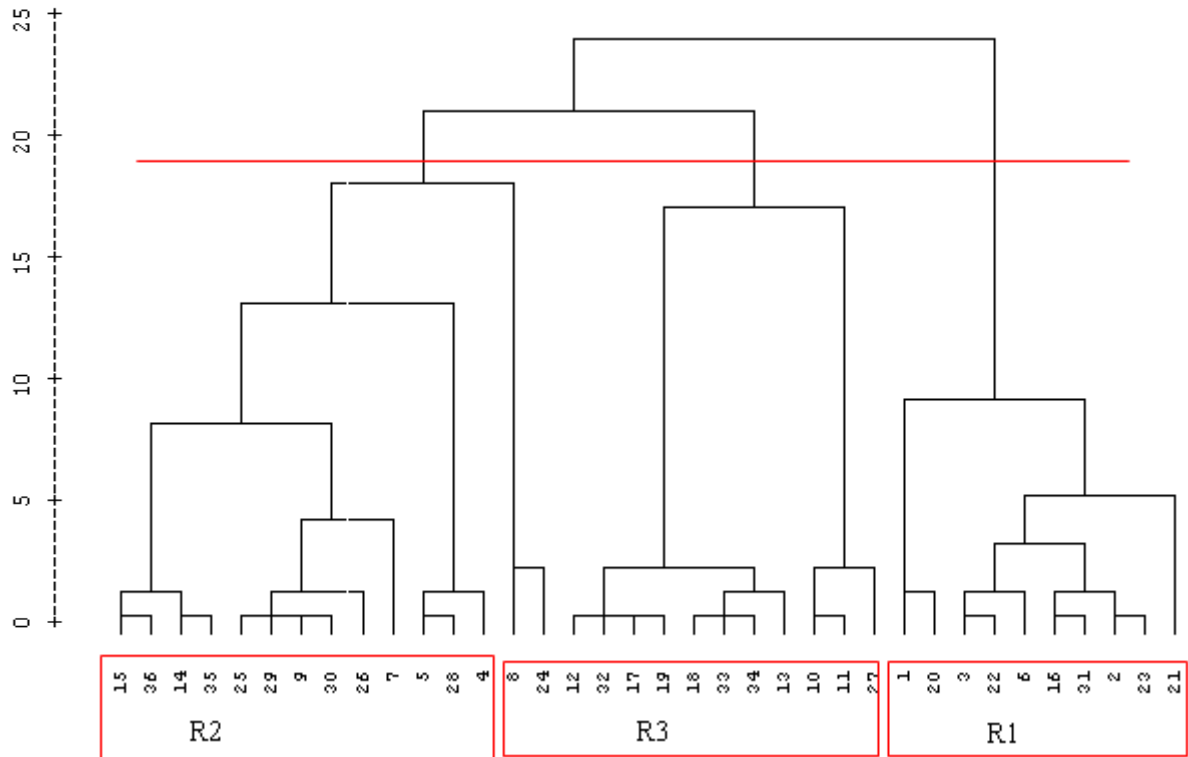


Figura 43: Dendrograma do índice PRCPTOT para a Amazônia Ocidental, período 1970 a 2001.

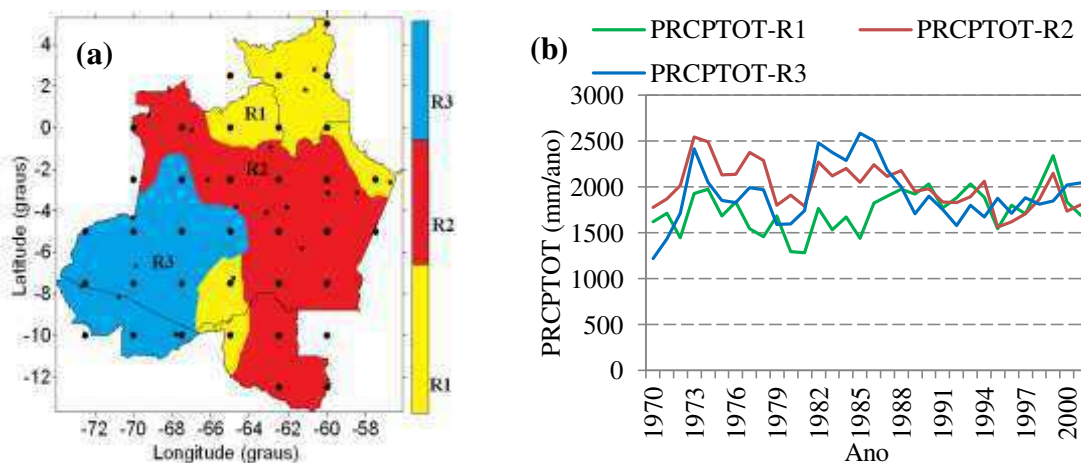


Figura 44: Regiões homogêneas do índice de precipitação total anual- PRCPTOT (a) distribuição espacial e (b) temporal, na Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

A Figura 45 também apresenta os valores dos autovalores de cada componente. Observa-se que a partir da sexta CP existe uma tendência de paralelismo entre os autovalores com o eixo das abscissas, ou seja, sem influência de cada CP na variância explicada do conjunto de dados do índice PRCPTOT. Observa-se uma seta indicando onde a partir desse

ponto a influência das CPs torna-se desprezível, daí a justificativa para a escolha de cinco regiões do índice PRCPTOT, por meio da ACP para a Amazônia Ocidental.

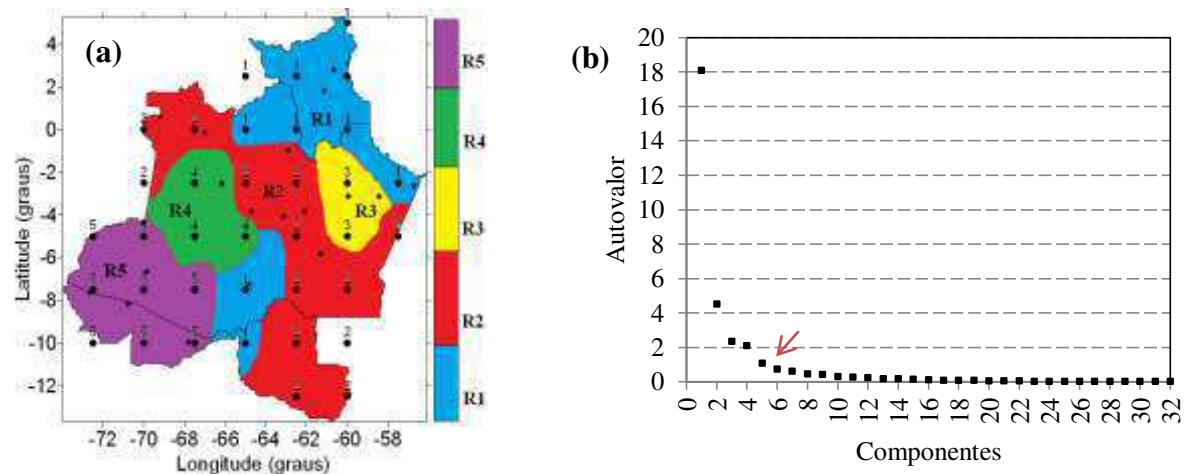


Figura 45: Regiões homogêneas do índice PRCPTOT pela análise de CP (a) distribuição espacial e (b) estágios dos cálculos definindo o número de regiões homogêneas para a Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

Comparando as Figuras 44 e 45 verificam-se discrepâncias, principalmente no Estado do Amazonas. A Figura 45 está mais relacionada com os totais anuais, a variabilidade interanual e os sistemas de tempo produtores de precipitação na Amazônia Ocidental do que a Figura 44. Possivelmente, o corte escolhido no dendrograma do índice PRCPTOT não foi satisfatório.

A análise de agrupamento para a temperatura do ar mostrou certa homogeneidade típica de regiões equatoriais. Contudo, ainda foi possível observar que a região Amazônia Ocidental apresenta duas regiões distintas do ponto de vista da temperatura do ar, principalmente relacionada com a latitude.

Em relação ao índice de precipitação o mais sensato é dividir a Amazônia Ocidental em cinco regiões homogêneas, as quais estão relacionadas com os sistemas de tempo atuantes na região, com a variabilidade sazonal e interanual e com os totais mensais e anuais de precipitação.

5.7. La Niña 1988/89 e El Niño 1997/98

Durante a ocorrência do fenômeno El Niño 1997/98 na região Norte, a estiagem ocasionou uma redução do nível dos rios em cerca de 9 m abaixo do normal, ocasionando racionamento de energia em alguns pontos da região, grandes extensões da Amazônia receberam chuvas abaixo da média desde setembro de 1997, esta estiagem teve repercussões

adversas na geração de energia elétrica (redução) no nível de reservatórios e aumento na demanda da energia termelétrica, e no aumento do número de queimadas durante o período seco (MARENGO, 2007b).

Durante o período estudado verifica-se a ocorrência dos fenômenos de El Niño e La Niña, conforme a Tabela 13.

Tabela 13: Ocorrência de eventos El Niño e La Niña para o período de 1970 a 2001.

Ocorrência de El Niño	Intensidade	Ocorrência de La Niña	Intensidade
1972-1973	Forte	1970-1971	Moderado
1976-1977	Fraco	1973-1976	Forte
1977-1978	Fraco	1983-1984	Fraco
1979-1980	Forte	1984-1985	Fraco
1982-1983	Forte	1988-1989	Forte
1986-1988	Moderado	1995-1996	Fraco
1990-1993	Forte	1998-2001	Moderado
1994-1995	Moderado		
1997-1998	Forte		

Fonte: CPTEC/INPE (2010).

A análise da precipitação proveniente de reanálise durante a ocorrência do fenômeno La Niña 1988/89, Figura 46(a) mostra que os maiores totais pluviométricos médios ficaram restritos ao extremo noroeste e parte central da Amazônia. Durante o El Niño 1997/98 a distribuição dos menores totais pluviométricos, Figura 46(b) encontra-se no Norte da Amazônia e em Roraima. A configuração espacial da precipitação durante a ocorrência do evento La Niña 1988/89 são semelhantes à distribuição espacial da precipitação, Figura 46(c), durante o período estudado. Sabe-se que o impacto da La Niña é favorável à ocorrência de chuva acima do normal na Amazônia induzida pela ZCIT (DE SOUZA et al., 2000) devido à intensificação do ramo ascendente da célula de Walker sobre a troposfera equatorial da América do Sul (AMBRIZZI et al., 2004; DE SOUZA et al., 2005).

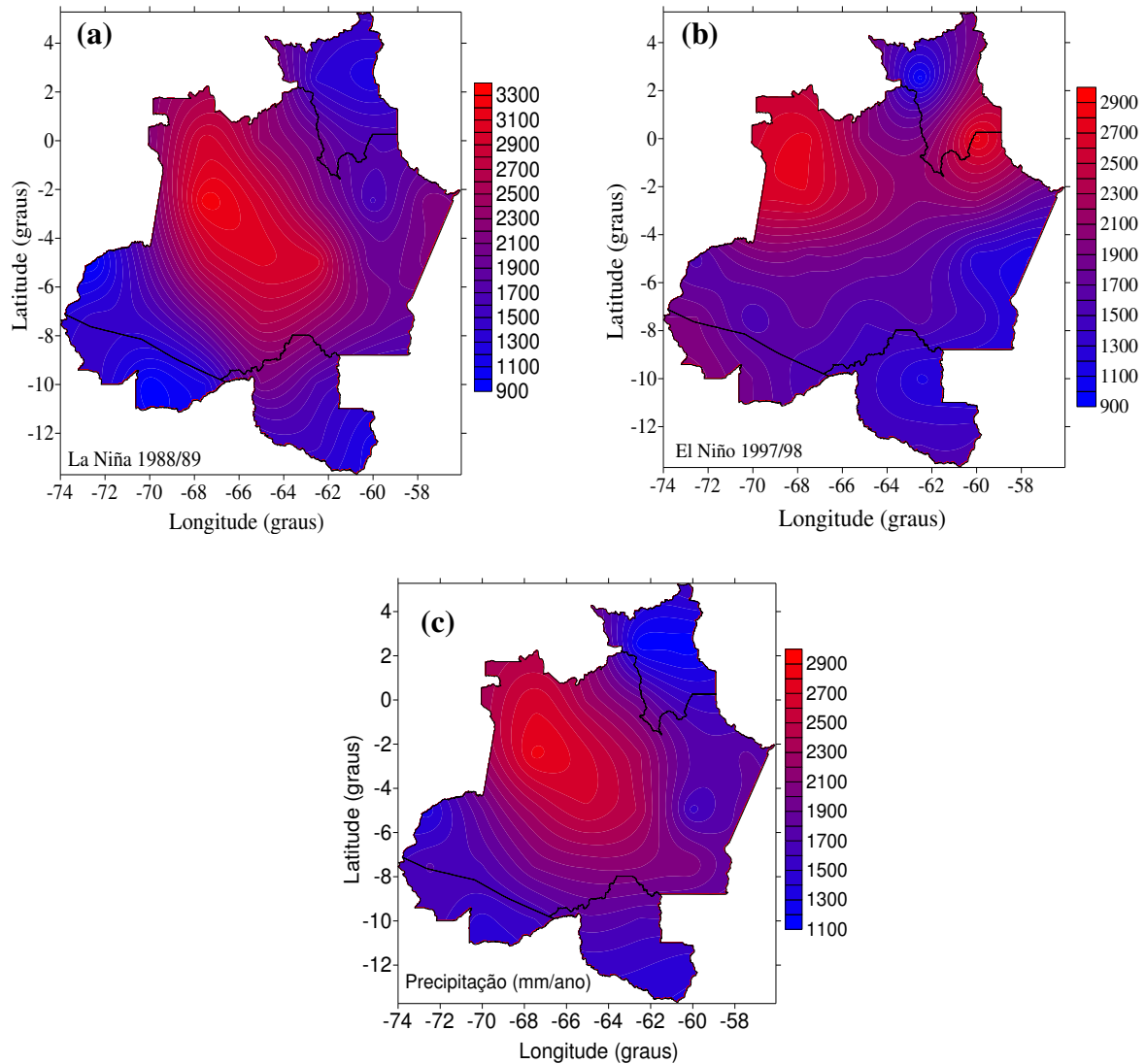


Figura 46: Distribuição espacial da precipitação média anual proveniente de reanálise, durante a ocorrência dos fenômenos La Niña 1988/89 (a), El Niño 1997/98 (b) e Precipitação média (mm/ano) (c) para o período de 1970-2001, respectivamente, para a Amazônia Ocidental.

5.8. Oscilações interdecenais no clima da Amazônia Ocidental

A Tabela 14 apresenta as fases conhecidas da PDO, segundo Mantua et al. (1997).

Tabela 14: Fases conhecidas da PDO.

Fase da PDO	Período	Total de anos
Negativa	1900-1924	24
Positiva	1925-1946	21
Negativa	1947-1976	29
Positiva	1977-1998	21
Negativa	1999-2007	11

Na Amazônia o fenômeno La Niña, normalmente, está associado ao acréscimo de precipitação. A fase negativa da PDO, Figura 47(a), corresponde ao maior número de La Niña. O fenômeno El Niño contribui para a diminuição das precipitações. A fase positiva da PDO, Figura 47(b) está associada ao maior número de El Niño. Comparando as Figuras 47(a) e (b) não é possível afirmar categoricamente que existem diferenças nos totais anuais médios de precipitação na Amazônia Ocidental durante as fases negativa e positiva da PDO.

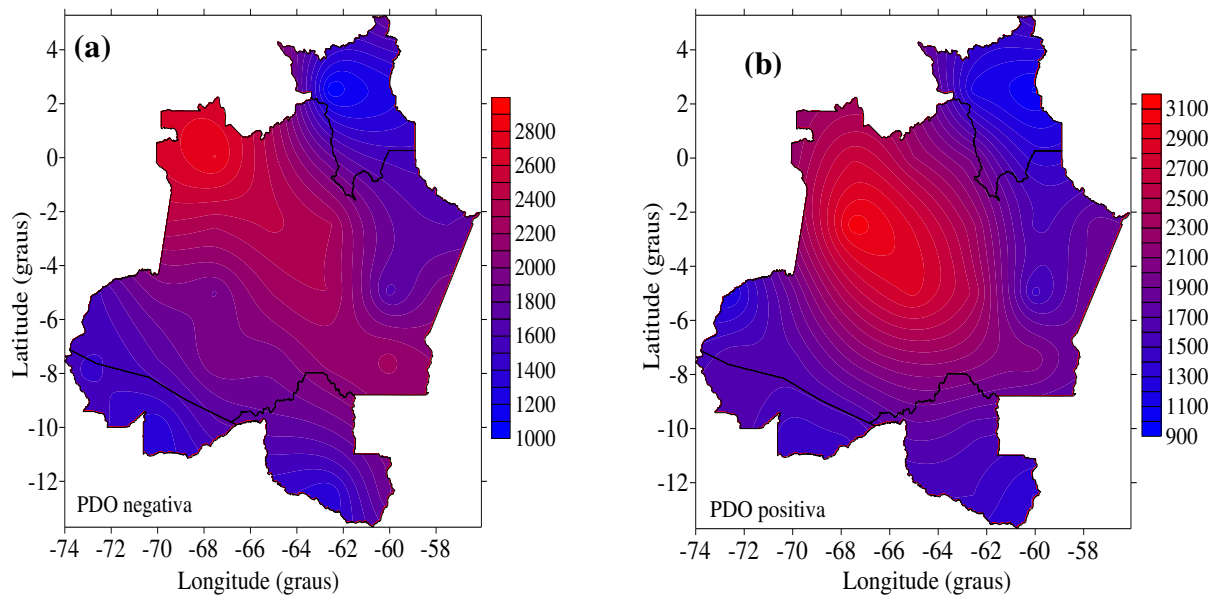


Figura 47: Distribuição espacial da precipitação no período de 1970 a 1976 na fase negativa da PDO (a) e na fase positiva da PDO de 1977 a 1998 (b) para a Amazônia Ocidental.

A Tabela 15 contém as fases conhecidas da AMO, de acordo com Enfield, Mestas-Nuñez e Trimble (2001), desde 1965 até 2005.

Tabela 15: Fases conhecidas da AMO, desde 1965 até 2005.

Fase da AMO	Período	Total de anos
Negativa	1900-1928	29
Positiva	1929-1964	36
Negativa	1965-1994	30
Positiva	1995-2005	11

Fonte: Enfield et al. (2001).

Estudos de Nigam et.al (2011), sobre as secas nas Grandes Planícies da América do Norte concordam sobre a importância da TSM do Atlântico em intensificar as secas multianuais, sendo a AMO muitas vezes, mais importante do que as TSM do Pacífico.

Durante a fase negativa da AMO, observa-se o Atlântico sul mais quente, o que aumenta a atividade da ZCAS também devido à posição da ZCIT, e desloca a banda principal de precipitação da Amazônia Ocidental para a parte sul, como se observa na Figura 48(a). Verifica-se, Figura 48(b), que a precipitação sobre a Amazônia Ocidental é deslocada para norte durante a fase quente da AMO (+); isto implica em uma posição anômala da ZCIT, mais ao norte, o que diminui a precipitação durante a estação chuvosa na parte norte. No entanto, a sequência do ciclo da AMO pode reverter esse sinal ao forçar a ZCIT para sul e desta forma, oscilar entre décadas mais secas e mais úmidas (KNIGHT et al., 2005).

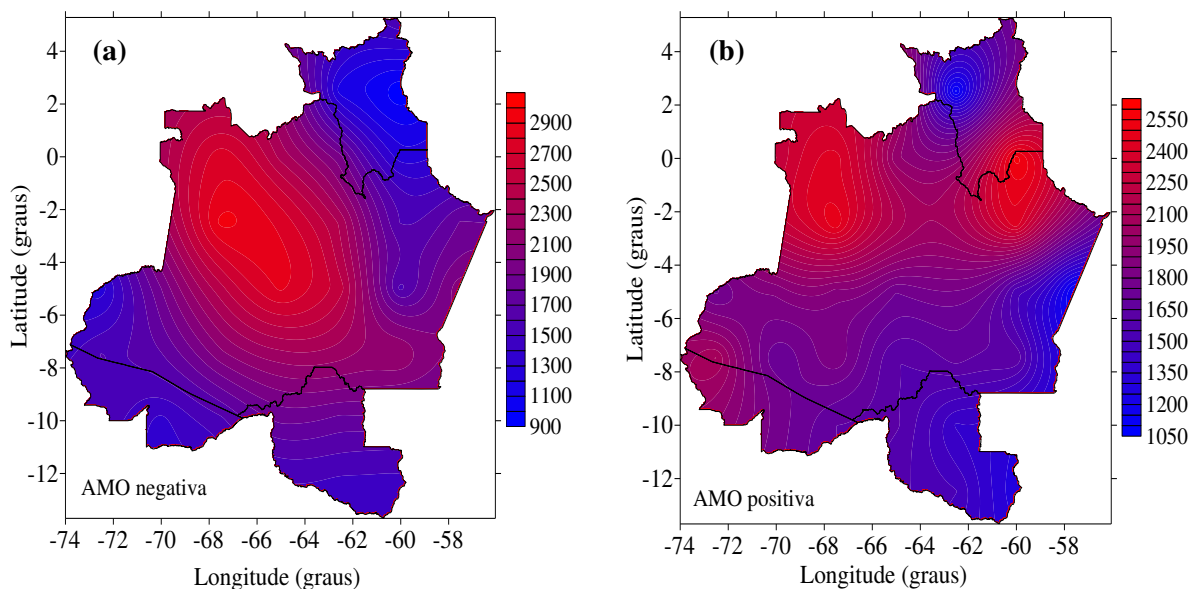


Figura 48: Distribuição espacial da precipitação no período de 1970 a 1994 na fase negativa da AMO (a) e na fase positiva da AMO de 1995 a 2001(b) para a Amazônia Ocidental.

5.9. Correlações dos índices extremos climáticos com os índices de teleconexões

Depois de analisada a distribuição espacial e temporal da precipitação e temperatura do ar, delimitações das regiões pluviometricamente e termicamente homogêneas e possíveis influências da TSM dos Oceanos Pacífico e Atlântico, pode-se notar que o padrão espacial obtido reflete os principais sistemas precipitantes e térmicos que atuam na Amazônia Ocidental, e também a presença ou não da influência do Oceano Atlântico, Pacífico e oscilações climáticas. Portanto, se faz necessário verificar possíveis influências de outros índices de escala de teleconexões, tais como PDO, AMO, PNA, QBO, NAO, IOS, TNAI, TSAI, Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4 sobre os índice de precipitação e temperatura do ar da Amazônia Ocidental. Isto foi verificado estimando os coeficientes de correlação entre os índices de extremo climático e os índices de teleconexões e oceânicos.

As tabelas apresentando os valores das correlações dos índices de precipitação e índices de temperatura do ar com a PDO, AMO, PNA, QBO, NAO, IOS, TNAI, TSAI, Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4 realizados encontram-se no Apêndice C. Adotaram-se três níveis de significância, ou seja, 90% que, para um conjunto de 32 anos (1970 a 2001) cada ano um par de dados, corresponde a valores de $1,69 \leq t < 2,04$ ($0,295 \leq r < 0,349$ ou $-0,349 \leq r < -0,295$), 95% com valores de $2,04 \leq t < 2,75$ ($0,349 \leq r < 0,449$ ou $-0,449 \leq r < -0,349$) e 99% correspondendo a $t \geq 2,75$ ($r \geq 0,449$ ou $r \leq -0,449$).

5.9.1. Correlações referentes ao índice PRCPTOT

Na Figura 49(a) verifica-se que a PDO, apresenta correlação positiva com PRCPTOT na parte central-oeste e negativa na parte central-leste da Amazônia Ocidental. Comparando esta configuração com a Figura 45 observa-se correlação positiva na região R4 e negativa na R3. A princípio, com a análise atual não é possível determinar os motivos destas correlações, para isto é necessário realizar uma investigação mais aprofundada. Por outro lado, a correlação entre o índice PRCPTOT e AMO foi positiva nas regiões R1 (chuvas de ZCIT e sistemas de leste) e R5 (sistemas frontais austrais) e negativa na R2 (área de grande atuação da ZCAS) (Figura 49(b)). Estes resultados mostram que o índice PRCPTOT da Amazônia Ocidental é dependente das oscilações interdecenais. Ressalta-se que pesquisas futuras pode determinar o grau de dependência.

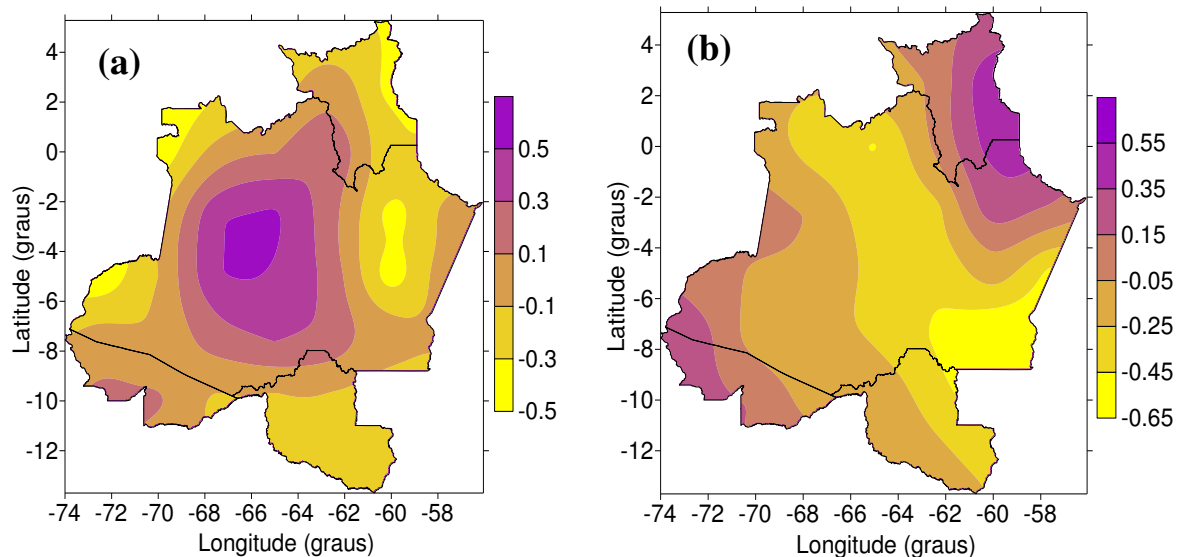


Figura 49: Correlação da PRCPTOT para a Amazônia Ocidental com: (a) PDO (b) AMO, período de 1970-2001.

As Figuras 50a e 50b mostram a distribuição espacial da correlação entre o índice PRCPTOT e os índices de PNA e de QBO, respectivamente. Não foi observada correlação estatisticamente significativa entre estes índices, ou seja, não foi verificada dependência do PRCPTOT da Amazônia Ocidental dos padrões de grande escala PNA e QBO.

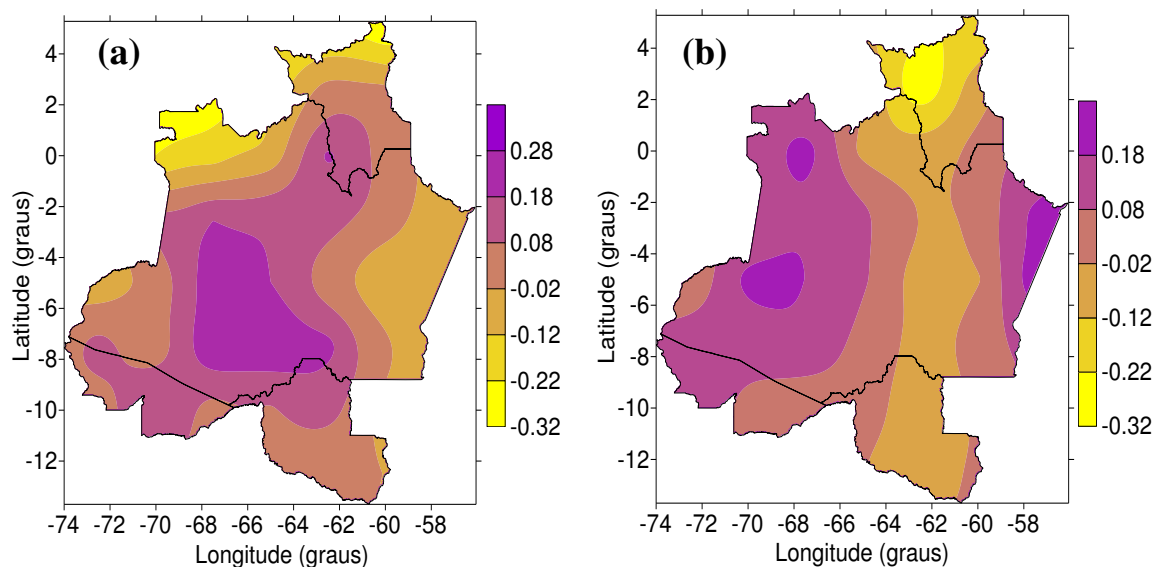


Figura 50: Correlação da PRCPTOT para a Amazônia Ocidental com: (a) PNA (b) QBO, período de 1970-2001.

A NAO possui variabilidade irregular, com variações de ano para ano, mas também exibe uma tendência de permanecer na mesma fase durante alguns anos. Na Amazônia Ocidental verifica-se que a região homogênea R1 da PRCPTOT está positivamente correlacionada com a NAO apresentando área com significância estatística igual e superior a 90% (limite adotado nessa pesquisa) (Figura 51a). Correlações positivas sem significância estatística foram observadas em uma grande extensão da Amazônia Ocidental. Correlações negativas, que possivelmente estão associadas ao déficit de chuvas na Amazônia Ocidental, foram encontradas nos extremos sul e oeste. Com exceção de pequenas áreas não foi observado uma influência direta da NAO no índice PRCPTOT (Figura 51a). Entretanto, a variação anual de precipitação parece estar relacionada, pelo menos indiretamente, à NAO porque os fortes ventos alísios do Atlântico que trazem umidade para a Amazônia estão associados com o deslocamento para o sul da ZCIT, a qual, por sua vez, está relacionada a uma distribuição anômala da TSM do Atlântico (MOURA e SHUKLA, 1981; NOBRE e SHUKLA, 1996).

As correlações de PRCPTOT com o IOS e a precipitação total, Figura 51b apresentam-se de forma homogênea na região R1, R2 e R3, sobre a maior parte da região há aspectos comuns nessa resposta, à parte central indica o período de máxima correlação

negativa de precipitação, apesar de apresentar poucas células com significância estatística, pode se afirmar que a Amazônia Ocidental realmente sofre um impacto consistente durante eventos provocados pelo IOS no sentido de diminuição da precipitação.

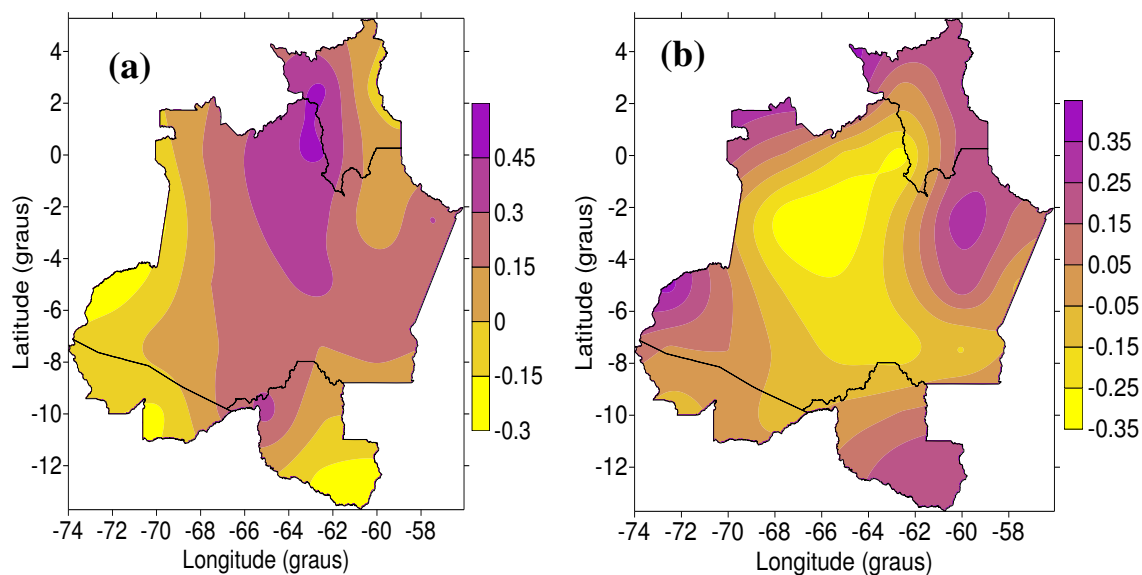


Figura 51: Correlação da PRCPTOT para a Amazônia Ocidental com: (a) NAO (b) IOS, período de 1970-2001.

O índice que representa as anomalias da TSM no Oceano Atlântico Norte (TNAI), apresentou correlações negativas com significância estatística igual ou superior a 90%, na região homogênea R2 do PRCPTOT, que abrange parte central e sul da Amazônia Ocidental Figura 52(a). Sabe-se que um aquecimento do Oceano Atlântico Tropical Norte induz movimento subsidente sobre a bacia amazônica, resultando na diminuição das precipitações na região (YOON e ZENG 2010), o que pode ser observado pela correlação negativa entre o TNAI com a precipitação total.

O TSAI apresenta correlações positivas significantes com a precipitação total anual (mm/ano), Figura 52(b), mostrando que este índice é bem afetado pela variabilidade da TSM do Atlântico Sul nas regiões homogêneas R1 (extremo norte/sul) e R3 (Acre e sul do Amazonas). Assim, um aumento da TSM do Atlântico Sul leva a produção de chuvas mais intensa, enquanto uma diminuição da TSM leva a um decaimento da intensidade das chuvas. Isto ocorre porque um aumento da TSM levará a um aumento da evaporação, e o vapor d'água excedente é transportado para o continente. Santos et al. (2012) verificaram que correlações positivas (estatisticamente significantes) com dias consecutivos molhados e precipitação total, indica que o aquecimento do Oceano Atlântico Tropical Sul induz o deslocamento da ZCIT mais ao sul do Equador levando a um aumento da precipitação sobre a

região de Manaus. Um aumento predominante da precipitação total anual pode trazer problemas para a população urbana, devido à impermeabilidade do solo, o mau uso dos ecossistemas e o desmatamento, dentre outros.

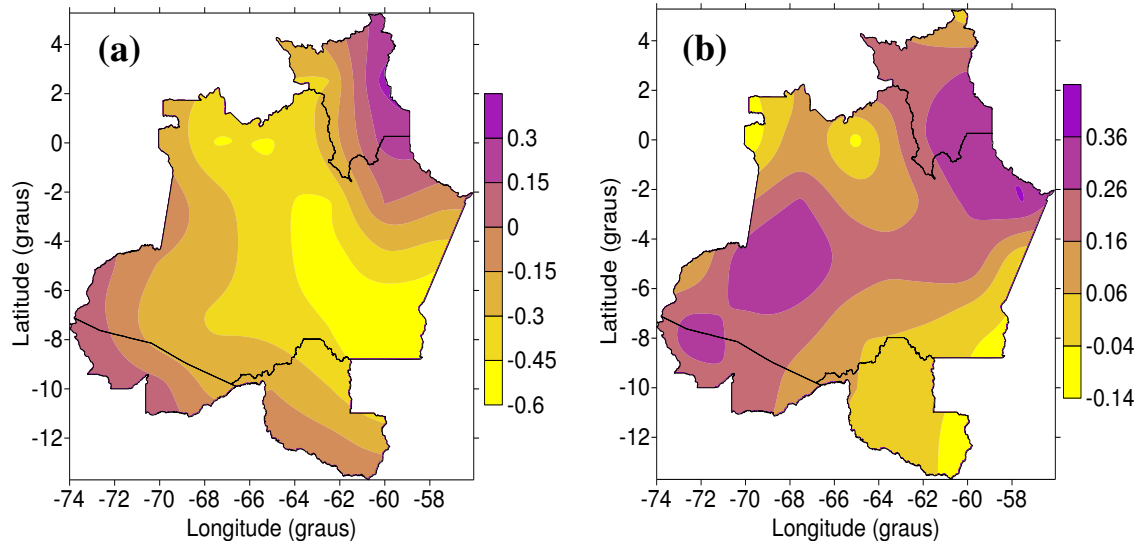


Figura 52: Correlação da PRCPTOT para a Amazônia Ocidental com: (a) TNAI (b) TSAI, período de 1970-2001.

Pode-se verificar que as anomalias de TSM na região de Niño 1+2 e Niño 3 apresentam correlações negativas com PRCPTOT em grande área da Amazônia Ocidental, principalmente na parte centro-leste, Figura 53(a) e 53 (b), apresentando algumas células com significância estatística. As anomalias de TSM das regiões Niño 3.4 e Niño 4, Figura 53(c) e 53(d) também tem correlação negativa com o PRCPTOT nas regiões homogêneas denominadas R1 e R3 indicando que quando a TSM da região diminui (fenômeno La Niña) ocorre um aumento na precipitação total anual, mostrando que esses resultados apesar de apresentarem pouca significância estatística são concordantes entre si.

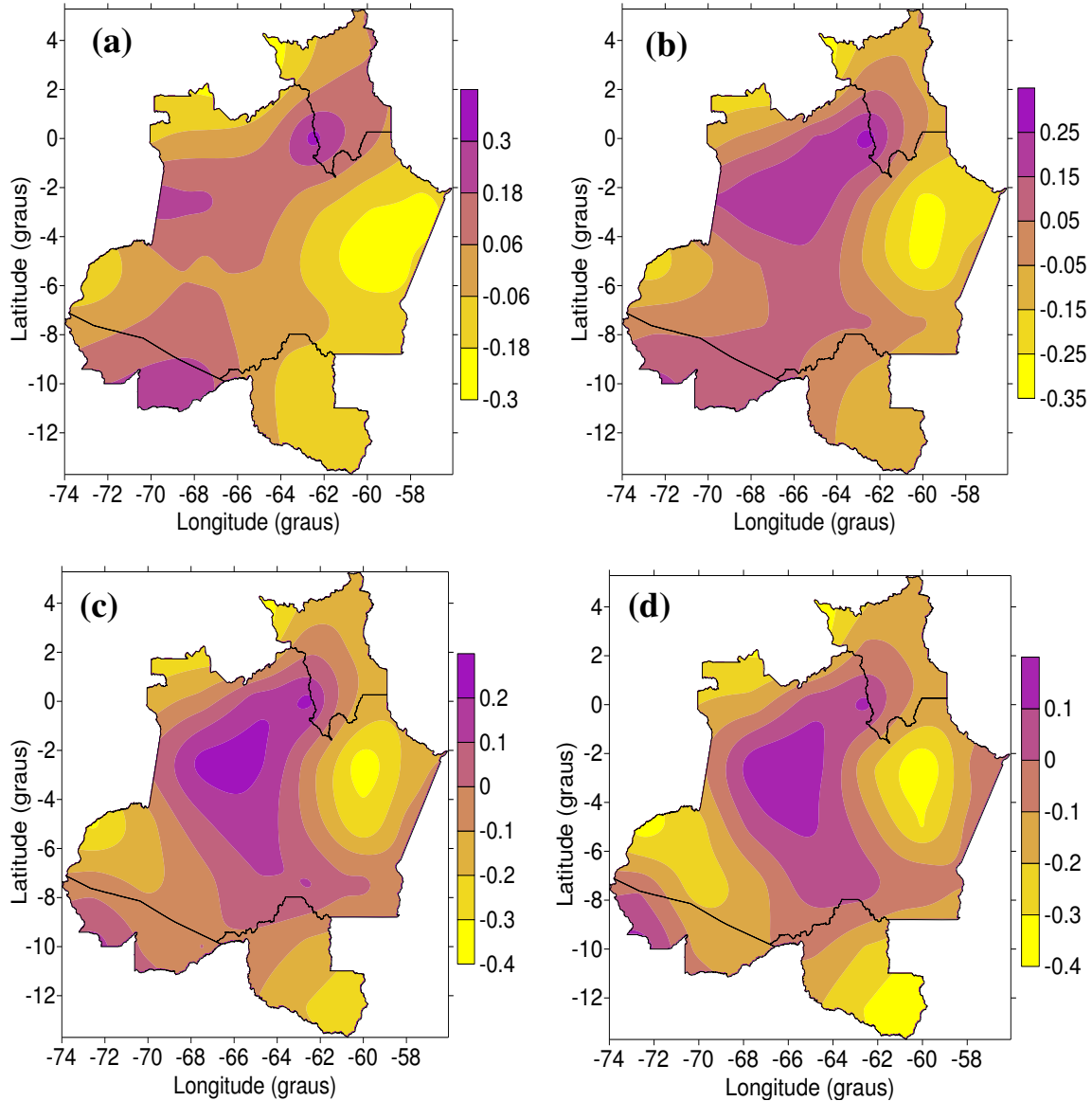


Figura 53: Correlação da PRCPTOT para a Amazônia Ocidental com: (a) Niño 1+2 (b) Niño 3 (c) Niño 3.4 (d) Niño 4, período de 1970-2001.

5.9.2. Correlações referentes ao índice SDII

As correlações do índice SDII com PDO e AMO são semelhantes as do índice PRCPTOT. Isto é coerente, uma vez que o SDII pode refletir o aumento na precipitação total anual, ou seja, pode indicar uma intensificação dos eventos chuvosos na Amazônia Ocidental. A propósito, comparado as Figuras 49(a) e 49(b) com as 54(a) e 54(b), respectivamente é possível verificar as semelhanças. O índice SDII apresenta correlação positiva na parte central, região homogênea R2 da Amazônia Ocidental, com a PDO, Figura 54(a). A correlação entre o índice SDII e AMO foi positiva nas regiões R1 (chuvas de ZCIT e sistemas de leste) e R5 (sistemas frontais austrais) e negativa na R2 (área de grande atuação da ZCAS)

(Figura 49(b)). Estes resultados mostram que o índice SDII da Amazônia Ocidental é dependente das oscilações interdecenais. Ressalta-se que pesquisas futuras pode determinar o grau de dependência.

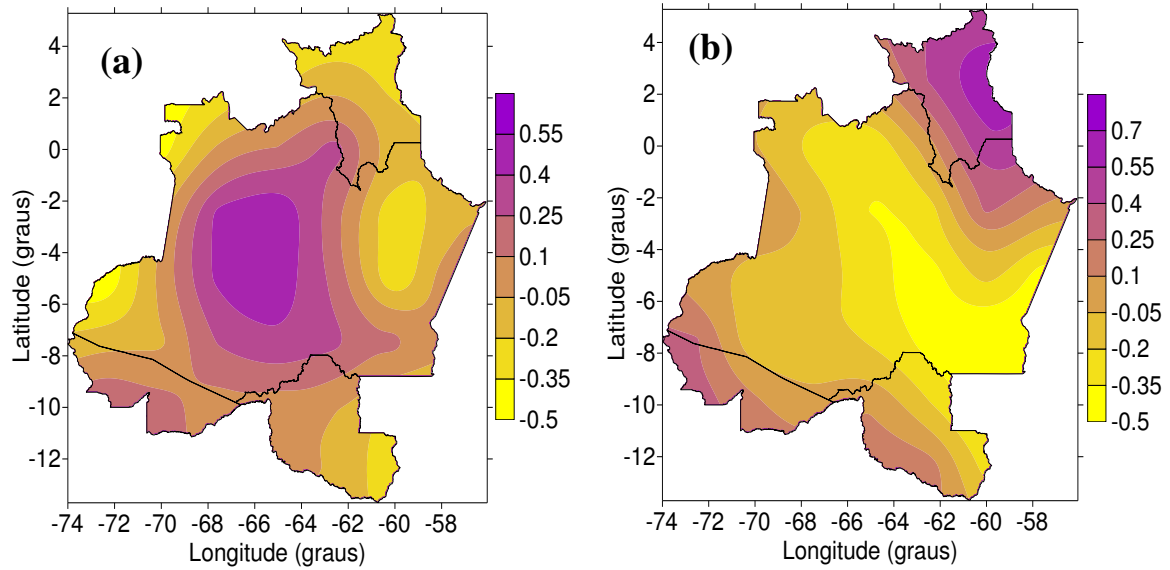


Figura 54: Correlação do SDII para a Amazônia Ocidental com: (a) PDO (b) AMO, período de 1970-2001.

O índice SDII da Amazônia Ocidental não apresentou correlação estatisticamente significativa com a PNA, Figura 55(a), ou seja, a PNA não influencia de forma direta a variabilidade climática interanual do índice SDII.

Assim como a PNA, as correlações da QBO com SDII não mostraram significância estatística com nenhuma célula de grade da Amazônia Ocidental, Figura 55(b). Portanto, não foram observada influência direta da QBO no índice SDII.

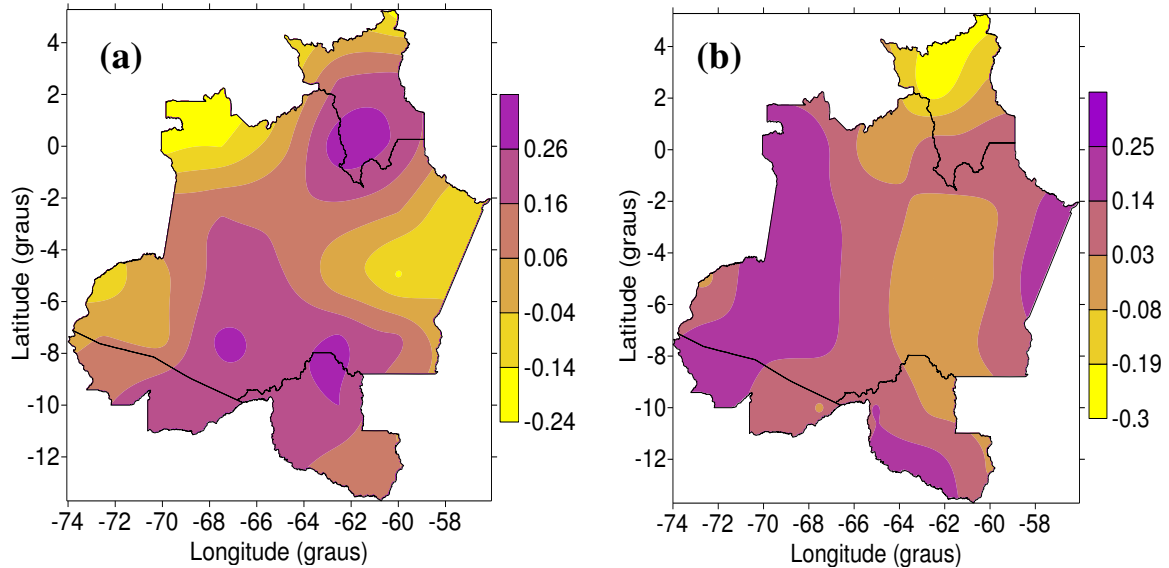


Figura 55: Correlação do SDII para a Amazônia Ocidental com: (a) PNA (b) QBO, período de 1970-2001.

A NAO apresenta correlação positiva com significância estatística apenas com a região homogênea R2 do índice SDII compreendendo a parte central da Amazônia ocidental, Figura 56(a), durante esta fase positiva da NAO o gradiente meridional de pressão torna-se intenso contribuindo para o fortalecimento de ventos na região.

O índice IOS está correlacionado negativamente com SDII na região R3 (sudoeste do Amazonas) provavelmente relacionadas com anomalias de precipitação durante eventos El Niño que contribui com aumento de chuvas na região do Andes podendo afetar o oeste da Amazônia Ocidental, entretanto, é necessário fazer uma investigação mais aprofundada para compreender realmente as causas desta observação. Correlações positivas entre IOS e SDII foram observadas nas regiões R1 e R2 possivelmente relacionadas com anomalias de precipitação durante eventos La Niña, Figura 56(b).

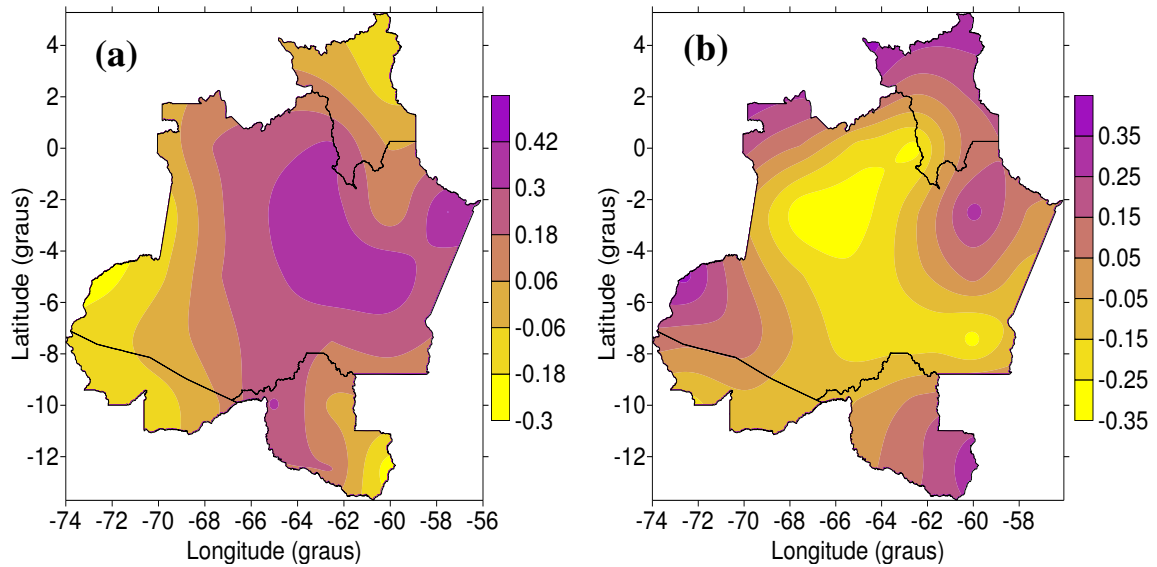


Figura 56: Correlação do SDII para a Amazônia Ocidental com: (a) NAO (b) IOS, período de 1970-2001.

Os campos de correlação entre a série temporal do índice SDII e a variabilidade das anomalias de TSM sobre o Atlântico Norte (TNAI), Figura 57(a), apresenta correlação positiva com significância estatística apenas no extremo norte da Amazônia Ocidental. Nas demais áreas observam-se correlações negativas. Segundo Liebmann e Marengo (2001), a TSM no leste do Atlântico equatorial está positivamente correlacionada com a precipitação do leste da Amazônia durante o outono e a primavera, mas não verificaram correlações com o oeste da Amazônia.

O índice SDII apresenta correlações positivas com significância estatística com as anomalias de TSM no Oceano Atlântico Sul (TSAI) de forma mais abrangente na região R1(extremos norte/sul), e nas demais regiões R2 e R3 observa-se apenas uma célula com correlação significativa, Figura 57(b).

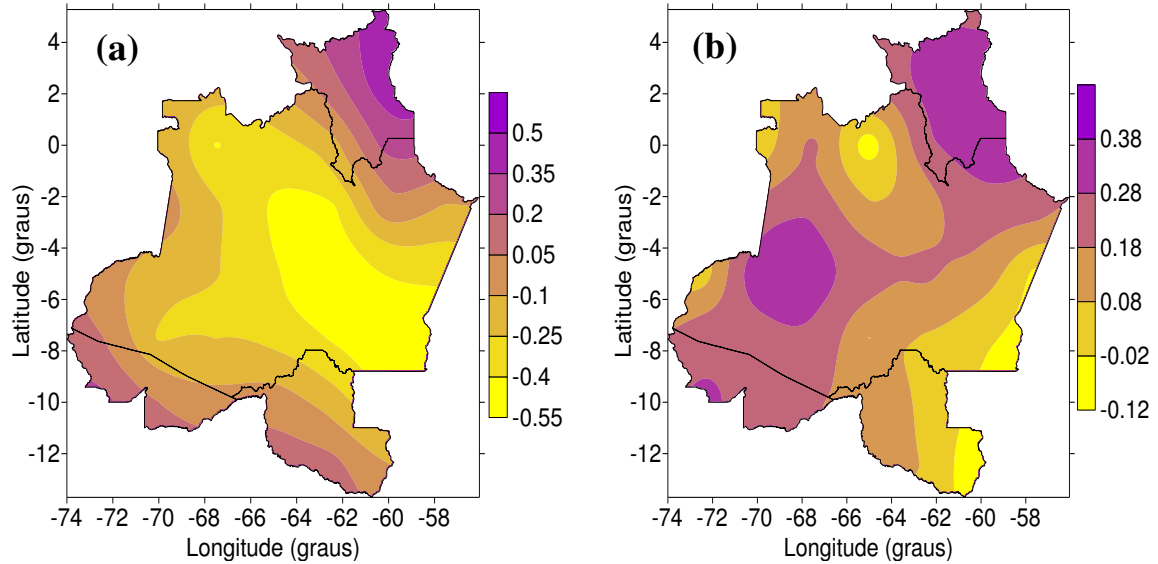


Figura 57: Correlação do SDII para a Amazônia Ocidental com: (a) TNAI (b) TSAI, período de 1970-2001.

A região homogênea R2 do índice SDII apresenta correlação positiva na TSM do Niño 1+2, Figura 58(a) e correlação negativa na TSM do Niño 3.4, Figura 58(d), possivelmente associado ao deslocamento leste-oeste da circulação de Walker contribuindo para o aumento e diminuição das chuvas no oeste da Amazônia Ocidental. O índice SDII da região homogênea R1(extremos norte/sul) está negativamente correlacionado com as TSM Niño 3.4 e 4 estando relacionado com período de El Niño, onde observa-se um decréscimo na média de chuvas na região, Figura 58(b) e (c). As anomalias do Niño 3 não apresentam correlações com significância estatística com nenhuma região homogênea. Esta observação de correlações positivas da TSM do Niño 1+2 e negativas do Niño 3.4 e 4 com o SDII da Amazônia Ocidental ainda não tinha sido constatada e necessita de investigação mais detalhada para que se tenha afirmações categóricas.

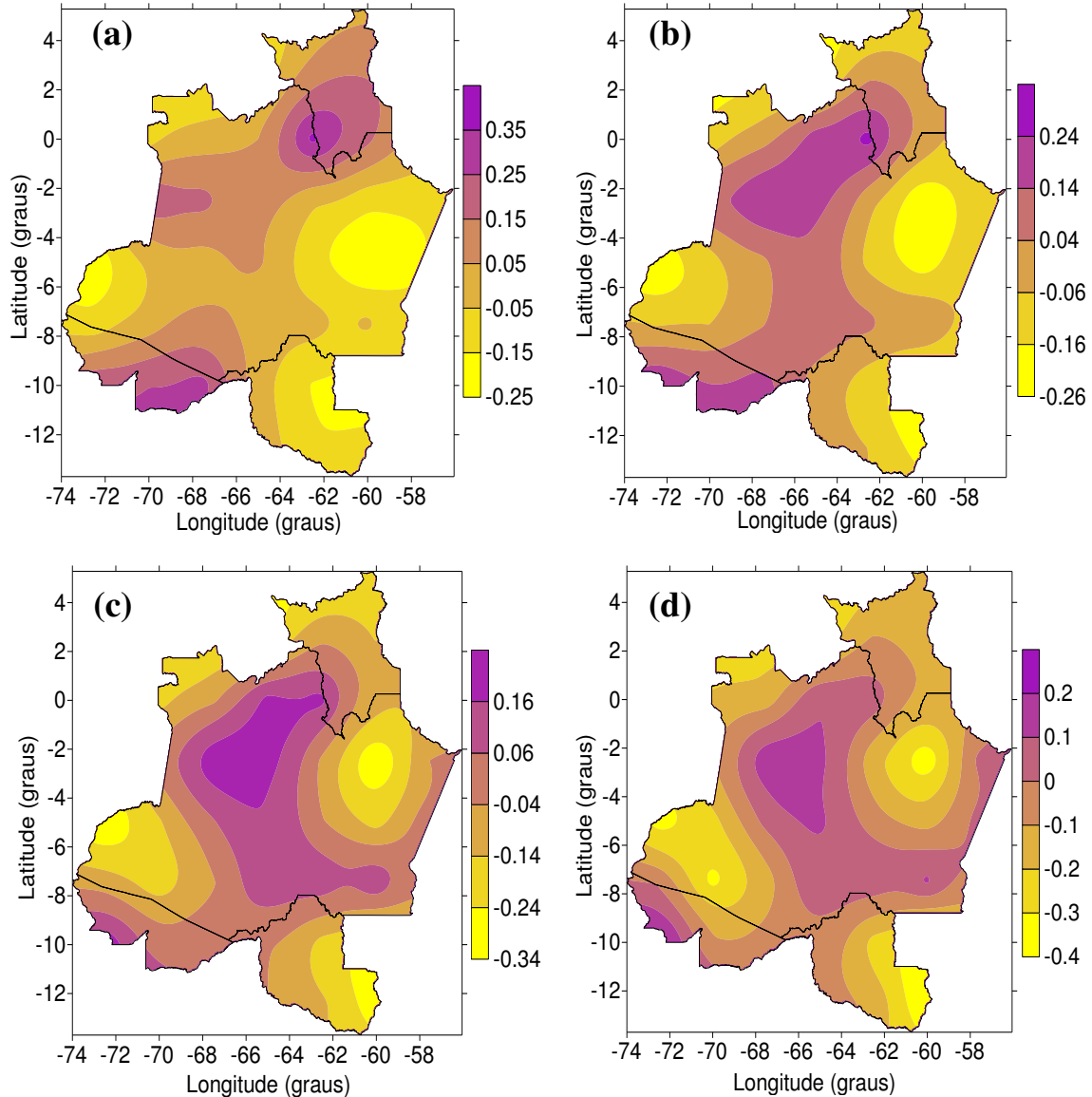


Figura 58: Correlação do SDII para a Amazônia Ocidental com: (a) Niño 1+2 (b) Niño 3 (c) Niño 3.4 (d) Niño 4, período de 1970-2001.

5.9.3. Correlações referentes ao índice DCS

O índice DCS apresenta algumas correlações com significância estatística com a PDO nas regiões homogêneas R1 e R2 (extremo norte e parte central), com exceção da região R3 (extremo sul de Rondônia), sendo que a influência de sistemas de escala decenal sobre o DCS da Amazonas Ocidental é relativamente baixa, Figura 59(a). A região R1 que abrange os extremos norte/sul, não apresenta nenhuma influência significativa dos dias consecutivos secos com a AMO, Figura 59(b), enquanto que a região R3 apresenta correlações positivas com significância estatística em toda região. Ao norte na região homogênea R1 não se verifica correlações significantes com a AMO. Na parte central, região R2, observa-se correlações

positivas dos dias consecutivos secos, indicando que a diminuição da precipitação nesta área é decorrente do aumento dos dias consecutivos secos. De um modo geral, foram obtidas correlações positivas entre o DCS da Amazônia Ocidental e AMO, que é coerente com as correlações encontradas para PRCPTOT e SDII.

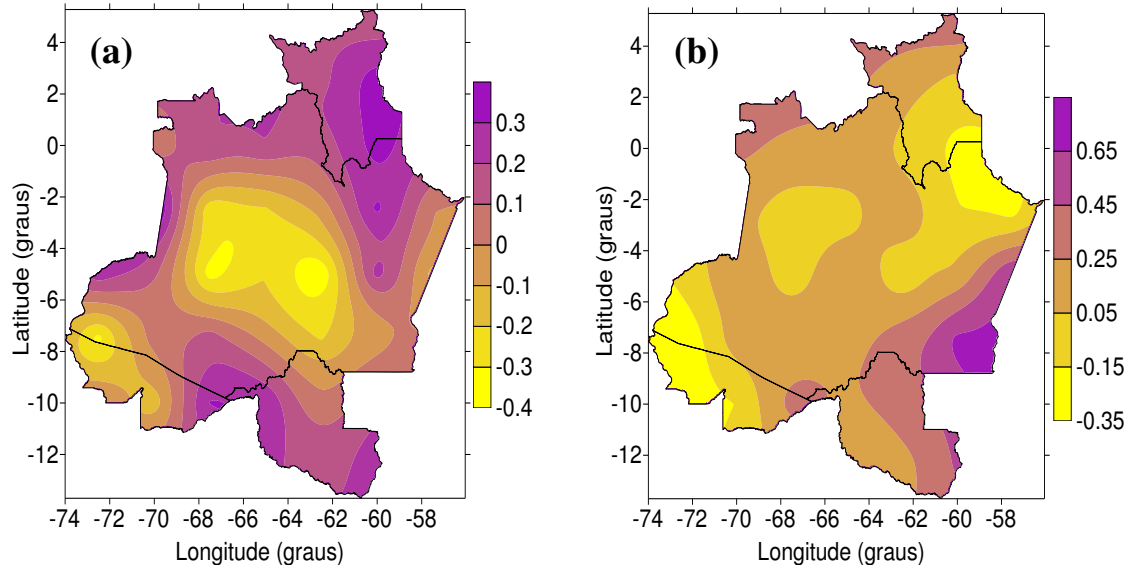


Figura 59: Correlação dos Dias consecutivos secos para a Amazônia Ocidental com: (a) PDO (b) AMO, período de 1970-2001.

Na Figura 60(a) observam-se correlações negativas, com significância estatística, entre PNA e DCS na parte central da Amazônia Ocidental. Enquanto, correlações positivas são observadas entre QBO e DCS no norte da Região, Figura 60(b).

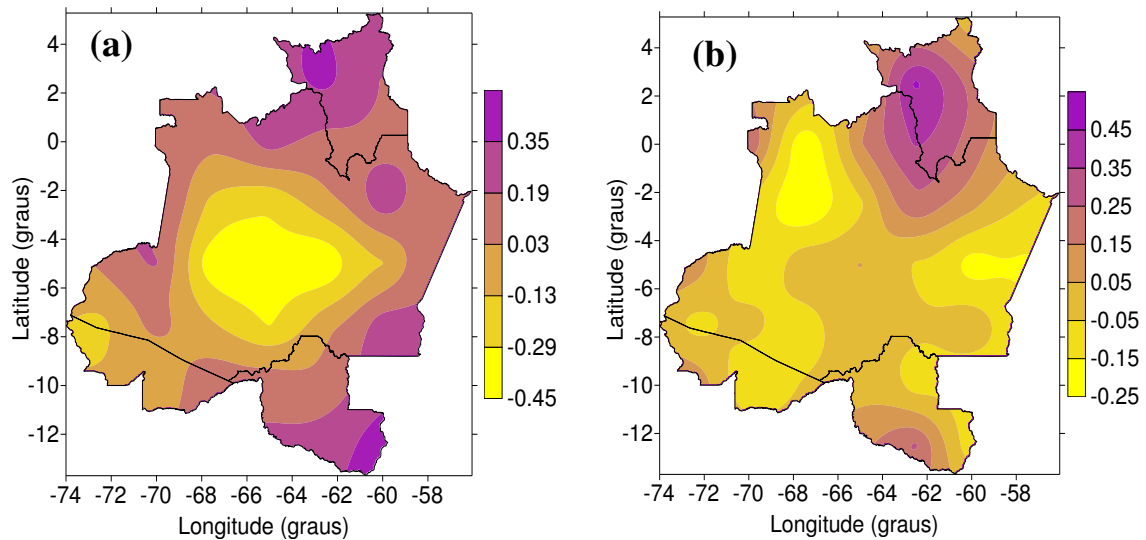


Figura 60: Correlação dos Dias consecutivos secos para a Amazônia Ocidental com: (a) PNA (b) QBO, período de 1970-2001.

O índice DCS no extremo norte da Amazônia Ocidental, região homogênea R1, é negativamente correlacionada com a Oscilação do Atlântico Norte, Figura 61(a), pode se verificar que esta área é influenciada pelas condições atmosféricas e oceânicas do Atlântico, sendo que os dias consecutivos secos estão associados ao aquecimento do Oceano Atlântico Norte, que enfraquece a NAO. A região homogênea R2 do índice DCS, parte central e estado do Acre, apresenta correlações positivas com o Índice de Oscilação Sul, Figura 61(b), resultando na diminuição das precipitações na região. As regiões homogêneas de DCS R1 e R3 não apresentam correlações significativas do índice DCS e o IOS.

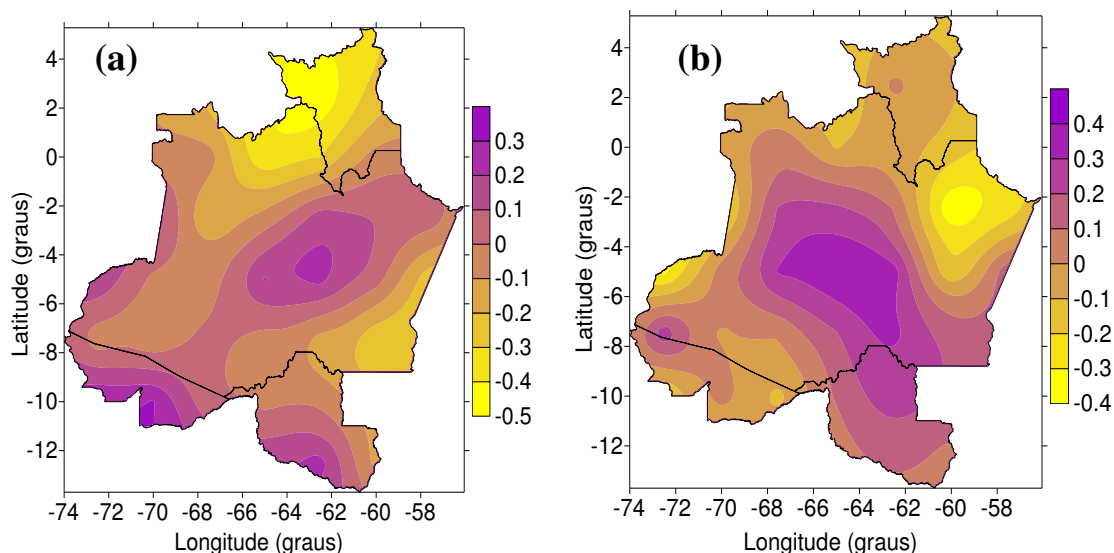


Figura 61: Correlação dos Dias consecutivos secos para a Amazônia Ocidental com: (a) NAO (b) IOS, período de 1970-2001.

As regiões homogêneas R1, R2 e R3 do índice DCS estão positivamente correlacionadas com o índice DCS e o TNAI, Figura 62(a), indicando que ocorre um aumento de dias consecutivos secos nestas regiões devido ao aquecimento do Oceano Atlântico Tropical Norte que induz movimento subsidente sobre a bacia amazônica, resultando na diminuição das precipitações na região, conforme estudos realizados por Yoon e Zeng (2010). A região homogênea R2 (parte central e estado do Acre) do DCS está negativamente correlacionada com o TSAI (Atlântico Sul), Figura 62(b), ou seja, valores negativos de TSAI podem produzir a um aumento da precipitação sobre a região R2.

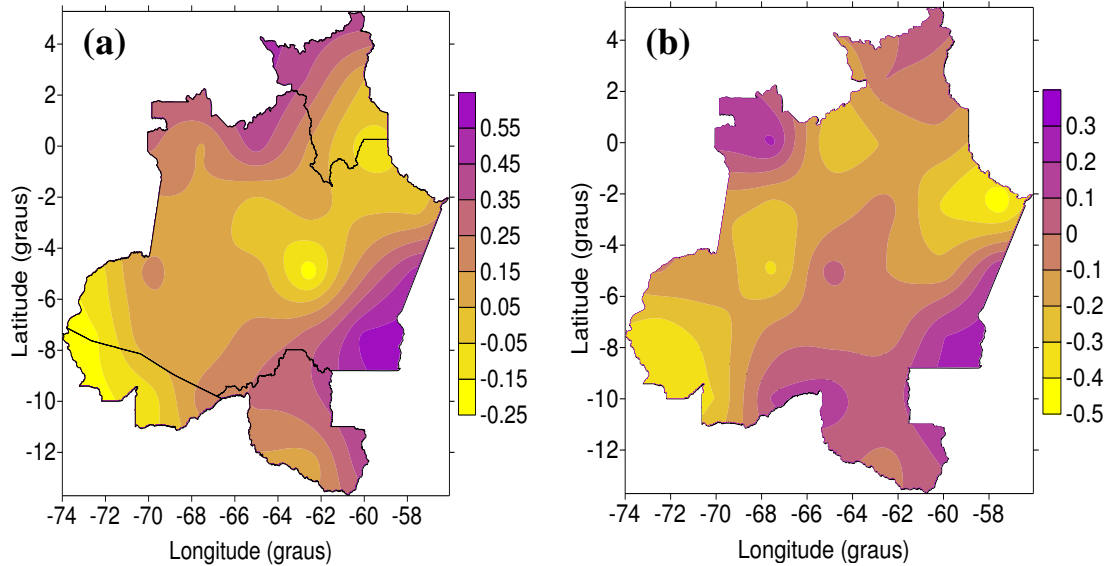
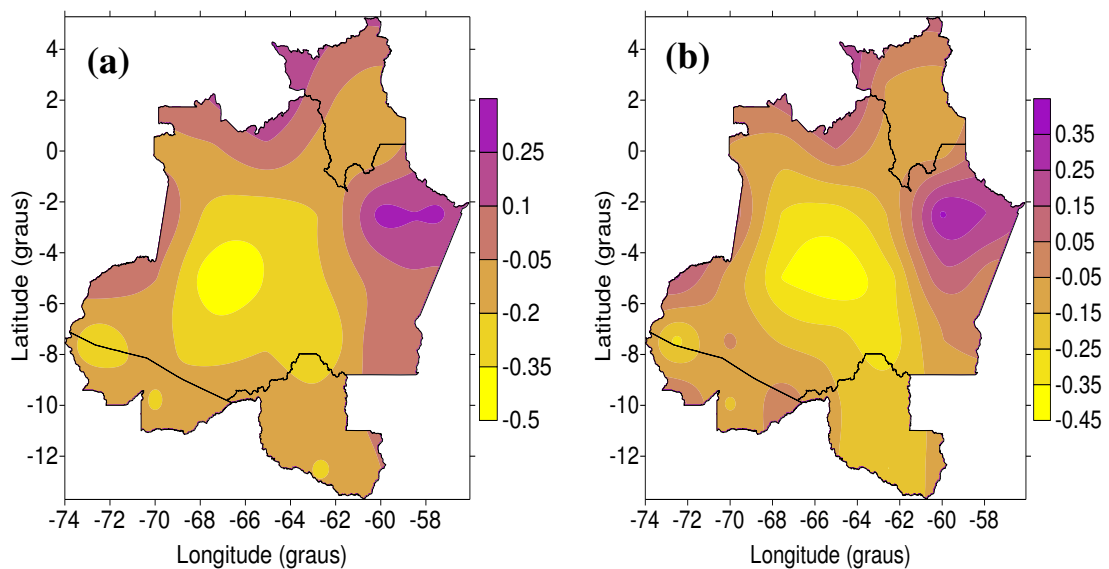


Figura 62: Correlação dos Dias consecutivos secos para a Amazônia Ocidental com: (a) TNAI (b) TSAI, período de 1970-2001.

A região homogênea R3 do índice DCS (parte central da Amazônia Ocidental e o estado do Acre) está negativamente correlacionada com as TSM do Pacífico como demonstrado nas Figuras 63(a), (b), (c) e (d), mas verifica-se também correlações positivas deste índice com as regiões Niño 1+2, 3, 3.4 e 4 indicando que um aumento das anomalias de TSM nessas regiões leva a um aumento dos dias consecutivos secos, este resultado concorda com os encontrados por Santos et al (2012).



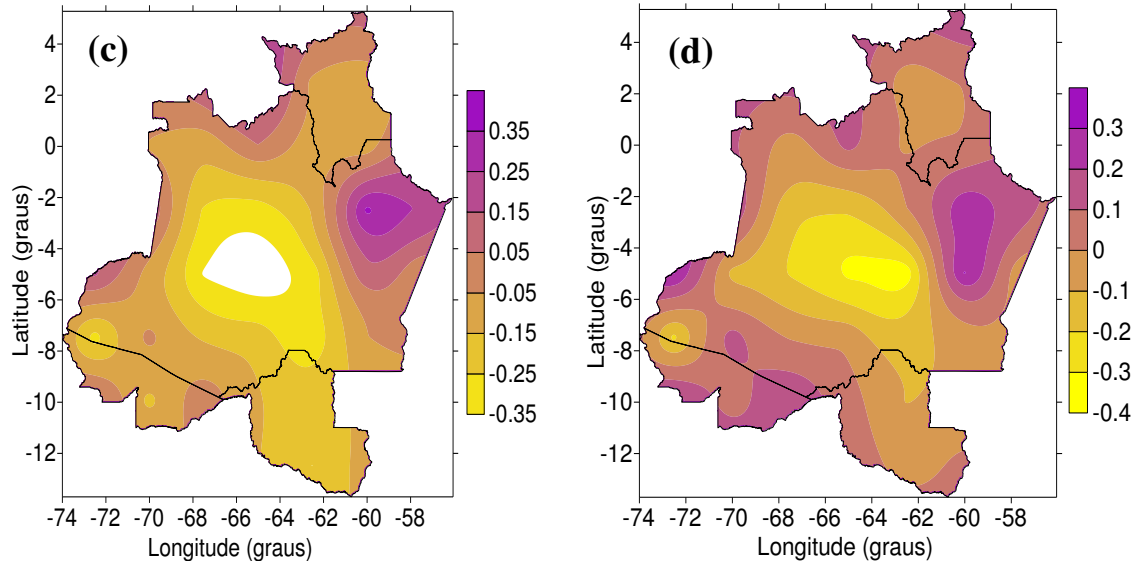


Figura 63: Correlação dos Dias consecutivos secos para a Amazônia Ocidental com: (a) Niño 1+2 (b) Niño 3 (c) Niño 3.4 (d) Niño 4, período de 1970-2001.

5.9.4. Correlações referentes ao índice DCM

As correlações entre o índice DCM e a PDO e entre DCM e AMO apresentam configurações espaciais semelhantes às correlações PRCPTOT versus PDO (Figuras 49a e 64a) e PRCPTOT versus AMO (Figuras 49b e 64b), respectivamente. As configurações espaciais também são semelhantes as da SDII versus PDO e SDII versus AMO. Portanto, as análises feitas para PRCPTOT e SDII também são válidas para DCM.

A correlação entre DCM e AMO é negativa em quase toda Amazônia Ocidental, Figura 64(b), ou seja, valores positivos da AMO produz diminuição de dias consecutivos chuvosos. Esta observação concorda com as encontrada por Silva Junior (2010).

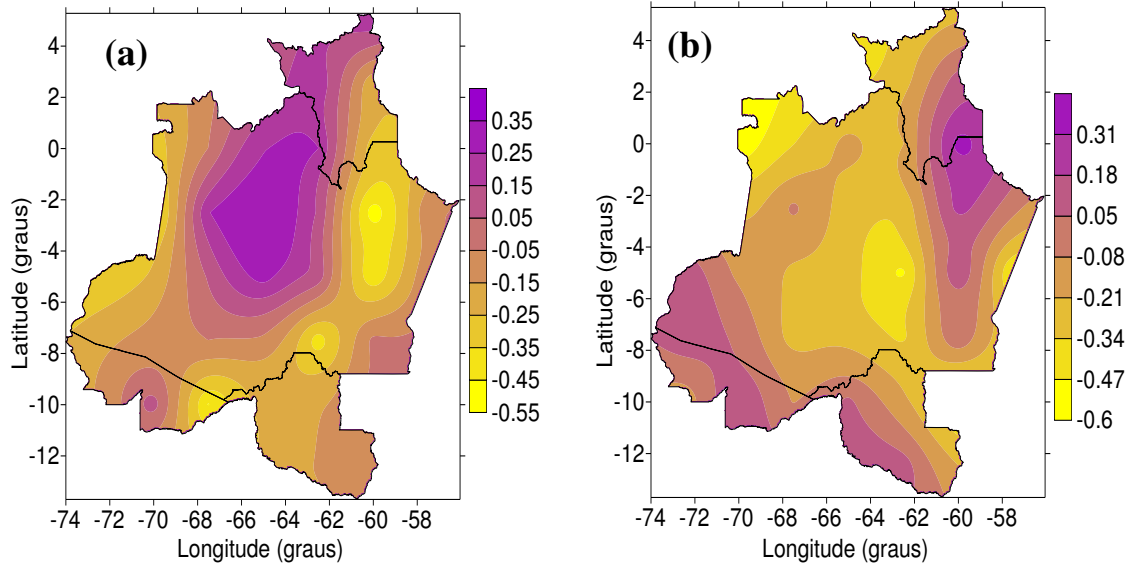


Figura 64: Correlação dos Dias consecutivos molhados para a Amazônia Ocidental com: (a) PDO (b) AMO, período de 1970-2001.

A correlação da configuração PNA com os dias consecutivos molhados mostra poucas células nas regiões homogêneas R1 e R2 com significância estatística, Figura 65(a). O mesmo verifica-se com a Oscilação Quase Bianual, Figura 65(b), indicando que a PNA e QBO exercem pouca influência direta no índice DCM da Amazônia Ocidental.

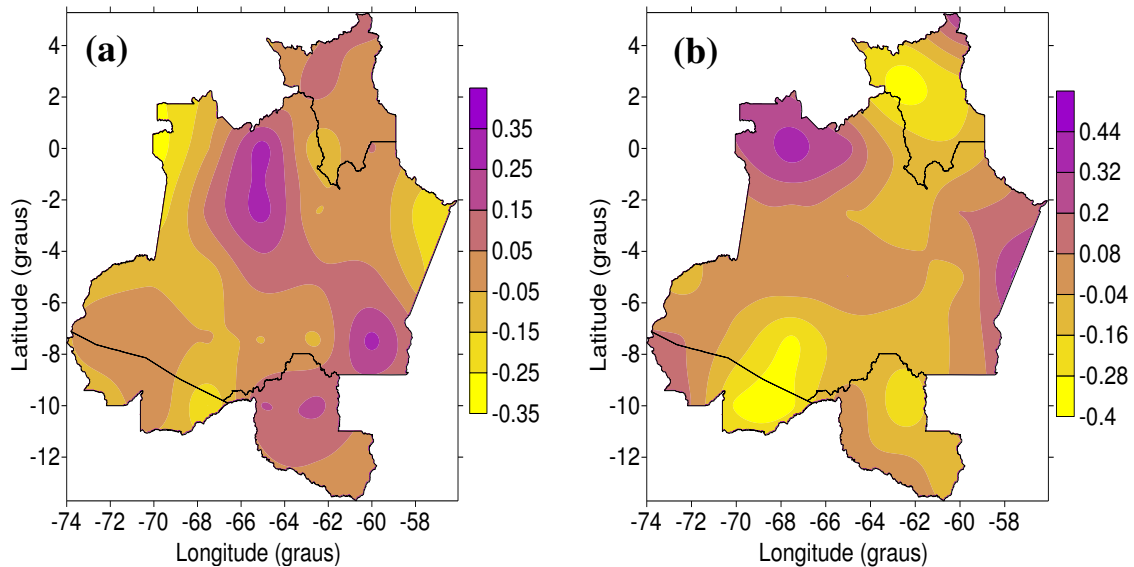


Figura 65: Correlação dos Dias consecutivos molhados para a Amazônia Ocidental com: (a) PNA (b) QBO, período de 1970-2001.

A Figura 66(a) mostra o campo dos coeficientes de correlações entre DCM e a NAO observa-se poucas áreas com correlação estatisticamente significativa, apenas um núcleo no sudoeste da Amazonas.

As correlações entre DCM e IOS são mostradas na Figura 66(b). Observam-se valores positivos com significância estatística no nordeste e sudeste da Região e um núcleo negativo na parte noroeste da Amazônia Ocidental. Esta configuração concorda com as observadas para PRCPTOT, SDII e DCS reforçando uma possível influência de dipolo na direção zonal do ENOS na precipitação da Amazônia Ocidental.

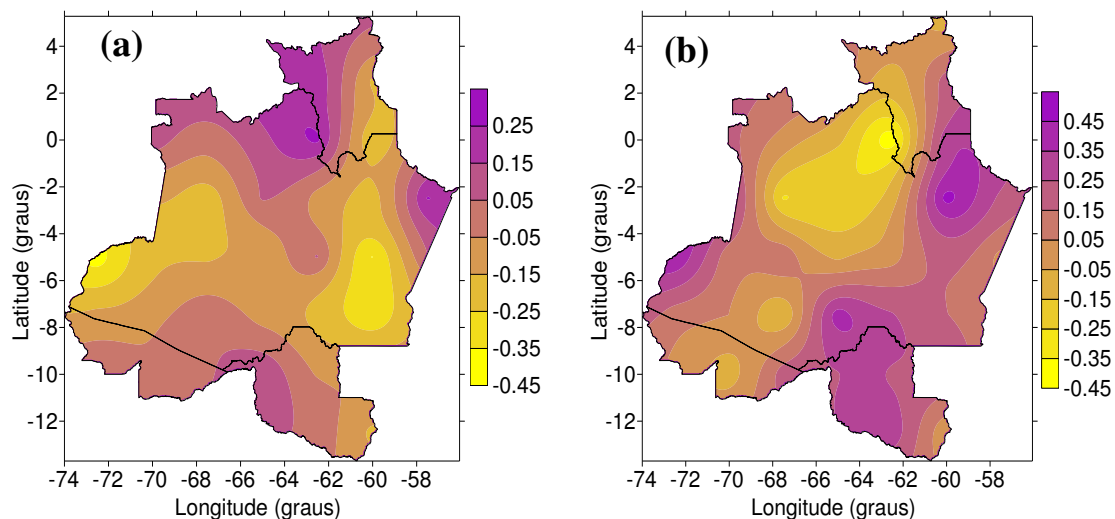


Figura 66: Correlação dos Dias consecutivos molhados para a Amazônia Ocidental com: (a) NAO (b) IOS, período de 1970-2001.

A Figura 67(a) mostra núcleos de correlações negativas entre DCM e TNAI, com significância estatística no norte, leste, centro e centro-sudoeste da Amazônia Ocidental. As correlações positivas entre estes índices não apresenta significância estatística. Portanto, de um modo geral, o aumento da TSM no Atlântico Norte pode levar a uma diminuição dos dias consecutivos molhados.

O índice do atlântico Sul (TSAI) apresentou correlações positivas com o índice DCM nos extremos nordeste e sudoeste e negativas no extremo noroeste (Figura 67b). Este resultado difere um pouco dos obtidos para PRCPTOT e SDII, uma vez que para estes índices não foram observados núcleos de correlações negativas com significância estatística e os núcleos com correlações positivas abrangeram áreas maiores que as obtidas para o DCM.

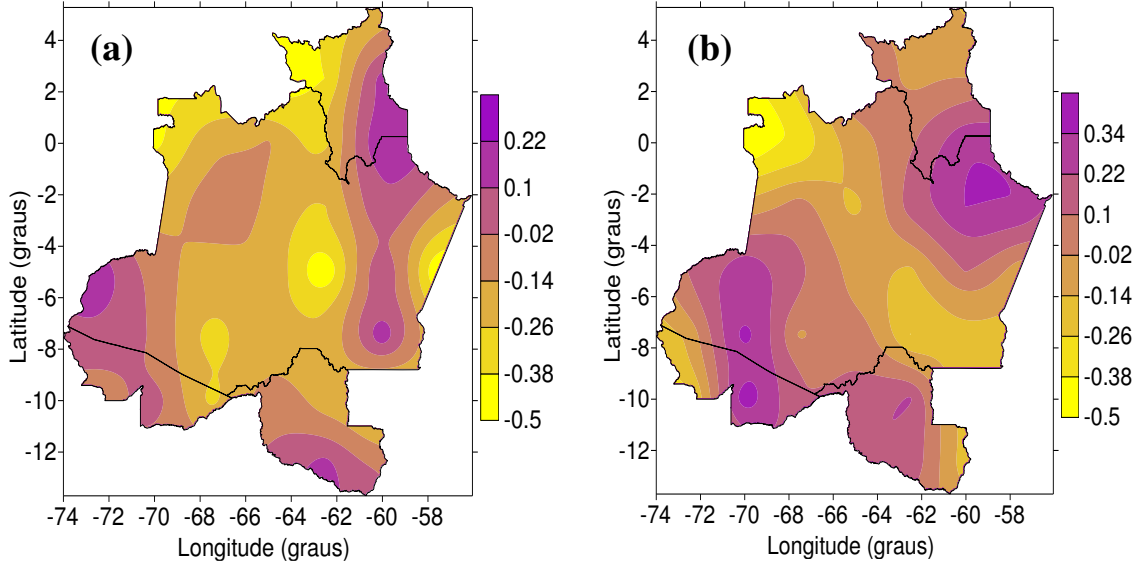
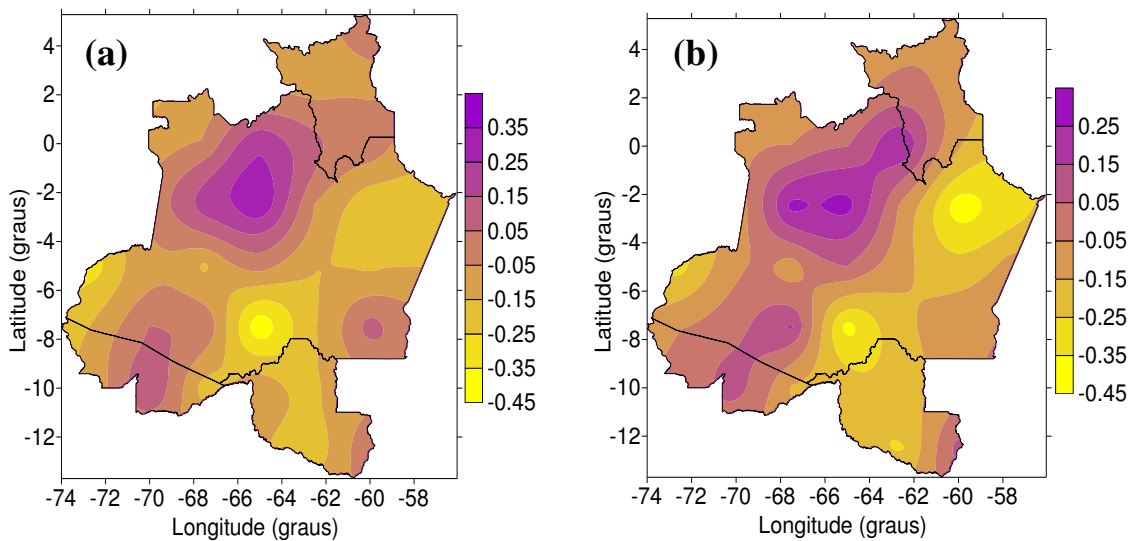


Figura 67: Correlação dos Dias consecutivos molhados para a Amazônia Ocidental com: (a) TNAI (b) TSAI, período de 1970-2001.

Os campos dos coeficientes de correlações entre DCM e as anomalias da TSM das áreas dos Niños 1+2, 3, 3.4 e 4 são mostrados nas Figuras 68(a), (b), (c) e (d), respectivamente. De um modo geral, observa-se correlações positivas com significância estatística na parte oeste da Amazônia Ocidental e negativas na parte leste, exceto para a área do Niño 3, cuja correlação da positiva da parte oeste não apresentou significância estatística.



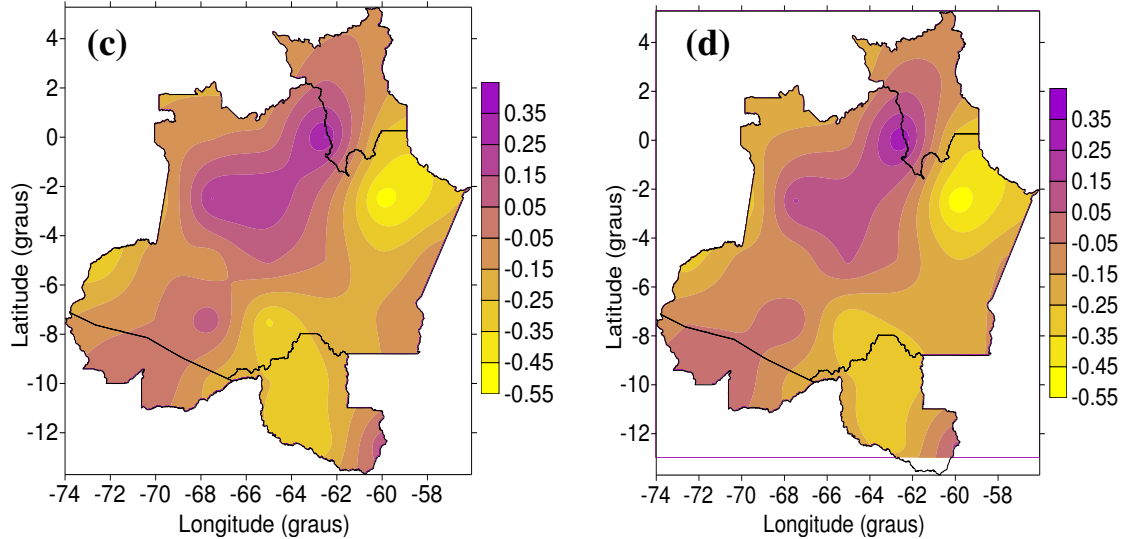


Figura 68: Correlação dos Dias consecutivos molhados para a Amazônia Ocidental com: (a) Niño 1+2 (b) Niño 3 (c) Niño 3.4 (d) Niño 4, período 1970-2001.

5.9.5. Correlações referentes ao índice TNn

As Figuras 69(a) e 69(b) mostram os campos dos coeficientes de correlação entre PDO versus TNn e AMO versus TNn. Observam-se correlações positivas em quase todo centro-norte da Amazônia Ocidental, isto demonstra que em anos de PDO e AMO positivas ocorrem um aumento da temperatura mínima das mínimas e quando PDO e AMO são negativas as temperaturas mínimas das mínimas tende a ser menor que os seus valores médios climatológicos. Estes resultados concordam com os de Silva Junior (2010).

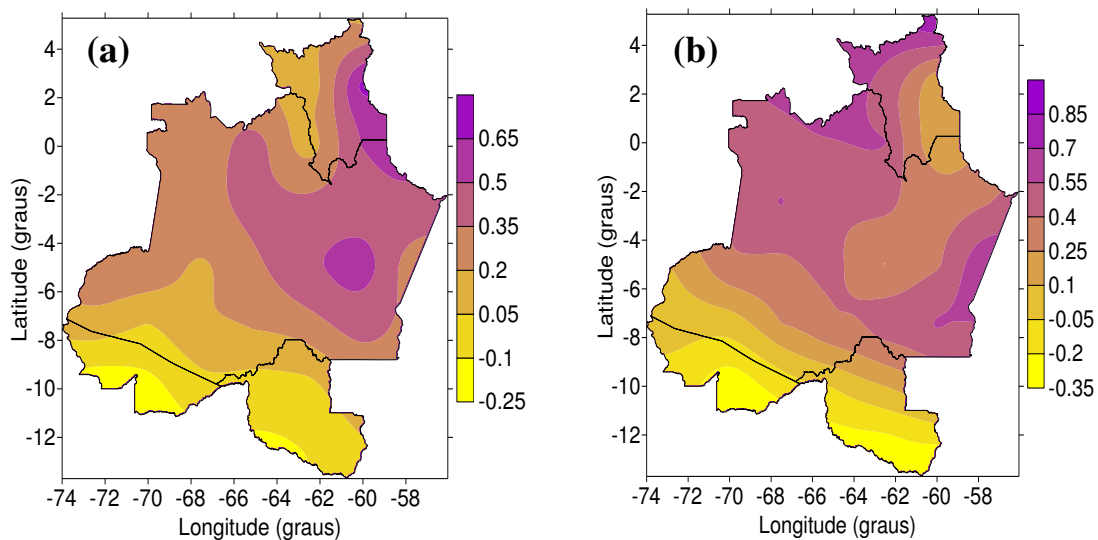


Figura 69: Correlação do índice TNn para a Amazônia Ocidental com: (a) PDO (b) AMO, período de 1970-2001.

O índice TNn está positivamente correlacionado com a configuração PNA em quase toda Amazônia Ocidental, a exceção é a parte sul da Região, Figura 70(a). Este resultado é interessante porque a PNA quase não apresentou correlação com os índices de precipitação, enquanto que com a temperatura do ar mínima das mínimas exibiu correlação estatisticamente significativa superior a 99%. As razões físicas para esta correlação ainda estão para ser explicada, mas pode ser conjecturado que isto pode ser decorrente da nebulosidade e evaporação noturna. Estudos realizados por Marengo (2006) mostram mudanças na temperatura, evaporação de chuva e escoamento superficial, pois devido ao desmatamento total da Amazônia, a temperatura tende a aumentar, o mesmo que a evaporação, enquanto que a chuva e o escoamento superficial tendem a diminuir.

A QBO não apresenta correlações estatisticamente significante com o índice TNn, Figura 70(b).

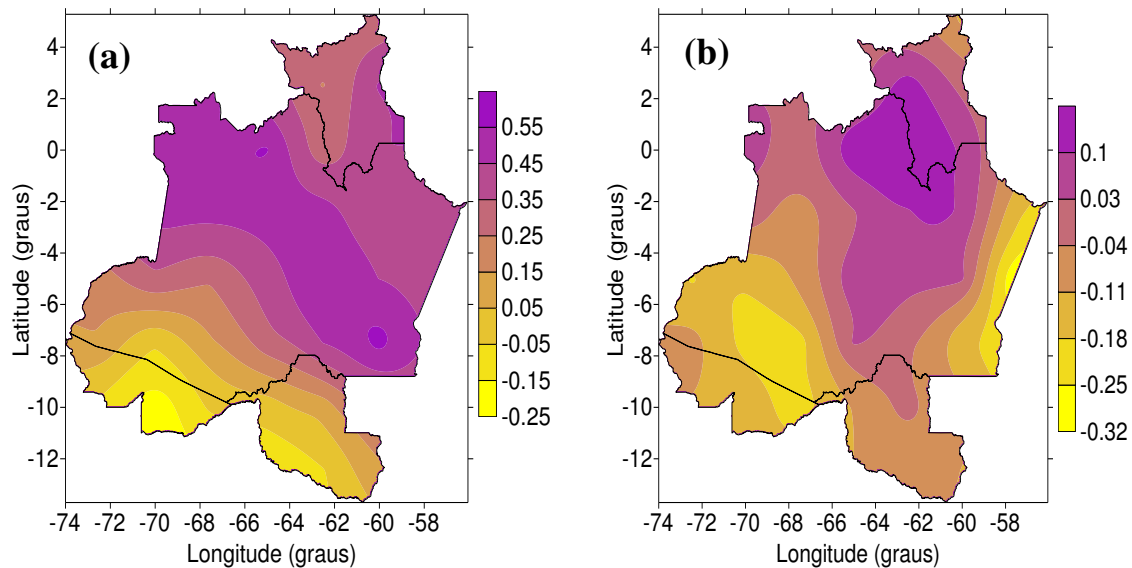


Figura 70: Correlação do índice TNn para a Amazônia Ocidental com: (a) PNA (b) QBO, período de 1970-2001.

As correlações do índice NAO e o índice TNn, apresentam algumas correlações negativas com significância estatística distribuídas na Amazônia Ocidental, nas regiões R1 e R2, Figura 71(a), indicando uma diminuição de TNn com o aumento do NAO, o que produz uma intensificação dos ventos alísios de nordeste que pode advectar ar mais frio do Oceano Atlântico na Amazônia Ocidental.

O índice TNn está negativamente correlacionado com a Oscilação Sul de forma mais abrangente na região R1, parte central e sul de Roraima, sugerindo que o resfriamento na Amazônia Ocidental está associado com o aumento do IOS, ou seja resfriamento da água do Pacífico Equatorial, Figura 71(b).

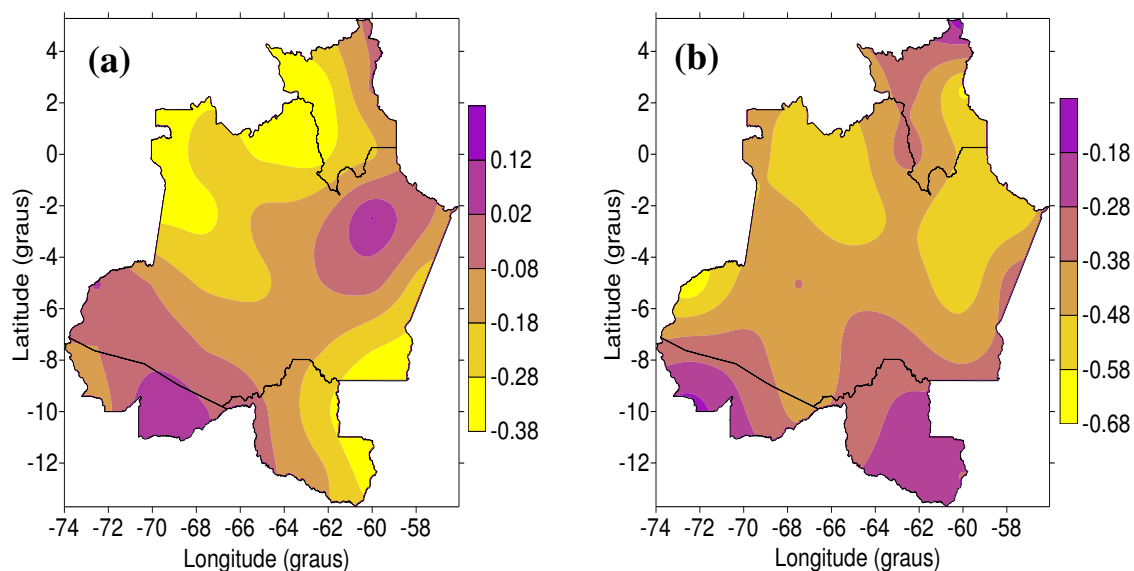


Figura 71: Correlação do índice TNn para a Amazônia Ocidental com: (a) NAO (b) IOS, período de 1970-2001.

O índice TNn apresenta correlações positivas com o TNAI (Atlântico Norte) em quase toda Amazônia Ocidental, Figura 72(a). Isto mostra que TSM mais elevada no Atlântico Tropical Norte produz um aumento das temperaturas mínimas na Amazônia Ocidental devido ao enfraquecimento dos ventos alísios de nordeste. Por outro lado, TSM mais fria no Atlântico Tropical Norte aumenta os ventos alísios de nordeste que levam ar mais frio para a Amazônia Ocidental.

As correlações do índice TNn com o TSAI (Atlântico Sul), Figura 72 (b), não apresentam correlações significativas na região homogênea R1, e apenas duas células da região R2 apresentam correlações significantes, portanto esta região do Atlântico não influencia a variabilidade da amplitude térmica TNn.

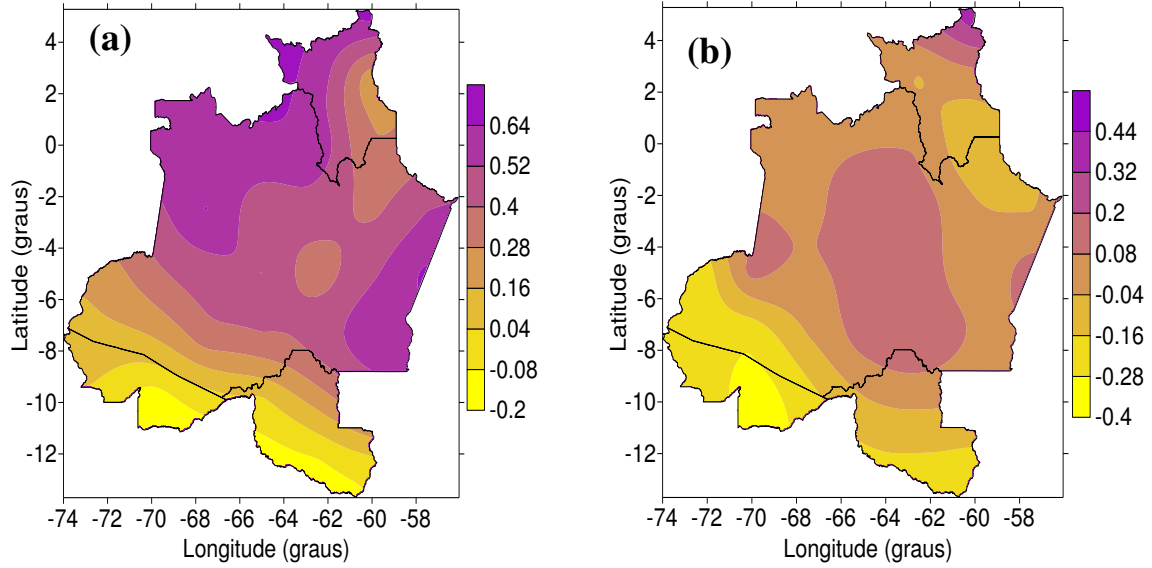
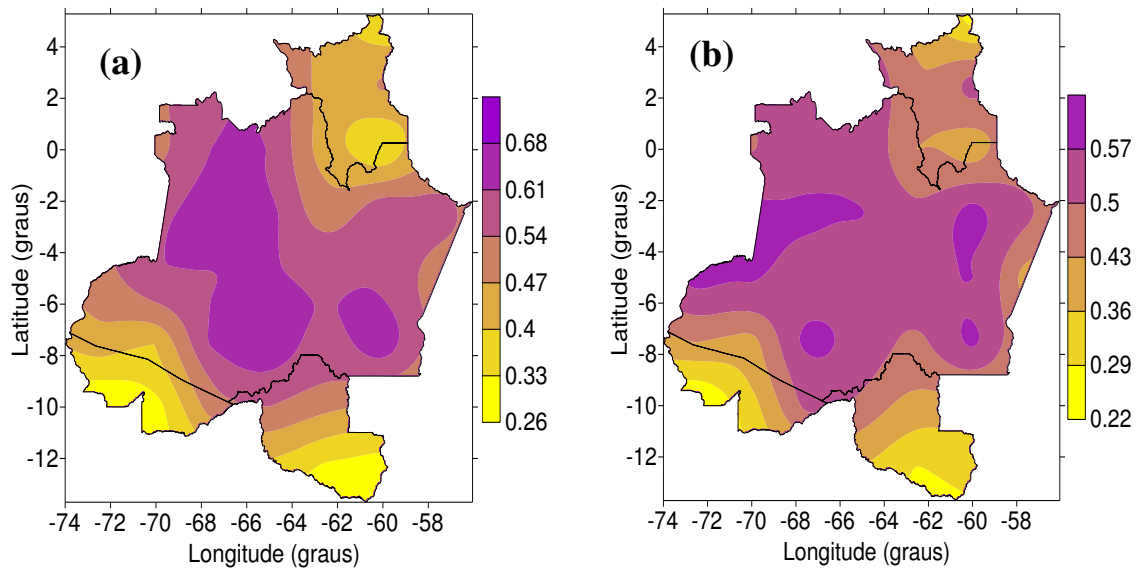


Figura 72: Correlação do índice TNn para a Amazônia Ocidental com: (a) TNAI (b) TSAI, período 1970-2001.

O índice TNn da Amazônia Ocidental está fortemente correlacionado de forma positiva com as anomalias da TSM do Pacífico Equatorial, Figura 73(a), (b), (c) e (d). A TSM mais elevada no Pacífico produz elevação das temperaturas mínimas das mínimas, este resultado difere do obtido para os índices de precipitação.



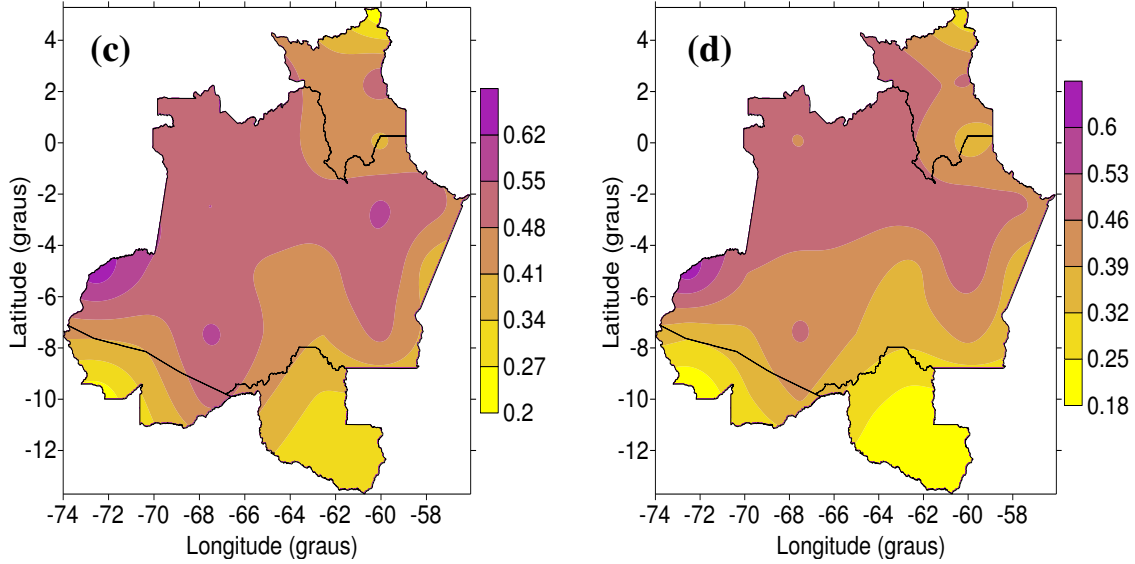


Figura 73: Correlação do índice TNn para a Amazônia Ocidental com as regiões: (a) Niño 1+2 (b) Niño 3 (c) Niño 3.4 (d) Niño 4, período 1970-2001.

5.9.6. Correlações referentes ao índice TNx

Os campos de correlações entre o índice TNx e PDO e entre TNx e AMO são mostrados nas Figuras 64(a) e 64(b), respectivamente. Observa-se correlações positivas estatisticamente significante em quase toda a Amazônia Ocidental, ou seja, a TNx da Amazônia Ocidental é de certa forma modulada pelas Oscilações Decenais.

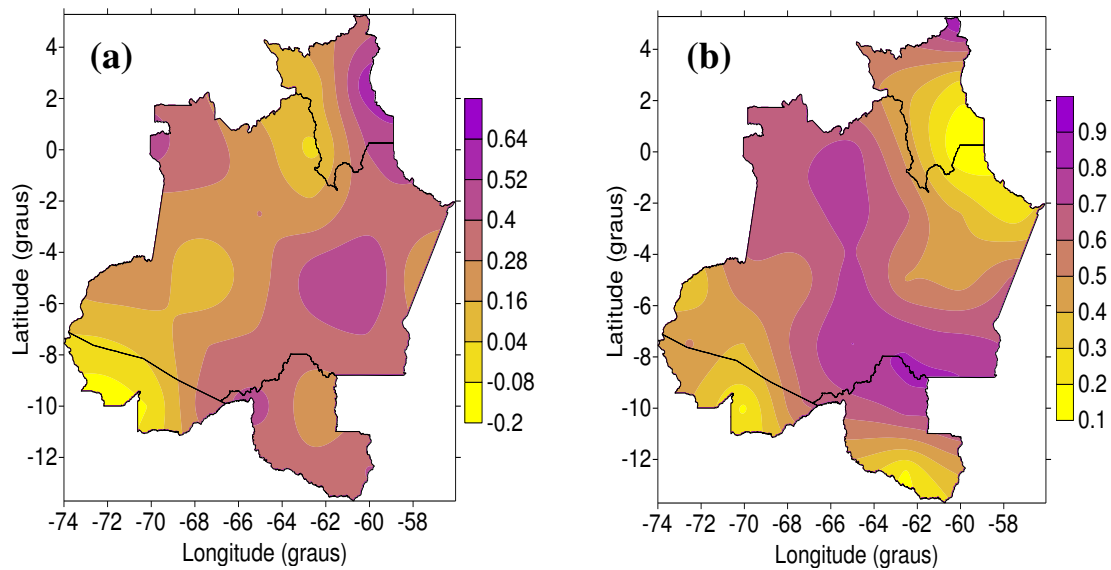


Figura 74: Correlação do índice TNx para a Amazônia Ocidental com: (a) PDO (b) AMO, período 1970-2001.

Assim como o índice TNn, o TNx também está positivamente correlacionado com significância estatística com a configuração PNA, Figura 75(a). Ainda não é possível afirmar categoricamente qual ou quais as razões físicas para estas correlações, entretanto, os argumentos sugeridos para a relação entre TNn e PNA podem ser os mesmos para TNx e PNA.

A QBO não apresenta nenhuma correlação com significância estatística com o índice TNx, Figura 75(b), exceto uma pequena área no extremo sul de Rondônia, mas isto possivelmente seja devido a extrapolação, ou seja, não é real.

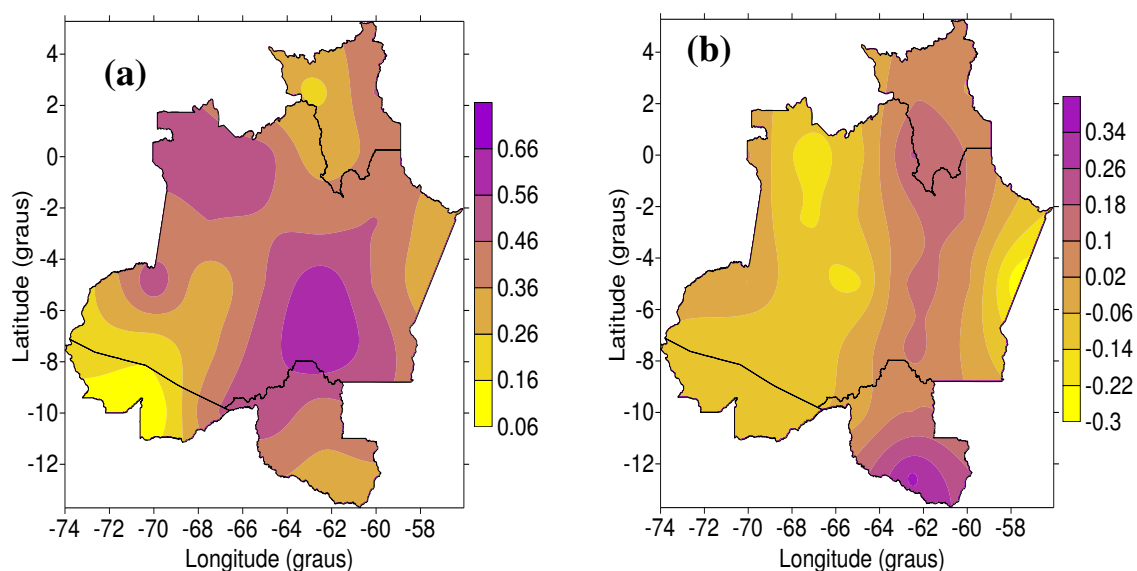


Figura 75: Correlação do índice TNx para a Amazônia Ocidental com: (a) PNA (b) QBO, período 1970-2001.

A NAO e o índice TNx apresentam-se negativamente correlacionados com significância estatística na região homogênea R2, Figura 76(a), mostrando que a temperatura tende a diminuir nesta área, sugerindo que NAO mais intensa incide menores temperaturas máximas das mínimas, provavelmente devido a intensificação dos ventos alísios de nordeste.

Verifica-se correlações negativas com significância estatística nas regiões homogêneas R1 e R2 do índice TNx e o índice IOS, Figura 76(b), ou seja, menor IOS maior temperatura máxima das mínimas. Isto ocorre devido à influência do El Niño nestas regiões produzindo maior ganho de radiação solar na superfície que leva a maior evaporação, conseqüentemente elevando a temperatura mínima noturna.

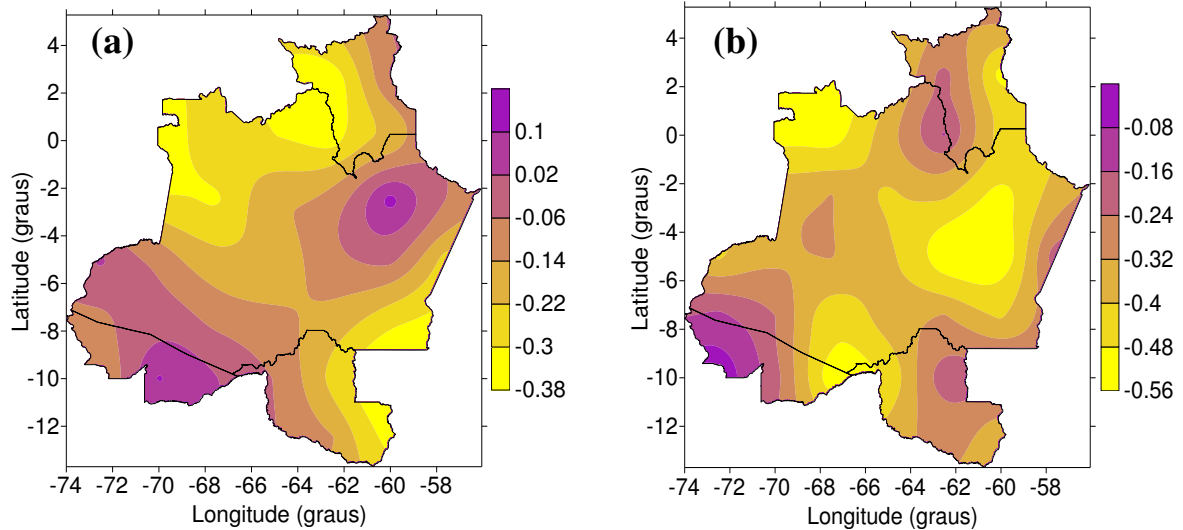


Figura 76: Correlação do índice TNx para a Amazônia Ocidental com: (a) NAO (b) IOS, período 1970-2001.

A Figura 77(a) mostra o campo de correlação entre o índice TNAI (Atlântico Tropical Norte) e o índice TNx. Observa-se correlações positivas sobre quase toda Amazônia Ocidental com significância estatística, em muitas áreas, superior a 99%. Isto pode ser decorrente da diminuição da intensidade dos ventos alísios de nordeste devido ao aquecimento no Atlântico Tropical Norte.

A correlação entre o índice TSAI (Atlântico Tropical Sul) e o índice TNx, Figura 77(b), apresenta valores estatisticamente significativos em um pequeno núcleo no centro-norte do Amazonas e no sul do Amazonas na divisa com Rondônia.

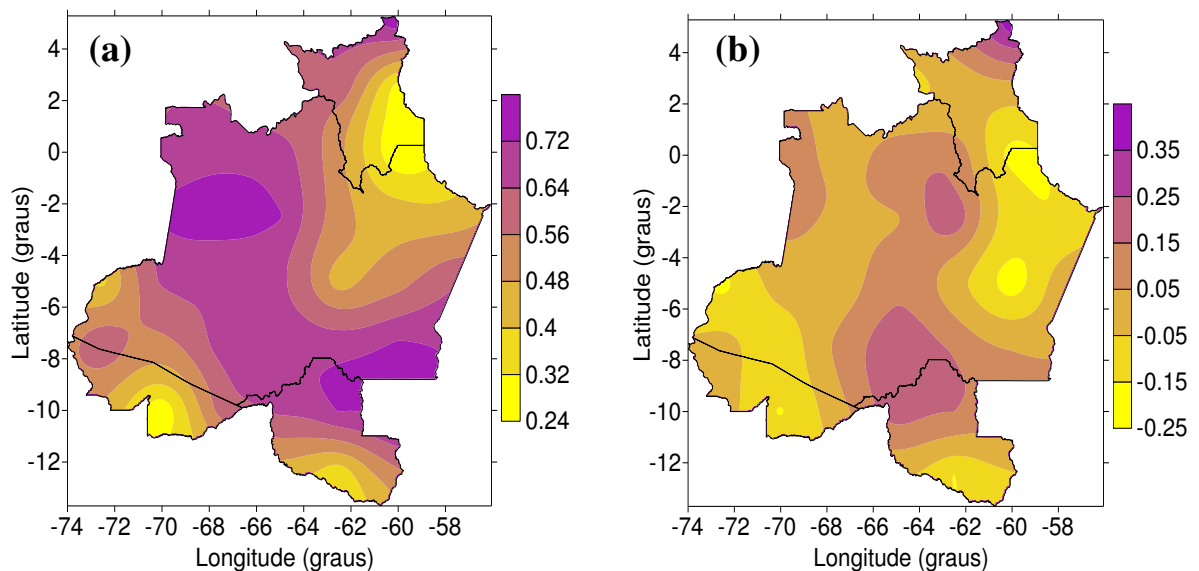


Figura 77: Correlação do índice TNx para a Amazônia Ocidental com: (a) TNAI (b) TSAI, período 1970-2001.

O índice TNx está positivamente correlacionado com significância estatística, com as anomalias da TSM de todas as regiões dos Niño (Pacífico Equatorial), Figura 78(a), (b), (c) e (d), isto mostra que a TSM do oceano Pacífico domina a escala interanual do índice TNx, este fato relaciona-se com deslocamentos da ZCIT e também fatores como o efeito da umidade do solo.

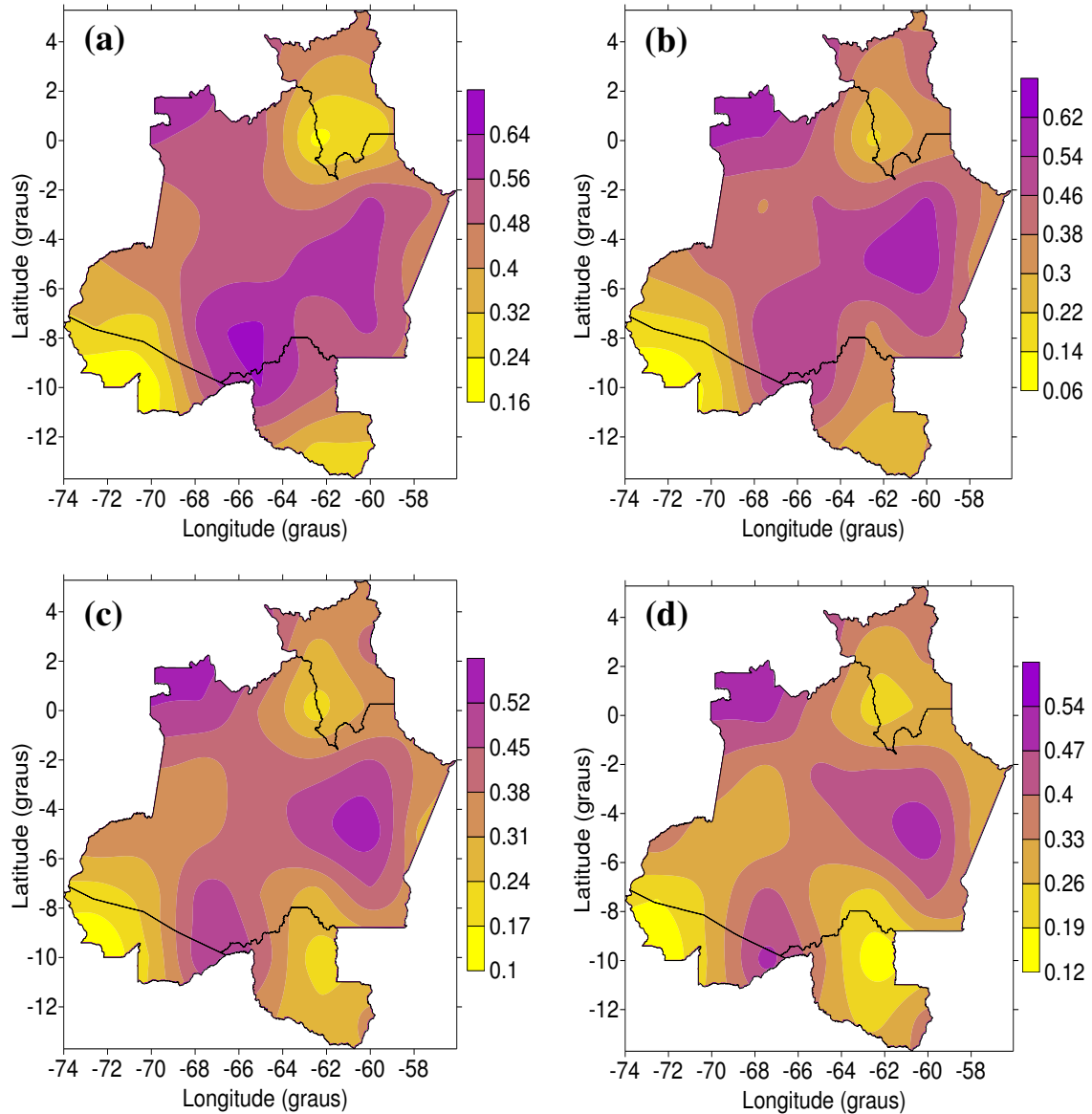


Figura 78: Correlação do índice TNx para a Amazônia com: (a) Niño 1+2 (b) Niño 3 (c) Niño 3.4 (d) Niño 4 Ocidental, período 1970-2001.

5.9.7. Correlações referentes ao índice TNn

O índice TXn de toda parte centro norte da Amazônia Ocidental está correlacionado positivamente, com significância estatística, com a PDO, Figura 79(a), ou seja, valores mais elevados da PDO pode provocar aumento das temperaturas mínimas das máximas na Amazônia Ocidental. O índice TXn também apresenta correlação positiva estatisticamente significativa com a AMO, Figura 79(b), em uma grande faixa na direção noroeste sudeste na parte central da Amazônia Ocidental. As razões físicas ainda necessitam de investigações mais aprofundadas, mas possivelmente esteja relacionado com o aquecimento global produzido pela PDO, na fase positiva, e resfriamento na fase fria. Em relação a AMO as causas pode ser a mesma da PDO, uma vez que a Amazônia Ocidental está geograficamente perto do Atlântico Norte.

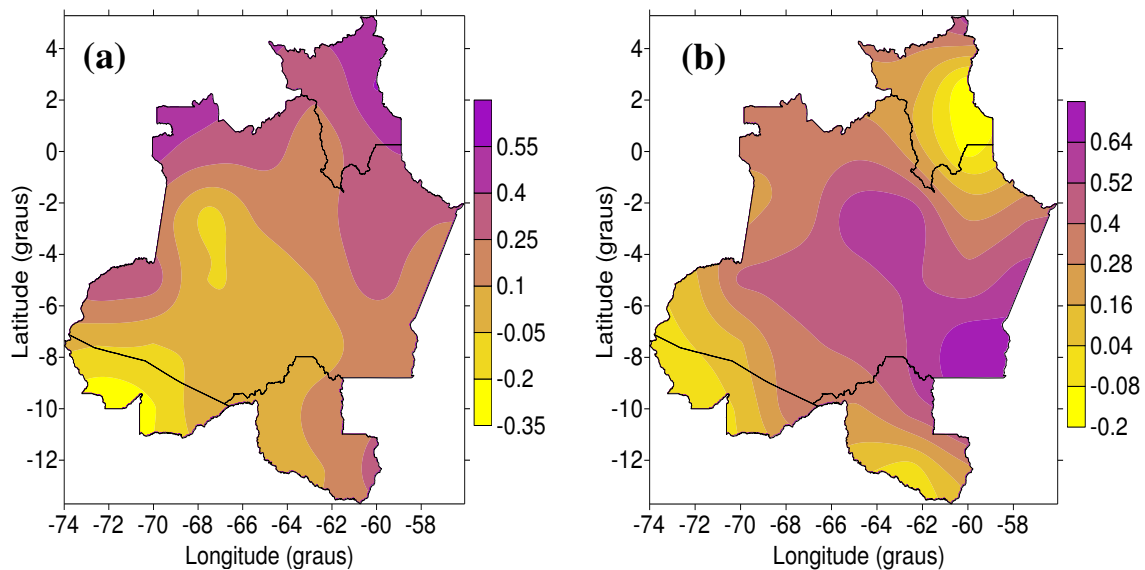


Figura 79: Correlação do índice TXn para a Amazônia Ocidental com: (a) PDO (b) AMO, período 1970-2001.

O índice TXn apresenta correlações positivas com significância estatística com a configuração PNA em toda parte centro norte da Amazônia Ocidental, Figura 80(a). Já as correlações de TXn com a QBO não são estatisticamente significantes, Figura 80(b).

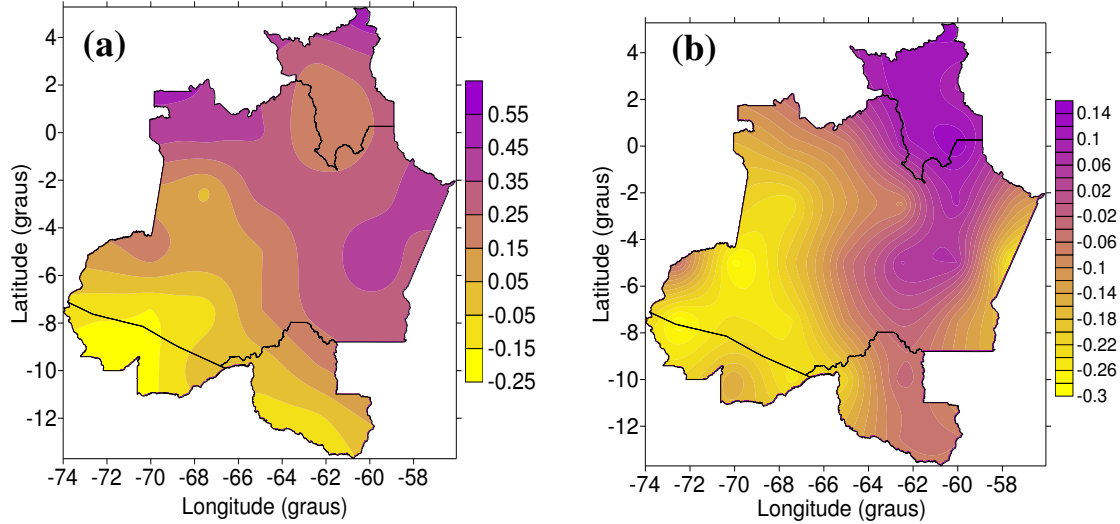


Figura 80: Correlação do índice TXn para a Amazônia Ocidental com: (a) PNA (b) QBO, período 1970-2001.

O índice TXn está correlacionado negativamente com a NAO na parte central, Figura 81(a) e com a IOS na parte norte, Figura 81(b), as causas destas correlações são semelhantes as dos índices TNn e TNx.

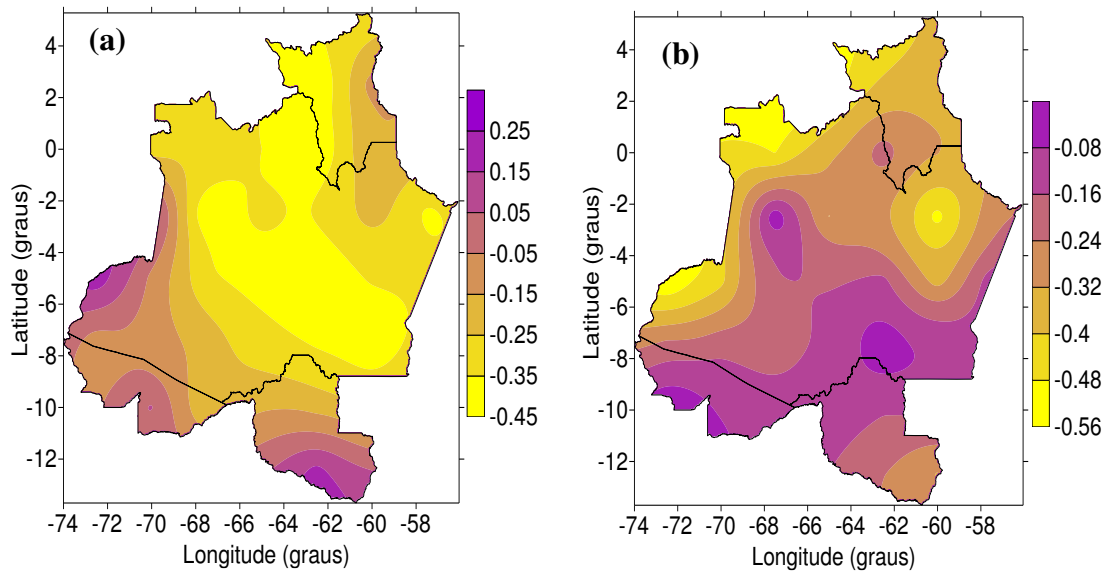


Figura 81: Correlação do índice TXn para a Amazônia Ocidental com: (a) NAO (b) IOS, período 1970-2001.

Da Figura 82(a), observa-se que as áreas com correlações positivas com significância estatística entre o índice TXn e o TNAI abrangem quase toda Amazônia Ocidental, sendo que na parte central a significância é superior a 99%. As razões são semelhantes aos dos índices TNn e TNx. Já a correlação entre TXn e TSAI é negativa com significância estatística de

apenas 90% em uma pequena área no nordeste da Região, nas demais áreas não foram observadas significância estatística, Figura 82(b).

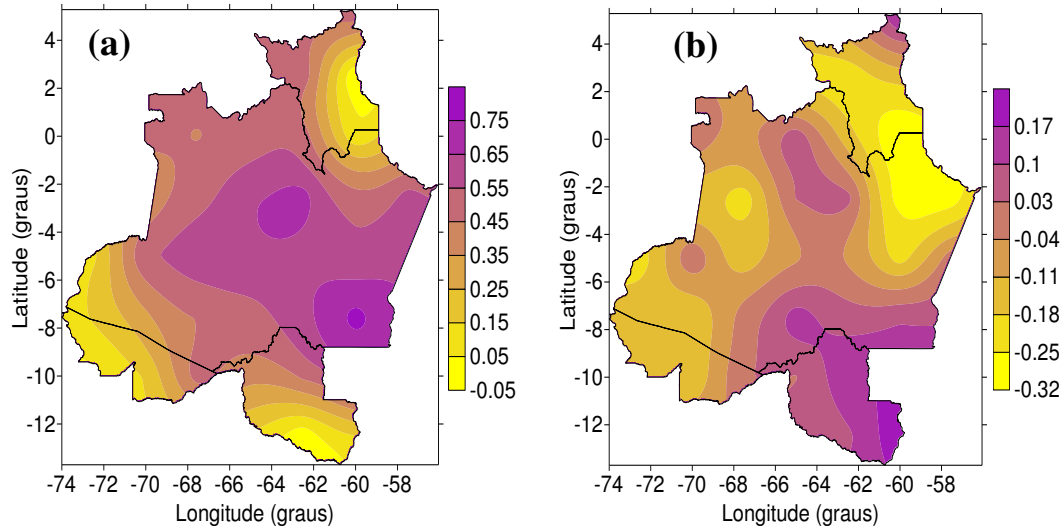
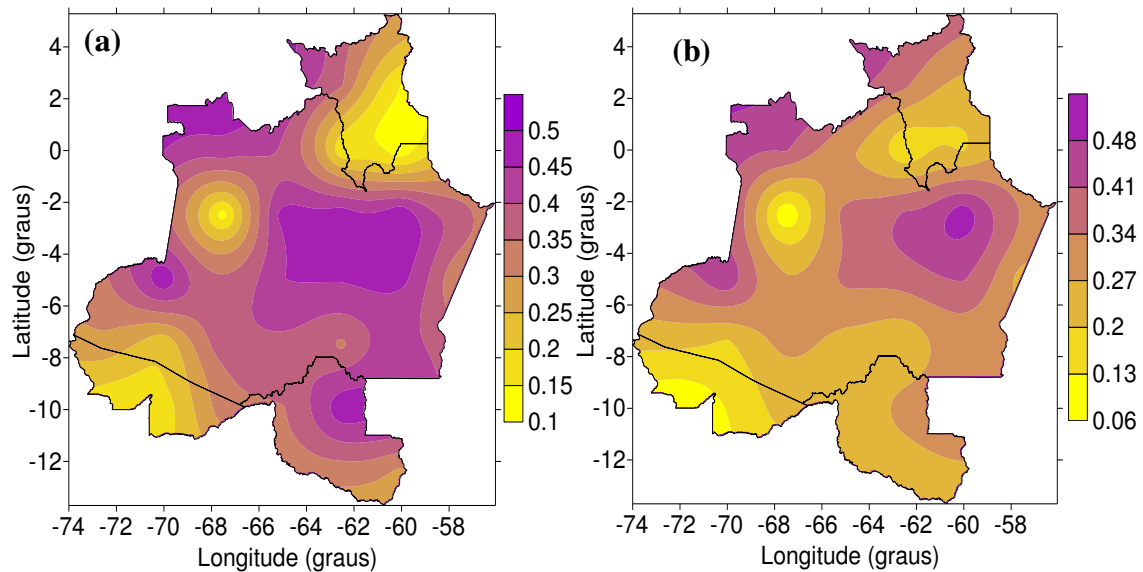


Figura 82: Correlação do índice TXn para a Amazônia Ocidental com: (a) TNAI (b) TSAI, período 1970-2001.

O índice TXn está correlacionado positivamente com as anomalias da TSM em todas as áreas dos Niños (Pacífico Equatorial), Figuras 83(a), (b), (c) e (d), ou seja, aumento da TSM no Pacífico Equatorial contribui para o aumento da temperatura mínima das máximas na Amazônia Ocidental.



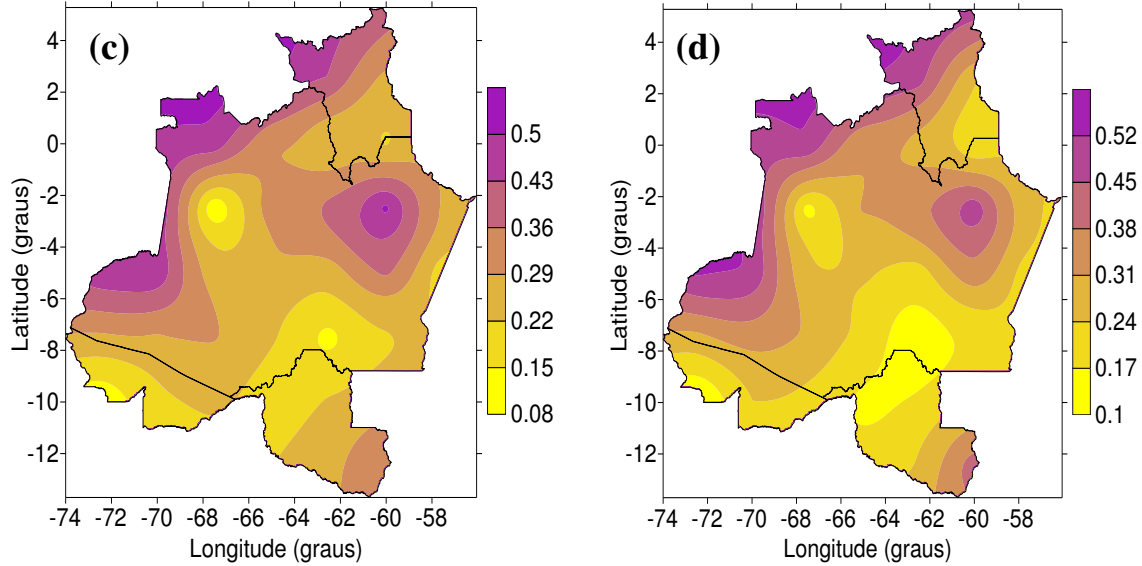


Figura 83: Correlação do índice TXn para a Amazônia Ocidental com: (a) Niño 1+2 (b) Niño 3 (c) Niño 3.4 (d) Niño 4, período 1970-2001.

5.9.8. Correlações referentes ao índice TXx

O índice TXx está positivamente correlacionado com significância estatística com a PDO em quase todo centro-leste da Amazônia Ocidental, Figura 84(a), e negativamente em uma pequena área do centro-oeste. O índice TXx, Figura 84(b), apresenta correlações com significância estatística com a AMO em quase toda Amazônia Ocidental, sendo os valores mais significativos na parte central da Região. As razões para estas correlações positivas são as mesmas do índice TXn.

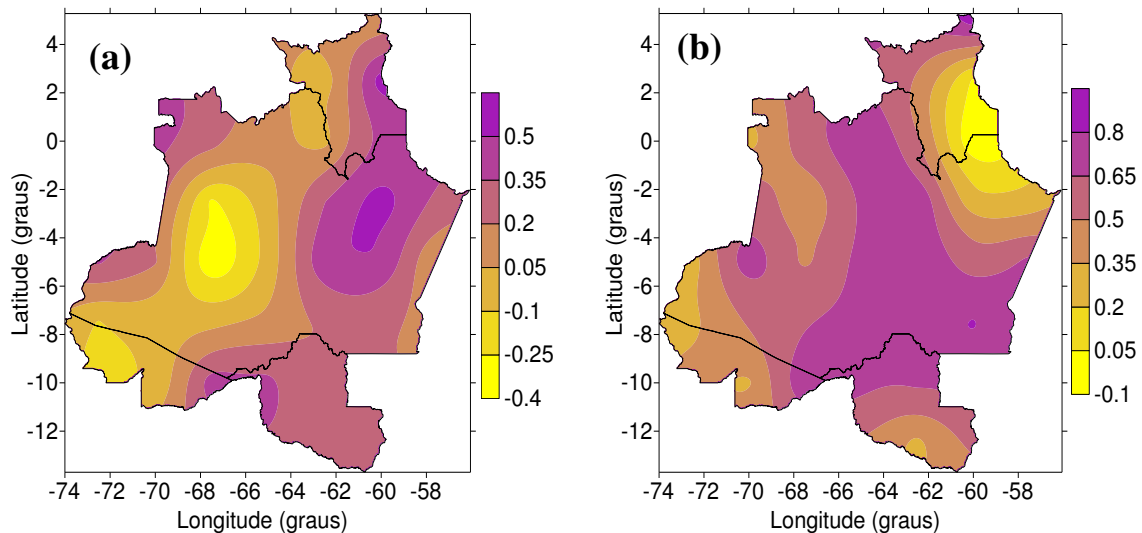


Figura 84: Correlação do índice TXx para a Amazônia Ocidental com: (a) PDO (b) AMO, período 1970-2001.

O índice TXx está positivamente correlacionado com significância estatística com a configuração PNA o que proporciona um aumento da temperatura, Figura 85(a). A correlação da QBO e TXx apresenta correlações positivas e negativas sem significância estatística, deste modo a QBO não influencia no índice TXx na Amazônia Ocidental, Figura 85(b).

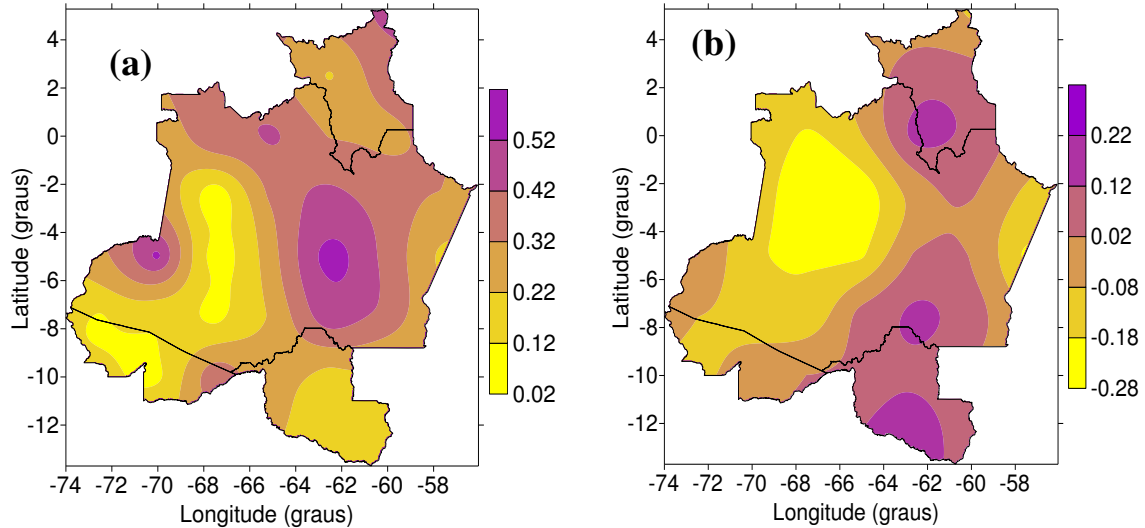


Figura 85: Correlação do índice TXx para a Amazônia Ocidental com: (a) PNA (b) QBO, período 1970-2001.

O índice TXx está correlacionado negativamente com a NAO com significância estatística no centro e noroeste da Região, Figura 86(a), e com o IOS na parte nordeste da Região, Figura 86(b). A NAO intensificada pode advectar ar menos quente na Amazônia Ocidental e a NAO enfraquecida pode levar a um abrandamento dos ventos alísios de nordeste no Atlântico Tropical.

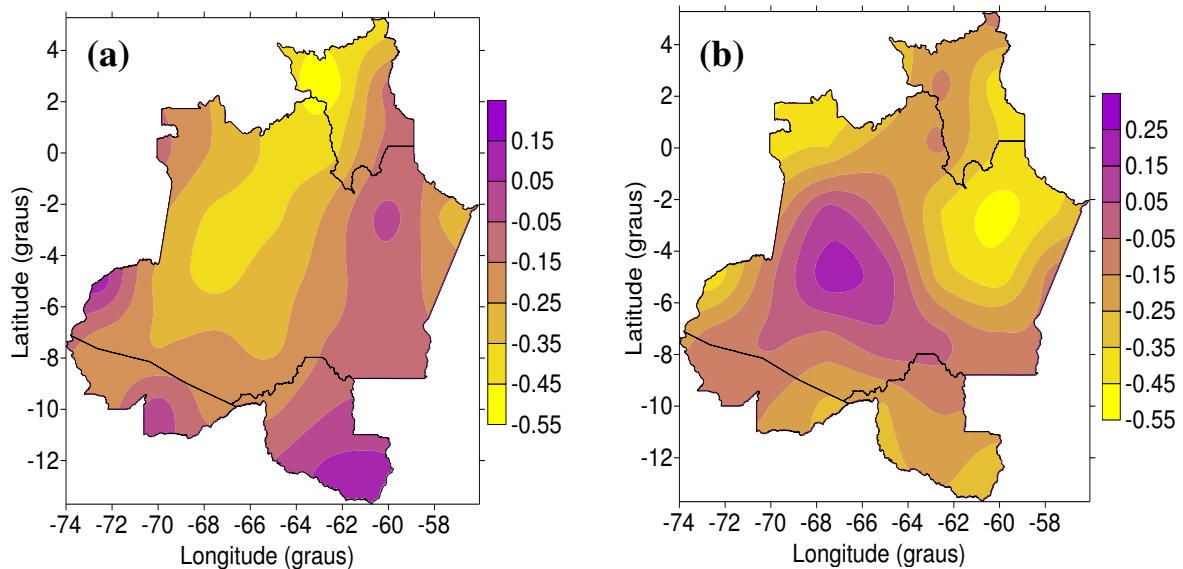


Figura 86: Correlação do índice TXx para a Amazônia Ocidental com: (a) NAO (b) IOS, período 1970-2001.

O índice TXx e o TNAI se correlaciona positivamente apresentando significância estatística sobre quase toda Amazônia Ocidental, com os valores mais elevados em uma faixa na parte central com orientação noroeste sudeste, Figura 87(a). O TSAI e a TXx, Figura 87(b), apresenta correlações positivas com significância estatística apenas no sudeste da Amazonas e noroeste de Rondônia. As anomalias de TSM do Atlântico Tropical Norte exercem uma maior influência na temperatura do ar na Amazônia Ocidental em comparação com o Atlântico Tropical Sul.

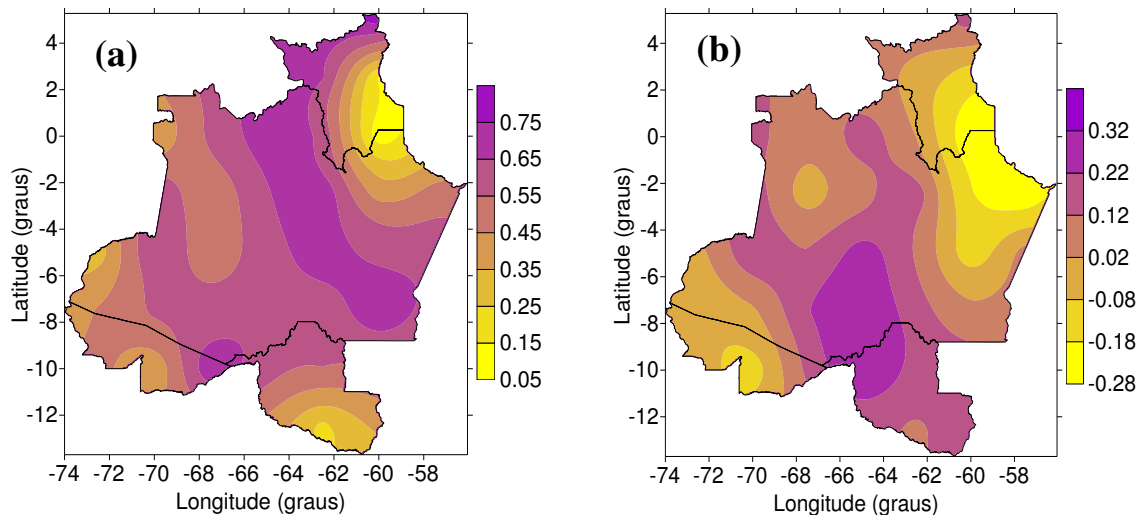


Figura 87: Correlação do índice TXx para a Amazônia Ocidental com: (a) TNAI (b) TSAI, período 1979-2001.

O índice TXx da Amazônia Ocidental correlaciona-se positivamente com as anomalias da TSM do Pacífico Equatorial com significância estatística, Figuras 88(a), (b), (c) e (d). As razões físicas para estas correlações são as mesmas dos demais índices e temperatura do ar analisados nas subseções anteriores.

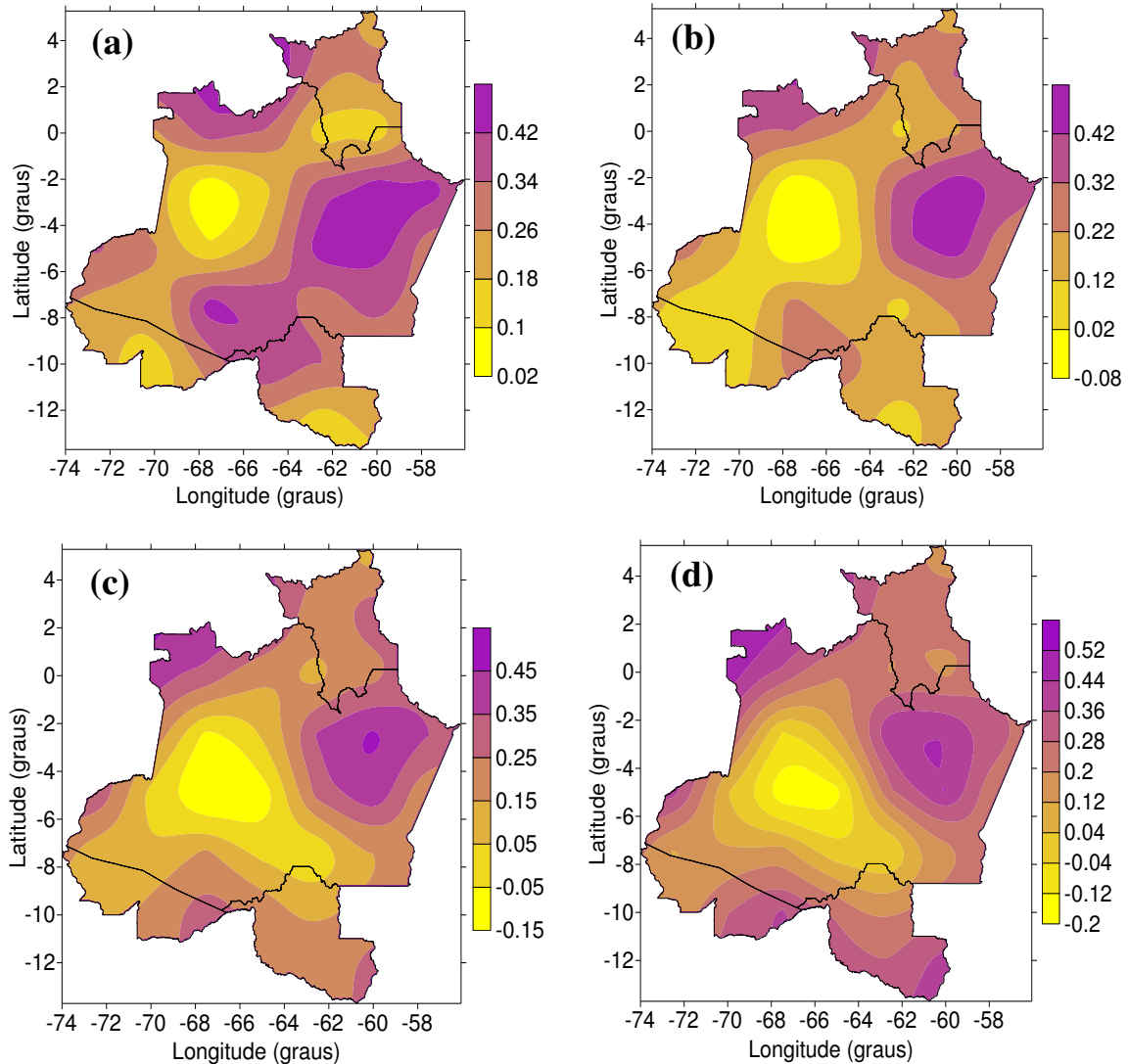


Figura 88: Correlação TXx para a Amazônia Ocidental com: (a) Niño 1+2 (b) Niño 3 (c) Niño 3.4 (d) Niño 4, período 1970-2001.

5.10. Análise da variabilidade interanual e da tendência dos índices extremos da precipitação

Nesta subseção é feita uma análise da variabilidade interanual e da tendência dos índices extremos de precipitação para a Amazônia Ocidental, período de 1970 a 2001.

Para o índice PRCPTOT observa-se uma tendência negativa, porém sem significância estatística (Figura 89). Ressalta-se que estudos utilizando modelagem, como o de Correia et al. (2007), têm previsto que o desflorestamento da Amazônia pode causar redução na precipitação. Os anos de maiores precipitação total anual para toda Amazônia Ocidental foram 1973, ano de La Niña, e 1986, ano após uma La Niña moderada. Os anos de menores

precipitações totais anuais foram 1970, 1980 e 1981 (Figura 89), anos de dipolo positivo no Atlântico Tropical.

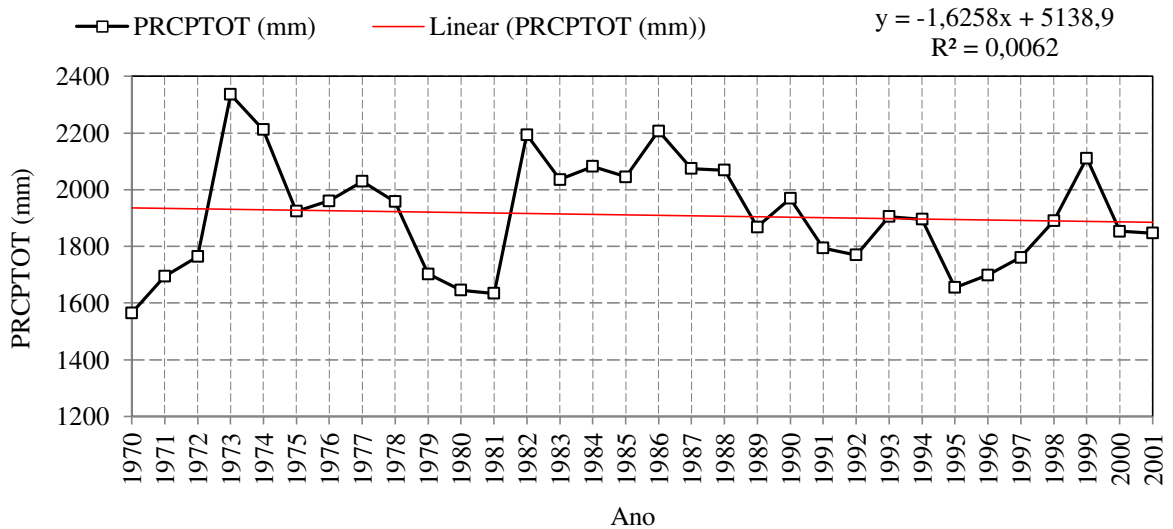


Figura 89: Tendência do índice PRCPTOT (mm) na Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

Não é possível afirmar categoricamente que o índice SDII apresenta tendência positiva, uma vez que esta tendência não apresenta significância estatística e o coeficiente de regressão angular é muito próximo de zero (Figura 90). Em relação à variabilidade interanual, o índice SDII apresenta comportamento semelhante ao da precipitação total. Os anos que o índice SDII apresentou os maiores valores foram 1973, 1986 e 1999, anos de La Niña, enquanto os menores valores ocorreram em 1970 e 1981 anos de dipolo positivo (Figura 90).

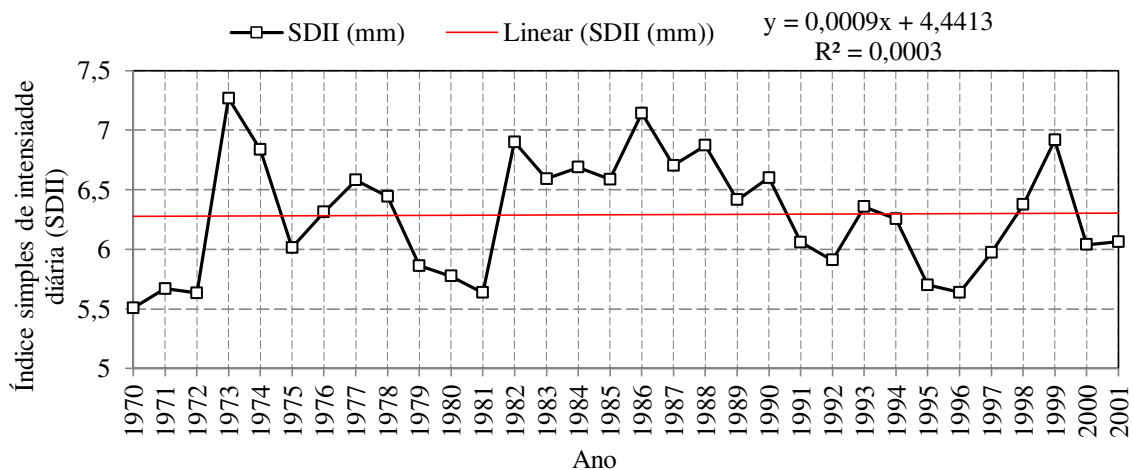


Figura 90: Tendência do índice SDII (mm) na Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

Na Figura 91 verifica-se a variabilidade interanual e a linha de tendência negativa, estatisticamente significativa, para a Amazônia Ocidental, do índice DCM. Para o índice os

anos com os maiores valores foram 1973/74/75/76 com mais de 60 dias/ano ou mais consecutivos com precipitação. Os anos com o maior número de dias consecutivos com precipitação inferior a 50 dias/ano foram 1979, 1980/81/89 e 1990. A variabilidade do índice DCM é muito flutuante sendo verificados valores máximos intercalados por valores mínimos ao longo da série de dados. Neste caso pode-se afirmar que o número de dias consecutivos molhados decresceu de 65 dias/ano, em 1970, para 47 dias/ano, em 2001. Isto pode está relacionado com o uso do solo local, pois de acordo com Fonseca Duarte (2005) acentuadas mudanças no uso do solo, como as ocorridas na Amazônia afetam a maneira como se realiza o ciclo hidrológico no ecossistema.

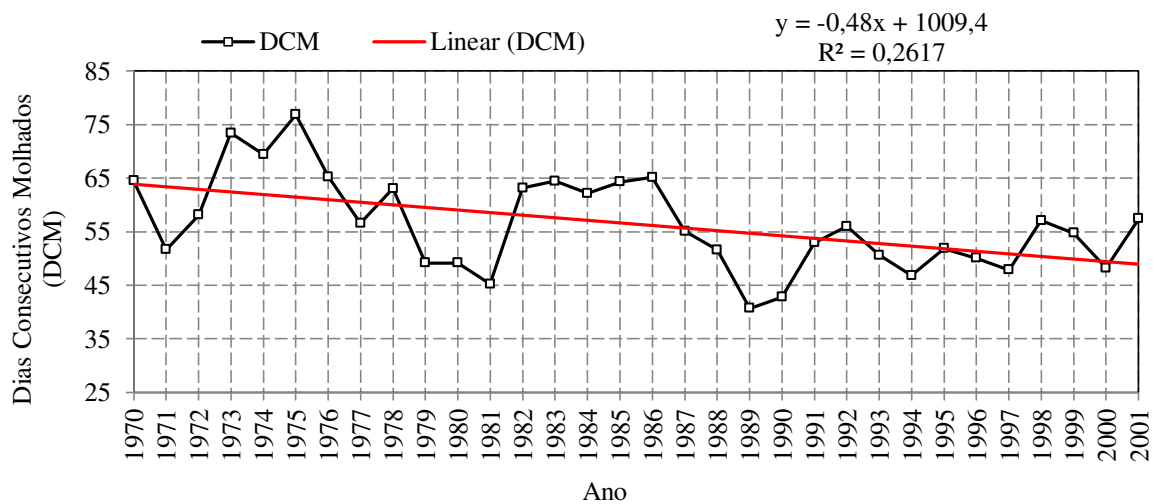


Figura 91: Tendência do índice DCM (dias) na Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

A Figura 92 mostra a tendência e a variabilidade interanual do índice DCS. Observa-se tendência positiva de DCS ao longo da série, porém sem significância estatística. Portanto, não é possível afirmar categoricamente que o número de dias consecutivos secos na Amazônia Ocidental aumentou no período de 1970 a 2001.

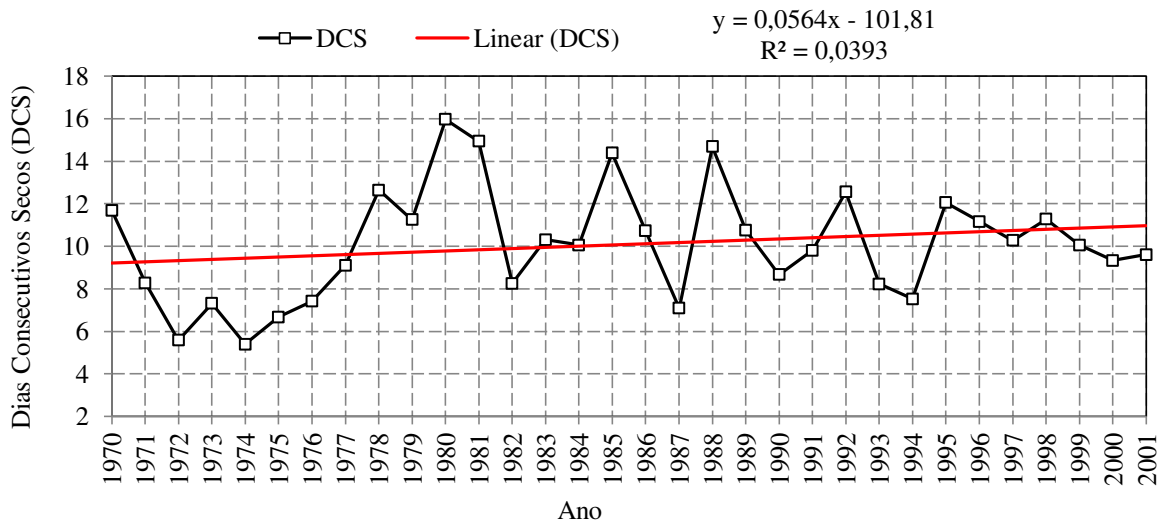


Figura 92: Tendência do índice DCS (dias) na Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

5.11. Análise da Variabilidade Interanual e da Tendência dos Índices Extremos da Temperatura do Ar

O comportamento da Temperatura máxima das máximas, TXx (°C), Figura 93 para a Amazônia Ocidental durante o período 1970-2001 exibe um aumento sistemático na Região como um todo a partir de 1974, pois verifica-se tendências positivas do índice TXx anual (Figura 93). Este pode se dar por causa de fatores naturais (exemplo, fase positiva da PDO) ou fatores antropogênicos (exemplos, ilha de calor e o efeito de urbanização das grandes cidades, ou a uma combinação dos dois). Marengo (2006) descreveram que em anos de El Niño ocorre aumento das queimadas na Amazonas.

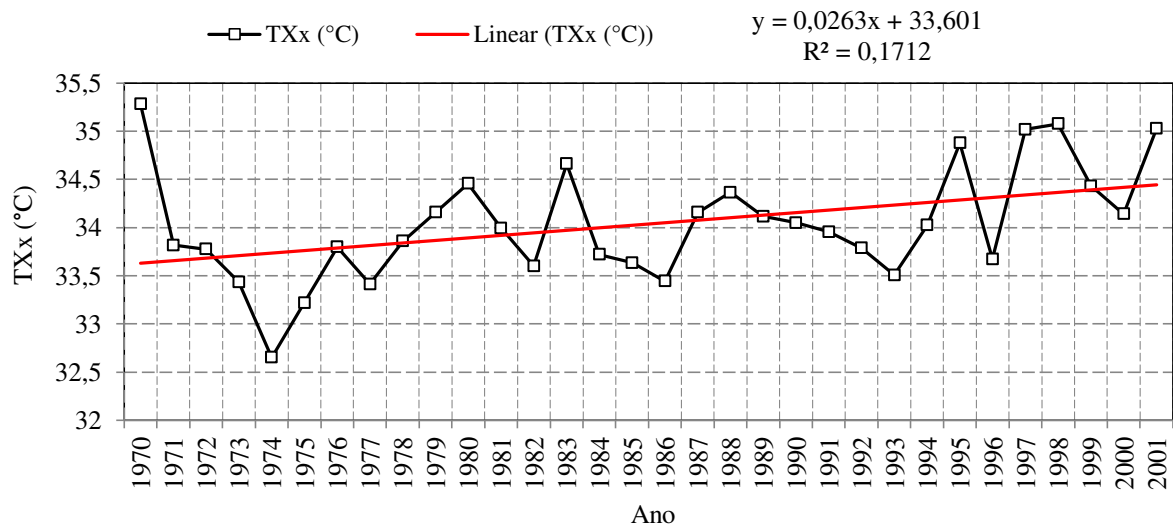


Figura 93: Tendência do índice TXx (°C) na Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

Para a temperatura mínima das mínimas, TNn, Figura 94, observa-se que os valores mais elevados ocorreram em anos de evento El Niño (1982/83; 1987; 1992/93 e 1997/98), enquanto, os menores, com exceção do ano de 1981, foram verificados em anos de La Niña (1974/75; 1985; 1989 e 1999). Entretanto, ao longo da série é verificado um decaimento de 0,45°C, em 30 anos, possivelmente devido a efeitos locais, como, por exemplo, o desmatamento, pois a retirada da vegetação pode levar a uma diminuição da evapotranspiração. Com isto a atmosfera pode ficar mais seca facilitando a perda para o espaço exterior da radiação de onda longa. Se por um lado, o desmatamento pode levar a uma diminuição das temperaturas mínimas, por outro lado, também pode produzir um aumento das temperaturas máximas. Com respeito às modificações de temperatura para a Amazônia, segundo Nobre (2001), nota-se que a projeção de aumento de temperatura global segue a mesma tendência de aumento de temperatura à superfície devido ao desmatamento.

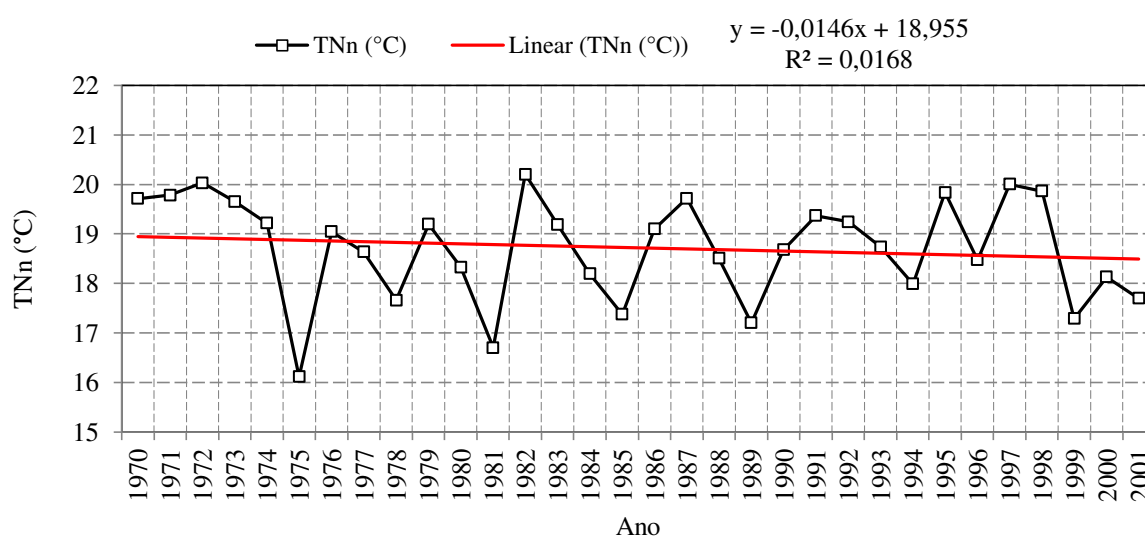


Figura 94: Tendência do índice TNn (°C) na Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

A Figura 95 mostra a configuração espacial do índice TNx, que representa a maior temperatura mínima ocorrida em um ano. Observa-se que de maneira geral verificou-se uma tendência de acréscimo.

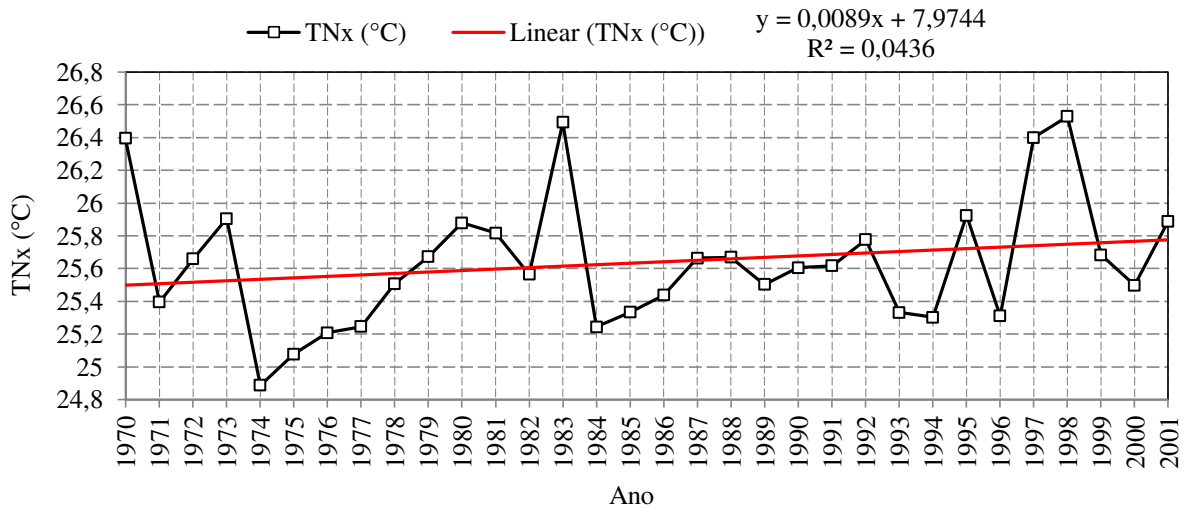


Figura 95: Tendência do índice TNx (°C) na Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

A Temperatura Mínima das Máximas, Figura 96, apresenta tendência negativa sem significância estatística. Este decaimento verificado na linha de tendência é decorrente da temperatura mínima das máximas observada em 2001.

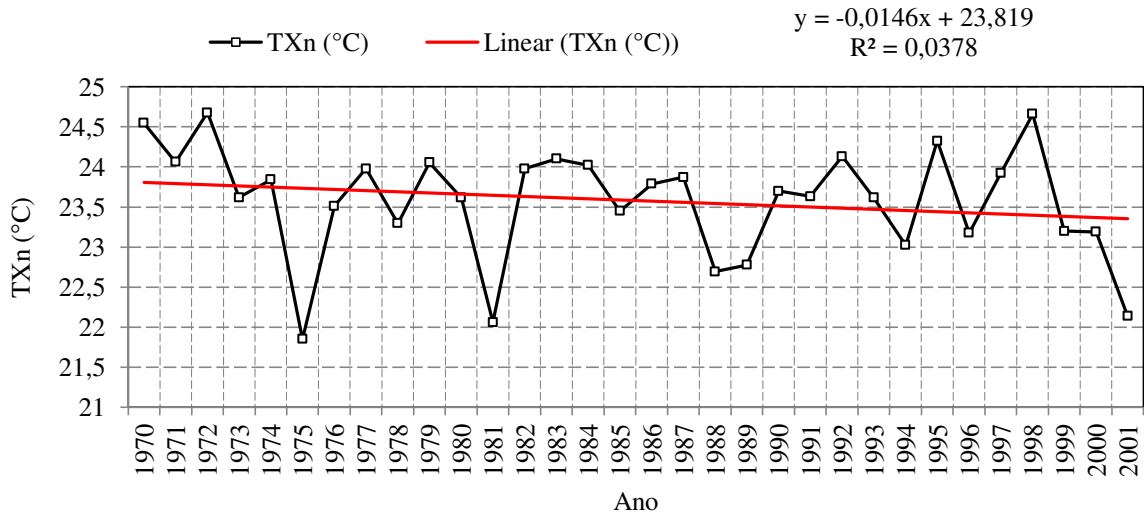


Figura 96: Tendência do índice TXn (°C) na Amazônia Ocidental, período 1970-2001.

6. CONCLUSÕES

Na aplicação da análise de agrupamento pelo método de Ward os índices de extremos climáticos oriundos da precipitação (SDII, DCS, DCM e PRCPTOT) evidenciaram a existência de três regiões homogêneas na Amazônia Ocidental. Este resultado é decorrente dos sistemas de tempos produtores de precipitação na Região. Os índices de extremo climático oriundos da temperatura do ar (TNn, TNx, TXn e TXx) mostram duas regiões homogêneas, que é uma consequência da posição geográfica equatorial da Região. O método de Ward foi o que melhor se ajustou a realidade da climatologia da Amazônia Ocidental. Ressalta-se que na determinação de áreas homogêneas o corte do dendrograma foi feito de maneira subjetiva, procurando compreender as características climáticas da região em estudo.

Para a análise das componentes principais observou-se que para os índices de temperatura apenas as duas primeiras componentes tem autovalor superior ou igual a uma unidade e explicam mais de 93% da variância total. Por conseguinte, o uso das componentes principais para determinar regiões homogêneas também apresentou apenas duas regiões para os índices de temperatura concordando com a análise de agrupamento. Portanto, pode-se concluir que a posição geográfica equatorial da Amazônia Ocidental é determinada na formação de regiões homogêneas dos índices de temperatura do ar.

Por outro lado, na análise de componentes principais aplicada para os índices de precipitação pluvial PRCPTOT e SDII observou-se que as cinco primeiras componentes apresentaram autovalores superiores ou igual a um e explicaram mais de 83% da variância total, para os demais índices, DCM foram retidas as nove primeiras componentes que explicaram 81,69% e para o DCS foram necessária as quatro primeiras que explicaram 87,98%. Com relação à determinação de áreas homogêneas verificou-se cinco regiões para PRCPTOT e SDII, quatro para DCS e seis para DCM. Este resultado difere do obtido para análise de agrupamento, cujo corte do dendrograma foi feito de maneira subjetiva. Como as análises da regionalização homogêneas usando CPs foram mais objetivas, conclui-se que os números de regiões homogêneas dos índices de precipitação são os obtidos pela CPs, e que o grande número de regiões obtidas reflete os sistemas de tempo produtores de precipitação na Amazônia Ocidental e a interação entre eles, bem como a interação deles com os efeitos locais.

Os índices de extremos climáticos de precipitação e temperatura do ar apresentaram correlações estatisticamente significativas com a DPO e AMO. As correlações foram mais

forte com a AMO e as dos índices de temperatura foram superiores aos de precipitação. A partir dos resultados pode-se concluir que os índices de extremos climáticos de temperatura e precipitação da Amazônia Ocidental são modelados pelas Oscilações Decenais PDO e AMO. Ressalta-se que o período de estudo compreendeu praticamente uma fase (positiva) da PDO e uma (negativa) da AMO. Contudo, a conclusão extraída pode ser considerada válida.

Os índices de temperatura e precipitação também são influenciados pelas anomalias da TSM do Atlântico Tropical, principalmente pelo setor norte. As anomalias da TSM das áreas dos Niños, principalmente 3.4 e 4 e os índices PRCPTOT, SDII e DCM apresentaram correlações positivas no setor oeste e negativa no setor leste da Amazônia Ocidental, para o índice DCS os sinais das correlações foram invertidos. Provavelmente, o leste da Região tem uma relação com o El Niño/La Niña semelhante ao Nordeste do Brasil e Amazônia Oriental, enquanto o oeste com os Andes.

Anomalias positivas da TSM no Pacífico Equatorial pode produzir aumento nos índices de temperatura e anomalias negativas diminuição.

Os índices de precipitação não estão correlacionados com a configuração PNA, enquanto, os índices de temperatura apresentaram correlações estatisticamente significativas com a PNA. Esta ligação PNA temperatura do ar da Amazônia Ocidental provavelmente ocorra de forma indireta.

Não se observou nenhuma influência direta da QBO sobre os índices de extremos climáticos da Amazônia Ocidental.

As tendências de decaimento da precipitação não apresentaram significância estatística, exceto do índice DCM. Portanto, não se pode afirmar categoricamente que a precipitação da Amazônia Ocidental diminuiu durante do período 1970-2001. A temperatura mínima das mínimas mostrou tendência de decaimento, possivelmente associado com fatores antrópicos, e a máxima das máximas tendência de aumento, provavelmente decorrentes de fatores antrópicos e naturais, pois o estudo foi realizado na fase positiva da PDO.

Sugere-se como trabalhos futuros:

- Ampliar o período de dados possibilitando análise dos índices durante as fases positiva e negativa da PDO e da AMO.
- Realizar uma análise utilizando dados observados de estações meteorológicas.
- A utilização de modelos globais também pode contribuir para um melhor entendimento das interações de oscilações climáticas, da TSM e da variabilidade climática dos índices de precipitação e temperatura do ar na Amazônia Ocidental.

- Avaliar os impactos ambientais do aumento da variabilidade climática nos cenários propostos pelo IPCC.
- Utilizar outros métodos de correlação para identificar os índices climáticos que melhor expliquem as mudanças de comportamento na precipitação e temperatura do ar.
- Analisar os processos físicos que influenciam as teleconexões entre os padrões de circulação oceano-atmosfera e os regimes pluviais.

7. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. A. de. **Estabilidade em análise de agrupamento (cluster analysis)**. Pernambuco: UFRPE, 2005. 62 f. Dissertação (Mestrado em Biometria). Departamento de Física e Matemática. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2005.

AMANAJÁS, J. C.; BRAGA, C. C. Padrões espaço-temporal Pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando Análise Multivariada. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n.4, p. 323-338, 2012.

AMBRIZZI, T.; ROCHA, R.; MARENGO J, A.; PISNITCHENKO, I.; ALVES, L.; FERNANDEZ, J. P. 2007: Cenários regionalizados de clima no Brasil para o Século XXI: Projeções de clima usando três modelos regionais. **Relatório 3**, Ministério do Meio Ambiente - MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas –SBF, Diretoria de Conservação da Biodiversidade – DCBio Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade - Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília, fevereiro, 2007.

AMBRIZZI, T.; DE SOUZA, E.B.; PULWARTY, R.S. **The Hadley and Walker regional circulations and associated ENSO impacts on the South American seasonal rainfall**. In: Henry F. Diaz; Raymond S. Bradley. (Org.). *The Hadley Circulation: Present, Past and Future*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p. 203-235, 2004.

ANDREAE, M. Smoking rain clouds over the Amazon. **Science**, v. 303, n. 5662, p. 1337-1342, 2004. (doi: 10.1126/science.1092779).

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. A importância relativa do Atlântico tropical sul e Pacífico leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 1, p. 63-74, 2007.

ANGULO-MARTÍNEZ, M.; BEGUERÍA, S.. Do atmospheric teleconnection patterns influence rainfall erosivity? A study of NAO, MO and WeMO in NE Spain, 1955–2006. **Journal of Hydrology**. v. 450–451, n. sf, p. 168-179 2012.

ARAÚJO, F. R. C. D. **Análise de Índices de Detecção de Mudanças Climáticas na Bacia Hidrográfica do Rio Colorado, EUA**. Tese de Doutorado em Meteorologia, UFCG (Universidade Federal de Campina Grande), Campina Grande, PB, 2012.

BETTS, R.A.; COX, P.M.; HARRIS, P.P.; HUNTINGFORD, C.; JONES, C.D. The role of ecosystem-atmosphere interactions in simulated Amazonian precipitation decrease and forest dieback under global change warming. **Theoretical and Applied Climatology**, v.78, n. sf, p.157-175, 2004.

BERTAGNOLLI, C.; PERES, R. S.; FERREIRA, N. J.; SCHUCH, N. J.; PINHEIRO, D. K. **Variabilidade temporal do conteúdo integrado de ozônio no sul do Brasil**. In: SICINPE – 2006. São José dos Campos: INPE. 53p. Relatório PIBIC/CNPq. (INPE-14029-PRE/9204), 2006.

BITTENCOURT, M. M.; AMADIO, S. A. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 2, 2007.

BOTTA A.; RAMANKUTTYM, N.; FOLEY, J.A.. Long-term variations of climate and carbon fluxes over the Amazon Basin. **Geophysical Research Letters**, v. 29, n. 9, p. 1319. Doi:10.1029/2001GL013607, 2003.

BROWN, I. F.; SCHROEDER, W.; SETZER, A.; MALDONADO, M.; PANTOJA, N.; DUARTE, A.; MARENGO, J. Fires in rain forests of southwestern Amazonia: Multi-national satellite imagery for monitoring and for informing the public. **EOS Transactions**, v. 87, n. 26, p. 253-264, 2006.

BRUIJNZEEL, L. A. Hydrological functions of tropical forest: not seeing the soil for the trees? **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 104, n. sf, p. 185-228, 2004.

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). **El Niño e La Niña**. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acessado em junho de 2013.

COSTA, M. H.; YANAGI, S. N. M.; SOUZA, P. J. O. P.; RIBEIRO, A.; ROCHA, E. J. P. Climate change in Amazonia caused by soybean cropland expansion, as compared to cause by pastureland expansion. **Geophysical Research Letters**, v. 34, n. 7, p. L07706.1-L07706.4, 2007.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; FILHO, J. M. D. **Análise Multivariada: para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. Ed. Atlas. São Paulo, 2007.

CORREIA, F. W. S.; ALVALA, R. C. S.; MANZI, A. O. Modeling the Impacts of Land Cover Change in Amazonia: A Regional Climate Model (RCM) simulation study. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 11, n. sf, p. 2217-2237, 2007.

COX, P.; HARRIS, P.; HUNTINGFORD, C.; BETTS, R.; COLLINS, M.; JONES, C.; JUPP, T.; MARENGO, J. A.; NOBRE, A. C. 2008. Increase risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution. **Nature**, v. sf, n. 453, p.212-216, 2008.

CHEN, T.C.; TAKLE, E. S.; YOON, J. H.; CROIX, S. T.; HSIEH, K. J. Impacts on tropical South America rainfall due to changes in global circulation. **Anais...** In: Proceedings of the 7th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography. Wellington, New Zeland. Ed. By American Meteorological Society, Boston, Massachusetts, pp 92-93, 2003.

CHU, P. S.; YU, P.; HASTERNRATH, S. Detecting climate change concurrent with deforestation in the Amazona basin: wich way has it gone? **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 75, n. sf, p. 579-583, 1995.

DE SOUZA, E. B.; KAYANO, M. T.; AMBRIZZI, T. On the influences of the El Niño, La Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998. **Acta Amazonica**, v. 30, n. 2, p. 305-318, 2000.

DE SOUZA, E. B.; KAYANO, M.T.; AMBRIZZI, T. Intraseasonal and submonthly variability over the eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 81, p. 177–191, 2005.

DIAS DE PAIVA, E. M. C.; CLARKE, R. Time trends in rainfall records in Amazonia. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 75, n. sf, p. 579-583, 1995.

DINIZ, G. B.; CALVETTI, L. Recomposição de séries temporais de temperatura máxima e mínima de estações do Rio Grande do Sul e Santa Catarina usando análise multivariada. In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília. **Anais**. Rio de Janeiro: SBMet, 1998.

ENFIELD, D. B.; MESTAS-NUÑES, A. M; TRIMBLE, P. J. The Atlantic multidecadal oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental U.S. **Geophysical Research Letters**, v. 28, n. 10, p. 2077-2080, 2001.

ESPINOZA, J. C; RONCHAIL, J; GUYOT, J. L; FILIZOLA, N; NORIEGA, L; ORDONEZ, J. J; POMBOSA, R; ROMERO, H. Spatio–Temporal rainfall variability in the Amazon Basin Countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia and Ecuador). **International Journal of Climatology**. v. 29, p. 1574 – 1594, 2009.

ESTEBAN-PARRA, M.J., RODRIGO, F.S., CASTRO-DÍEZ, Y.: Spatial and temporal patterns of rainfall in Spain for the period 1880–1992. **International Journal of Climatology**, v. 18, n. sf, p. 1557–1574, 1998.

FEARNSIDE, P. M. A vulnerabilidade da floresta amazônica perante as mudanças climáticas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 4, p. 609-618, 2009.

FIGUEROA, S. N.; NOBRE, C. A. Precipitation distribution over central and eastern Tropical South America. **Climanálise**, v.5, n.6, p.36-45, 1990.

FILIZOLA, N.; SILVA A. V.; SANTOS, A. M. C.; OLIVEIRA, M. A. Cheias e secas na Amazônia: Breve abordagem de um contraste na maior bacia hidrográfica do globo. **T&C Amazônia**, Agosto, ano IV, n. 9, p. 42-49, 2006.

FONSECA DUARTE, A. Variabilidade e tendência das chuvas no Rio Branco AC, Brasil. No prelo, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n. 1, p. 37-45, 2005.

GANDU, A. W.; COHEN, J. C. P.; SOUZA, J. R. S. Simulation of deforestation in eastern Amazonia using a high-resolution model. **Theoretical and Applied Climatology**, v.78, 2004.

GARAYALDE, E. J. G.; SILVA, M.G.A. da; TAVARES, SÁ A. de. Classificação mesoclimática da região sul do Brasil pela análise de componentes principais. **Anais...** In: Congresso Interamericano de Meteorologia, 1., Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília, 1996.

GONZÁLEZ-HIDALGO, J. C.; LOPEZ-BUSTINS, J. A.; ŠTEPÁNEK, P.; MARTÍN-VIDE, J.; DE LUIS, M. Monthly rainfall trends on the Mediterranean fringe of the Iberian peninsula during the second-half of the twentieth century (1951-2000). **International Journal of Climatology**, v. 29, n. sf, p. 1415-1429, 2009.

GONZÁLEZ-HIDALGO, J.C., BRUNETTI, M., DE LUIS, M.: Precipitation trends in Spanish hydrological divisions, 1946–2005. **Climate Research**. v. 43, n. sf, p. 215–228, 2010.

HUTYRA, L. R.; MUNGER, J. W.; NOBRE, C. A.; SALESKA, S. R.; WOFSY, S. C. Climatic variability and vegetation vulnerability in Amazonia. **Geophysical Research Letters**, v. 32, n. sf, p. L24712, 2005.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE IPCC. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Solomon, S., D.Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp. 2007a.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE IPCC. **Climate Change 2007: Mitigation**. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz,O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave,

L. A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007b.

JOINT INSTITUTE FOR THE STUDY OF THE ATMOSPHERE AND OCEAN (JISAO). **The Pacific Decadal Oscillation: PDO index monthly values 1900 present.** Washington: JISAO, 163p, 2009.

KAISER, H.F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, n, 3, p. 187-200, 1958.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V.; SOUZA, R. A. F.. Evolving anomalous SST patterns leading to ENSO extremes: relations between the tropical Pacific and Atlantic Oceans and the influence on the South American rainfall. **International Journal of Climatology**, v. 31, n. sf, p. 1119-1134, 2011.

KNIGHT, J. R.; ALLAN, R. J.; FOLLAND, C. K.; VELLINGA, M.; MANN, M. E. A signature of persistent natural thermohaline circulation cycles in observed climate. **Geophysical Research Letters**, v. 32, n. sf, p. L20708, 2005.

KOUSKY, V.E. Diurnal rainfall variations in Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v.108, n.4, p.488-498, 1979.

KOUSKY, B. R.. Diurnal rainfall variations in northeast of Brazil. **Monthly Weather Review**, 108 (4):, p.488-498, 1980.

LEWIS, S. L.; BRANDO, P. M.; PHILLIPS, O. L.; VAN DER HEIJDEN, G. M. F.; NEPSTAD, D. The 2010 Amazon drought. **Science**, v. 331, n. 6017, p. 311-554, 2011.

LI, W., R. FU, R. I. NEGRÓN, J, FERNANDES, K. Observed change of the standardized precipitation index, its potential cause and implications to future climate change in the Amazon region. **Philosophical Transactions da Royal Society**, v. 1, n. 363, p. 1767–1772, 2008.

LIEBMANN, B.; MARENGO, J. A. Interannual variability of the rainy season and rainfall in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, v. 14, n. sf, p. 4308-4318, 2001.

LOPEZ-BUSTINS, J.A.; MARTIN-VIDE, J.; SANCHEZ-LORENZO, A. Iberia winter rainfall trends based upon changes in teleconnection and circulation patterns. **Global Planet Change**, v. 63, n. sf, p. 171-176, 2008.

LÓPEZ-MORENO, J. I.; VICENTE-SERRANO, S. M.; ANGULO-MARTÍNEZ, M.; BEGUERÍA, S.; EL-KENAWY, A. Trends in daily precipitation on the north eastern Iberian Peninsula, 1955–2006. **International Journal of Climatology**, v. 30, n. sf, p. 1026–1041, 2010.

MANTUA, N.J.; HARE, S.R.; ZHANG Y.; WALLACE, J.M.; FRANCIS R.C: A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. **Bulletin of the American Meteorological Society**. v. 78, n. sf, p. 1069-1079, 1997.

MANTUA, N.J.; HARE S.R. The Pacific Decadal Oscillation. **Journal of Oceanography**, v.58, n. sf, p.35-44, 2002.

MARENGO, J. A. Interannual variability of surface climate in the Amazon basin. **International Journal of Climatology**, v. 12, n. sf, p. 853-863, 1992.

MARENGO, J.A. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. **Theoretical and Applied Climatology**, v.78, n. sf, p.79-96, 2004.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília: MMA, 2006.

MARENGO. J. A. **Caracterização do clima no Século XX e Cenários Climáticos no Brasil e na América do Sul para o Século XXI derivados dos Modelos Globais de Clima do IPCC**. São José dos Campos: CPTEC/INPE, 2007a.

MARENGO, J.A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília: MMA, série biodiversidade, v. 26, p.212, 2007b.

MARENGO, J.A.; NOBRE, C.; TOMASELLA, J.; MARCOS, O.; SAMPAIO, G.; CAMARGO, H.; ALVES, L. M. The drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**, v.21, n. sf, p.495-516, 2008.

MARENGO, J. A. Future Change of Climate in South America in the Late 21st Century: the CREAS Project. **AGUAS Newsletter**, v. 3, n. 2, p. 1-5, 2009a.

MARENGO, J. A. Long-term trends and cycles in the hydrometeorology of the Amazon basin since the late 1920s. **Hydrological Processes**, v. 23, n. sf, p. 3236–3244, 2009b.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; CHOU, S. C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES, L. M.; OBREGÓN, G. O.; SOARES, W. R.; BETTS, R.; KAY, G.; GUAZZELLI, A. C. **Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil: Análise Conjunta Brasil- Reino Unido sobre os impactos das mudanças Climáticas e do desmatamento na Amazônia**. São José dos Campos: INPE, 2011. Projeto colaborativo realizado pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); do Brasil e o Met Office Hadley Centre (MOHC) do Reino Unido.

MATSUYAMA, H.; MARENGO, J. A.; OBREGON, G.; NOBRE, C. A. Spatial and temporal variability of rainfall in tropical South America as derived from the Climate Prediction Center Merged analysis of precipitation. **International Journal of Climatology** v. 22, n. sf, p. 175-195, 2002.

MO, K. C.; SCHEMM, J. E.; YOO, S. H. Influence of ENSO and the Atlantic Multidecadal Oscillation on Drought over ten United States. **Journal of Climate**, v. 22, n.12, p. 5962-5982, 2009.

MOLION, L.C.B. Perspectivas climáticas para os próximos 20 anos. **Anais...** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 6., 2009, Porto Alegre. Estresses e sustentabilidade: desafios para a lavoura arrozeira. p.540-548. Porto Alegre: Palotti, 2009.

MOLINIER, M.; GUYOT, J. L. L.; DE OLIVEIRA, E.; GUIMARÃES, V. Les regimes hydrologiques de l'Amazone et de ses affluents. In: CHEVALIER, P.; POUYAUD, B. (Eds.). **L'hydrologie tropicale: géoscience et outil pour Le développement**, Paris, Mai 1995. Wallingford: IAHS, 1996 (IAHS Publications, 238).

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model, **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 38, n. 12, p. 2653-2675, 1981.

MOURA, M. C. C. S.; LOPES, A. N. C.; MOITA, G. C. M.; NETO, J. M. M. Estudo multivariado de solos urbanos da cidade de Teresina. **Química Nova**, v. 29, n. 3, p. 429-435, 2006.

NASCIMENTO, J. A. S.. **Vulnerabilidade a eventos climáticos extremos na Amazônia Ocidental: uma visão integrada na bacia do rio Acre**. Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2011.

NIGAM, S., B. GUAN, AND A. RUIZ-BARRADAS, 2011, Key role of the Atlantic Multidecadal Oscillation in 20th century drought and wet periods over the Great Plains, **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. sf, p. L16713, 2011.

NOBRE, C.A. The Amazon and climate. In: CLIMATE CONFERENCE FOR LATIIN AMERICA AND THE CARIBBEAN, 1983, Paipa , Colombia. **Proceedings...** Geneva, Switzerland: WMO, p.409-417, 1984.

NOBRE, C.A., "Amazônia: fonte ou sumidouro de carbono?" Em:Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia. **Ministério do Meio Ambiente**, p.197-224. 2001.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of SST, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, v. 9, n. sf, p. 2464-2479, 1996.

OBREGON G.; MARENGO, J. A. Caracterização do clima do Século XX no Brasil: Tendências de chuvas e temperaturas médias e extremas. **Relatório 2**, Ministério do Meio Ambiente - MMA, Secretaria de Biodiversidade E Florestas – SBF, Diretoria de Conservação da Biodiversidade – DCBio Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade - Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília, 2007.

PAREDES, D.; TRIGO, R. M.; GARCÍA-HERRERA, R.; FRANCO-TRIGO, I. Understanding rainfall changes in Iberia in early spring: weather typing and storm-tracking approaches. **Journal of Hydrometeorology**, v. 20, n. sf, p. 101-113, 2006.

Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas-PBMC. Sumario Executivo do Volume 1 - Base Científica das Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 para o 1º Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Ambrizzi, T., Araujo, M., Silva Dias, P.L., Wainer, I., Artaxo, P., Marengo, J.A.]. **PBMC**, Rio de Janeiro, Brasil, p.34, 2011.

RODRIGO, F. S. Changes in the probability of extreme daily precipitation observed from 1951 to 2002 in the Iberian Peninsula. **International Journal of Climatology**, v. 30, n. sf, p. 1512–1525, 2010.

RODRIGUES, L. S.; ANTUNES, I. F.; TEIXEIRA, M. G.; SILVA, J. B. Divergência genética entre cultivares locais e cultivares melhoradas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1275-1284, 2002.

RODRÍGUES-FONSECA, B.; POLO, I.; GARCIA-SERRANO, J.; LOSADA, T.; MOHINO, E.; MECHOSO, C. R.; KUCHARSKI, F. Are Atlantic Niños enhancing Pacific ENSO events in recent decades? **Geophysical Research Letters**, v. 36, n. sf, p. L20705, 2009.

RONCHAIL, J. Interannual rainfall variability in the Amazon basin and seasurface temperatures in the equatorial Pacific and the tropical Atlantic Oceans. **International Journal Climatology**, v. 22, n. sf, p.1663–1686, 2002.

ROPELEWSKI, C.F. AND HALPERT, M.S. Precipitation patterns associated with the high index phase of the southern oscillation. **Journal of Climate**, v. 2, n. 3, p. 268-284, 1989.

ROY, B. S.; AVISSAR, R. Impact of land use/land cover change on regional hydrometeorology in Amazonia. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, n. D20, p. LBA4_1-LBA4_12, 2002.

SALATI, E.: Tendências das Variações Climáticas para o Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para Cenários Climáticos para o Século XXI. In: **Relatório 4**. Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade - Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. SBF/MMA. Brasília, setembro 2006.

SALAZAR, L. F.; NOBRE, C. A.; OYAMA, M. D. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America. **Geophysical Research Letters**, v. 34, n. sf, p. 1-6, 2007.

SAMPAIO, G.; NOBRE, C. A.; COSTA, M. H.; SATYAMURTY, P.; SOARES-FILHO, B. S.; CARDOSO, M. Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. **Geophysical Research Letters**, v.34. n. sf, p. ,2007.

SANTOS, C.A.C ; SATYAMURTY, P. ; SANTOS, E. M.. Tendências de índices de extremos climáticos para a região de Manaus-AM. **Acta Amazônica** , v. 42, p. 329-336, 2012.

SATYAMURTY, P.; CASTRO, A. A.; TOTA, J.; GULARTE, L. E.; Manzi, A. O. Rainfall trends in the Brazilian Amazon Basin in the past eight decades. **Theoretical and Applied Climatology**, . (doi:10.1007/s00704-009-0133-x). v. 99, n. 1-2, p. 139-148, 2009.

SEVERO, D. L. **Padrões de circulação anômala associados a episódios úmidos e secos no sul do Brasil**. – São José dos Campos: INPE, (INPE-15143 TDI/1275). p. 225, 2007.

SERVAIN, J.; WAINER, I., AYINA L. H. AND H. ROQUET. The Relationship between the Simulated Climatic Variability Modes of the Tropical Atlantic. **International Journal Climatology**, v. 20, n. sf, p. 939-953, 2000.

SILVA JÚNIOR, C. H. F. **Índices de Monitoramento e Detecção de Mudanças Climáticas na parte Norte do Brasil**. Campina Grande: UFCG, 2010, 105 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

SILVA-DIAS, M. A. F.; RUTLEDGE, S.; KABAT, P.; SILVA-DIAS, P. L.; NOBRE, C.; FISCH, G.; DOLMAN, A. J.; ZIPSER, E.; GARSTANG, M.; MANZI, A. O.; FUENTES, J. D.; ROCHA, H. R.; MARENGO, J.; PLANA-FATTORI, A.; SÁ, L. D. A.; ALVALÁ, R. C. S.; ANDREAE, M. O.; ARTAXO, P.; GIELOW, R.; GATTI, L. Cloud and rain processes in a biosphere-atmosphere interaction context in the Amazon Region, **Journal of Geophysical Research**. v.107, n. D20, LBA-39, 2002.

SOUSA, A. J. S.; MOLION, L. C. B.; JUNIOR, S. B. S.; SOUSA, J. R. A. Comportamento da precipitação em Timbaúba (NEB) e relações com a Oscilação Decadal do Pacífico (PDO). **Anais...** IN: XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, São Paulo, 2008.

SOUZA, E.; KAYANO, M.; TOTA, J.; PEZZI, L.; FISCH, G.; NOBRE, C. On the influences of the el Niño, la Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998. **Acta Amazônica**, v. 30, n. 2, p. 305-318, 2000.

UVO, C. R. The relationship between tropical Pacific and Atlantic SST and northeast Brazil monthly precipitation, **Journal of Climate**, v.11, n. sf, p. 551–562, 1998.

VALE, R.; FILIZOLA, N. P.; SOUZA, R. E.; SCHOGART, J. A cheia de 2009 na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 41, n. 4, p. 577-586, 2011.

Van OLDENBORGH, G. J.; Te RAA, L. A.; DIJKSTRA, H. A.; PHILIP, S. Y. Frequency- or amplitude-dependent effects of the Atlantic meridional overturning on the tropical Pacific Ocean. **Ocean Science**, v.5, n. sf, p. 293–301, 2009.

VAZ, C.M. **Análise de tendências em séries de precipitação diária máxima anual.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.

VILLAR, J. C. E.; RONCHAIL, J.; GUYOT, J. L.; COCHONNEAU, G.; NAZIANO, F.; LAVADO, W.; OLIVEIRA, E.; POMBOSA, R. VAUCHEL, P. Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador). **International Journal of Climatology**, v.29, n. 11, p. 1574-1594, 2009.

WANG, C. An overlooked feature of tropical climate: Inter-Pacific-Atlantic variability. **Geophysical Research Letters**, (doi: 10.1029/2006GL026324). v.33, n. L12702, 2006.

WILLIAMS, E.; DALL'ANTONIA, A.; DALL'ANTONIA V.; ALMEIDA J.; SUAREZ, F.; LIEBMANN, B.; MALHADO, A. The Drought of the Century in the Amazon Basin: An Analysis of the Regional Variation of Rainfall in South America in 1926. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 2, p. 231-238, 2005.

WILKS, D. S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences.** 2^a Edition. California: Elsevier Science & Technology Books. Academic Press, 2006.

WORDPRESS. Cartografia Escola: Mapa físico do Brasil. Disponível em <http://cartografiaescolar.files.wordpress.com/2013/02/brasil-altitudes-2.jpg>. Acessado em 04/02/2014.

XU, L.; SAMANTA, A.; COSTA, M.; GANGULY, S.; NEMANI, R.; MYNENI, R. Widespread decline in greenness of Amazonian Vegetation due to the 2010 drought. **Geophysical Research**, v. 38, n. 7, p. 2011.

YOON, J.-H.; ZENG, N. An Atlantic influence on Amazon rainfall. **Climate Dynamics**, v.34, n. sf, p. 249-264, 2010.

ZENG, N.; JIN-HO, Y.; MARIOTTI, A. R.; SWENSON, S. Variability of Basin-Scale Terrestrial Water storage from a PER Water Budget Method: The Amazon and the Mississippi. **Journal of Climate**, v. 21, n. 2, p. 248-264, 2008.

ZHOU, J.; LAU, K. M. Principal modes of interannual and Decadal variability of summer rainfall over South America, **International Journal of Climatology**, v. 21, n. 13, p. 1623-1644, 2001.

APÊNDICE A

Tabela A1: Coordenadas geográficas dos pontos de grade na Amazônia Ocidental.

Pontos de grade	Longitude (graus)	Latitude (graus)	Pontos de grade	Longitude (graus)	Latitude (graus)
1	-60	0	19	-72,5	-10
2	-62,5	0	20	-60	2,5
3	-65	0	21	-62,5	2,5
4	-67,5	0	22	-65	2,5
5	-70	0	23	-57,5	-2,5
6	-60	5	24	-60	-2,5
7	-57,5	-5	25	-62,5	-2,5
8	-60	-5	26	-65	-2,5
9	-62,5	-5	27	-67,5	-2,5
10	-65	-5	28	-70	-2,5
11	-67,5	-5	29	-60	-7,5
12	-70	-5	30	-62,5	-7,5
13	-72,5	-5	31	-65	-7,5
14	-60	-10	32	-67,5	-7,5
15	-62,5	-10	33	-70	-7,5
16	-65	-10	34	-72,5	-7,5
17	-67,5	-10	35	-60	-12,5
18	-70	-10	36	-62,5	-12,5

APÊNDICE B

Tabela B1: Localização das estações meteorológicas estudadas.

Código	Estação	Latitude	Longitude	UF	Altitude (m)
82113	Barcelos	00°58'S	62°55'W	AM	40,0
82410	Benjamin Constant	04°23'S	70°02'W	AM	65,0
82067	Iauaretê	00°37'N	69°12'W	AM	120
82336	Itacoatiara	03°08'S	58°26'W	AM	40,0
82723	Lábrea	07°15'S	64°50'W	AM	61,0
82331	Manaus	03°07'S	59°57'W	AM	67
82704	Cruzeiro do Sul	07°38'S	72°40'W	AC	170,0
82425	Coari	04°05'S	63°08'W	AM	46,0
82326	Codajás	03°50'S	62°05'W	AM	48,0
82212	Fonte Boa	02°32'S	66°10'W	AM	55,6
82024	Boa Vista	02°49'N	60°39'W	RR	90,0
82042	Caracaraí	1°49'N	61°8'W	RR	52
82610	Eirunepé	06°40'S	69°52'W	AM	104,0
82533	Manicoré	05°49'S	61°18'W	AM	50,0
82240	Parintins	02°38'S	56°44'W	AM	29,0
82106	S. G. da Cachoeira (Uaupés)	00°07'S	67°00'W	AM	90
82807	Tarauacá	08°10'S	70°46'W	AC	168
82317	Tefé	03°50'S	64°42'W	AM	47,0
82915	Rio Branco	09°58'S	67°48'W	AC	160

APÊNDICE C

Tabela C1: Correlações do índice de precipitação pluvial diária (PRCPTOT) na região homogênea R1, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

REGIÃO R1							
Longit ude	Latitu de	PRCPTOT PDO	PRCPTOT AMO	PRCPTOT PNA	PRCPTOT QBO	PRCPTOT NÃO	PRCPTOT IOS
-60	0	-0,26	0,43**	0,04	0,02	0,07	0,20
-62,5	0	0,29	-0,03	0,19	-0,08	0,47***	-0,29
-65	0	0,08	-0,46***	-0,09	-0,05	0,37**	-0,18
-60	5	-0,32*	0,18	-0,31*	-0,20	0,02	0,22
-65	-10	-0,15	-0,05	0,07	0,03	0,35	-0,01
-60	2,5	-0,38**	0,54	0,01	-0,06	-0,09	0,25
-62,5	2,5	0,06	-0,02	0,03	-0,31*	0,49***	0,00
-65	2,5	-0,23	-0,12	-0,18	0,00	0,26	0,45**
-57,5	-2,5	-0,02	0,11	-0,08	0,20	0,31*	0,11
-65	-7,5	0,32*	-0,27	0,23	0,05	0,24	-0,19
Longit ude	Latitu de	PRCPTOT TNAI	PRCPTOT TSAI	PRCPTOT Niño 1+2	PRCPTOT Niño 3	PRCPTOT Niño 3.4	PRCPTOT Niño 4
-60	0	0,20	0,35**	0,11	-0,04	-0,13	-0,14
-62,5	0	-0,23	0,23	0,35*	0,30*	0,23	0,13
-65	0	-0,46***	-0,07	0,02	0,16	0,16	0,07
-60	5	0,22	0,02	0,07	-0,04	-0,11	-0,14
-65	-10	-0,15	0,06	-0,02	0,01	-0,03	-0,07
-60	2,5	0,36**	0,28	0,07	-0,08	-0,17	-0,16
-62,5	2,5	-0,31*	0,20	-0,02	0,00	-0,04	-0,09
-65	2,5	-0,28	0,25	-0,32*	-0,39**	-0,42**	-0,43**
-57,5	-2,5	-0,12	0,36	-0,20	-0,20	-0,13	-0,05
-65	-7,5	-0,33*	0,07	-0,02	0,07	0,09	0,05

Tabela C2: Correlações do índice de precipitação pluvial diária (PRCPTOT) na região homogênea R2, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

REGIÃO R2							
Longitu de	Latitud e	PRCPTOT PDO	PRCPTOT AMO	PRCPTOT PNA	PRCPTOT QBO	PRCPTOT NÃO	PRCPTOT IOS
-67,5	0	-0,03	-0,34*	-0,17	0,22	0,20	0,04
-70	0	-0,48***	-0,16	-0,22	0,09	-0,08	0,20
-57,5	-5	0,06	-0,52***	-0,08	0,24	0,22	-0,08
-60	-5	-0,41**	-0,12	-0,11	-0,03	0,22	0,23
-62,5	-5	0,21	-0,43**	0,02	-0,06	0,33*	-0,08
-60	-10	-0,27	-0,59***	-0,06	-0,01	0,02	0,15
-62,5	-10	-0,15	-0,34*	0,12	-0,08	0,02	0,07
-60	-2,5	-0,37**	0,27	0,03	0,01	0,02	0,34*
-62,5	-2,5	0,16	-0,33*	0,12	-0,02	0,33*	-0,07
-65	-2,5	0,52***	-0,35**	0,15	0,10	0,32*	-0,31*
-70	-2,5	-0,17	0,05	0,10	0,08	-0,22	-0,04
-60	-7,5	0,00	-0,62***	0,00	0,02	0,19	-0,16
-62,5	-7,5	0,24	-0,47***	0,21	-0,04	0,14	-0,20
-60	-12,5	-0,30*	-0,31*	-0,02	0,00	-0,22	0,22
-62,5	-12,5	-0,27	-0,15	0,01	-0,06	-0,19	0,24
Longitu de	Latitud e	PRCPTOTT NAI	PRCPTOTTS AI	PRCPTOT Niño 1+2	PRCPTOT Niño 3	PRCPTOT Niño 3.4	PRCPTOT Niño 4
-67,5	0	-0,46***	0,13	-0,03	-0,01	-0,06	-0,16
-70	0	-0,15	-0,14	-0,09	-0,12	-0,17	-0,20
-57,5	-5	-0,45**	-0,06	-0,16	-0,09	-0,01	-0,03
-60	-5	-0,36**	0,25	-0,27	-0,30*	-0,30*	-0,31*
-62,5	-5	-0,53***	0,19	-0,11	-0,08	-0,03	-0,05
-60	-10	-0,50***	-0,05	-0,17	-0,17	-0,21	-0,32*
-62,5	-10	-0,29	0,01	-0,16	-0,09	-0,13	-0,21
-60	-2,5	0,00	0,27	-0,15	-0,28	-0,37**	-0,40**
-62,5	-2,5	-0,48***	0,14	-0,01	-0,01	-0,05	-0,17
-65	-2,5	-0,41**	0,10	0,14	0,22	0,23	0,15
-70	-2,5	-0,02	0,14	0,25	0,16	0,01	-0,13
-60	-7,5	-0,60***	-0,01	-0,10	-0,04	0,03	-0,02
-62,5	-7,5	-0,45**	0,07	-0,01	0,06	0,11	0,05
-60	-12,5	-0,16	-0,09	-0,07	-0,12	-0,20	-0,33*
-62,5	-12,5	-0,07	0,01	-0,14	-0,11	-0,21	-0,31*

Tabela C3: Correlações do índice de precipitação pluvial (PRCPTOT) na região homogênea R3, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

REGIÃO R3							
Longitude	Latitude	PRCPTOT PDO	PRCPTOT AMO	PRCPTOT PNA	PRCPTOT QBO	PRCPTOT NÃO	PRCPTOT IOS
-65	-5	0,47***	-0,29	0,18	0,10	0,26	-0,23
-67,5	-5	0,48***	-0,11	0,23	0,18	0,15	-0,17
-70	-5	-0,10	-0,08	0,00	0,21	-0,11	0,07
-72,5	-5	-0,45**	0,07	-0,08	0,00	-0,29	0,39**
-67,5	-10	-0,14	-0,13	0,04	0,01	0,12	-0,08
-70	-10	0,13	0,14	0,17	0,05	-0,19	-0,03
-72,5	-10	0,15	0,21	0,03	0,18	-0,14	-0,10
-67,5	-2,5	0,46***	-0,07	0,18	0,18	0,15	-0,33*
-67,5	-7,5	0,20	-0,22	0,26	0,16	0,12	-0,08
-70	-7,5	-0,08	-0,15	0,02	0,12	0,05	0,05
-72,5	-7,5	0,01	0,26	0,12	0,13	-0,03	0,03
Longitude	Latitude	PRCPTOT NAI	PRCPTOT TSAI	PRCPTOT Niño 1+2	PRCPTOT Niño 3	PRCPTOT Niño 3.4	PRCPTOT Niño 4
-65	-5	-0,38**	0,22	0,07	0,13	0,16	0,12
-67,5	-5	-0,25	0,35**	0,05	0,06	0,07	0,04
-70	-5	-0,16	0,34*	0,03	-0,07	-0,14	-0,24
-72,5	-5	0,04	0,05	-0,18	-0,22	-0,32*	-0,35**
-67,5	-10	-0,20	0,10	0,22	0,12	0,00	-0,11
-70	-10	0,06	0,26	0,22	0,12	-0,02	-0,13
-72,5	-10	0,13	0,22	0,18	0,18	0,15	0,16
-67,5	-2,5	-0,22	0,27	0,20	0,25	0,24	0,17
-67,5	-7,5	-0,31*	0,21	0,11	0,04	-0,05	-0,16
-70	-7,5	-0,28	0,23	0,07	0,02	-0,12	-0,26
-72,5	-7,5	0,02	0,30*	0,00	0,02	-0,03	-0,01

Tabela C4: Correlações do índice de precipitação pluvial diária (SDII) na região homogênea R1, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

REGIÃO R1							
Longitude	Latitude	SDII PDO	SDII AMO	SDII PNA	SDII QBO	SDII NAO	SDII IOS
-60	0	-0,13	0,51***	0,24	0,11	0,05	0,11
-70	-5	-0,01	-0,11	0,03	0,24	-0,09	0,06
-72,5	-5	-0,49***	0,02	-0,10	0,00	-0,23	0,38**
-67,5	-10	0,04	0,00	0,22	0,02	0,04	-0,15
-70	-10	0,14	0,14	0,26	0,12	-0,13	-0,08
-72,5	-10	0,27	0,34*	0,15	0,17	-0,15	-0,20
-60	2,5	-0,25	0,68***	0,20	-0,05	-0,14	0,20
-60	-2,5	-0,31*	0,27	0,07	0,00	0,09	0,29
-67,5	-7,5	0,26	-0,16	0,29	0,17	0,12	-0,07
-70	-7,5	-0,08	-0,16	0,03	0,15	0,01	0,12
-72,5	-7,5	-0,11	0,26	0,07	0,19	-0,10	0,08
Longitude	Latitude	SDII TNAI	SDII TSAI	SDII Niño 1+2	SDII Niño 3	SDII Niño 3.4	SDII Niño 4
-60	0	0,27	0,34*	0,17	0,00	-0,11	-0,13
-70	-5	-0,19	0,36**	-0,03	-0,11	-0,15	-0,23
-72,5	-5	-0,02	0,01	-0,22	-0,25	-0,32*	-0,34*
-67,5	-10	-0,04	0,18	0,28	0,18	0,06	-0,06
-70	-10	0,05	0,25	0,25	0,14	0,01	-0,08
-72,5	-10	0,26	0,30*	0,23	0,25	0,24	0,27
-60	2,5	0,47***	0,37**	0,15	-0,04	-0,14	-0,15
-60	-2,5	0,01	0,24	-0,12	-0,24	-0,34*	-0,37**
-67,5	-7,5	-0,25	0,26	0,09	0,03	-0,05	-0,14
-70	-7,5	-0,26	0,23	0,00	-0,06	-0,19	-0,32*
-72,5	-7,5	0,06	0,25	-0,12	-0,07	-0,08	-0,02

Tabela C5: Correlações do índice de precipitação pluvial diária (SDII) na região homogênea R2, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

		REGIÃO R2						
Longitude	Latitude	SDII PDO	SDII AMO	SDII PNA	SDII QBO	SDII NAO	SDII IOS	
-62,5	0	0,31*	0,04	0,33*	0,10	0,33*	-0,29	
-65	0	0,11	-0,33*	0,01	-0,07	0,25	-0,20	
-67,5	0	-0,02	-0,25	-0,15	0,17	0,19	0,04	
-70	0	-0,43**	-0,04	-0,18	0,17	-0,01	0,19	
-60	5	-0,32*	0,45**	-0,15	-0,21	-0,13	0,31*	
-57,5	-5	0,08	-0,44**	-0,07	0,25	0,20	-0,12	
-60	-5	-0,33*	-0,14	-0,15	0,02	0,39**	0,09	
-62,5	-5	0,19	-0,42**	-0,02	-0,08	0,38**	-0,09	
-60	-10	-0,25	-0,47***	0,04	0,00	0,06	0,20	
-62,5	-10	-0,04	-0,18	0,26	0,00	0,03	0,09	
-65	-10	0,02	0,08	0,20	0,15	0,32*	-0,04	
-62,5	2,5	-0,10	0,40**	0,17	-0,29	0,05	0,10	
-65	2,5	-0,25	0,08	-0,13	0,06	0,09	0,37**	
-57,5	-2,5	-0,08	0,06	-0,13	0,16	0,42**	0,03	
-62,5	-2,5	0,14	-0,28	0,14	-0,01	0,34*	-0,06	
-65	-2,5	0,51***	-0,35**	0,14	0,10	0,31*	-0,28	
-70	-2,5	-0,09	0,12	0,13	0,16	-0,18	-0,06	
-60	-7,5	0,14	-0,47***	0,18	0,06	0,23	-0,29	
-62,5	-7,5	0,28	-0,41**	0,28	-0,03	0,18	-0,20	
-65	-7,5	0,37**	-0,22	0,23	0,06	0,23	-0,21	
-60	-12,5	-0,31*	-0,24	0,06	0,02	-0,26	0,30*	
-62,5	-12,5	-0,06	0,19	0,12	0,22	0,19	0,12	
Longitude	Latitude	SDII TNAI	SDII TSAI	SDII Niño 1+2	SDII Niño 3	SDII Niño 3.4	SDII Niño 4	
-62,5	0	-0,17	0,25	0,38**	0,27	0,18	0,06	
-65	0	-0,31*	-0,08	0,05	0,19	0,19	0,09	
-67,5	0	-0,41**	0,20	0,00	0,00	-0,06	-0,16	
-70	0	-0,10	0,00	-0,09	-0,13	-0,18	-0,18	
-60	5	0,41**	0,25	0,04	-0,15	-0,21	-0,19	
-57,5	-5	-0,38**	-0,05	-0,15	-0,06	0,02	0,03	
-60	-5	-0,39**	0,15	-0,25	-0,21	-0,18	-0,15	
-62,5	-5	-0,53***	0,20	-0,12	-0,09	-0,03	-0,05	
-60	-10	-0,42**	-0,04	-0,22	-0,25	-0,29	-0,37**	
-62,5	-10	-0,16	0,06	-0,16	-0,12	-0,17	-0,23	
-65	-10	-0,01	0,17	0,00	0,00	-0,03	-0,03	
-62,5	2,5	0,15	0,32*	0,11	0,03	-0,06	-0,09	
-65	2,5	-0,06	0,20	-0,15	-0,23	-0,28	-0,29	
-57,5	-2,5	-0,13	0,23	-0,12	-0,12	-0,04	0,03	
-62,5	-2,5	-0,44**	0,13	-0,03	-0,02	-0,06	-0,17	
-65	-2,5	-0,41**	0,09	0,10	0,18	0,19	0,12	
-70	-2,5	0,02	0,21	0,22	0,14	0,01	-0,11	
-60	-7,5	-0,49***	0,00	-0,03	0,04	0,13	0,11	

-62,5	-7,5	-0,41**	0,07	-0,02	0,06	0,11	0,06
-65	-7,5	-0,29	0,08	0,00	0,11	0,13	0,09
-60	-12,5	-0,09	-0,10	-0,11	-0,19	-0,28	-0,39**
-62,5	-12,5	0,11	0,07	-0,13	-0,06	-0,12	-0,12

Tabela C6: Correlações do índice de precipitação pluvial diária (SDII) na região homogênea R3, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

REGIÃO R3							
Longitude	Latitude	SDII PDO	SDII AMO	SDII PNA	SDII QBO	SDII NAO	SDII IOS
-65	-5	0,46***	-0,27	0,17	0,07	0,28	-0,23
-67,5	-5	0,44**	-0,11	0,18	0,17	0,17	-0,14
-67,5	-2,5	0,45**	-0,08	0,15	0,16	0,15	-0,32*
Longitude	Latitude	SDII TNAI	SDII TSAI	SDII Niño 1+2	SDII Niño 3	SDII Niño 3,4	SDII Niño 4
-65	-5	-0,38**	0,23	0,07	0,12	0,15	0,11
-67,5	-5	-0,24	0,34*	0,00	0,02	0,05	0,03
-67,5	-2,5	-0,22	0,26	0,17	0,22	0,23	0,17

Tabela C7: Correlações do índice de precipitação pluvial diária (DCM) na região homogênea R1, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

REGIÃO R1							
Longitude	Latitude	DCM PDO	DCM AMO	DCM PNA	DCM QBO	DCM NAO	DCM IOS
-60	0	-0,30*	0,35**	0,06	-0,13	-0,22	0,31*
-62,5	0	0,25	-0,22	-0,14	-0,07	0,27	-0,42**
-70	0	-0,31	-0,57***	-0,32*	0,19	0,11	0,18
-60	5	0,22	-0,24	0,09	0,29	0,06	-0,09
-57,5	-5	-0,07	-0,48***	-0,15	0,36**	0,04	0,02
-60	-5	-0,42**	0,15	0,08	-0,07	-0,35**	0,19
-62,5	-5	0,11	-0,49***	0,06	0,01	0,06	0,00
-65	-5	0,29	-0,28	0,11	0,08	-0,14	-0,07
-67,5	-5	0,06	-0,23	-0,12	0,06	-0,16	0,13
-72,5	-5	-0,33*	0,15	-0,10	-0,10	-0,40**	0,45***
-60	-10	0,00	-0,52***	0,04	0,04	-0,01	0,24
-70	-10	0,09	0,18	0,03	-0,31	-0,05	-0,10
-72,5	-10	-0,15	-0,18	-0,16	0,17	0,05	0,03
-60	2,5	-0,23	0,10	-0,04	-0,20	-0,16	0,20
-62,5	2,5	0,21	-0,27	0,10	-0,38**	0,22	-0,11
-65	2,5	0,05	-0,39**	-0,09	-0,15	0,20	0,15
-57,5	-2,5	-0,07	-0,04	-0,22	0,12	0,26	0,23
-60	-2,5	-0,50***	0,21	0,02	0,08	-0,19	0,49
-62,5	-2,5	0,13	-0,31*	-0,05	-0,13	-0,09	-0,10
-65	-2,5	0,34*	-0,27	0,30*	-0,05	0,06	-0,24
-67,5	-2,5	0,25	-0,06	0,08	0,04	-0,22	-0,26
-60	-7,5	-0,03	0,04	0,30	-0,01	-0,34*	0,15
-67,5	-7,5	-0,05	-0,26	-0,05	-0,32**	0,03	-0,15
-72,5	-7,5	-0,19	0,13	0,04	0,10	-0,12	0,10
-60	-12,5	-0,13	-0,21	-0,04	-0,10	-0,17	-0,04
Longitude	Latitude	DCM TNAI	DCM TSAI	DCM Niño 1+2	DCM Niño 3	DCM Niño 3.4	DCM Niño 4
-60	0	0,22	0,31*	0,03	-0,13	-0,26	-0,29
-62,5	0	-0,29	0,08	0,08	0,25	0,36**	0,35**
-70	0	-0,41**	-0,50***	-0,12	-0,09	-0,12	-0,19
-60	5	-0,21	-0,14	0,03	-0,05	-0,06	-0,12
-57,5	-5	-0,52***	-0,09	-0,15	-0,09	-0,05	-0,12
-60	-5	0,07	0,11	-0,17	-0,22	-0,23	-0,24
-62,5	-5	-0,49***	-0,16	-0,15	-0,12	-0,05	-0,06
-65	-5	-0,14	-0,05	0,00	0,05	0,07	0,06
-67,5	-5	-0,21	0,13	-0,17	-0,10	-0,11	-0,14
-72,5	-5	0,18	0,11	-0,30*	-0,28	-0,34*	-0,29
-60	-10	-0,40**	-0,24	-0,08	-0,09	-0,15	-0,22
-70	-10	0,03	0,40**	0,15	0,09	0,02	-0,01
-72,5	-10	-0,11	-0,31*	-0,12	-0,01	0,00	0,01
-60	2,5	0,14	-0,02	-0,08	-0,12	-0,11	-0,08
-62,5	2,5	-0,38**	-0,06	-0,11	-0,02	0,04	0,01

-65	2,5	-0,47***	0,17	-0,12	-0,14	-0,19	-0,30*
-57,5	-2,5	-0,13	0,33*	-0,22	-0,30*	-0,32*	-0,33*
-60	-2,5	0,08	0,34*	-0,23	-0,41**	-0,50***	-0,52***
-62,5	-2,5	-0,26	0,15	-0,05	-0,08	0,00	-0,02
-65	-2,5	-0,16	-0,17	0,34	0,28	0,22	0,07
-67,5	-2,5	-0,06	0,04	0,20	0,28	0,26	0,16
-60	-7,5	0,18	-0,17	0,09	-0,08	-0,14	-0,19
-67,5	-7,5	-0,30*	-0,04	0,04	0,16	0,11	0,02
-72,5	-7,5	0,07	-0,11	-0,14	-0,06	-0,09	-0,05
-60	-12,5	-0,05	-0,20	0,04	0,08	0,12	0,07

Tabela C8: Correlações do índice de precipitação pluvial diária (DCM) na região homogênea R2, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

REGIÃO R2							
Longitude	Latitude	DCM PDO	DCM AMO	DCM PNA	DCM QBO	DCM NAO	DCM IOS
-65	0	0,24	-0,174	0,30*	0,24	0,11	-0,11
-67,5	0	-0,05	-0,346*	-0,059	0,40**	-0,01	0,01
Longitude	Latitude	DCM TNAI	DCM TSAI	DCM Niño 1+2	DCM Niño 3	DCM Niño 3.4	DCM Niño 4
-65	0	-0,12	-0,08	0,23	0,04	-0,03	-0,08
-67,5	0	-0,17	-0,36**	-0,04	-0,04	-0,06	-0,11

Tabela C9: Correlações do índice de precipitação pluvial diária (DCM) na região homogênea R3, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

REGIÃO R3								
Longitude	Latitude	DCM PDO	DCM AMO	DCM PNA	DCM QBO	DCM NAO	DCM IOS	
-70	-5	-0,23	-0,11	-0,06	0,04	-0,18	0,09	
-62,5	-10	-0,16	-0,18	0,18	-0,28	-0,06	0,24	
-65	-10	-0,21	0,08	0,16	0,07	0,14	0,25	
-67,5	-10	-0,46***	-0,09	-0,25	-0,30	0,03	0,20	
-70	-2,5	-0,43**	-0,26	-0,21	0,00	-0,13	0,33*	
-62,5	-7,5	-0,40**	-0,36**	-0,08	-0,11	-0,19	0,26	
-65	-7,5	-0,07	-0,25	-0,05	-0,10	-0,09	0,40**	
-70	-7,5	-0,11	0,02	0,02	-0,07	-0,08	0,05	
-62,5	-12,5	-0,14	0,12	0,03	0,02	0,02	0,31*	
Longitude	Latitude	DCM TNAI	DCM TSAI	DCM Niño 1+2	DCM Niño 3	DCM Niño 3.4	DCM Niño 4	
-70	-5	-0,07	0,30*	-0,08	-0,07	-0,08	-0,10	
-62,5	-10	-0,20	0,23	-0,16	-0,19	-0,26	-0,28	
-65	-10	-0,08	0,15	-0,08	-0,21	-0,25	-0,23	
-67,5	-10	-0,28	0,11	-0,19	-0,16	-0,19	-0,20	
-70	-2,5	-0,22	-0,09	0,01	-0,12	-0,26	-0,38**	
-62,5	-7,5	-0,22	-0,26	-0,16	-0,17	-0,19	-0,24	
-65	-7,5	-0,16	0,07	-0,43**	-0,39**	-0,37***	-0,35*	
-70	-7,5	-0,04	0,37**	0,05	0,02	-0,05	-0,06	
-62,5	-12,5	0,14	0,18	-0,21	-0,26	-0,29	-0,27	

Tabela C10: Correlações do índice de precipitação pluvial diária (DCS) na região homogênea R1, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

REGIÃO R1							
Longitude	Latitude	DCS PDO	DCS AMO	DCS PNA	DCS QBO	DCS NAO	DCS IOS
-60	0	0,33*	-0,20	0,15	0,20	-0,06	-0,14
-62,5	0	0,15	0,01	0,14	0,36**	-0,30*	-0,04
-65	0	0,19	0,20	0,27	0,14	-0,38**	-0,11
-60	2,5	0,35*	-0,02	0,18	0,22	-0,25	-0,08
-62,5	2,5	0,18	0,15	0,39	0,47***	-0,47***	0,02
-65	2,5	0,21	0,29	0,27	0,01	-0,39**	-0,22
Longitude	Latitude	DCS TNAI	DCS TSAI	DCS Niño 1+2	DCS Niño 3	DCS Niño 3.4	DCS Niño 4
-60	0	-0,09	-0,12	-0,15	-0,11	-0,03	0,01
-62,5	0	0,13	-0,20	-0,12	-0,10	-0,05	-0,01
-65	0	0,40**	-0,28	0,08	0,05	0,09	0,13
-60	2,5	0,05	-0,03	-0,14	-0,11	-0,04	0,01
-62,5	2,5	0,33*	0,00	0,01	-0,07	-0,08	-0,05
-65	2,5	0,48***	-0,24	0,33*	0,31*	0,23	0,17

Tabela C11: Correlações do índice de precipitação pluvial diária (DCS) na região homogênea R2, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

REGIÃO R2							
Longitude	Latitude	DCS PDO	DCS AMO	DCS PNA	DCS QBO	DCS NAO	DCS IOS
-67,5	0	0,20	0,20	0,06	-0,23	-0,06	0,08
-70	0	0,03	0,31*	0,14	0,26	-0,06	-0,07
-60	5	0,12	0,42**	0,31	-0,01	-0,31*	-0,14
-57,5	-5	-0,13	0,67***	0,14	-0,16	-0,27	0,17
-60	-5	0,23	0,10	-0,14	-0,20	0,05	-0,19
-62,5	-5	-0,38**	-0,09	-0,43**	-0,06	0,23	0,34*
-65	-5	-0,20	0,24	-0,30*	0,05	0,20	0,36**
-67,5	-5	-0,34*	-0,04	-0,42**	0,03	-0,04	0,31*
-70	-5	0,12	0,22	0,20	-0,14	-0,02	0,04
-72,5	-5	0,26	-0,11	0,05	0,12	0,19	-0,33*
-65	-10	0,29	0,23	0,14	0,01	-0,03	0,11
-67,5	-10	0,30*	0,30*	0,16	-0,04	0,04	-0,12
-70	-10	-0,15	-0,15	-0,11	-0,14	0,31*	0,04
-72,5	-10	0,02	-0,25	-0,11	0,14	0,29	-0,21
-57,5	-2,5	0,01	-0,21	0,07	-0,05	0,05	-0,25
-60	-2,5	0,31*	-0,13	0,29	0,08	0,09	-0,38**
-62,5	-2,5	-0,06	0,22	-0,02	0,24	0,15	0,10
-65	-2,5	-0,21	-0,02	-0,25	-0,07	-0,07	0,22
-67,5	-2,5	-0,26	-0,05	-0,17	-0,25	-0,19	0,21
-70	-2,5	0,46***	0,08	0,27	-0,06	0,18	-0,27
-60	-7,5	-0,04	0,69***	0,28	0,03	-0,27	0,16
-62,5	-7,5	-0,21	0,34*	-0,02	-0,04	-0,13	0,32*
-65	-7,5	-0,03	0,20	-0,30*	0,02	-0,04	0,19
-67,5	-7,5	0,15	0,15	-0,12	-0,10	0,02	0,01
-70	-7,5	0,04	0,15	0,08	-0,01	-0,06	-0,01
-72,5	-7,5	-0,33*	-0,34*	-0,18	-0,08	-0,05	0,26
-62,5	-12,5	0,14	0,17	0,26	0,26	0,23	0,13
Longitude	Latitude	DCS TNAI	DCS TSAI	DCS Niño 1+2	DCS Niño 3	DCS Niño 3.4	DCS Niño 4
-67,5	0	0,14	0,22	-0,08	-0,13	-0,08	-0,04
-70	0	0,27	0,13	-0,11	-0,06	0,01	0,12
-60	5	0,41**	0,02	0,11	0,08	0,11	0,19
-57,5	-5	0,50***	0,21	0,06	-0,05	-0,12	-0,09
-60	-5	0,23	-0,18	0,01	0,12	0,21	0,31*
-62,5	-5	-0,21	-0,10	-0,20	-0,30*	-0,35*	-0,36**
-65	-5	0,11	0,04	-0,34*	-0,41**	-0,40**	-0,32*
-67,5	-5	0,05	-0,32*	-0,46***	-0,36**	-0,28	-0,21
-70	-5	0,18	-0,11	-0,03	-0,09	-0,13	-0,12
-72,5	-5	-0,11	-0,09	0,07	0,17	0,24	0,31*
-65	-10	0,27	0,15	-0,09	-0,14	-0,07	0,04
-67,5	-10	0,19	0,11	-0,08	0,02	0,10	0,18
-70	-10	-0,12	-0,30*	-0,21	-0,17	-0,04	0,05

-72,5	-10	-0,18	-0,38**	-0,03	0,12	0,22	0,26
-57,5	-2,5	0,02	-0,46***	0,27	0,25	0,22	0,14
-60	-2,5	0,04	-0,31*	0,31*	0,37**	0,34*	0,27
-62,5	-2,5	0,10	-0,06	-0,19	-0,14	-0,11	0,00
-65	-2,5	-0,02	-0,16	-0,28	-0,29	-0,22	-0,18
-67,5	-2,5	0,14	-0,24	-0,25	-0,26	-0,19	-0,16
-70	-2,5	0,12	-0,18	0,17	0,15	0,21	0,20
-60	-7,5	0,58***	0,19	0,07	-0,05	-0,11	-0,04
-62,5	-7,5	0,30*	-0,06	-0,34*	-0,31*	-0,28	-0,15
-65	-7,5	0,20	-0,05	-0,21	-0,19	-0,13	-0,03
-67,5	-7,5	0,07	-0,06	-0,29	-0,16	-0,08	-0,01
-70	-7,5	0,14	-0,25	-0,15	-0,03	0,07	0,14
-72,5	-7,5	-0,17	-0,37**	-0,31*	-0,29	-0,24	-0,22
-62,5	-12,5	0,09	-0,04	-0,22	-0,25	-0,17	-0,03

Tabela C12: Correlações do índice de precipitação pluvial diária (DCS) na região homogênea R3, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

REGIÃO R3							
Longitude	Latitude	DCS PDO	DCS AMO	DCS PNA	DCS QBO	DCS NAO	DCS IOS
-60	-10	0,19	0,55***	0,29	-0,12	-0,18	0,17
-62,5	-10	0,02	0,31*	0,08	-0,09	-0,02	0,26
-60	-12,5	0,26	0,47***	0,45**	-0,11	-0,13	0,07
Longitude	Latitude	DCS TNAI	DCS TSAI	DCS Niño 1+2	DCS Niño 3	DCS Niño 3.4	DCS Niño 4
-60	-10	0,50***	0,25	0,03	-0,11	-0,13	-0,06
-62,5	-10	0,32*	0,06	-0,16	-0,22	-0,20	-0,10
-60	-12,5	0,41**	0,11	-0,05	-0,10	-0,06	0,03

Tabela C13: Correlações do índice de temperatura do ar (TXx) na região homogênea R1, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de de confiabilidade.

Longitude	Latitude	TXx PDO	TXx AMO	TXx PNA	TXx QBO	TXx NÃO	TXx IOS
-60	0	0,38	-0,06	0,30*	0,10	-0,11	-0,35**
-62,5	0	0,00	0,53***	0,31*	0,16	-0,39**	-0,13
-65	0	0,12	0,78***	0,44**	-0,08	-0,36**	-0,20
-67,5	0	0,26	0,58***	0,42**	-0,19	-0,26	-0,35**
-70	0	0,43	0,30*	0,25	-0,09	-0,10	-0,42**
-60	5	0,10	0,86***	0,45***	-0,09	-0,40**	-0,11
-65	-5	-0,04	0,70***	0,29	-0,20	-0,28	0,11
-67,5	-5	-0,37	0,48***	0,07	-0,19	-0,38**	0,21
-70	-5	0,22	0,74	0,55***	-0,17	-0,28	-0,07
-72,5	-5	0,37	0,29***	0,29	0,02	0,12	-0,43**
-72,5	-10	-0,11	0,41	0,15	-0,10	-0,21	-0,08
-60	2,5	0,57	0,04***	0,38**	0,06	-0,11	-0,43**
-62,5	2,5	-0,02	0,48***	0,21	0,08	-0,52***	-0,11
-65	2,5	0,12	0,65	0,34*	-0,06	-0,37**	-0,39**
-62,5	-2,5	0,34*	0,80***	0,44**	-0,05	-0,22	-0,36**
-65	-2,5	-0,01	0,67**	0,35**	-0,26	-0,37**	-0,09
-67,5	-2,5	-0,27	0,37***	0,04	-0,26	-0,38**	0,11
-70	-2,5	0,29	0,64***	0,30*	-0,10	-0,23	-0,22
-70	-7,5	-0,03	0,51	0,14	-0,11	-0,26	-0,03
-72,5	-7,5	-0,11	0,32	0,11	-0,08	-0,22	-0,08
Longitude	Latitude	TXx TNAI	TXx TSAI	TXx Niño 1+2	TXx Niño 3	TXx Niño 3.4	TXx Niño 4
-60	0	0,09	-0,26	0,13	0,20	0,22	0,18
-62,5	0	0,62***	0,02	0,14	0,09	0,12	0,20
-65	0	0,71***	0,18	0,33*	0,21	0,17	0,21
-67,5	0	0,57***	0,03	0,39	0,32*	0,32*	0,35*
-70	0	0,35**	0,17	0,25	0,34*	0,42**	0,50
-60	5	0,79***	0,16	0,22	0,17	0,11	0,16
-65	-5	0,60***	0,27	0,23	0,04	-0,11	-0,14
-67,5	-5	0,48***	0,12	0,11	-0,06	-0,14	-0,16
-70	-5	0,63***	0,20	0,27	0,12	0,02	0,05
-72,5	-5	0,29	-0,01	0,35**	0,26	0,33*	0,39**
-72,5	-10	0,48***	-0,03	0,22	0,09	0,11	0,15
-60	2,5	0,15	-0,14	0,29	0,34*	0,32*	0,26
-62,5	2,5	0,66***	-0,02	0,28	0,19	0,18	0,22
-65	2,5	0,69***	0,06	0,53***	0,47***	0,43**	0,43
-62,5	-2,5	0,73***	0,18	0,39**	0,37**	0,36**	0,44**
-65	-2,5	0,64***	0,07	0,16	0,08	0,06	0,11
-67,5	-2,5	0,47***	-0,04	0,03	-0,08	-0,07	-0,04
-70	-2,5	0,65***	0,17	0,22	0,21	0,24	0,33*
-70	-7,5	0,57***	0,00	0,20	0,04	0,07	0,13
-72,5	-7,5	0,46***	-0,08	0,23	0,08	0,10	0,12

Tabela C14: Correlações do índice de temperatura do ar (TXx) na região homogênea R2, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

REGIÃO R2							
Longitude	Latitude	TXx PDO	TXx AMO	TXx PNA	TXx QBO	TXx NAO	TXx IOS
-57,5	-5	0,03	0,68***	0,19	-0,20	-0,22	-0,08
-60	-5	0,48***	0,57***	0,38**	0,01	-0,06	-0,41**
-62,5	-5	0,46***	0,78***	0,57***	0,03	-0,20	-0,31*
-60	-10	0,22	0,72***	0,18	0,01	-0,01	-0,17
-62,5	-10	0,20	0,68***	0,18	0,10	-0,05	-0,13
-65	-10	0,38**	0,69***	0,26	0,04	-0,17	-0,26
-67,5	-10	0,42	0,76*	0,41**	0,02	-0,21	-0,28
-70	-10	-0,07	0,33**	0,10	-0,04	0,01	-0,15
-57,5	-2,5	0,32*	0,27	0,32*	-0,10	-0,28	-0,36
-60	-2,5	0,56***	0,26***	0,36**	0,03	0,00	-0,51***
-60	-7,5	0,23	0,80***	0,39**	0,08	-0,12	-0,12
-62,5	-7,5	0,21	0,76***	0,49***	0,15	-0,13	-0,01
-65	-7,5	0,09	0,70***	0,23	0,06	-0,28	0,03
-67,5	-7,5	0,01	0,64***	0,09	-0,16	-0,20	-0,10
-60	-12,5	0,31*	0,53	0,14	0,03	0,07	-0,32*
-62,5	-12,5	0,27	0,32	0,17	0,21	0,09	-0,22
Longitude	Latitude	TXx TNAI	TXx TSAI	TXx Niño 1+2	TXx Niño 3	TXx Niño 3.4	TXx Niño 4
-57,5	-5	0,62***	0,06	0,28	0,20	0,15	0,19
-60	-5	0,63***	-0,14	0,46***	0,47***	0,42**	0,44**
-62,5	-5	0,69***	0,11	0,46***	0,39**	0,28	0,27
-60	-10	0,56***	0,17	0,31*	0,23	0,22	0,28
-62,5	-10	0,55***	0,19	0,34*	0,17	0,14	0,19
-65	-10	0,60***	0,32*	0,42**	0,26	0,23	0,26
-67,5	-10	0,72***	0,14	0,30*	0,26	0,30	0,37**
-70	-10	0,37**	-0,13	0,13	0,08	0,18	0,28
-57,5	-2,5	0,50***	-0,25	0,45**	0,39**	0,35**	0,30*
-60	-2,5	0,41**	-0,17	0,48***	0,48***	0,47***	0,43**
-60	-7,5	0,70***	0,04	0,35**	0,24	0,15	0,18
-62,5	-7,5	0,60***	0,17	0,28	0,09	-0,03	-0,04
-65	-7,5	0,62***	0,29	0,40**	0,16	0,03	-0,01
-67,5	-7,5	0,58***	0,21	0,46***	0,26	0,18	0,15
-60	-12,5	0,37**	0,20	0,21	0,22	0,29	0,41**
-62,5	-12,5	0,23	0,10	0,13	0,07	0,17	0,29

Tabela C15: Correlações do índice de temperatura do ar (TXn) na região homogênea R1, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

		REGIÃO R1					
Longitude	Latitude	TXn PDO	TXn AMO	TXn PNA	TXn QBO	TXn NAO	TXn IOS
-60	0	0,37**	-0,13	0,24	0,14	-0,16	-0,32*
-62,5	0	0,15	0,24	0,16	0,09	-0,44**	-0,20
-65	0	0,32*	0,37**	0,37**	-0,07	-0,35**	-0,34*
-67,5	0	0,33*	0,29	0,41**	-0,11	-0,27	-0,48***
-70	0	0,47***	0,30	0,42**	-0,16	-0,29	-0,46***
-60	5	0,50***	0,54***	0,54***	0,13	-0,30	-0,38**
-65	-5	0,02	0,44**	0,14	-0,05	-0,38**	-0,17
-67,5	-5	-0,05	0,46***	0,11	-0,19	-0,33*	-0,17
-70	-5	0,34*	0,43**	0,22	-0,29	-0,07	-0,42**
-72,5	-5	0,38***	0,08	0,12	-0,04	0,21	-0,55***
-65	-10	0,02	0,26	-0,03	-0,21	-0,16	-0,11
-67,5	-10	0,09	0,38**	0,05	-0,24	-0,24	-0,13
-70	-10	-0,21	0,06	-0,18	-0,14	0,06	-0,09
-72,5	-10	-0,33*	-0,08	-0,23	-0,22	-0,06	-0,01
-60	2,5	0,56***	-0,20	0,28	0,08	-0,11	-0,37**
-62,5	2,5	0,25	0,23	0,21	0,11	-0,44**	-0,38**
-65	2,5	0,39**	0,24	0,37**	0,05	-0,33*	-0,53***
-62,5	-2,5	0,20	0,62***	0,29	-0,08	-0,34*	-0,30*
-65	-2,5	0,16	0,60***	0,29	-0,12	-0,32*	-0,32*
-67,5	-2,5	-0,12	0,30	0,03	-0,23	-0,44**	-0,03
-70	-2,5	0,19	0,24	0,13	-0,20	0,16	-0,46***
-65	-7,5	0,00	0,42**	0,14	-0,09	-0,30**	-0,14
-67,5	-7,5	-0,04	0,37**	-0,10	-0,24	-0,19	-0,20
-70	-7,5	-0,05	0,14	-0,16	-0,24	-0,09	-0,19
-72,5	-7,5	-0,04	0,02	-0,12	-0,29	-0,10	-0,22
-60	-12,5	0,30*	0,23	0,03	-0,06	0,05	-0,32*
-62,5	-12,5	0,08	-0,05	-0,12	-0,06	0,18	-0,24
Longitude	Latitude	TXn TNAI	TXn TSAI	TXn Niño 1+2	TXn Niño 3	TXn Niño 3.4	TXn Niño 4
-60	0	0,07	-0,32*	0,11	0,19	0,21	0,18
-62,5	0	0,50***	-0,14	0,16	0,14	0,22	0,29
-65	0	0,48***	0,09	0,40**	0,28	0,30	0,32
-67,5	0	0,45**	-0,06	0,43**	0,42**	0,48***	0,51***
-70	0	0,48***	0,01	0,45***	0,45***	0,48***	0,47***
-60	5	0,49***	0,16	0,29	0,36**	0,39**	0,46***
-65	-5	0,62***	-0,05	0,45**	0,36	0,28	0,25
-67,5	-5	0,61***	-0,16	0,36**	0,28	0,25	0,26
-70	-5	0,54***	0,02	0,49***	0,46***	0,48***	0,51***
-72,5	-5	0,12	-0,22	0,34*	0,36*	0,47***	0,53***
-65	-10	0,38**	0,03	0,34*	0,22	0,19	0,16
-67,5	-10	0,50***	0,02	0,33*	0,23	0,23	0,22
-70	-10	0,16	-0,16	0,17	0,13	0,20	0,24

-72,5	-10	0,03	-0,10	0,16	0,07	0,09	0,08
-60	2,5	-0,04	-0,16	0,15	0,25	0,27	0,25
-62,5	2,5	0,51***	-0,24	0,36*	0,36**	0,43**	0,48***
-65	2,5	0,50***	-0,22	0,48***	0,47***	0,51	0,53***
-62,5	-2,5	0,68***	0,06	0,48***	0,42**	0,37**	0,37**
-65	-2,5	0,63***	0,03	0,47***	0,37**	0,33*	0,32*
-67,5	-2,5	0,50***	-0,22	0,12	0,06	0,09	0,14
-70	-2,5	0,36**	-0,15	0,37**	0,43**	0,50***	0,53***
-65	-7,5	0,51***	0,14	0,39*	0,25	0,23	0,23
-67,5	-7,5	0,45***	-0,01	0,38*	0,29	0,30*	0,30*
-70	-7,5	0,33*	-0,18	0,21	0,19	0,28	0,34*
-72,5	-7,5	0,17	-0,14	0,29	0,22	0,28	0,29
-60	-12,5	0,15	0,22	0,28	0,26	0,35*	0,42**
-62,5	-12,5	-0,02	0,09	0,32*	0,23	0,27	0,25

Tabela C16: Correlações do índice de temperatura do ar (TXn) na região homogênea R2, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

REGIÃO R2							
Longitude	Latitude	TXn PDO	TXn AMO	TXn PNA	TXn QBO	TXn NÃO	TXn IOS
-57,5	-5	0,11	0,60***	0,31*	-0,26	-0,34*	-0,12
-60	-5	0,34*	0,41**	0,41**	0,06	-0,34*	-0,35**
-62,5	-5	0,11	0,53***	0,29	0,06	-0,43**	-0,14
-60	-10	0,22	0,66***	0,24	-0,12	-0,29	-0,14
-62,5	-10	0,17	0,46***	0,13	-0,03	-0,18	-0,15
-57,5	-2,5	0,27	0,38**	0,41**	-0,09	-0,36**	-0,28
-60	-2,5	0,37**	0,26	0,30*	0,08	-0,21	-0,50***
-60	-7,5	0,15	0,74***	0,33	-0,10	-0,39**	-0,09
-62,5	-7,5	0,02	0,53***	0,28	-0,01	-0,36**	-0,03
Longitude	Latitude	TXn TNAI	TXn TSAI	TXn Niño 1+2	TXn Niño 3	TXn Niño 3.4	TXn Niño 4
-57,5	-5	0,61***	0,00	0,29	0,24	0,18	0,20
-60	-5	0,56***	-0,21	0,46***	0,42**	0,37**	0,36**
-62,5	-5	0,62***	-0,05	0,45***	0,37*	0,25	0,20
-60	-10	0,65***	0,18	0,48***	0,34*	0,27	0,25
-62,5	-10	0,48***	0,15	0,48***	0,30*	0,23	0,18
-57,5	-2,5	0,58***	-0,29	0,38**	0,33*	0,28	0,26
-60	-2,5	0,48***	-0,28	0,50***	0,53***	0,51***	0,50***
-60	-7,5	0,78***	0,08	0,42**	0,31	0,21	0,19
-62,5	-7,5	0,62***	0,06	0,34*	0,20	0,13	0,12

Tabela C17: Correlações do índice de temperatura do ar (TNx) na região homogênea R1, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

Longitude	Latitude	TNx PDO	TNx AMO	TNx PNA	TNx QBO	TNx NÃO	TNx IOS
-60	0	0,42***	0,11	0,38***	0,10	-0,16	-0,42***
-62,5	0	0,00	0,47***	0,30**	0,19	-0,38***	-0,15
-65	0	0,23*	0,75***	0,51***	-0,09	-0,31**	-0,35***
-70	0	0,45***	0,65***	0,54	0,03	-0,26*	-0,51***
-60	5	0,33**	0,90***	0,43***	0,05	-0,18	-0,29**
-70	-5	0,23*	0,57***	0,54***	0,02	-0,28**	-0,33***
-72,5	-5	0,24*	0,29**	0,26**	-0,01	-0,01	-0,42***
-65	-10	0,44***	0,65***	0,54***	-0,02	-0,35***	-0,47***
-67,5	-10	0,36***	0,58***	0,45***	-0,10	-0,23*	-0,53***
-70	-10	-0,07	0,18	0,08	-0,11	-0,04	-0,21
-72,5	-10	-0,17	0,40***	0,11	-0,08	-0,29**	-0,02
-60	2,5	0,64***	0,24*	0,47***	0,01	-0,09	-0,51***
-62,5	2,5	0,10	0,43***	0,23	0,09	-0,49***	-0,22*
-65	2,5	0,10	0,51***	0,30**	-0,08	-0,27**	-0,47***
-70	-2,5	0,20	0,71***	0,37***	0,01	-0,26**	-0,34***
-70	-7,5	0,10	0,40***	0,19	-0,13	-0,25**	-0,24
-72,5	-7,5	0,02	0,51***	0,22	-0,10	-0,30**	-0,14
Longitude	Latitude	TNx TNAI	TNx TSAI	TNx Niño 1+2	TNx Niño3	TNx Niño 3.4	TNx Niño4
-60	0	0,25*	-0,19	0,25*	0,31**	0,31**	0,26**
-62,5	0	0,50***	0,13	0,21	0,19	0,20	0,22*
-65	0	0,68***	0,13	0,51***	0,44***	0,37***	0,35***
-70	0	0,65***	0,14	0,57***	0,56***	0,52***	0,48***
-60	5	0,76***	0,39***	0,43***	0,37***	0,33**	0,36***
-70	-5	0,65***	-0,01	0,47***	0,41***	0,33**	0,28**
-72,5	-5	0,38***	-0,18	0,39***	0,33***	0,38***	0,38***
-65	-10	0,66***	0,21	0,64***	0,52***	0,44***	0,36***
-67,5	-10	0,59***	0,01	0,52***	0,47***	0,52***	0,50***
-70	-10	0,26**	-0,16	0,19	0,16	0,25	0,27**
-72,5	-10	0,47***	0,00	0,16	0,06	0,09	0,12
-60	2,5	0,28**	0,00	0,39***	0,44***	0,42***	0,35***
-62,5	2,5	0,63***	-0,05	0,37***	0,31**	0,29**	0,27**
-65	2,5	0,55***	-0,13	0,53***	0,55***	0,51***	0,48***
-70	-2,5	0,74***	0,11	0,42***	0,40***	0,37***	0,38***
-70	-7,5	0,53***	-0,11	0,29**	0,23	0,27**	0,27**
-72,5	-7,5	0,63***	0,00	0,33**	0,19	0,20	0,19

Tabela C18: Correlações do índice de temperatura do ar (TNx) na região homogênea R2, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

REGIÃO R2							
Longitude	Latitude	TNx PDO	TNx AMO	TNx PNA	TNx QBO	TNx NÃO	TNx IOS
-67,5	0	0,33*	0,68***	0,51***	-0,17	-0,23*	-0,52***
-57,5	-5	0,14	0,62***	0,27**	-0,30	-0,28**	-0,18
-60	-5	0,52***	0,44***	0,44***	0,04	0,01	-0,56***
-62,5	-5	0,48***	0,49***	0,63***	0,12	-0,02	-0,54***
-65	-5	0,24*	0,73***	0,46***	-0,16	-0,18	-0,38***
-67,5	-5	0,04	0,53***	0,28**	-0,11	-0,28**	-0,32***
-60	-10	0,28**	0,82***	0,46***	0,04	-0,29**	-0,22*
-62,5	-10	0,17	0,76***	0,39***	0,10	-0,33**	-0,19
-57,5	-2,5	0,34***	0,25**	0,32**	-0,10	-0,08	-0,36***
-60	-2,5	0,37***	0,41***	0,47***	0,10	0,10	-0,51***
-62,5	-2,5	0,19	0,62***	0,42***	0,09	-0,07	-0,39***
-65	-2,5	0,28**	0,73***	0,45***	-0,06	-0,28**	-0,42***
-67,5	-2,5	0,23*	0,66***	0,46***	-0,15	-0,39***	-0,32**
-60	-7,5	0,39***	0,74***	0,52***	0,00	-0,19	-0,41***
-62,5	-7,5	0,34***	0,79***	0,65***	0,12	-0,16	-0,31**
-65	-7,5	0,30**	0,80***	0,52***	-0,02	-0,27**	-0,35***
-67,5	-7,5	0,27**	0,65***	0,33**	-0,10	-0,24*	-0,46***
-60	-12,5	0,41***	0,42***	0,34**	0,20	-0,39***	-0,39***
-62,5	-12,5	0,31**	0,19	0,32**	0,36***	-0,30**	-0,28**
Longitude	Latitude	TNx TNAI	TNx TSAI	TNx Niño 1+2	TNx Niño3	TNx Niño 3.4	TNx Niño4
-67,5	0	0,69***	0,00	0,55***	0,54***	0,51***	0,49***
-57,5	-5	0,63***	0,05	0,38***	0,31**	0,26**	0,27**
-60	-5	0,52***	-0,21	0,58***	0,60***	0,57***	0,53***
-62,5	-5	0,44***	-0,03	0,60***	0,56***	0,50***	0,43***
-65	-5	0,66***	0,14	0,52***	0,46***	0,41***	0,36***
-67,5	-5	0,64***	-0,04	0,49***	0,40***	0,36***	0,30**
-60	-10	0,73***	0,11	0,45***	0,31**	0,24*	0,21
-62,5	-10	0,79***	0,15	0,51***	0,33**	0,21	0,14
-57,5	-2,5	0,44***	-0,14	0,50***	0,38***	0,35***	0,29**
-60	-2,5	0,45***	-0,11	0,59***	0,56***	0,50***	0,42***
-62,5	-2,5	0,52***	0,23*	0,46***	0,44***	0,42***	0,42***
-65	-2,5	0,73***	0,04	0,50***	0,47***	0,45***	0,42***
-67,5	-2,5	0,75***	0,03	0,49***	0,37***	0,34***	0,29**
-60	-7,5	0,73***	0,04	0,58***	0,51***	0,44***	0,40***
-62,5	-7,5	0,69***	0,14	0,49***	0,36***	0,27**	0,22*
-65	-7,5	0,71***	0,22	0,65***	0,50***	0,38***	0,30**
-67,5	-7,5	0,67***	0,08	0,63***	0,53***	0,49***	0,43***
-60	-12,5	0,54***	-0,06	0,30**	0,30**	0,34***	0,37***
-62,5	-12,5	0,33***	-0,15	0,30**	0,22	0,24*	0,24*

Tabela C19: Correlações do índice de temperatura do ar (TNn) na região homogênea R1, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

REGIÃO R1							
Longitude	Latitude	TNn PDO	TNn AMO	TNn PNA	TNn QBO	TNn NAO	TNn IOS
-60	0	0,51***	0,15	0,45***	0,09	-0,20	-0,49***
-62,5	0	0,12	0,56***	0,29*	0,15	-0,33*	-0,33*
-65	0	0,42**	0,55***	0,56***	0,15	-0,29	-0,53***
-67,5	0	0,26	0,51***	0,53***	-0,01	-0,23	-0,49***
-70	0	0,27	0,47***	0,51***	0,07	-0,35**	-0,47***
-57,5	-5	0,23	0,70***	0,37**	-0,32*	-0,26	-0,29*
-60	-5	0,58***	0,37***	0,45***	0,04	-0,03	-0,55***
-62,5	-5	0,48***	0,25	0,52***	0,05	-0,09	-0,42**
-65	-5	0,32*	0,42	0,40**	0,07	-0,20	-0,40**
-67,5	-5	0,17	0,36	0,26	-0,09	-0,20	-0,37**
-70	-5	0,30*	0,37**	0,33***	-0,17	-0,08	-0,46***
-72,5	-5	0,33*	0,11	0,20	-0,19	0,03	-0,67***
-62,5	2,5	0,10	0,50***	0,24	0,13	-0,36**	-0,35**
-57,5	-2,5	0,47***	0,40**	0,43**	-0,16	-0,06	-0,53***
-62,5	-2,5	0,39**	0,45***	0,49***	0,09	-0,11	-0,46***
-65	-2,5	0,40***	0,42**	0,49***	0,02	-0,14	-0,55***
-67,5	-2,5	0,31**	0,56***	0,47***	-0,08	-0,31*	-0,47***
-70	-2,5	0,34**	0,44***	0,48***	0,01	-0,29*	-0,49***
-60	-7,5	0,42**	0,56***	0,58***	-0,16	-0,27	-0,45***
-62,5	-7,5	0,27	0,47***	0,45***	-0,03	-0,16	-0,35**
-65	-7,5	0,21	0,38**	0,31*	0,03	-0,12	-0,36**
Longitude	Latitude	TNn TNAI	TNn TSAI	TNn Niño 1+2	TNn Niño 3	TNn Niño 3.4	TNn Niño 4
-60	0	0,29*	-0,16	0,33*	0,39**	0,39**	0,35**
-62,5	0	0,63***	0,07	0,43**	0,43**	0,43**	0,46***
-65	0	0,61***	0,07	0,61***	0,55***	0,53***	0,51***
-67,5	0	0,59***	0,04	0,61***	0,53***	0,49***	0,45***
-70	0	0,57***	-0,04	0,51***	0,50***	0,48***	0,48***
-57,5	-5	0,66***	0,14	0,48***	0,39**	0,33*	0,32*
-60	-5	0,50***	-0,02	0,60***	0,57***	0,55***	0,51***
-62,5	-5	0,32*	0,15	0,60***	0,52***	0,45***	0,36**
-65	-5	0,52***	0,10	0,62***	0,52***	0,46***	0,42**
-67,5	-5	0,47***	0,06	0,60***	0,53***	0,49***	0,43**
-70	-5	0,36**	0,12	0,60***	0,58***	0,54***	0,46***
-72,5	-5	0,19	-0,28	0,51***	0,60***	0,67***	0,65***
-62,5	2,5	0,59***	-0,05	0,43**	0,43**	0,44***	0,49***
-57,5	-2,5	0,52***	-0,05	0,58***	0,52***	0,51***	0,47***
-62,5	-2,5	0,48***	0,16	0,50***	0,51***	0,50***	0,49***
-65	-2,5	0,43**	0,16	0,63***	0,57***	0,54***	0,50***
-67,5	-2,5	0,64***	0,04	0,64***	0,58***	0,55***	0,53***
-70	-2,5	0,48***	0,08	0,59***	0,59***	0,55***	0,50***
-60	-7,5	0,63***	0,07	0,66***	0,59***	0,50***	0,42**

-62,5	-7,5	0,46***	0,20	0,58***	0,48***	0,41**	0,34**
-65	-7,5	0,38**	0,14	0,66***	0,55***	0,47***	0,39***

Tabela C20: Correlações do índice de temperatura do ar (TNn) na região homogênea R2, para a Amazônia Ocidental, período de 1970-2001. Valores críticos para o Teste t de Student: * $t \geq 1,69$ 90% de confiabilidade; ** $t \geq 2,04$ 95% de confiabilidade; *** $t \geq 2,75$ 99% de confiabilidade.

REGIÃO R2							
Longitude	Latitude	TNn PDO	TNn AMO	TNn PNA	TNn QBO	TNn NAO	TNn IOS
-60	5	0,20	0,84***	0,30*	-0,12	-0,05	-0,15
-60	-10	0,19	0,25	0,30*	-0,09	-0,43**	-0,22
-62,5	-10	-0,01	0,10	0,09	-0,03	-0,25	-0,25
-65	-10	-0,03	-0,04	0,00	-0,11	-0,06	-0,34**
-67,5	-10	0,01	-0,14	-0,03	-0,21	0,02	-0,41**
-70	-10	-0,16	-0,32*	-0,21	-0,12	0,11	-0,27
-72,5	-10	-0,21	-0,11	-0,07	-0,11	-0,15	-0,12
-60	2,5	0,69***	0,14	0,46***	0,01	-0,06	-0,60***
-65	2,5	0,26	0,63***	0,40**	0,00	-0,31*	-0,48***
-60	-2,5	0,44***	0,31*	0,38**	0,09	0,13	-0,56***
-67,5	-7,5	0,18	0,24	0,14	-0,21	-0,09	-0,45***
-70	-7,5	0,03	0,01	-0,04	-0,20	-0,01	-0,34*
-72,5	-7,5	0,13	0,02	0,14	-0,08	-0,08	-0,33*
-60	-12,5	0,03	-0,21	0,13	-0,11	-0,33*	-0,28
-62,5	-12,5	-0,09	-0,27	-0,06	-0,06	-0,13	-0,24
Longitude	Latitude	TNn TNAI	TNn TSAI	TNn Niño 1+2	TNn Niño 3	TNn Niño 3.4	TNn Niño 4
-60	5	0,68***	0,41**	0,35**	0,27	0,22	0,26
-60	-10	0,41**	-0,03	0,46***	0,41**	0,33*	0,23
-62,5	-10	0,20	-0,02	0,49***	0,40**	0,33*	0,22
-65	-10	0,01	-0,06	0,54***	0,48***	0,41**	0,28
-67,5	-10	-0,03	-0,22	0,50***	0,52***	0,51***	0,40**
-70	-10	-0,17	-0,36**	0,30*	0,33*	0,37**	0,31*
-72,5	-10	0,01	-0,15	0,26	0,20	0,21	0,16
-60	2,5	0,19	0,02	0,48***	0,54***	0,53***	0,47***
-65	2,5	0,68***	0,02	0,61***	0,59***	0,54***	0,53***
-60	-2,5	0,37**	-0,02	0,61***	0,60***	0,57***	0,50***
-67,5	-7,5	0,35**	-0,04	0,62***	0,59***	0,57***	0,47***
-70	-7,5	0,15	-0,27	0,40**	0,41**	0,44***	0,37**
-72,5	-7,5	0,13	-0,22	0,45***	0,44**	0,42**	0,33*
-60	-12,5	-0,02	-0,21	0,28	0,31*	0,30*	0,22
-62,5	-12,5	-0,11	-0,19	0,31*	0,28	0,28	0,20