



RELATÓRIO Nº 4

Tendências das Variações Climáticas para o Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para Cenários Climáticos para o Século XXI



Eneas Salati
Eneida Salati
Tatiana Campanhol
Nilson Villa Nova

2007



**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**

Relatório 4

**Tendências de Variações Climáticas para o
Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para
Cenários Climáticos para o Século XXI**

**Eneas Salati¹
Eneida Salati¹
Tatiana Campanhol¹
Nilson Villa Nova²**

**1 FBDS
Rio de Janeiro, RJ
2 ESALQ/USP, SP**

2007

Equipe Científica:

Jose A. Marengo, Coordenador, CPTEC/INPE, SP

Carlos A. Nobre, CPTEC/INPE, SP

Igor Pishnitchenko, CPTEC/INPE, SP

Tatiana Tarasova, CPTEC/INPE, SP

María Valverde, CPTEC/INPE, SP

Renaud Laborbe, CPTEC/INPE, SP

Guillermo Obregón, CPTEC/INPE, SP

Julio P. Reyes Fernandez, CPTEC/INPE, SP

Wagner R. Soares, CPTEC/INPE, SP

Lincoln M. Alves, CPTEC/INPE, SP

Tercio Ambrizzi, IAG/USP, SP

Rosemeri P. Rocha, IAG/USP, SP

Simone T. Ferraz, IAG/USP, SP

Santiago V. Quadra, IAG/USP

Eneas Salati, FBDS, RJ

Eneida Salati, FBDS, RJ

Tatiana Campanhol, FBDS, RJ

Nilson Villa Nova, ESALQ/USP, SP

Apoio Administrativo:

Diana Raigoza, CPTEC/INPE, SP

Evanize Fidalgo, CPTEC/INPE, SP

Josiane C. M. de Oliveira, CPTEC/INPE, SP

Letícia Maria Barbosa de Faria, CPTEC/INPE, SP

ÍNDICE

	Pág.
Agradecimentos	3
Índice de Tabelas	6
Índice de Figuras	9
Capítulo 1	12
<i>Introdução</i>	<i>12</i>
Capítulo 2	14
<i>Informações Preliminares</i>	<i>14</i>
Capítulo 3	24
<i>Variação da Temperatura e da precipitação com os Dados do INMET</i>	<i>24</i>
3.1 <i>Variabilidade Climática Recente (1961 a 2004) para algumas Regiões do Brasil.</i>	<i>24</i>
3.1.1 <i>Análise dos Dados</i>	<i>24</i>
3.1.2 <i>Conclusão</i>	<i>27</i>
3.1.3 <i>Recomendações</i>	<i>27</i>
3.2 <i>Análise das Tendências de Variações das Temperaturas e Precipitações ao longo do Período de 1961 a 2004</i>	<i>30</i>
3.2.1 <i>Análise da Regressão Linear Simples</i>	<i>30</i>
3.2.2 <i>Análise dos Resultados</i>	<i>38</i>
3.2.3 <i>Conclusões</i>	<i>40</i>
3.3 <i>Análise dos Dados Agrupados por Regiões Políticas R.P. do País</i>	<i>42</i>
3.3.1 <i>Análise dos Dados</i>	<i>42</i>
3.3.2 <i>Tendência Temporal das Variações Climáticas por Região Política</i>	<i>46</i>
3.3.3 <i>Análise das Informações</i>	<i>47</i>
3.4 <i>Análise dos Dados Agrupados por Regiões Hidrográficas R.H. do País</i>	<i>48</i>
3.4.1 <i>Análise dos Dados</i>	<i>48</i>
3.4.2 <i>Tendência Temporal das Variações Climáticas por Região Hidrográfica</i>	<i>54</i>
3.4.3 <i>Análise das Informações</i>	<i>56</i>
Capítulo 4	58
4 <i>Variação das Vazões de alguns Rios com Dados da ANA</i>	<i>58</i>
4.1 <i>Introdução</i>	<i>58</i>
4.2 <i>Vazões Médias, de Estiagem e Balanço Hídrico</i>	<i>65</i>
4.3 <i>Estudo das Variação Temporais das Vazões de 34 Postos Fluviométricos em Diversas Regiões do País</i>	<i>72</i>
4.3.1 <i>Materiais e Métodos</i>	<i>72</i>
4.3.2 <i>Análise Geral dos Resultados</i>	<i>73</i>
4.3.2.1 <i>Variação das Tendências Temporais</i>	<i>73</i>
4.3.2.2 <i>Variação das Tendências através dos Dados Estatísticos</i>	<i>74</i>
4.3.2.3 <i>Variação das Tendências através da Divisão dos Dados da ANA em Regiões Políticas (R.P.) do País</i>	<i>75</i>
4.3.3 <i>Resultados Obtidos</i>	<i>85</i>
Capítulo 5	90
<i>Variações dos balanços hídricos para cenários futuros de mudanças climáticas (2025, 2050 e 2075) quando comparados ao cenário real do período de 1961 a 1900</i>	<i>90</i>
5.1 <i>Amazônia</i>	<i>94</i>
5.1.1 <i>Resultados dos Balanços Hídricos realizados para o Cenário A2</i>	<i>94</i>
5.1.2 <i>Resultados dos Balanços Hídricos realizados para o Cenário B2</i>	<i>99</i>
5.1.3 <i>Cenários de Mudanças Climáticas</i>	<i>104</i>
5.1.3.1 <i>Para o Cenário A2</i>	<i>104</i>
5.1.3.2 <i>Para o Cenário B2</i>	<i>108</i>
5.1.4 <i>Conclusões</i>	<i>112</i>
5.2 <i>Bacia do Rio Paraguai</i>	<i>113</i>
5.2.1 <i>Resultados dos Balanços Hídricos realizados para o Cenário A2</i>	<i>113</i>

5.2.2 Resultados dos Balanços Hídricos realizados para o Cenário B2	118
5.2.3 Cenários de Mudanças Climáticas	123
5.2.3.1 Para o Cenário A2	123
5.2.3.2 Para o Cenário B2	127
5.2.4 Conclusões	131
5.3 Nordeste Brasileiro	132
5.3.1 Resultados dos Balanços Hídricos realizados para o Cenário A2	132
5.3.2 Resultados dos Balanços Hídricos realizados para o Cenário B2	137
5.3.3 Cenários de Mudanças Climáticas	141
5.3.3.1 Para o Cenário A2	141
5.3.3.2 Para o Cenário B2	146
5.3.4 Conclusões	150
5.4 Bacia do Prata	151
5.4.1 Resultados dos Balanços Hídricos realizados para o Cenário A2	152
5.4.2 Resultados dos Balanços Hídricos realizados para o Cenário B2	157
5.4.3 Conclusões	162
5.5 Variações do número de meses secos e do excesso de água para os cenários do IPCC comparados aos dados observados do período de 1961 a 1900.	163
5.5.1 Região Amazônica	164
5.5.1.1 Para o Cenário A2	164
5.5.1.2 Para o Cenário B2	165
5.5.2 Nordeste Brasileiro	166
5.5.2.1 Para o Cenário A2	166
5.5.2.2 Para o Cenário B2	167
5.5.3 Bacia do Rio Paraguai	168
5.5.3.1 Para o Cenário A2	168
5.5.3.2 Para o Cenário B2	169
Capítulo 6 Conclusões Gerais	170
6.1 Variabilidade climática recente (1961 A 2004) para algumas regiões do Brasil	170
6.2. Análise das tendências de variações das temperaturas e precipitações ao longo do período de 1961 a 2004	170
6.3. Análise dos dados agrupados por regiões políticas (R.P.) do país	171
6.4. Análise dos dados agrupados por regiões hidrográficas (R.H.) do país	171
6.5 Variação das vazões de alguns rios com dados da ANA	173
6.5.1. Estudo das variações temporais das vazões de 34 postos fluviométricos em diversas regiões do país	173
6.5.2 Variação das tendências através da divisão dos dados da ANA em regiões políticas (R.P.) do país	176
6.6. Variações nos balanços hídricos para os modelos e cenários analisados para a região Amazônica	177
6.7. Variações nos balanços hídricos para os modelos e cenários analisados para a região da Bacia do Rio Paraguai	178
6.8. Variações nos balanços hídricos para os modelos e cenários analisados para a região do Nordeste Brasileiro	178
6.9. Variações nos balanços hídricos para os modelos e cenários analisados para a região da Bacia do Prata	179
6.10 Recomendações	179
Referências	181

Agradecimentos

Este documento é derivado principalmente dos resultados dos projetos “*Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XX*”, apoiado pelo Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO, financiado pelo MMA/BIRD/GEF/CNPq, e pelo Global Opportunity Fund-GOF do Reino Unido, através do projeto “*Using Regional Climate Change Scenarios for Studies on Vulnerability and Adaptation in Brazil and South América*”. Os pesquisadores do projeto agradecem ao CNPq pelas outorga de bolsas de pesquisa para os colaboradores e de bolsas de produtividade na pesquisa para os líderes do projeto. Outras fontes de financiamento incluem o Programa Nacional de Mudanças Climáticas do Ministério da Ciência e Tecnologia, a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (*FAPESP-Projeto de Pesquisa Temático 01/13816-1*), o Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq através do Projeto *Instituto do Milênio LBA II*, o Projeto *GEOMA (Tema Modelagem Climática)* e o Instituto Inter-Americano de Pesquisas sobre Mudanças Globais-Projeto *IAI-PROSUR CRN55*. Grande parte do material incluído neste documento é resultado de estudos publicados pelos autores na literatura nacional e internacional, assim como da revisão de trabalhos realizada para a preparação do Quarto Relatório Científico AR4 do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC).

Estendemos nosso agradecimento ao Centro Técnico Aeroespacial-CTA, Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, a Agência Nacional de Águas-ANA, o CPTEC/INPE, o Instituto Agrônomo de Paraná-IAPAR, e Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo-DAEE pelo fornecimento de informações meteorológicas. Um agradecimento muito especial vai para o Hadley Centre for Climate Research and Prediction, do Reino Unido, por fornecer dados do modelo global HadAM3P que servem de condições de contorno para as simulações dos modelos regionais, e ao IPCC – Data Distribution Centre (DDC) por fornecer as saídas de modelos climáticos globais do IPCC-TAR e AR4 analisados neste relatório. As simulações dos modelos climáticos regionais foram feitas CPTEC-INPE e no IAG/USP, e agradecemos a Dra. Maria Assunção F. Da Silva Dias, Coordenadora Geral do CPTEC por facilitar o uso do supercomputador NEC SX-6 para rodar o modelo Eta/CPTEC.

Estendemos nosso agradecimento a Júlio C. Roma do MMA pelo seu apoio durante o desenvolvimento do projeto, e a Hélio Camargo, Letícia Faria, Regina S. Alvalá entre outros pelo apoio na produção de figuras e mapas que fazem parte dos relatórios.

Apresentação

A mudança climática global é uma realidade evidenciada pela ciência, com a qual o homem tem que conviver, se adaptar e controlar. O fato de que o clima do planeta está mudando em consequência de atividades humanas, já tem chamado atenção de políticos preocupados com possíveis efeitos sobre os ecossistemas naturais, nas atividades agropecuárias e na estabilidade sócio econômica do planeta. Al Gore (2006), mostrou ao grande público através do livro “An Inconvenient Truth” as grandes modificações que vêm ocorrendo no planeta pelas variações do clima decorrentes das ações antrópicas.

Este relatório elaborado por Eneida Salati, Nilson A. Villa Nova, Tatiana Campanhol e Sônia Maria De Stefano Piedade; e coordenado por Enéas Salati teve por finalidade estudar algumas tendências climáticas em algumas regiões brasileiras para servir de base para as comparações com cenários futuros do clima.

Tendo em vista:

- a) As limitações das bases de dados utilizadas nos estudos das variações climáticas do século XX;
- b) A escala espacial utilizada nos modelos de previsão dos elementos do clima (temperatura e precipitação) para o século XXI, as informações obtidas neste estudo devem ser analisadas com cautela especialmente se forem utilizadas para estabelecimento de políticas públicas para o controle dos possíveis impactos das mudanças climáticas globais no território brasileiro.

De forma geral os estudos confirmaram uma tendência de aumento das temperaturas especialmente nas últimas décadas do século XX e também nas simulações do clima para os diversos cenários futuros do século XXI.

No que diz respeito as precipitações pluviométricas existe variações e tendências tanto para aumento como para diminuição das precipitações

dependendo da região considerada no século XX e também para as previsões futuras.

Neste trabalho foi dada ênfase (no Capítulo 5), para os resultados sobre o balanço hídrico resultante das variações conjuntas da temperatura e das precipitações para diversas regiões do Brasil. Esta metodologia foi utilizada porque na maior parte do território brasileiro, o fator mais relevante para a definição das características bióticas dos ecossistemas é a oferta de recursos hídricos. O balanço hídrico é também um fator determinante no potencial da produção agropecuária e da energia hidroelétrica. Qualquer variação na disponibilidade hídrica terá efeitos sócio – econômicos e terá que ser levada em consideração em planejamentos futuros de desenvolvimento do País.

Foi feita uma comparação entre os balanços hídricos obtidos com dados dos modelos de climas futuros e aqueles obtidos com os dados reais, utilizando – se os dados observados no período de 1961 – 1990. Estes estudos já indicam a necessidade da ampliação da base de dados e um aperfeiçoamento nos modelos que geram os climas do futuro.

Esta necessidade se ressalta sobretudo quando se quer avaliar os efeitos dos modelos climáticos futuros sobre o equilíbrio dinâmico dos biomas existentes no território brasileiro.

As conclusões aqui obtidas devem ser tomadas como a primeira aproximação das características dos climas futuros no território nacional e servir de estímulo para o desenvolvimento de trabalhos futuros mais detalhados e ampliados sobre o tema.

Índice de Tabelas

Tabela	Descrição	Pág.
Tabela 2.1.1	<i>Estações meteorológicas utilizadas, latitude, longitude e período das informações disponíveis.</i>	15
Tabela 2.1.2	<i>Variações Percentuais da quantidade de recursos hídricos para escoamento superficial e recarga de aquíferos</i>	21
Tabela 3.1.1	<i>Cidades onde estão instalados os postos meteorológicos do INMET indicando a latitude, a longitude e a altitude.</i>	28
Tabela 3.1.2	<i>Valores obtidos entre as diferenças das médias das temperaturas médias, máximas e mínimas e da precipitação entre os períodos de 1991 a 2004 e 1961 a 1990, para as regiões Norte, Nordeste, Centro – Oeste, Sudeste e Sul.</i>	26
Tabela 3.2.1	<i>Tendências das variações temporais das temperaturas (médias, máximas e mínimas) e da precipitação.</i>	31
Tabela 3.3.1	<i>Valores do coeficiente angular (a) da análise de regressão linear simples para as regiões políticas</i>	46
Tabela 3.4.1	<i>Valores do coeficiente angular (a) da análise de regressão linear simples para as regiões hidrográficas</i>	54
Tabela 4.2.1	<i>Vazões médias e de estiagem nas regiões hidrográficas e no país</i>	67
Tabela 4.2.2	<i>Balanço hídrico simplificado</i>	69
Tabela 4.3.1	<i>Relação dos postos fluviométricos indicados pela ANA</i>	76
Tabela 4.3.2	<i>Dados específicos para cada um dos postos fluviométricos indicados pela ANA</i>	77
Tabela 4.3.3	<i>Análise geral dos resultados de acordo com as identificações indicadas no item 4.3.1</i>	79
Tabela 4.3.4	<i>Postos fluviométricos da ANA agrupados pelas regiões políticas do país.</i>	85
Tabela 5.1	<i>Valores dos excessos totais (mm/ano) para a região Amazônica utilizando os dados das Normais Climatológicas para o período de 1961 a 1990 e dos modelos HadCM3, GFDL e das médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES, para o cenário A2.</i>	94
Tabela 5.2	<i>Valores dos excessos totais (mm/ano) para a região Amazônica utilizando os dados das Normais Climatológicas para o período de 1961 a 1990 e dos modelos HadCM3, GFDL e das médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário B2.</i>	99
Tabela 5.3	<i>Classificações climáticas para a região da Amazônia, segundo Thornthwaite (1955), para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário A2.</i>	104
Tabela 5.4	<i>Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 para a região Amazônica.</i>	105
Tabela 5.5	<i>Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a região Amazônica de acordo com o modelo GFDL-Cenário A2.</i>	105
Tabela 5.6	<i>Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a região Amazônica de acordo com o modelo HadCM3-Cenário A2.</i>	106
Tabela 5.7	<i>Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a região Amazônica de acordo a média dos Modelos HadDCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES –Cenário A2.</i>	107
Tabela 5.8	<i>Classificações climáticas para a região da Amazônia, segundo Thornthwaite (1955), para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário B2.</i>	108
Tabela 5.9	<i>Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a região Amazônica de acordo com o modelo GFDL-Cenário B2.</i>	109
Tabela 5.10	<i>Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a região Amazônica de acordo com o modelo HaDCM3-Cenário B2.</i>	110

Tabela 5.11	<i>Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a região Amazônica de acordo a média dos Modelos HadDCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES -Cenário B2.</i>	111
Tabela 5.12	<i>Valores dos excessos totais (mm/ano) para a Bacia do Rio Paraguai utilizando os dados das Normais Climatológicas para o período de 1961 a 1990 e dos modelos HadCM3, GFDL e das médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário A2.</i>	113
Tabela 5.13	<i>Valores dos excessos totais (mm/ano) para a Bacia do Rio Paraguai utilizando os dados das Normais Climatológicas para o período de 1961 a 1990 e dos modelos HadCM3, GFDL e das médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário A2.</i>	118
Tabela 5.14	<i>Classificações climáticas para a região da Bacia do Rio Paraguai, segundo Thornthwaite (1955), para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário A2.</i>	123
Tabela 5.15	<i>. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 para a bacia do Rio Paraguai.</i>	124
Tabela 5.16	<i>Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a bacia do rio Paraguai de acordo com o modelo GFDL-Cenário A2.</i>	124
Tabela 5.17	<i>. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a bacia do rio Paraguai de acordo com o modelo HaDCM3-Cenário A2.</i>	125
Tabela 5.18	<i>Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a bacia do rio Paraguai de acordo a média dos Modelos HadDCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES -Cenário A2.</i>	126
Tabela 5.19	<i>Classificações climáticas para a região da Bacia do Rio Paraguai, segundo Thornthwaite (1955), para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário B2.</i>	127
Tabela 5.20	<i>Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a bacia do rio Paraguai de acordo com o modelo GFDL-Cenário B2.</i>	128
Tabela 5.21	<i>Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a bacia do rio Paraguai de acordo com o modelo HaDCM3-Cenário B2.</i>	129
Tabela 5.22	<i>Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a bacia do rio Paraguai de acordo a média dos Modelos HadDCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES -Cenário B2.</i>	130
Tabela 5.23	<i>Valores dos excessos totais (mm/ano) para o Nordeste Brasileiro utilizando os dados das Normais Climatológicas para o período de 1961 a 1990 e dos modelos HadCM3, GFDL e das médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário A2.</i>	132
Tabela 5.24	<i>- Valores dos excessos totais (mm/ano) para o Nordeste Brasileiro utilizando os dados das Normais Climatológicas para o período de 1961 a 1990 e dos modelos HadCM3, GFDL e das médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário B2.</i>	137
Tabela 5.25	<i>Classificações climáticas para a região da Nordeste Brasileiro, segundo Thornthwaite (1955), para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário A2.</i>	141
Tabela 5.26	<i>Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 para o Nordeste Brasileiro.</i>	142
Tabela 5.27	<i>Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para o Nordeste Brasileiro de acordo com o modelo GFDL-Cenário A2.</i>	143
Tabela 5.28	<i>Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para o Nordeste Brasileiro de acordo com o modelo HaDCM3-Cenário A2.</i>	144
Tabela 5.29	<i>.Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para o Nordeste Brasileiro de acordo a média dos Modelos HadDCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES -Cenário A2.</i>	145
Tabela 5.30	<i>Classificações climáticas para a região da Nordeste Brasileiro, segundo Thornthwaite (1955), para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário B2.</i>	146

Tabela 5.31	<i>Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para o Nordeste Brasileiro de acordo com o modelo GFDL-Cenário B2.</i>	147
Tabela 5.32	<i>Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para o Nordeste Brasileiro de acordo com o modelo HadCM3-Cenário B2.</i>	148
Tabela 5.33	<i>. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para o Nordeste Brasileiro de acordo a média dos Modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES -Cenário B2.</i>	149
Tabela 5.34	<i>Valores dos excessos totais (mm/ano) para a Bacia do Prata utilizando os dados dos modelos HadCM3, GFDL e das médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário A2.</i>	153
Tabela 5.35	<i>- Valores dos excessos totais (mm/ano) para a Bacia do Prata utilizando os dados dos modelos HadCM3, GFDL e das médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário B2.</i>	157
Tabela 5.36	<i>Número de meses secos (Nms) por ano e sua distribuição anual, e excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990 para a Região Amazônica-Cenário A2</i>	164
Tabela 5.37	<i>Número de meses secos (Nms) por ano e sua distribuição anual, e excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990 para a Região Amazônica-Cenário B2</i>	165
Tabela 5.38	<i>Número de meses secos (Nms) por ano e sua distribuição anual, e excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990 para o Nordeste Brasileiro-Cenário A2.</i>	166
Tabela 5.39	<i>Número de meses secos (Nms) por ano e sua distribuição anual, e excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990 para o Nordeste Brasileiro-Cenário B2.</i>	167
Tabela 5.40	<i>Número de meses secos (Nms) por ano e sua distribuição anual, e excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990 para a bacia do rio Paraguai -Cenário A2.</i>	168
Tabela 5.41	<i>Número de meses secos (Nms) por ano e sua distribuição anual, e excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990 para a bacia do rio Paraguai -Cenário B2.</i>	169

Índice de Figuras

Figuras	Descrição	Pág.
Figura 2.1.1	<i>Mapa da América do Sul indicando a localização das estações meteorológicas utilizadas</i>	15
Figura 2.1.2	<i>Temperatura média: diferença entre as médias mensais do período 1989 a 2003 e 1917 a 1988</i>	16
Figura 2.1.3	<i>Temperatura máxima: diferença entre as médias mensais do período 1989 a 2003 e 1917 a 1988</i>	17
Figura 2.1.4	<i>Temperatura mínima: diferença entre as médias mensais do período 1989 a 2003 e 1917 a 1988</i>	17
Figura 2.1.5	<i>Precipitação: diferença entre as médias mensais do período 1989 a 2003 e 1917 a 1988</i>	18
Figura 2.1.6	<i>Balanço hídrico para a cidade de Cuiabá</i>	19
Figura 2.1.7	<i>Balanço hídrico para a cidade de Piracicaba</i>	20
Figura 2.1.8	<i>Balanço hídrico para a cidade de Campo Grande</i>	20
Figura 2.1.9	<i>Série normalizada de vazões naturais nas regiões hidrográficas Tocantins Araguaia, São Francisco e Paraná, entre 1931 a 2001</i>	23
Figura 3.1.1	<i>Diferença entre as temperaturas (média, máxima e mínima) do período de 1991 a 2004 e do período de 1961 a 1990</i>	25
Figura 3.1.2	<i>Diferença entre precipitações médias do período de 1991 a 2004 e do período de 1961 a 1990</i>	25
Figura 3.3.1	<i>Valores médios das temperaturas (média, máxima e mínima) e precipitação para as regiões políticas do Brasil para o período de 1961 a 2004</i>	43
Figura 3.3.2	<i>Valores médios das temperaturas e precipitação para o período de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) para as regiões políticas do Brasil no período de 1961 a 2004.</i>	44
Figura 3.3.3	<i>Valores médios das temperaturas e precipitação para o período de outono (março, abril e maio) para as regiões políticas do Brasil no período de 1961 a 2004.</i>	44
Figura 3.3.4	<i>Valores médios das temperaturas e precipitação para o período de inverno (junho, julho e agosto) para as regiões políticas do Brasil no período de 1961 a 2004.</i>	45
Figura 3.3.5	<i>Valores médios das temperaturas e precipitação para o período de primavera (setembro, outubro e novembro) para as regiões políticas do Brasil no período de 1961 a 2004.</i>	45
Figura 3.4.1	<i>Valores médios das temperaturas (média, máxima e mínima) e precipitação para as regiões hidrográficas do Brasil no período de 1961 a 2004</i>	49
Figura 3.4.2	<i>Valores médios das temperaturas e precipitação para o período de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) para as regiões hidrográficas do Brasil no período de 1961 a 2004</i>	50
Figura 3.4.3	<i>Valores médios das temperaturas e precipitação para o período de outono (março, abril e maio) para as regiões hidrográficas do Brasil no período de 1961 a 2004.</i>	51
Figura 3.4.4	<i>Valores médios das temperaturas e precipitação para o período de inverno (junho, julho e agosto) para as regiões hidrográficas do Brasil no período de 1961 a 2004.</i>	52
Figura 3.4.5	<i>Valores médios das temperaturas e precipitação para o período de primavera (setembro, outubro e novembro) para as regiões hidrográficas do Brasil no período de 1961 a 2004.</i>	53
Figura 4.1	<i>Bacia Amazônica – Balanço hídrico - Fluxos em m³/ ano</i>	63
Figura 4.2.1	<i>Divisão Hidrológica nacional (Resolução nº 32 Conselho Nacional de Recursos Hídricos)</i>	66

Figura 4.2.2	<i>Resumo do balanço hídrico para as regiões hidrográficas do Brasil</i>	70
Figura 4.2.3	<i>Chuvas médias mensais em postos pluviométricos (dados de 1961 a 1990)</i>	71
Figura 4.2.4	<i>Hidrograma nas regiões hidrográficas Amazônica, Tocantins Araguaia, São Francisco, Paraná, Paraguai e Uruguai</i>	72
Figura 5.1	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Amazônia</u>, utilizando o <u>modelo HadCM3 para o cenário A2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	96
Figura 5.2	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Amazônia</u>, utilizando o <u>modelo GFDL para o cenário A2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	97
Figura 5.3	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Amazônia</u>, utilizando as médias dos valores dos <u>modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário A2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	98
Figura 5.4	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Amazônia</u>, utilizando o <u>modelo HadCM3 para o cenário B2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	101
Figura 5.5	<i>- Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Amazônia</u>, utilizando o <u>modelo GFDL para o cenário B2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	102
Figura 5.6	<i>- Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Amazônia</u>, utilizando as médias dos valores dos <u>modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário B2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	103
Figura 5.7	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Bacia do Rio Paraguai</u>, utilizando o <u>modelo HadCM3 para o cenário A2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	115
Figura 5.8	<i>- Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Bacia do Rio Paraguai</u>, utilizando o <u>modelo GFDL para o cenário A2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	116
Figura 5.9	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Bacia do Rio Paraguai</u>, utilizando as médias dos valores dos <u>modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário A2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	117
Figura 5.10	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Bacia do Rio Paraguai</u>, utilizando o <u>modelo HadCM3 para o cenário B2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	120
Figura 5.11	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Bacia do Rio Paraguai</u>, utilizando o <u>modelo GFDL para o cenário B2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	121
Figura 5.12	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Bacia do Rio Paraguai</u>, as médias dos valores dos <u>modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário B2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	122
Figura 5.13	<i>- Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para o <u>Nordeste Brasileiro</u>, utilizando o <u>modelo HadCM3 para o cenário A2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	134
Figura 5.14	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para o <u>Nordeste Brasileiro</u>, utilizando o <u>modelo GFDL para o cenário A2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	135
Figura 5.15	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para o <u>Nordeste Brasileiro</u>, utilizando as médias dos valores dos <u>modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário A2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	136
Figura 5.16	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para o <u>Nordeste Brasileiro</u>, utilizando o <u>modelo HadCM3 para o cenário B2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	138
Figura 5.17	<i>- Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para o <u>Nordeste Brasileiro</u>, utilizando o <u>modelo GFDL para o cenário B2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	139

Figura 5.18	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para o Nordeste Brasileiro, utilizando as médias dos valores dos modelos <u>HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário B2</u> e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	140
Figura 5.19	<i>Balanço hídrico obtido para a região sul do Brasil, utilizando os dados de temperatura e precipitação para o período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).</i>	152
Figura 5.20	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Bacia do Prata</u>, utilizando o <u>modelo HadCM3 para o cenário A2</u>.</i>	154
Figura 5.21	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Bacia do Prata</u>, utilizando o <u>modelo GFDL para o cenário A2</u>.</i>	155
Figura 5.22	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Bacia do Prata</u>, utilizando as médias dos valores dos <u>modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário A2</u>.</i>	156
Figura 5.23	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Bacia do Prata</u>, utilizando o <u>modelo HadCM3 para o cenário B2</u>.</i>	159
Figura 5.24	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Bacia do Prata</u>, utilizando o <u>modelo GFDL para o cenário B2</u>.</i>	160
Figura 5.25	<i>Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a <u>Bacia do Prata</u>, utilizando as médias dos valores dos <u>modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário B2</u>.</i>	161

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Os temas desenvolvidos dentro desse sub-projeto tiveram por finalidade estudar as variações climáticas ocorridas no Século XX, para servir de base nas validações dos modelos rodados para o Século XXI.

Para atingir esse objetivo, foram feitos vários estudos utilizando dados meteorológicos, especialmente chuva e precipitação, para diversas áreas do Brasil.

Os dados meteorológicos foram cedidos pelos órgãos oficiais: Instituto Nacional de Meteorologia-INMET (a quem agradecemos na pessoa do Dr. Antônio Divino Moura) e Centro Técnico de Aeronáutica-CTA (a quem agradecemos na pessoa do Dr. Luis Carlos de Castro, do Laboratório de Meteorologia).

Os dados de vazões dos rios foram cedidos pela Agência Nacional de Águas-ANA (a quem agradecemos na pessoa do Dr. Eurides de Oliveira).

Infelizmente, foi impossível obter todas as séries com maior espaço de tempo para uma análise mais completa das variações meteorológicas e fluviométricas do Século XX. Sendo assim, desde já recomendamos uma ampliação desse trabalho a ser realizado numa outra etapa em futuro próximo.

O trabalho foi dividido em três grupos de informações que terão que ser analisadas de forma integrada, para se ter uma idéia mais clara dos possíveis impactos das mudanças climáticas nos ecossistemas naturais e produtivos no território brasileiro. Essas informações serão de capital importância na definição de políticas e metas de médio e longo prazos para possíveis mitigações das mudanças climáticas globais que, sem dúvida alguma, estão e estarão ocorrendo num futuro próximo em escala de décadas.

No tratamento das informações procurou-se estudar as tendências dos parâmetros climáticos e também de forma integrada a variação do balanço hídrico em algumas regiões, uma vez que a mesma depende fundamentalmente da ação conjunta das precipitações, das temperaturas e dos elementos que definem a região considerada.

Os trabalhos foram divididos da seguinte forma:

- a) Análise de algumas informações já publicadas sobre possíveis variações climáticas no território brasileiro.
- b) Variações das temperaturas médias, máximas e mínimas, e das precipitações em 73 postos meteorológicos distribuídos no território nacional. Os dados fornecidos para esse trabalho foram principalmente aqueles fornecidos pelo INMET.
- c) Estudo das variações das vazões em 34 postos fluviométricos fornecidos com dados providos pela ANA.
- d) Variações dos balanços hídricos para cenários futuros de mudanças climáticas (2011 – 2040, 2041 – 2070, 2071 – 2100), quando comparados ao cenário real do período de 1961 a 1990.

CAPÍTULO 2

INFORMAÇÕES PRELIMINARES

Vários trabalhos foram desenvolvidos procurando identificar as tendências das variações climáticas e a sua influência na vazão dos rios no território nacional.

No que diz respeito aos cenários climáticos para as diferentes décadas do Século XXI a situação é delicada, pois os cenários futuros obtidos através dos modelos climáticos globais (GCM's) embora indiquem um aumento de temperatura demonstram que existe uma grande incerteza com referência às variações das precipitações (Marengo e Soares, 2003).

A previsão dos impactos sobre o aumento do nível do mar nas áreas litorâneas é robusta, indicando um aumento médio do nível do mar de 20 a 80cm até o ano 2000.

Victoria et al (1998) estudando séries históricas de temperatura em 17 estações na Amazônia Brasileira, no período de 1913 a 1995, encontraram um aumento da ordem de 0,56°C por século na temperatura média do ar. Essa relação é equivalente às tendências encontradas para o Hemisfério Sul que são da ordem de 0,57°C por século. Os valores encontrados mostraram a significância a partir do final da década de 1960 e início da década de 1970.

A tabela 2.1.1 mostra as localizações das estações meteorológicas estudadas e os períodos das observações. No mapa da figura 2.1.1 estão localizadas as estações que incluem parte do território da Bacia Amazônica e algumas estações nas suas áreas de influência.

Tabela 2.1.1. Estações meteorológicas utilizadas, latitude, longitude e períodos das informações disponíveis (Victoria, R. L. et al, 1998)

Station	Latitude	Longitude	BQCC	GHCN	INEMET	Interrup.
Belém ^a	01°27'S	48°29'W	1961-91	1949-91	1923-95*	No
Brasília ^a	15°47'S	47°55'W	1963-88	1963-87	1963-95*	No
Cáceres ^a	16°04'S	57°41'W			1913-95*	1966-69
Catalão ^a	18°10'S	47°57'W			1913-95*	1921
Cruzeiro do Sul ^a	07°38'S	72°36'W			1933-95*	1963-69
Cuiabá ^a	15°35'S	56°05'W	1910-91		1910-95*	No
Góias ^a	15°56'S	50°08'W			1913-85*	1937-46
Goiânia ^a	16°40'S	49°16'W	1961-86		1961-95*	No
Manaus ^a	03°08'S	60°01'W	1931-88		1918-95*	No
S. G. da Cachoeira ^a	00°08'S	67°05'W	1931-81	1931-79	1922-95*	No
São Luís ^a	02°31'S	44°16'W	1914-70		1911-95*	1959-69
Taperinha ^a	02°42'S	54°70'W	1975-92		1914-86*	No
St. George ^b	03°54'N	51°48'W		1961-80*		No
St. Laurent ^b	05°30'N	54°02'W		1961-80*		No
Nickerie ^c	05°38'N	57°03'W		1931-91*		1981
S. Fernando ^d	07°54'N	67°28'W		1951-76*		1973
Sta. Cruz de la Sierra ^e	17°48'S	63°10'		1943-87*		1975-76

^a Brazil; ^b French Guyana; ^c Suriname; ^d Venezuela; ^e Bolivia.



Figura 2.1.1. Mapa da América do Sul indicando a localização das estações meteorológicas utilizadas. A área sombreada representa a Região Amazônica (Victoria, R. L. et al, 1998).

Os autores do trabalho não são conclusivos no que diz respeito às causas do aumento da temperatura observada. No entanto, tais variações podem ser decorrentes das variações climáticas naturais, do aumento da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera e da variação da cobertura vegetal e do uso do solo.

Trabalhos publicados (Villa Nova et al, 1976 e Salati e Marques, 1984) indicam que o desmatamento altera o balanço hídrico com diminuição do uso da radiação solar para a evapotranspiração (calor latente), com um aumento da utilização do balanço de radiação para aquecimento do solo e da atmosfera (calor sensível). Dessa forma, o desmatamento tende a provocar uma diminuição nas precipitações e um aumento da temperatura do ar.

Estudo realizado com dados do posto meteorológico da ESALQ/USP, buscando as variações entre as médias mensais das temperaturas médias, máximas e mínimas e das precipitações entre os períodos de 1989 a 2003 e 1917 a 1988 (Villa Nova et al, 2004), mostra que:

Temperatura média: Os dados representados na **Figura 2.1.2** mostram um aumento médio da ordem de $0,78^{\circ}\text{C}$, estando em consonância com observações em outras regiões do mundo que indicam um aumento da ordem de $0,6^{\circ}\text{C}$ para o século XX.

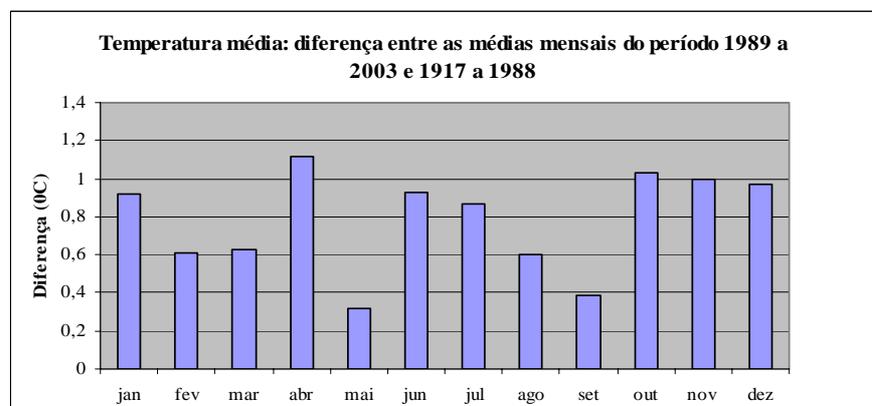


Figura 2.1.2. Temperatura média: diferença entre as médias mensais do período 1989 a 2003 e 1917 a 1988.

Temperatura máxima: Os dados representados na FIGURA 2.1.3 indicam que as variações observadas são muito pequenas, com uma tendência para valores positivos.

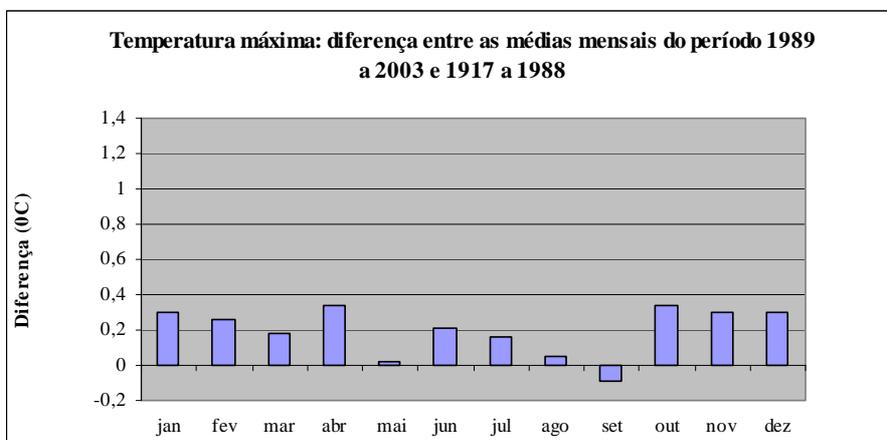


Figura 2.1.3. Temperatura máxima: diferença entre as médias mensais do período 1989 a 2003 e 1917 a 1988.

Temperatura mínima: Os dados representados na figura 2.1.4, indicam um aumento da temperatura mínima no mesmo sentido previsto pelo efeito estufa, que diminui a perda de energia para o espaço sideral através da emissão de radiação infravermelha.

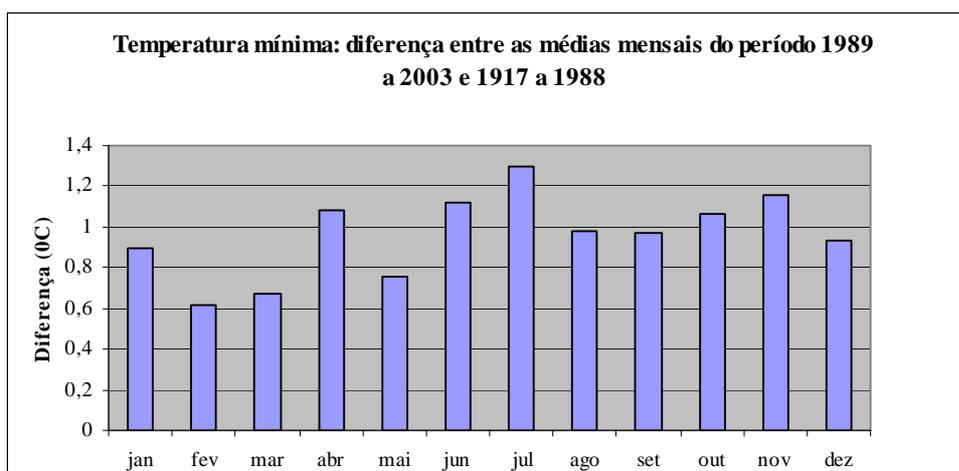


Figura 2.1.4. Temperatura mínima: diferença entre as médias mensais do período de 1989 a 2003 e 1917 a 1988.

Precipitação: Os dados representados na figura 2.1.5 indicam um aumento das precipitações, especialmente nos meses do verão e da primavera. O total anual foi da ordem de 144,00mm, ou seja, um aumento de 11,4% na precipitação.

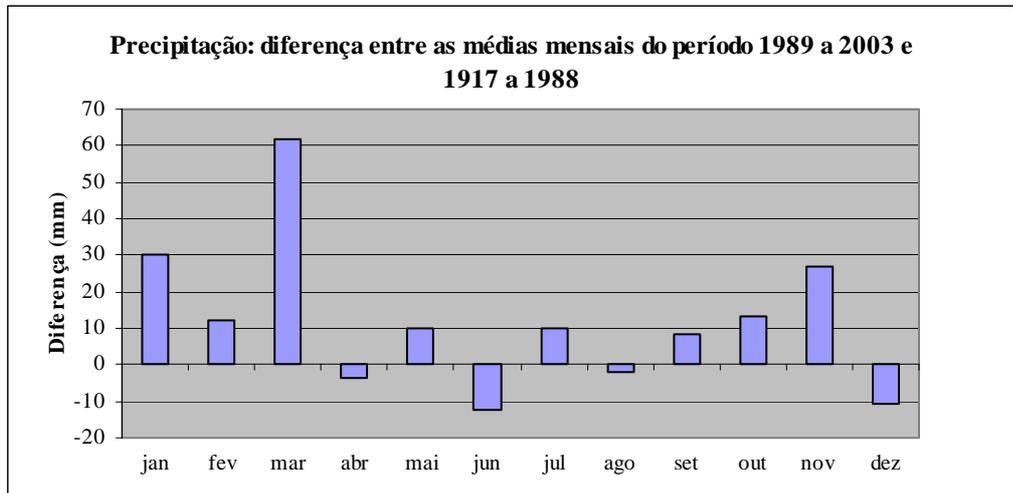


Figura 2.1.5. *Precipitação: diferença entre as médias mensais do período de 1989 a 2003 e 1917 a 1988.*

Para o Brasil, o IPCC (2001) prevê para o século XXI um aumento de 4 a 4,5°C na temperatura média do ar nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e um possível aumento de 10 a 15% nas precipitações de outono. Existe ainda indicação de possibilidade de secas durante o verão.

Com base nessas informações, foi feito um estudo com cinco cenários com um aumento de 15% na precipitação anual distribuído igualmente durante o ano e com um aumento de temperatura de 1°C, 2°C, 3°C, 4°C e 6°C. Os valores 2°C, 4°C e 6°C correspondem aproximadamente aos valores previstos para as décadas de 2020, 2050 e 2080. Os dados tomados com a base nesses estudos são médias do período de 1961 a 1990. Com base nesses cenários, foi realizado o balanço hídrico, método de Thornthwaite-Mather (1955), com Capacidade de Água Disponível de 100 mm para diversas cidades, entre elas: Arco Verde, Bagé, Brasília, Cuiabá, Curitiba, Londrina, Manaus, Piracicaba, São Joaquim e Uberaba (Salati, 2004).

Nas figuras 2.1.6, 2.1.7 e 2.1.8 estão representados os balanços hídricos para as cidades de Cuiabá, Piracicaba e Campo Grande, onde “excesso” representa a água que sofre percolação profunda ou escoamento superficial no mês considerado (mm/mês) e “déficit %” indica a percentagem da falta de água em termos da demanda pelas plantas ETP (Evapotranspiração Potencial) ou $(DEF/ETP) * 100$. O déficit é a diferença entre ETP e a necessidade pela planta ETR (Evapotranspiração Real).

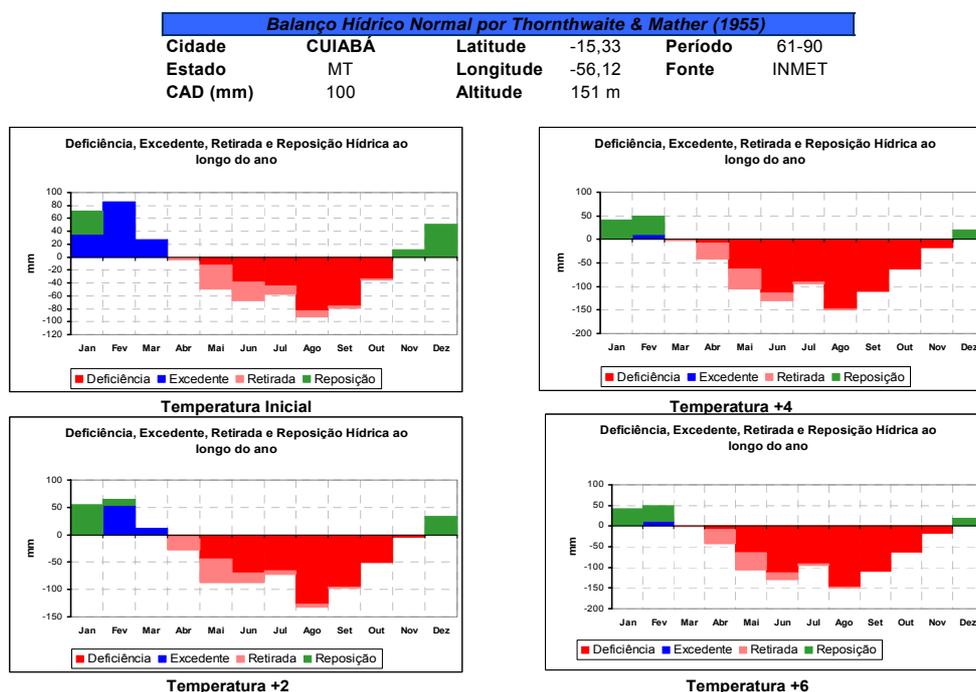


Figura 2.1.6 Balanço Hídrico para a Cidade de Cuiabá.

Balanco Hídrico Normal por Thornthwaite & Mather (1955)					
Cidade	PIRACICABA	Latitude	-22,70	Período	17-98
Estado	SP	Longitude	-47,63	Fonte	ESALQ/USP
CAD (mm)	100	Altitude	490 m		

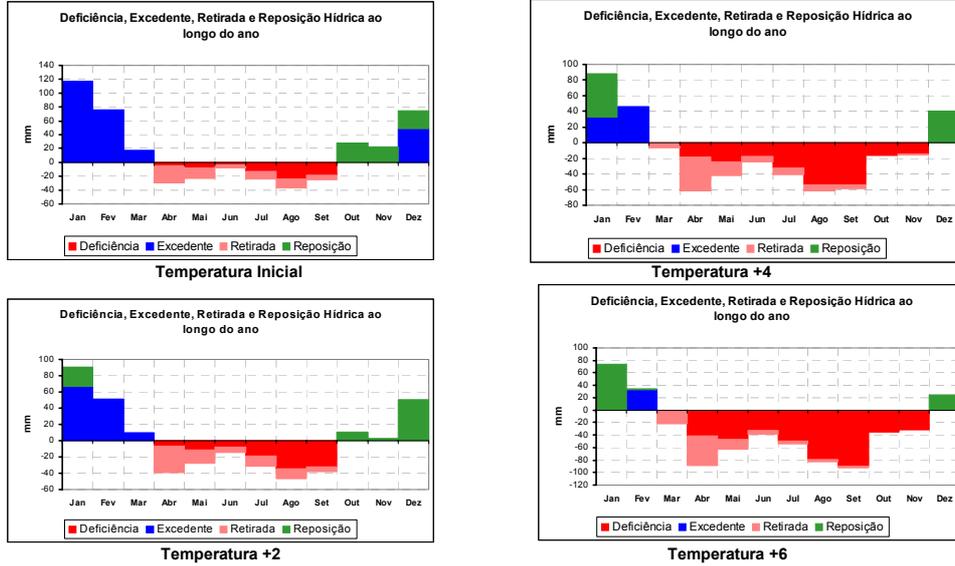


Figura 2.1.7. Balanco Hídrico para a Cidade de Piracicaba.

Balanco Hídrico Normal por Thornthwaite & Mather (1955)					
Cidade	CAMPO GRANDE	Latitude	-20,45	Período	61-90
Estado	MS	Longitude	-54,62	Fonte	INMET
CAD (mm)	100	Altitude	530 m		

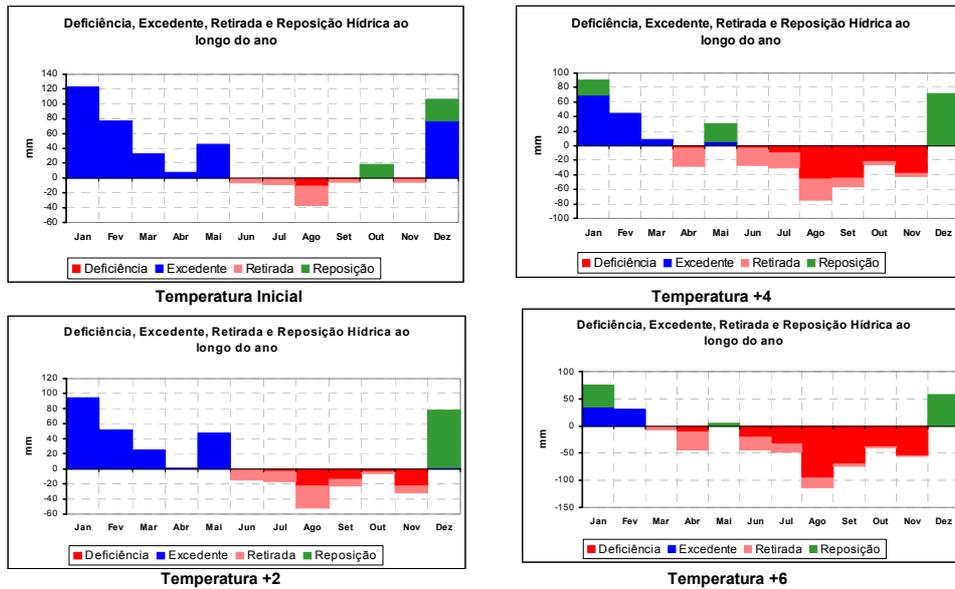


Figura 2.1.8. Balanco Hídrico para a Cidade de Campo Grande

O estudo evidenciou uma redução na disponibilidade de recursos hídricos que poderá ter conseqüências negativas para a produção agrícola e para a vazão dos rios, afetando os biomas naturais, tabela 2.1.2. Os impactos mais severos esperados são para as regiões de Piracicaba, Cuiabá e Campo Grande. Para estas regiões um aumento de 2°C, sobre a média de 1961-1990 poderia reduzir em aproximadamente 50% o excedente dos recursos hídricos, ou seja, a água que escorre pelos rios ou sofre percolação profunda no solo. Para outras regiões o balanço hídrico é menos sensível ao aumento da temperatura, esse aumento especialmente nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. O balanço hídrico mostrou ser bastante sensível para a região semi-árida do Nordeste brasileiro, com severa diminuição do excedente hídrico. Este aumento de 2°C na temperatura média poderia ocorrer na década de 2020.

Tabela 2.1.2 - Variações dos percentuais da quantidade de recursos hídricos para escoamento superficial e recarga dos aquíferos (os valores referem-se a relação excesso/precipitação x 100).

	T + 0	T + 2	T + 4	T + 6
MANAUS	35	28	24	21
BELEM	48	39	35	32
CUIABÁ	11	5	0	0
BRASILIA	46	40	27	20
CAMPO GRANDE	26	15	9	4
UBERABA	40	31	24	18
PIRACICABA	21	10	6	3
CURITIBA	45	41	33	22
SÃO JOAQUIM	60	58	54	48
BAGÉ	42	36	31	25
LONDRINA	39	30	21	10

Marengo e Silva Dias, 2006 fizeram um estudo dos impactos das mudanças climáticas globais para diversas áreas do território brasileiro, abrangendo ainda outras regiões da América do Sul, evidenciando as anomalias de chuva para o século XXI nas seguintes regiões; Amazônia Brasileira, Nordeste Brasileiro, Pantanal e Bacia do Prata. Os estudos indicam grande variabilidade nos resultados quando utilizados diferentes modelos climáticos globais. Dependendo do modelo, existe uma tendência de aumento na precipitação ou uma diminuição. No século XXI, os dados indicam que quase sempre há uma

tendência de aumento da temperatura embora variável de acordo com o modelo utilizado.

No estudo técnico “Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil” (ANA, 2004) é demonstrada a variação do escoamento superficial, no período de 1931 a 2001, nas regiões hidrográficas de: Tocantins/Araguaia (vazões medidas no Rio Tocantins, em Tucuruí); São Francisco (medidas feitas no Rio São Francisco, em Xingó); e Paraná (medidas feitas no Rio Paraná, em Itaipú).

Na **Figura 2.1.9** estão representadas as séries anuais das vazões normalizadas (a vazão média anual foi diminuída da média aritmética e dividida pelo seu desvio padrão). Observa-se que na região hidrográfica do Paraná (em Itaipu) existe um aumento sistemático da vazão desde o início dos anos 70. Muler et ali (1998) sugere que o aumento de vazões da Bacia do Paraná seria explicado pelas variações climáticas e também em decorrência de efeitos conjugados do aumento da precipitação e da diminuição da evapotranspiração provocados pela retirada da Mata Nativa e pelo manejo no solo. Nas bacias do Rio Tocantins Araguaia e São Francisco não são observadas as mesmas tendências, embora apresente grandes flutuações ao longo do tempo.

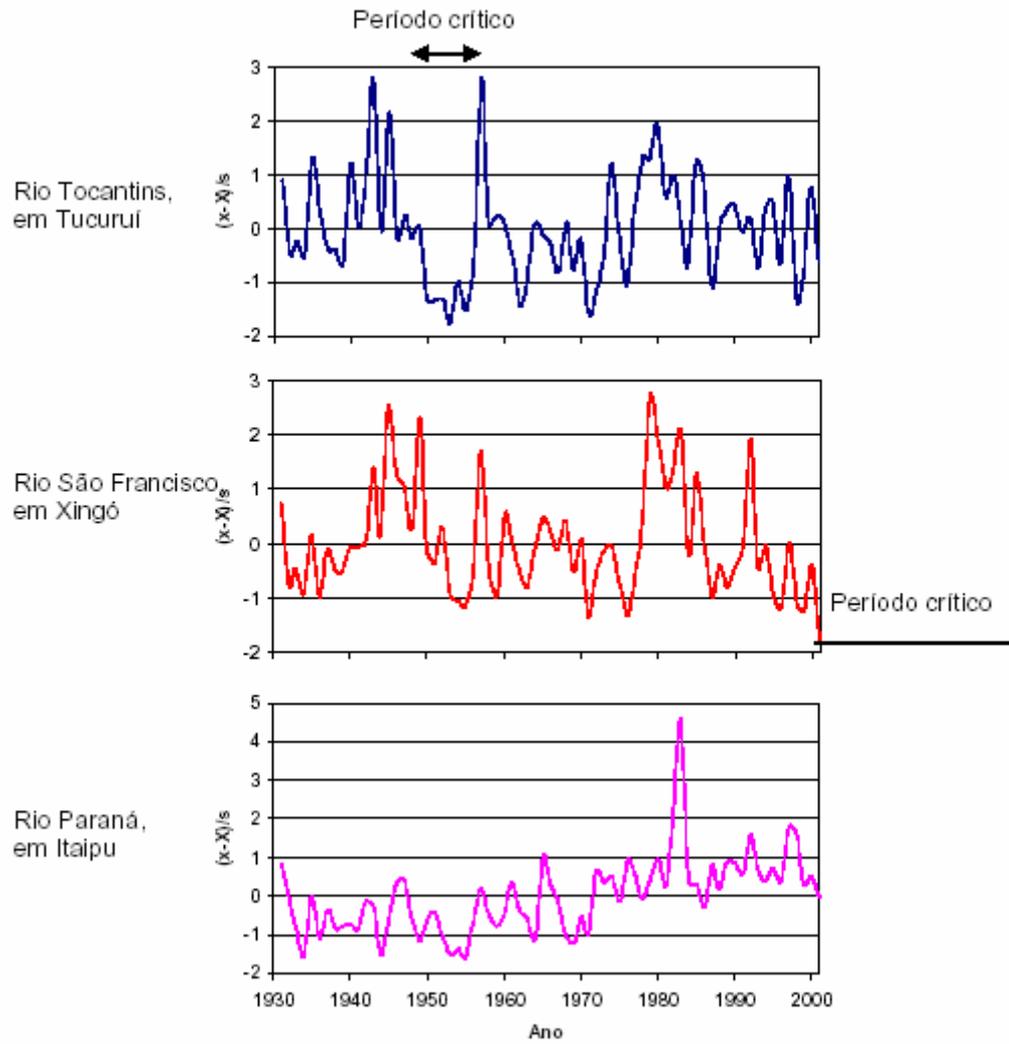


Figura 2.1.9. Série normalizada de vazões naturais nas regiões hidrográficas Tocantins Araguaia, São Francisco e Paraná, entre 1931 e 2001 (Estudo Técnico: Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil — ANA, 2004).

Capítulo 3

VARIAÇÃO DA TEMPERATURA E DA PRECIPITAÇÃO COM DADOS DO INMET

3.1. Variabilidade Climática Recente (1961 A 2004) para Algumas Regiões Do Brasil

3.1.1. Análise dos Dados

Foram analisados os dados meteorológicos fornecidos pelo INMET de 73 localidades do território nacional (tabela 3.1.1) cobrindo o período de 1961 a 2004.

Os estudos foram feitos analisando as diferenças médias no período de 1991 a 2004 em referência ao período de 1961 a 1990. Foram analisados os dados por regiões da divisão política do Brasil para as temperaturas máximas, médias e mínimas e para as precipitações anuais.

Para a Região Norte foram utilizados os dados de 16 postos meteorológicos; para a Região Nordeste foram utilizados os dados de 21 postos meteorológicos; para a Região Centro – Oeste foram utilizados os dados de 6 postos meteorológicos; para a Região Sudeste foram utilizados 10 postos meteorológicos e para a Região Sul foram utilizados os dados de 11 postos meteorológicos. As diferenças entre as médias do período de 1991 a 2004 e do período de 1961 a 1990 para as temperaturas máximas, médias e mínimas estão representados na figura 3.1.1 e para precipitação na figura 3.1.2.

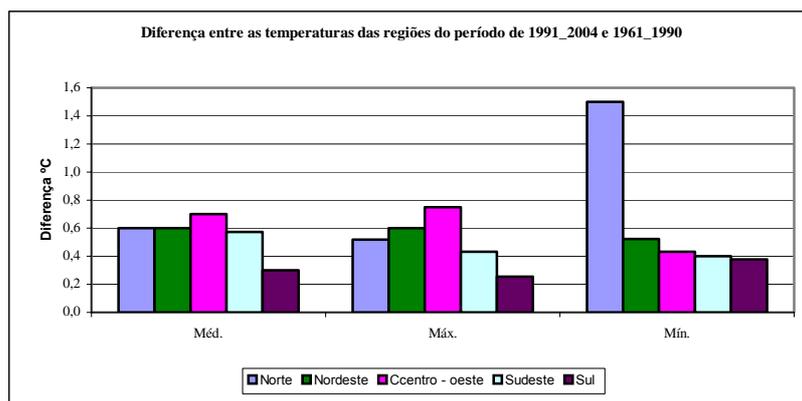


Figura 3.1.1. Diferença entre as temperaturas médias (média, máxima e mínima) do período de 1991 a 2004 e do período de 1961 a 1990.

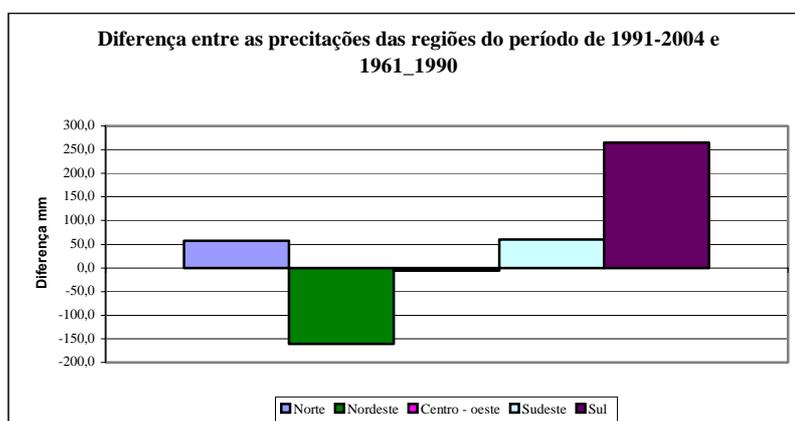


Figura 3.1.2. Diferença entre as precipitações médias do período de 1991 a 2004 e do período de 1961 a 1990.

As análises dos valores obtidos indicaram que para a Região Norte (tabela 3.1.2) a temperatura média apresentou um aumento de 0,6°C entre os períodos estudados. Para a temperatura máxima os valores indicaram um aumento de 0,5°C. Para a temperatura mínima os valores indicaram um aumento de 1,5°C. Para a precipitação o aumento verificado foi de 57,6 mm, representando um aumento de 2,9%.

Para a Região Nordeste (tabela 3.1.2) a temperatura média apresentou um aumento de 0,6°C entre os períodos estudados. Para a temperatura máxima os valores indicaram um aumento de 0,6°C. Para a temperatura mínima os valores

indicaram um aumento de 0,5°C. Para a precipitação houve uma diminuição de 153mm, representando uma diminuição de 11,6%.

Para a Região Centro – Oeste (tabela 3.1.2) a temperatura média apresentou um aumento de 0,7°C entre os períodos estudados. Para a temperatura máxima os valores indicaram um aumento de 0,7°C. Para a temperatura mínima os valores indicaram um aumento de 0,4°C. Para a precipitação houve uma diminuição de 5,5mm, representando uma diminuição de 0,4%.

As análises dos valores obtidos indicaram que para a Região Sudeste (tabela 3.1.2) a temperatura média apresentou um aumento de 0,6°C nos períodos estudados. Para a temperatura máxima os valores indicaram um aumento de 0,4°C. Para a temperatura mínima os valores indicaram um aumento de 0,4°C. Para a precipitação houve um aumento de 57mm, representando um aumento de 4,8%.

Para a Região Sul (tabela 3.1.2) a temperatura média apresentou um aumento de 0,3°C nos períodos estudados. Para a temperatura máxima os valores indicaram um aumento de 0,3°C. Para a temperatura mínima os valores indicaram um aumento de 0,4°C. Para a precipitação houve um aumento de 264,4mm, representando um aumento de 17,8%.

Tabela 3.1.2. Valores obtidos entre as diferenças das médias das temperaturas médias, máximas e mínimas e da precipitação entre os períodos de 1991 a 2004 e 1961 a 1990, para as Regiões Norte, Nordeste, Centro – Oeste, Sudeste e Sul. (temperatura em °C; precipitação em mm).

Diferenças das médias entre os períodos				
Regiões	Média	Máxima	Mínima	Precipitação
Norte	0,70 ± 0,02	0,52 ± 0,10	1,60 ± 0,20	57,62 ± 9,20
Nordeste	0,50 ± 0,02	0,50 ± 0,02	0,52 ± 0,04	- 153,30 ± 11,10
Centro - oeste	0,70 ± 0,04	0,75 ± 0,10	0,43 ± 0,05	- 5,52 ± 12,10
Sudeste	0,10 ± 0,10	0,43 ± 0,05	0,40 ± 0,10	57,50 ± 15,60
Sul	0,30 ± 0,03	0,25 ± 0,10	0,38 ± 0,04	264,37 ± 11,50

A análise dos dados de temperatura do período de 1991 à 2004 indicam um aumento de temperatura quando comparados com os dados do período de 1961 a 1990, para todas as regiões estudadas (Norte Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul). Quanto às precipitações, existe uma grande variabilidade nas

mesmas regiões, sendo que o maior aumento observado foi na região Sul com 17,8% e a maior diminuição na região Nordeste com 11,6%.

3.1.2. Conclusão

A análise dos dados de temperatura do período de 1991 a 2004, indicam um aumento de temperatura quando comparados com os dados do período de 1961 a 1990, para todas as regiões estudadas (Norte, Nordeste, Centro – Oeste, Sudeste e Sul). Quanto às precipitações, existe uma grande variabilidade nas mesmas regiões, sendo que o maior aumento observado foi na região Sul com 17,8% e a maior diminuição na região Nordeste com 11,6%.

3.1.3. Recomendação

Neste estudo foram analisados os dados apenas de 1961 a 2004 e os postos meteorológicos utilizados foram aqueles fornecidos pelo INMET. Recomenda-se que num estudo futuro sejam ampliados o intervalo de tempo das observações e sejam pesquisadas também as bases de dados climatológicos de outras instituições.

Tabela 3.1.1. Cidades onde estão instalados os postos meteorológicos do INMET indicando a latitude, a longitude e a altitude.

Cidade	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
Sta. Vitória do Palmar (RS)	33°31'00"	53°21'00"	24,01
Torres (RS)	29°21'00"	49°43'00"	4,66
Uruguaiana (RS)	29°45'00"	57°05'00"	62,31
Passo Fundo (RS)	28°13'00"	52°24'00"	684,05
São Luiz Gonzaga (RS)	28°24'00"	55°01'00"	245,11
Florianópolis (SC)	27°35'00"	48°34'00"	1,85
Lages (SC)	27°49'00"	50°20'00"	936,83
Irai (RS)	27°11'00"	53°14'00"	247,1
Paranaguá (PR)	25°32'00"	48°31'00"	4,5
Curitiba (PR)	25°26'00"	49°16'00"	923,5
Castro (PR)	24°47'00"	50°00'00"	1008,8
Jacarezinho (PR)	23°09'00"	49°58'00"	470,69
Nova Friburgo (RJ)	22°15'00"	42°31'00"	856,6
Resende (RJ)	22°27'00"	44°26'00"	439,89
Presidente Prudente (SP)	22°07'00"	51°23'00"	435,55
Ponta Porã (MS)	22°32'00"	55°32'00"	650
São Fidelis (RJ)	21°37'00"	41°46'00"	74,23
Juiz de Fora (MG)	21°46'00"	43°21'00"	939,96
Catanduva (SP)	21°07'00"	48°56'00"	570
São Simão (SP)	21°29'00"	47°33'00"	617,39
Uberaba (MG)	19°44'00"	47°57'00"	737
Corumbá (MS)	19°01'00"	57°39'00"	130
Governador Valadares (MG)	18°51'00"	41°56'00"	148
Diamantina (MG)	18°15'00"	43°36'00"	1296,12
Catalão (GO)	18°11'00"	47°57'00"	840,47
João Pinheiro (MG)	17°42'00"	46°10'00"	760,36
Aracuaí (MG)	16°50'00"	42°03'00"	289
Goiânia (GO)	16°40'00"	49°15'00"	741,48
Goiás (GO)	15°55'00"	50°08'00"	512,22
Cuiabá (MT)	15°33'00"	56°07'00"	151,34
Ilhéus (BA)	14°48'00"	39°04'00"	60,21
Vitória da Conquista (BA)	14°53'00"	40°48'00"	874,81
Caetite (BA)	14°04'00"	42°29'00"	882,47
Lençóis (BA)	12°34'00"	41°23'00"	438,74
Taguatinga (TO)	12°24'00"	46°26'00"	603,59
Salvador (BA)	13°01'00"	38°31'00"	51,41
Cipo (BA)	11°05'00"	38°31'00"	145,31
Jacobina (BA)	11°11'00"	40°28'00"	484,74
Aracaju (SE)	10°57'00"	37°03'00"	4,72
Rita de Cássia (BA)	11°01'00"	44°31'00"	450,3
Porto Nacional (TO)	10°43'00"	48°25'00"	239,2
Maceió (AL)	09°40'00"	35°42'00"	64,5
Paulo Afonso (BA)	09°22'00"	38°13'00"	252,69
Remanso (BA)	09°38'00"	42°16'00"	400,51
Rio Branco (AC)	09°58'00"	67°48'00"	160
Pesqueira (PE)	08°24'00"	36°46'00"	639
Conceição Araguaia (PA)	08°15'00"	49°17'00"	156,85
Porto Velho (RO)	08°46'00"	63°55'00"	95
João Pessoa (PB)	07°06'00"	34°52'00"	7,43
Barbalha (CE)	07°19'00"	39°18'00"	409,03
Carolina (MA)	07°20'00"	47°28'00"	192,83
Cruzeiro do Sul (AC)	07°38'00"	72°40'00"	170
Cruzeta (RN)	06°26'00"	36°35'00"	226,46
Natal (RN)	05°55'00"	35°12'00"	48,6

Quixeramobim (CE)	05°10'00"	39°17'00"	79,5
Teresina (PI)	05°05'00"	42°49'00"	74,36
Barra do Corda (MA)	05°30'00"	45°16'00"	153
Imperatriz (MA)	05°32'00"	47°29'00"	123,3
Marabá (PA)	05°21'00"	49°09'00"	95
Itaituba (PA)	04°16'00"	55°35'00"	45
Coari (AM)	04°05'00"	63°08'00"	46
Benjamim (AM)	04°23'00"	70°02'00"	65
Sobral (CE)	03°44'00"	40°20'00"	109,62
Altamira (PA)	03°12'00"	51°12'00"	74,04
Itacoatiara (AM)	03°08'00"	58°26'00"	40
Manaus (AM)	03°07'00"	59°57'00"	67
Tefé (AM)	03°50'00"	64°42'00"	47
Parintins (AM)	02°38'00"	56°44'00"	29
Turialva (MA)	01°43'00"	45°24'00"	44,06
Belém (PA)	01°27'00"	48°28'00"	10
Porto de Móz (PA)	01°44'00"	52°14'00"	15,93
Óbidos (PA)	01°55'00"	55°31'00"	37
Boa Vista (RR)	02°49'00"	60°39'00"	90

3.2. Análise das Tendências DE Variações das Temperaturas e Precipitações ao Longo do Período de 1961 A 2004

3.2.1. Análise da Regressão Linear Simples

Foi realizada uma análise das tendências de variação das temperaturas (média, máxima e mínima) e das precipitações ao longo do período de estudo (1961 a 2004) para cada uma das 73 cidades e os resultados da análise de regressão linear simples estão na tabela 3.2.1.

No Anexo 3.1 estão incluídos os dados utilizados e as planilhas com as análises estatísticas e os gráficos correspondentes. Nos gráficos estão indicados as tendências das temperaturas (médias, máximas e mínimas) e das precipitações incluindo as variações sazonais para os mesmos parâmetros.

Foram estudadas as tendências das variações no período de 1961 a 2004 para a Temperatura Média Anual, Temperatura Máxima Média Anual, Temperatura Mínima Média Anual e das Precipitações.

As análises das regressões foram feitas utilizando os dados de maneira como fornecidos pelo INMET. Foram eliminados os anos quando existiam grandes falhas de valores. É importante salientar que existiam falhas de alguns anos conforme o posto meteorológico estudado, mesmo assim foi feita uma análise de regressão na tentativa de se obter uma informação quanto às tendências de cada um dos elementos de clima utilizados.

Na tabela 3.2.1 estão indicados para cada um dos postos meteorológicos a Temperatura Média Anual (°C) a Precipitação Total por Ano (mm) o Coeficiente de Regressão Angular a (°C e mm/ano), o Coeficiente de Determinação (R^2), o Erro Padrão das Médias das Temperaturas e da Precipitação e os Níveis de Significância.

Tabela 3.2.1. Tendências das variações temporais das temperaturas (médias, máximas e mínimas) e da precipitação

	Temp. Média (°C)	a (°C/ano)	R ²	Erro Padrão (± °C)	Significância
	Prec. Média (mm)	a (mm/ano)	R ²	Erro Padrão (± mm)	(%)
Conceição Araguaia (PA)					
Temp. Média Anual	26,0	0,07	0,85	0,39	
Temp. Máx. Média Anual	31,3	0,03	0,29	0,65	0,02
Temp. Mín. Média Anual	20,3	0,14	0,79	0,92	
Precipitação Anual	1737,7	1,97	0,01	290,75	58,00
Carolina (MA)					
Temp. Média Anual	26,5	0,06	0,73	0,34	
Temp. Máx. Média Anual	32,3	0,05	0,60	0,42	
Temp. Mín. Média Anual	21,4	0,09	0,66	0,70	
Precipitação Anual	1639,0	1,82	0,00	356,66	69,00
Taguatinga (TO)					
Temp. Média Anual	24,9	0,04	0,62	0,40	
Temp. Máx. Média Anual	30,4	0,04	0,39	0,59	
Temp. Mín. Média Anual	20,2	0,05	0,80	0,34	
Precipitação Anual	1585,4	4,97	0,04	327,47	23,00
Marabá (PA)					
Temp. Média Anual	26,8	0,06	0,77	0,32	
Temp. Máx. Média Anual	32,1	0,06	0,64	0,44	
Temp. Mín. Média Anual	22,7	0,08	0,81	0,34	
Precipitação Anual	1829,6	-1,09	0,00	416,58	89,00
Belém (PA)					
Temp. Média Anual	26,1	0,03	0,51	0,33	
Temp. Máx. Média Anual	31,7	0,01	0,07	0,54	10,00
Temp. Mín. Média Anual	22,3	0,03	0,34	0,50	
Precipitação Anual	2901,9	8,77	0,09	359,76	6,00
Goiás (GO)					
Temp. Média Anual	24,8	0,01	0,26	0,33	0,10
Temp. Máx. Média Anual	32,2	-0,01	0,05	0,72	22,00
Temp. Mín. Média Anual	20,0	0,03	0,49	0,46	
Precipitação Anual	1789,5	0,36	0,00	276,34	93,00
Goiânia (GO)					
Temp. Média Anual	23,5	0,04	0,70	0,37	
Temp. Máx. Média Anual	30,2	0,04	0,58	0,47	
Temp. Mín. Média Anual	17,7	0,02	0,09	0,93	5,00
Precipitação Anual	1586,3	3,08	0,05	182,68	16,00
Porto Nacional (TO)					
Temp. Média Anual	26,3	0,04	0,53	0,43	
Temp. Máx. Média Anual	33,0	0,02	0,23	0,52	0,40
Temp. Mín. Média Anual	21,2	0,05	0,77	0,36	
Precipitação Anual	1566,2	0,61	0,00	285,21	87,00
Altamira (PA)					
Temp. Média Anual	26,4	0,05	0,71	0,34	
Temp. Máx. Média Anual	31,5	0,07	0,82	0,40	
Temp. Mín. Média Anual	22,1	0,05	0,49	0,57	
Precipitação Anual	1951,4	13,74	0,08	548,48	12,00
	Temp. Média (°C)	a (°C/ano)	R ²	Erro Padrão (± °C)	Significância

Pesqueira (PE)	Prec. Média (mm)	a (mm/ano)	R²	Erro Padrão (± mm)	(%)
Temp. Média Anual	24,7	0,01	0,09	0,34	8,00
Temp. Máx. Média Anual	29,0	0,00	0,00	0,63	91,00
Temp. Mín. Média Anual	18,5	0,01	0,28	0,27	0,20
Precipitação Anual	666,9	-6,89	0,17	191,14	1,00
Maceió (AL)					
Temp. Média Anual	25,1	-0,02	0,35	0,38	0,10
Temp. Máx. Média Anual	29,1	0,02	0,48	0,41	0,02
Temp. Mín. Média Anual	21,3	-0,06	0,64	0,67	
Precipitação Anual	1908,4	-7,71	0,06	469,42	24,00
Cruzeta (RN)					
Temp. Média Anual	27,0	0,02	0,20	0,52	2,00
Temp. Máx. Média Anual	33,3	0,02	0,16	0,61	2,00
Temp. Mín. Média Anual	22,1	0,03	0,32	0,50	0,20
Precipitação Anual	718,5	-4,07	0,04	258,68	29,00
João Pessoa (PB)					
Temp. Média Anual	26,2	0,02	0,61	0,31	0,02
Temp. Máx. Média Anual	29,5	0,02	0,49	0,33	0,02
Temp. Mín. Média Anual	22,8	0,04	0,79	0,37	
Precipitação Anual	1940,7	-14,80	0,08	707,71	16,00
Barbalha (CE)					
Temp. Média Anual	25,3	0,06	0,59	0,57	0,03
Temp. Máx. Média Anual	31,8	0,05	0,43	0,65	0,20
Temp. Mín. Média Anual	20,8	0,07	0,71	0,50	
Precipitação Anual					
Natal (RN)					
Temp. Média Anual	26,1	0,01	0,15	0,47	9,00
Temp. Máx. Média Anual	29,4	0,02	0,80	0,20	
Temp. Mín. Média Anual	22,4	-0,01	0,02	1,30	59,00
Precipitação Anual	1518,9	6,25	0,07	405,30	29,00
Quixeramobim (CE)					
Temp. Média Anual	26,9	0,02	0,21	0,62	3,00
Temp. Máx. Média Anual	32,8	0,02	0,18	0,70	3,00
Temp. Mín. Média Anual	22,9	0,02	0,30	0,46	0,30
Precipitação Anual	800,4	-3,38	0,03	268,36	36,00
Sobral (CE)					
Temp. Média Anual	27,0	0,00	0,00	0,55	92,00
Temp. Máx. Média Anual	33,8	0,01	0,01	0,81	56,00
Temp. Mín. Média Anual	22,3	0,01	0,01	0,79	62,00
Precipitação Anual	904,4	-2,71	0,01	385,25	63,00
	Temp. Média (°C)	a (°C/ano)	R²	Erro Padrão (± °C)	Significância
Juiz de Fora (MG)					
	Prec. Média (mm)	a (mm/ano)	R²	Erro Padrão (± mm)	(%)
Temp. Média Anual	19,2	-0,02	0,15	0,61	2,00
Temp. Máx. Média Anual	24,8	-0,04	0,19	1,19	0,90
Temp. Mín. Média Anual	15,3	-0,01	0,13	0,45	3,00
Precipitação Anual	1518,7	9,34	0,10	364,56	13,00
Lençóis (BA)					
Temp. Média Anual	23,5	0,02	0,20	0,50	1,00
Temp. Máx. Média Anual	29,2	0,02	0,04	1,35	37,00

Temp. Mín. Média Anual	19,6	0,01	0,09	0,52	15,00
Precipitação Anual	1302,8	-16,81	0,26	391,18	1,00
Diamantina (MG)					
Temp. Média Anual	18,5	0,02	0,18	0,45	8,00
Temp. Máx. Média Anual	23,9	0,02	0,13	0,61	7,00
Temp. Mín. Média Anual	14,6	0,01	0,22	0,34	2,00
Precipitação Anual	1292,1	6,79	0,04	369,14	40,00
João Pinheiro (MG)					
Temp. Média Anual	22,8	0,05	0,74	0,45	
Temp. Máx. Média Anual	29,2	0,03	0,52	0,48	0,03
Temp. Mín. Média Anual	17,7	0,02	0,10	0,93	4,00
Precipitação Anual	1307,4	-0,08		344,28	99,00
Aracajú (SE)					
Temp. Média Anual	26,1	0,01	0,18	0,30	2,00
Temp. Máx. Média Anual	29,0	0,02	0,55	0,27	0,04
Temp. Mín. Média Anual	22,9	-0,01	0,05	0,54	29,00
Precipitação Anual	1523,3	-19,26	0,17	631,15	2,00
Paulo Afonso (BA)					
Temp. Média Anual	25,8	0,02	0,29	0,47	0,30
Temp. Máx. Média Anual	32,0	0,02	0,10	0,66	9,00
Temp. Mín. Média Anual	21,3	0,02	0,47	0,37	0,01
Precipitação Anual	551,5	-5,87	0,22	167,91	2,00
Caetite (BA)					
Temp. Média Anual	21,6	0,03	0,36	0,57	0,20
Temp. Máx. Média Anual	27,4	0,00	0,00	0,71	94,00
Temp. Mín. Média Anual	16,6	0,06	0,62	0,65	
Precipitação Anual	871,6	-5,23	0,12	212,43	6,00
Remanso (BA)					
Temp. Média Anual	26,8	0,01	0,01	0,70	67,00
Temp. Máx. Média Anual	32,2	-0,03	0,16	0,99	3,00
Temp. Mín. Média Anual	21,3	0,02	0,24	0,42	6,00
Precipitação Anual	678,2	-2,18	0,04	168,69	32,00
	Temp. Média (°C)	a (°C/ano)	R²	Erro Padrão (± °C)	Significância
Teresina (PI)	Prec. Média (mm)	a (mm/ano)	R²	Erro Padrão (± mm)	(%)
Temp. Média Anual	27,2	0,00	0,01	0,60	72,00
Temp. Máx. Média Anual	33,6	0,01	0,04	0,56	36,00
Temp. Mín. Média Anual	22,5	0,00	0,01	0,53	68,00
Precipitação Anual	1283,0	-4,05	0,04	316,72	38,00
Rita de Cássia (BA)					
Temp. Média Anual	24,9	0,03	0,40	0,66	0,03
Temp. Máx. Média Anual	32,5	0,01	0,03	0,85	42,00
Temp. Mín. Média Anual	17,4	0,06	0,89	0,35	
Precipitação Anual	1002,4	0,95	0,00	287,20	80,00
Turiaçu (MA)					
Temp. Média Anual	26,7	0,02	0,36	0,30	1,00
Temp. Máx. Média Anual	30,9	0,03	0,36	0,45	0,10
Temp. Mín. Média Anual	23,6	0,02	0,19	0,41	4,00
Precipitação Anual	2199,0	-6,50	0,02	596,58	50,00
Imperatriz (MA)					

Temp. Média Anual	26,8	0,04	0,85	0,26	
Temp. Máx. Média Anual	32,9	0,03	0,31	0,56	0,10
Temp. Mín. Média Anual	21,7	0,05	0,50	0,65	
Precipitação Anual	1501,7	4,42	0,02	387,64	42,00
Barra do Corda (MA)					
Temp. Média Anual	25,9	0,03	0,42	0,53	0,02
Temp. Máx. Média Anual	32,2	0,05	0,42	0,59	
Temp. Mín. Média Anual	20,9	0,02	0,07	0,77	15,00
Precipitação Anual	1167,0	2,66	0,01	411,73	70,00
Salvador (BA)					
Temp. Média Anual	25,4	0,02	0,40	0,32	0,02
Temp. Máx. Média Anual	28,6	0,02	0,40	0,41	0,02
Temp. Mín. Média Anual	22,9	0,01	0,25	0,37	1,00
Precipitação Anual	2032,2	-11,14	0,12	421,16	7,00
Jacobina (BA)					
Temp. Média Anual	23,9	0,03	0,43	0,52	0,01
Temp. Máx. Média Anual	29,7	0,01	0,02	0,81	52,00
Temp. Mín. Média Anual	19,1	0,10	0,59	1,35	
Precipitação Anual	858,7	-0,68	0,00	303,79	86,00
Governador Valadares (MG)					
Temp. Média Anual	24,1	0,00	0,00	0,79	83,00
Temp. Máx. Média Anual	30,2	0,01	0,02	1,13	44,00
Temp. Mín. Média Anual	18,8	0,03	0,12	0,96	4,00
Precipitação Anual	964,8	-5,98	0,10	180,54	18,00
Aracuai (MG)					
Temp. Média Anual	24,5	0,04	0,37	0,63	0,03
Temp. Máx. Média Anual	31,5	0,03	0,16	0,89	3,00
Temp. Mín. Média Anual	19,4	0,04	0,62	0,48	
Precipitação Anual	768,2	-1,08	0,00	232,18	79,00
	Temp. Média (°C)	a (°C/ano)	R²	Erro Padrão (± °C)	Significância
Vitória da Conquista (BA)	Prec. Média (mm)	a (mm/ano)	R²	Erro Padrão (± mm)	(%)
Temp. Média Anual	20,3	0,03	0,25	0,52	5,00
Temp. Máx. Média Anual	25,9	0,05	0,32	0,70	1,00
Temp. Mín. Média Anual	16,4	0,01	0,03	0,56	49,00
Precipitação Anual	754,4	0,92	0,00	234,72	87,00
Ilhéus (BA)					
Temp. Média Anual	24,3	0,01	0,13	0,33	14,00
Temp. Máx. Média Anual	27,8	0,01	0,01	0,50	68,00
Temp. Mín. Média Anual	20,7	0,01	0,08	0,30	27,00
Precipitação Anual	2051,6	-0,14		351,83	99,00
Cipo (BA)					
Temp. Média Anual	25,5	0,00	0,03	0,40	47,00
Temp. Máx. Média Anual	32,2	-0,02	0,10	0,99	14,00
Temp. Mín. Média Anual	20,0	0,10	0,81	0,78	
Precipitação Anual	828,2	-47,92	0,40	758,81	0,40
Florianópolis (SC)					
Temp. Média Anual	20,5	0,03	0,45	0,34	
Temp. Máx. Média Anual	24,4	0,04	0,68	0,36	
Temp. Mín. Média Anual	17,4	-0,01	0,02	0,45	46,00

Precipitação Anual	1534,9	10,61	0,11	397,39	6,00
Santa Vitória do Palmar (RS)					
Temp. Média Anual	16,8	0,00	0,01	0,38	60,00
Temp. Máx. Média Anual	22,1	-0,02	0,26	0,46	2,00
Temp. Mín. Média Anual	12,9	-0,01	0,05	0,44	20,00
Precipitação Anual	1199,5	4,65	0,03	344,60	37,00
Cuiabá (MT)					
Temp. Média Anual	25,9	0,01	0,15	0,43	2,00
Temp. Máx. Média Anual	32,8	0,01	0,02	0,45	36,00
Temp. Mín. Média Anual	21,2	0,02	0,17	0,55	1,00
Precipitação Anual	1325,5	2,74	0,02	240,23	38,00
Corumbá (MS)					
Temp. Média Anual	25,4	0,01	0,04	0,54	31,00
Temp. Máx. Média Anual	31,4	0,02	0,06	0,91	23,00
Temp. Mín. Média Anual	21,2	0,00	0,01	0,59	69,00
Precipitação Anual	903,4	1,85	0,01	282,59	69,00
São Luiz Gonzaga (RS)					
Temp. Média Anual	19,9	0,02	0,37	0,42	0,20
Temp. Máx. Média Anual	26,3	0,04	0,54	0,50	
Temp. Mín. Média Anual	15,3	0,03	0,39	0,54	0,02
Precipitação Anual	1746,2	6,38	0,03	542,17	35,00
Uruguaiana (RS)					
Temp. Média Anual	19,5	-0,01	0,08	0,49	11,00
Temp. Máx. Média Anual	25,5	-0,01	0,08	0,58	11,00
Temp. Mín. Média Anual	14,5	-0,01	0,11	0,58	6,00
Precipitação Anual	1458,2	-2,93	0,01	515,38	74,00
	Temp. Média (°C)	a (°C/ano)	R²	Erro Padrão (± °C)	Significância
Passo Fundo (RS)	Prec. Média (mm)	a (mm/ano)	R²	Erro Padrão (± mm)	(%)
Temp. Média Anual	17,7	0,00	0,02	0,42	44,00
Temp. Máx. Média Anual	23,7	0,00	0,01	0,56	63,00
Temp. Mín. Média Anual	13,3	0,00	0,01	0,48	60,00
Precipitação Anual	1753,2	3,52	0,01	489,58	58,00
Torres (RS)					
Temp. Média Anual	19,1	0,02	0,19	0,58	0,40
Temp. Máx. Média Anual	22,5	0,01	0,08	0,58	
Temp. Mín. Média Anual	15,7	0,03	0,19	0,77	0,42
Precipitação Anual	1416,4	9,20	0,11	333,80	6,00
São Fidelis (RJ)					
Temp. Média Anual	23,6				
Temp. Máx. Média Anual	30,8	0,04	0,21	0,59	2,00
Temp. Mín. Média Anual	19,1	0,06	0,38	0,61	0,06
Precipitação Anual	977,1	-11,82	0,40	174,19	18,00
Nova Friburgo (RJ)					
Temp. Média Anual	17,9	0,01	0,01	0,65	68,00
Temp. Máx. Média Anual	24,6	0,04	0,26	0,88	0,40
Temp. Mín. Média Anual	14,0	0,04	0,20	0,94	0,90
Precipitação Anual	1223,4	-3,00	0,00	357,01	84,00
Porto de Móz (PA)					
Temp. Média Anual	26,7	0,03	0,57	0,31	

Temp. Máx. Média Anual	31,7	0,04	0,19	0,94	0,70
Temp. Mín. Média Anual	22,8	0,06	0,60	0,53	
Precipitação Anual	2346,9	-6,49	0,03	365,49	34,00
Óbidos (PA)					
Temp. Média Anual	26,7	0,02	0,22	0,36	1,00
Temp. Máx. Média Anual	31,6	-0,01	0,02	0,58	40,00
Temp. Mín. Média Anual	22,6	0,07	0,25	1,23	0,20
Precipitação Anual	1844,9	1,50	0,00	404,38	85,00
Boa Vista (RR)					
Temp. Média Anual	27,6	0,03	0,36	0,41	0,20
Temp. Máx. Média Anual	32,9	0,04	0,55	0,46	0,04
Temp. Mín. Média Anual	23,6	0,03	0,47	0,35	0,10
Precipitação Anual	1584,2	9,34	0,08	383,32	20,00
Coari (AM)					
Temp. Média Anual	26,4	0,04	0,50	0,42	
Temp. Máx. Média Anual	32,0	0,02	0,22	0,47	2,00
Temp. Mín. Média Anual	21,3	0,04	0,08	1,73	17,00
Precipitação Anual	2077,1	26,32	0,29	508,29	0,30
	Temp. Média (°C)	a (°C/ano)	R²	Erro Padrão (± °C)	Significância
Itaituba (PA)	Prec. Média (mm)	a (mm/ano)	R²	Erro Padrão (± mm)	(%)
Temp. Média Anual	27,1	0,04	0,70	0,29	
Temp. Máx. Média Anual	32,6	0,02	0,16	0,62	2,00
Precipitação Anual	1973,6	-8,33	0,05	475,15	19,00
Temp. Mín. Média Anual	22,3	0,07	0,60	0,70	
Itacoatiara (AM)					
Temp. Média Anual	26,6	0,03	0,32	0,48	0,40
Temp. Máx. Média Anual	31,9	0,06	0,63	0,47	
Temp. Mín. Média Anual	22,5	0,04	0,15	0,97	7,00
Precipitação Anual	2349,6	8,77	0,04	387,56	32,00
Tefe (AM)					
Temp. Média Anual	26,4	0,03	0,46	0,35	
Temp. Máx. Média Anual	32,0	0,05	0,57	0,51	
Temp. Mín. Média Anual	22,4	-0,01	0,01	0,68	62,00
Precipitação Anual	2281,5	0,99	0,00	433,38	90,00
Parintins (AM)					
Temp. Média Anual	27,4	0,03	0,32	0,41	0,07
Temp. Máx. Média Anual	31,9	0,02	0,20	0,59	0,40
Temp. Mín. Média Anual	24,2	0,01	0,10	0,38	0,07
Precipitação Anual	2350,9	15,90	0,13	466,66	4,00
Benjamim (AM)					
Temp. Média Anual	25,7	0,04	0,59	0,34	
Temp. Máx. Média Anual	31,0	0,05	0,42	0,88	0,04
Temp. Mín. Média Anual	21,0	0,03	0,26	0,81	1,00
Precipitação Anual	2683,9	-12,77	0,13	467,27	8,00
Rio Branco (AC)					
Temp. Média Anual	25,4	0,02	0,22	0,36	1,00
Temp. Máx. Média Anual	31,3	0,01	0,04	0,42	42,00
Temp. Mín. Média Anual	20,4	0,04	0,29	0,72	0,20
Precipitação Anual	1872,1	11,90	0,14	315,66	3,00
Cruzeiro do Sul (AC)					

Temp. Média Anual	25,3	0,04	0,43	0,55	
Temp. Máx. Média Anual	31,5	0,04	0,43	0,56	
Temp. Mín. Média Anual	19,9	0,08	0,17	2,05	2,00
Precipitação Anual	2100,1	2,91	0,01	416,42	67,00
Porto Velho (RO)					
Temp. Média Anual	25,7	0,00	0,01	0,52	57,00
Temp. Máx. Média Anual	32,4	-0,02	0,12	0,87	0,10
Temp. Mín. Média Anual	21,7	0,04	0,49	0,57	
Precipitação Anual	2043,9	-5,14	0,02	491,28	45,00
	Temp. Média (°C)	a (°C/ano)	R²	Erro Padrão (± °C)	Significância
Manaus (AM)	Prec. Média (mm)	a (mm/ano)	R²	Erro Padrão (± mm)	(%)
Temp. Média Anual	26,7	0,01	0,13	0,33	2,00
Temp. Máx. Média Anual	31,6	0,01	0,06	0,41	13,00
Temp. Mín. Média Anual	23,2	0,00	0,00	0,51	73,00
Precipitação Anual	2209,1	0,69	0,00	377,13	88,00
Paranaguá (PR)					
Temp. Média Anual	21,3	0,01	0,02	0,42	46,00
Temp. Máx. Média Anual	26,0	0,01	0,02	0,53	38,00
Temp. Mín. Média Anual	34,9	0,02	0,24	0,48	0,20
Precipitação Anual	2080,6	20,32	0,25	389,41	0,20
Catanduva (SP)					
Temp. Média Anual	23,0	0,01	0,03	0,52	25,00
Temp. Máx. Média Anual	29,8	-0,03	0,21	0,83	0,30
Temp. Mín. Média Anual	17,8	0,04	0,57	0,41	
Precipitação Anual	1326,7	-3,11	0,02	251,06	36,00
Ponta Porã (MS)					
Temp. Média Anual	20,8	0,03	0,30	0,56	0,30
Temp. Máx. Média Anual	27,4	0,03	0,23	0,68	2,00
Temp. Mín. Média Anual	16,1	0,01	0,12	0,51	9,00
Precipitação Anual	1542,8	-1,96	0,00	434,13	76,00
São Simão (SP)					
Temp. Média Anual	21,9	0,01	0,05	0,51	20,00
Temp. Máx. Média Anual	29,1	0,02	0,15	0,65	2,00
Temp. Mín. Média Anual	16,6	0,01	0,06	0,51	15,00
Precipitação Anual	1462,8	-1,32	0,00	281,79	71,00
Uberaba (MG)					
Temp. Média Anual	21,9	0,00		0,53	97,00
Temp. Máx. Média Anual	29,3	0,00	0,00	0,63	78,00
Temp. Mín. Média Anual	16,6	0,01	0,04	0,53	27,00
Precipitação Anual	1546,5	4,64	0,03	304,18	36,00
Catalão (GO)					
Temp. Média Anual	22,3	0,04	0,61	0,37	
Temp. Máx. Média Anual	28,4	0,04	0,49	0,52	
Temp. Mín. Média Anual	17,5	0,03	0,60	0,33	
Precipitação Anual	1458,9	-3,66	0,04	254,64	24,00
Resende (RJ)					
Temp. Média Anual	21,2	0,01	0,03	0,54	36,00
Temp. Máx. Média Anual	27,7	-0,02	0,12	0,71	2,50
Temp. Mín. Média Anual	16,8	0,01	0,02	0,68	36,00

Precipitação Anual	1476,8	-4,53	0,05	274,30	22,00
Lages (SC)					
Temp. Média Anual	15,8	0,01	0,16	0,50	4,00
Temp. Máx. Média Anual	21,8	0,01	0,06	0,52	19,00
Temp. Mín. Média Anual	11,7	0,02	0,20	0,64	2,00
Precipitação Anual	1482,5	12,84	0,16	373,81	2,00
	Temp. Média (°C)	a (°C/ano)	R²	Erro Padrão (± °C)	Significância
Iraí (RS)	Prec. Média (mm)	a (mm/ano)	R²	Erro Padrão (± mm)	(%)
Temp. Média Anual	19,8	0,03	0,41	0,55	0,01
Temp. Máx. Média Anual	27,3	0,00	0,00	0,74	91,00
Temp. Mín. Média Anual	14,4	0,05	0,48	0,80	
Precipitação Anual	1843,9	7,24	0,03	539,11	35,00
Curitiba (PR)					
Temp. Média Anual	33,2	0,03	0,33	0,48	
Temp. Máx. Média Anual	23,3	0,01	0,06	0,59	11,00
Temp. Mín. Média Anual	25,1	0,03	0,27	0,70	0,04
Precipitação Anual	2785,2	5,09	0,03	376,50	27,00
Castro (PR)					
Temp. Média Anual	16,8	0,01	0,05	0,47	19,00
Temp. Máx. Média Anual	23,8	0,00		0,59	96,00
Temp. Mín. Média Anual	11,8	0,04	0,30	0,70	0,07
Precipitação Anual	1429,3	-1,63	0,00	341,18	77,00
Presidente Prudente (SP)					
Temp. Média Anual	22,9	0,03	0,41	0,45	
Temp. Máx. Média Anual	29,1	-0,01	0,00	0,72	76,00
Temp. Mín. Média Anual	17,9	0,07	0,73	0,59	
Precipitação Anual	1297,2	-1,10	0,00	205,56	72,00
Jacarezinho (PR)					
Temp. Média Anual	21,3	-0,01	0,10	0,43	9,00
Temp. Máx. Média Anual	29,0	-0,06	0,46	0,68	
Temp. Mín. Média Anual	15,8	0,02	0,10	0,56	9,00
Precipitação Anual	1392,0	3,01	0,01	283,43	56,00

Os dados obtidos que constam na tabela 3.2.1, acima, foram posteriormente agrupados segundo as regiões da divisão política do Brasil (Item 3.3) e segundo as regiões da divisão hidrográficas do Brasil, segundo ANA, 2004, (Item 3.4).

3.2.2. Análise dos Resultados

Analisando – se os resultados da tabela 3.2.1 e tomando – se como referência o nível de significância de até 3%, pode –se obter as seguintes informações:

- As cidades que obtiveram melhores resultados na análise de regressão linear simples para a variável Significância (expressos em porcentagem), para os dados de Temperatura Média Anual foram: Goiás (0,10%), Maceió (0,10%), Cruzeta (2,0%), João Pessoa (0,02%), Barbalha (0,03%), Quixeramobim (3,0%), Juiz de Fora (2,0%), Lençóis (1,0%), Aracajú (2,0%), Paulo Afonso (0,30%), Caetite (0,20%), Rita de Cássia (0,03), Turiaçú (1,0%), Barra do Corda (0,02%), Salvador (0,02%), Jacobina (0,01%), Aracuai (0,03%), Cuiabá (2,0%), São Luiz Gonzaga (0,20%), Torres (0,40%), São Fidelis (2,0), Óbidos (1,0%), Boa Vista (0,20%), Itacoatiara (0,40%), Parintins (0,07%), Rio Branco (1,0%), Ponta Porã (0,30%) e Irai (0,01%).

- As cidades que obtiveram melhores resultados na análise de regressão linear simples para a variável Significância (expressos em porcentagem), para os dados de Temperatura Máxima Média Anual foram: Conceição Araguaia (0,02%), Porto Nacional (0,40%), Maceió (0,02%), Cruzeta (2,0%), João Pessoa (0,02%), Barbalha (0,20%), Quixeramobim (3,0%), Juiz de Fora (0,90%), João Pinheiro (0,03%), Aracajú (0,04%), Remanso (3,0%), Turiaçú (0,10%), Imperatriz (0,10%), Salvador (0,02%), Aracuai (3,0%), Vitória da Conquista (1,0%), Santa Vitória do Palmar (2,0%), São Fidelis (2,0%), Nova Friburgo (0,40%), Porto de Móz (0,70%), Boa Vista (0,04%), Coari (2,0%), Itaituba (2,0%), Parintins (0,40%), Benjamin (0,04%), Porto Velho (0,10%), Catanduva (0,30%), Ponta Porã (2,0%), São Simão (2,0%) e Resende (2,50%).

- As cidades que obtiveram melhores resultados na análise de regressão linear simples para a variável Significância (expressos em porcentagem), para os dados de Temperatura Mínima Média Anual foram: Pesqueira (0,20%), Cruzeta (0,20%), Quixeramobim (0,30%), Juiz de Fora (3,0%), Diamantina (2,0%), Paulo Afonso (0,01%), Salvador (1,0%), Cuiabá (1,0%), São Luiz Gonzaga (0,02%), Torres (0,42%), São Fidelis (0,06%), Nova Friburgo (0,90%), Óbidos (0,20%), Boa Vista (0,10%), Benjamim (1,0%), Rio Branco (0,20%), Cruzeiro do Sul (2,0%), Paranaguá (0,20%), Lages (2,0%), Curitiba (0,04%) e Castro (0,07%).

- As cidades que obtiveram melhores resultados na análise de regressão linear simples para a variável Significância (expressos em porcentagem), para os dados de Precipitação Média Anual foram: Pesqueira (1,0%), Lençóis (1,0%), Aracajú (2,0%), Paulo Afonso (2,0%), Cipo (0,40%), Coari (0,30%), Rio Branco (3,0%) e Paranaguá (0,20%).

3.2.3. Conclusões

1. As análises foram feitas com um número restrito de informações tanto no que diz respeito à escala de tempo como também ao número de postos meteorológicos. Este fato foi decorrente da falta de recursos para a compra de dados meteorológicos, bem como, para uma busca mais completa nos diversos órgãos competentes, especialmente ao nível dos estados.

2. Os baixos valores de R^2 indicam alta dispersão dos parâmetros estudados, tendo em vista a variabilidade climática e provavelmente o curto período estudado.

3. Os valores do coeficiente angular (a) para as análises das tendências de temperatura, foram na maioria dos casos positivos, indicando uma tendência de aumento da temperatura no período estudado. Dos 219 elementos de clima analisados para as temperaturas médias, máximas e mínimas, 195 elementos mostraram uma tendência de aumento, destes, 70 elementos foram significativos. Esta observação reflete de maneira geral o que já foi observado no Item 3.1.

Os valores do coeficiente angular (a) foram negativos para 24 elementos de clima em 17 postos meteorológicos das seguintes cidades: Goiás (GO), Maceió (AL), Natal (RN), Juiz de Fora (MG), Aracajú (SE), Remanso (BA), Cipó (BA), Florianópolis (SC), Santa Vitória do Palmar (RS), Uruguaiana (RS), Óbidos (PA), Tefé (AM), Porto Velho (RO), Catanduva (SP), Resende (RJ), Presidente Prudente (SP) e Jacarezinho (PR). Porém dos valores encontrados apenas 9 elementos mostraram – se estatisticamente significantes a 97% de probabilidade.

O único posto meteorológico que apresentou 3 elementos de clima (temperatura média, máxima e mínima) negativos, indicando uma possível

diminuição da temperatura no período de estudo foi Juiz de Fora (MG), tomando – se como limite o nível de significância de até 3%.

4. Dos 73 postos meteorológicos estudados o coeficiente angular (a) para as precipitações apresentaram valor positivo, ou seja, aumento de precipitação para 40 postos e valores negativos, ou seja, tendência de diminuição de precipitação 33 postos.

Do total de postos meteorológicos estudados apenas 8 mostraram significância estatística acima de 97% de confiabilidade; indicando aumento de precipitação estão os postos meteorológicos das cidades de Coari (AM), Rio Branco (AC) e Paranaguá (PR) e indicando diminuição da precipitação estão os postos meteorológicos das cidades de Pesqueira (PE), Lençóis (BA), Aracajú (SE), Paulo Afonso (BA) e Cipó (BA).

3.3. Análise dos Dados Agrupados por Regiões Políticas (R.P.) do País

3.3.1. Análise dos dados

Os dados da tabela 3.2.1 foram agrupados pelas 5 Regiões Políticas (R.P.) do país: Sul (11 cidades); Sudeste (10 cidades); Centro – Oeste (6 cidades); Nordeste (21 cidades) e Norte (6 cidades), figura 3.3.1

Foram obtidos os valores médios para as temperaturas médias, máximas e mínimas e precipitação para cada uma das regiões e realizados os estudos das variações sazonais (Verão, Outono, Inverno e Primavera). “Verão” compreende o período de Dezembro, Janeiro e Fevereiro; “Outono” compreende o período de Março, Abril e Maio; “Inverno” compreende o período de Junho, Julho e Agosto; “Primavera” compreende o período de Setembro, Outubro e Novembro. (Anexo 3.2).

Na figura 3.3.1 estão indicadas as médias das temperaturas (média, máxima e mínima) e precipitação para as regiões políticas do Brasil no período de 1961 a 2004.

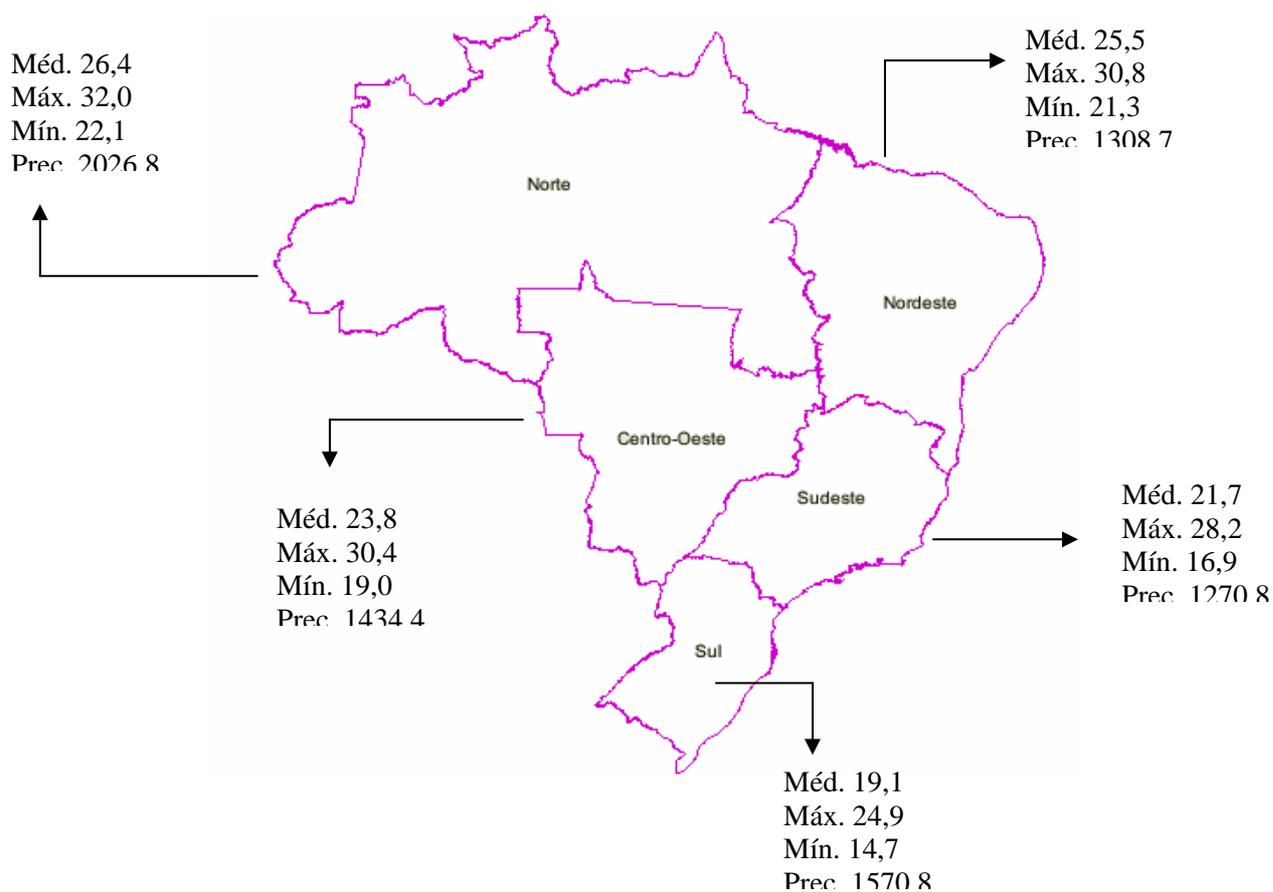


Figura 3.3.1. Valores médios das temperaturas (°C) (média, máxima e mínima) e precipitação (mm) para as regiões políticas do Brasil no período de 1961 a 2004.

Nas figuras 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4 e 3.3.5, estão indicadas as médias das temperaturas (média, máxima e mínima) e precipitações para o período de verão, outono, inverno e primavera, respectivamente, para as regiões políticas do Brasil no período de 1961 a 2004.

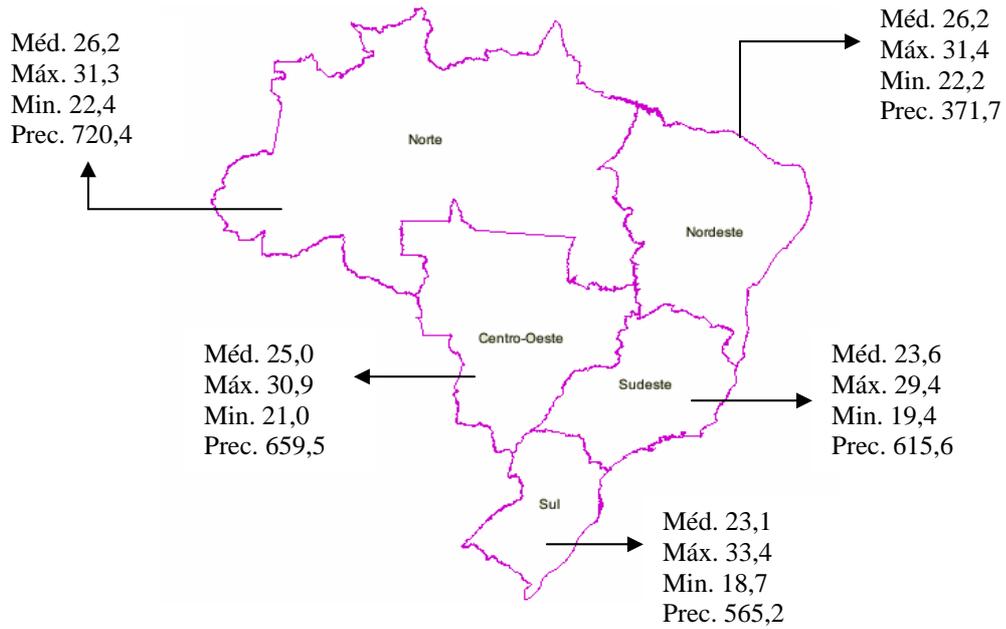


Figura 3.3.2. Valores médios das temperaturas (°C) e precipitações (mm) para o período de verão (dezembro, janeiro e Fevereiro) para as regiões políticas do Brasil no período de 1961 a 2004.

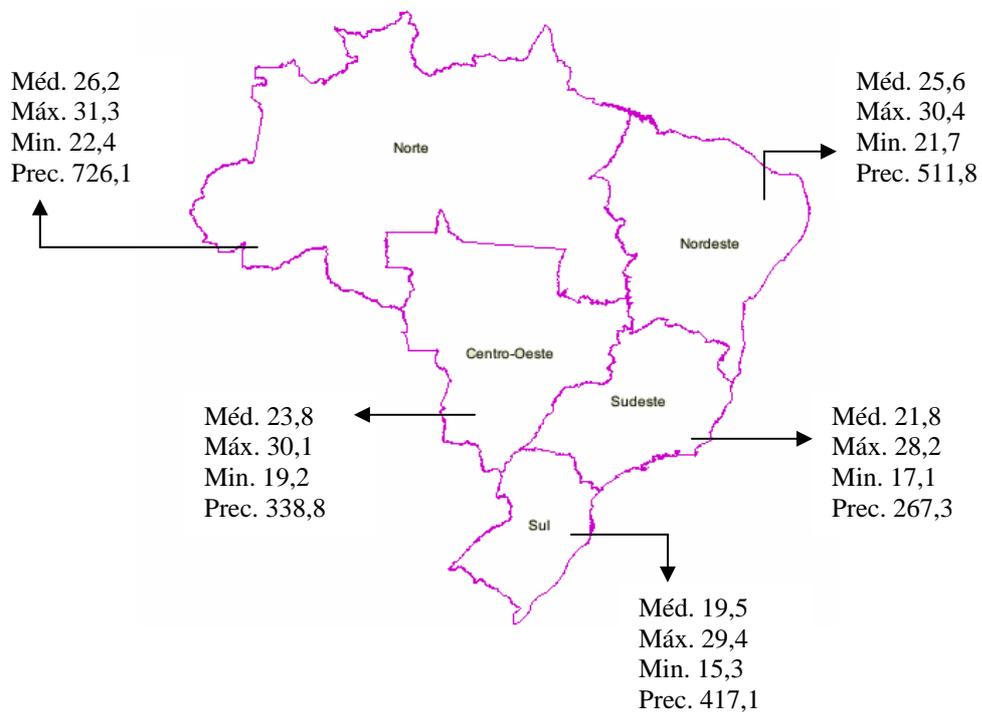


Figura 3.3.3. Valores médios das temperaturas (°C) e precipitações (mm) para o período de outono (março, abril e maio) para as regiões políticas do Brasil no período de 1961 a 2004.

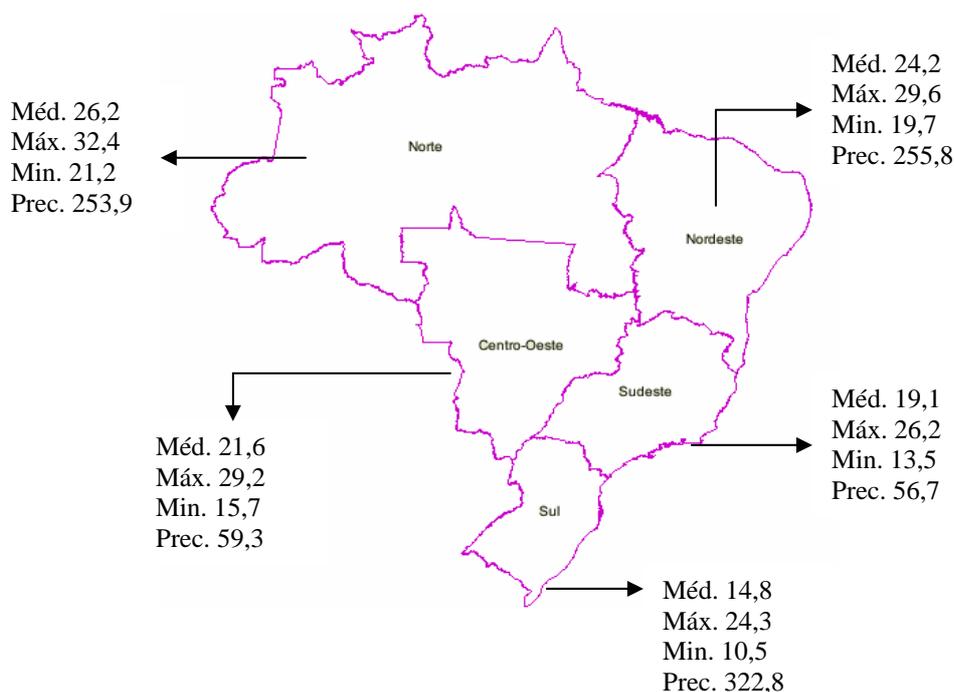


Figura 3.3.4. Valores médios das temperaturas (°C) e precipitações (mm) para o período de inverno (junho, julho e agosto) para as regiões políticas do Brasil no período de 1961 a 2004.

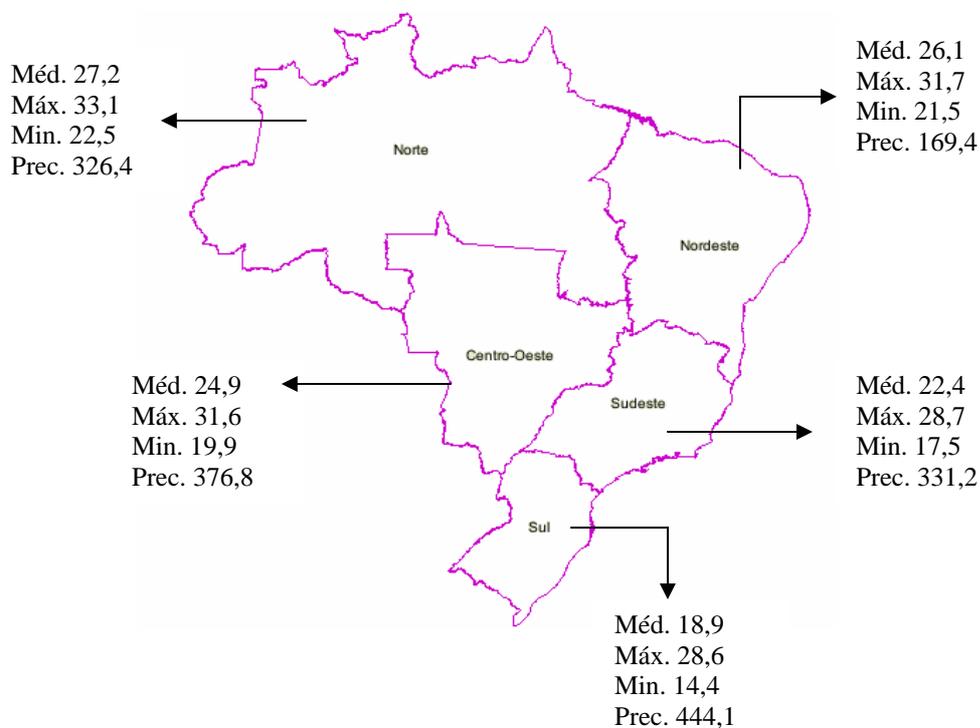


Figura 3.3.5. Valores médios das temperaturas (°C) e precipitações (mm) para o período de primavera (setembro, outubro e novembro) para as regiões políticas do Brasil no período de 1961 a 2004.

3.3.2. Tendência temporal das variações climáticas por região política

A partir dos dados da tabela 3.2.1, foram selecionadas cidades dentro de cada uma das regiões políticas para as quais as tendências medidas pelo coeficiente angular (a), através da regressão linear simples, apresentaram nível de significância de até 3%. Os dados obtidos encontram – se na tabela 3.3.1.

Tabela 3.3.1. Valores do coeficiente angular (a) da análise de regressão linear simples para as regiões políticas.

Região Política Sul		Coeficiente angular (a) °C/ano e mm/ano		
Cidades	Média	Máxima	Mínima	Precipitação
Sta. Vit. Do Palmar (RS)		-0,02		
Torres (RS)	0,02		0,03	
São Luiz Gonzaga (RS)	0,02		0,03	
Iraí (RS)	0,03			
Paranaguá (PR)			0,02	20,32
Curitiba (PR)			0,03	
Castro (PR)			0,04	
Região Política Sudeste		Coeficiente angular (a) °C/ano e mm/ano		
Cidades	Média	Máxima	Mínima	Precipitação
Nova Friburgo (RJ)		0,04	0,04	
Juiz de Fora (MG)	-0,02	-0,04	-0,01	
São Simão (SP)		0,02		
Diamantina (MG)			0,01	
João Pinheiro (MG)		0,03		
Aracuaí (MG)	0,04	0,03		
Região Pol. Centro -Oeste		Coeficiente angular (a) °C/ano e mm/ano		
Cidades	Média	Máxima	Mínima	Precipitação
Ponta Porã (MS)	0,03			
Goiás (GO)	0,01			
Cuiabá (MT)	0,01		0,02	
Região Política Nordeste		Coeficiente angular (a) °C/ano e mm/ano		
Cidades	Média	Máxima	Mínima	Precipitação
Vitória da Conquista (BA)		0,05		
Caetite (BA)	0,03			
Lençóis (BA)	0,02			-16,81
Salvador (BA)	0,02	0,02	0,01	
Cipo (BA)				-47,92
Aracajú (SE)	0,01	0,02		-19,26
Maceió (AL)	-0,02	0,02		

Paulo Afonso (BA)	0,02		0,02	-5,87
Remanso (BA)		-0,03		
Cont. Região Pol. Nordeste	Coefficiente angular (a) °C/ano e mm/ano			
Cidades	Média	Máxima	Mínima	Precipitação
João Pessoa (PB)	0,02	0,02		
Barbalha (CE)	0,06	0,05		
Cruzeta (RN)		0,02	0,03	
Quixeramobim (CE)	0,02	0,02	0,02	
Barra do Corda (MA)	0,03			
Imperatriz (MA)		0,03		
Turiação (MA)	0,02	0,03		
Região Política Norte	Coefficiente angular (a) °C/ano e mm/ano			
Cidades	Média	Máxima	Mínima	Precipitação
Porto Nacional (TO)		0,02	0,05	
Rio Branco (AC)	0,02		0,04	11,9
Conceição Araguaia (PA)		0,03		
Porto Velho (RO)		-0,02		
Itaituba (PA)		0,02		
Itacoatiara (AM)	0,03			
Parintins (AM)	0,03	0,02		
Porto de Móz (PA)		0,04		
Óbidos (PA)	0,02		0,07	
Boa Vista (RR)	0,03	0,04	0,03	

3.3.3. Análise das informações

É importante salientar desde o início, como já foi feito para os outros itens do Capítulo 3, que o banco de dados utilizado é limitado e também existem falhas em alguns anos para algumas estações meteorológicas e desta forma nem sempre os dados representam o mesmo período, mesmo assim as tendências observadas são as mesmas anteriores. Observa-se um aumento praticamente em todos os coeficientes angulares (a) das regiões estudadas para as temperaturas (média, máxima e mínima), as exceções são Santa Vitória do Palmar (RS) para temperatura máxima; Juiz de Fora (MG) para as temperaturas média, máxima e mínima; Maceió (AL) para a temperatura

média; Remanso (BA) para a temperatura máxima e Porto Velho (RO) para a temperatura máxima.

Com respeito aos dados de precipitações observa-se uma tendência de diminuição na região Nordeste e um aumento na região Sul.

3.4. Análise dos Dados Agrupados por Regiões Hidrográficas (R.H.) do País

3.4.1. Análise dos dados

Análise dos dados agrupados pelas 12 Regiões Hidrográficas (R.H.) do país: Atlântico Sul (3 cidades); Uruguai (3 cidades); Paraná (12 cidades); Atlântico Sudeste (5 cidades); São Francisco (6 cidades); Paraguai (2 cidades); Atlântico Leste (10 cidades); Tocantins Araguaia (8 cidades); Parnaíba (1 cidade); Atlântico Nordeste Oriental (7 cidades); Amazônica (14 cidades) e Atlântico Nordeste Ocidental (2 cidades), segundo ANA, (2004), figura 3.4.1.

Foram obtidos os valores médios para as temperaturas médias, máximas e mínimas e precipitação para cada uma das regiões e estudos das variações sazonais (Verão, Outono, Inverno e Primavera). “Verão” compreende o período de Dezembro, Janeiro e Fevereiro; “Outono” compreende o período de Março, Abril e Maio; “Inverno” compreende o período de Junho, Julho e Agosto; “Primavera” compreende o período de Setembro, Outubro e Novembro. (Anexo 3.3).

Tendo em vista que foram analisados dados meteorológicos de apenas 73 postos meteorológicos em todo o país o número de observações por região hidrográfica é pequeno e as análises dos dados e as conclusões correspondentes devem ser tomadas com cautela. Mais uma vez ressalta – se a necessidade da ampliação de dados tanto do ponto de vista temporal como de sua distribuição espacial.

Na figura 3.4.1 estão indicadas as médias das temperaturas (°C) (média, máxima e mínima) e as precipitações (mm) para as regiões hidrográficas do Brasil no período de 1961 a 2004.

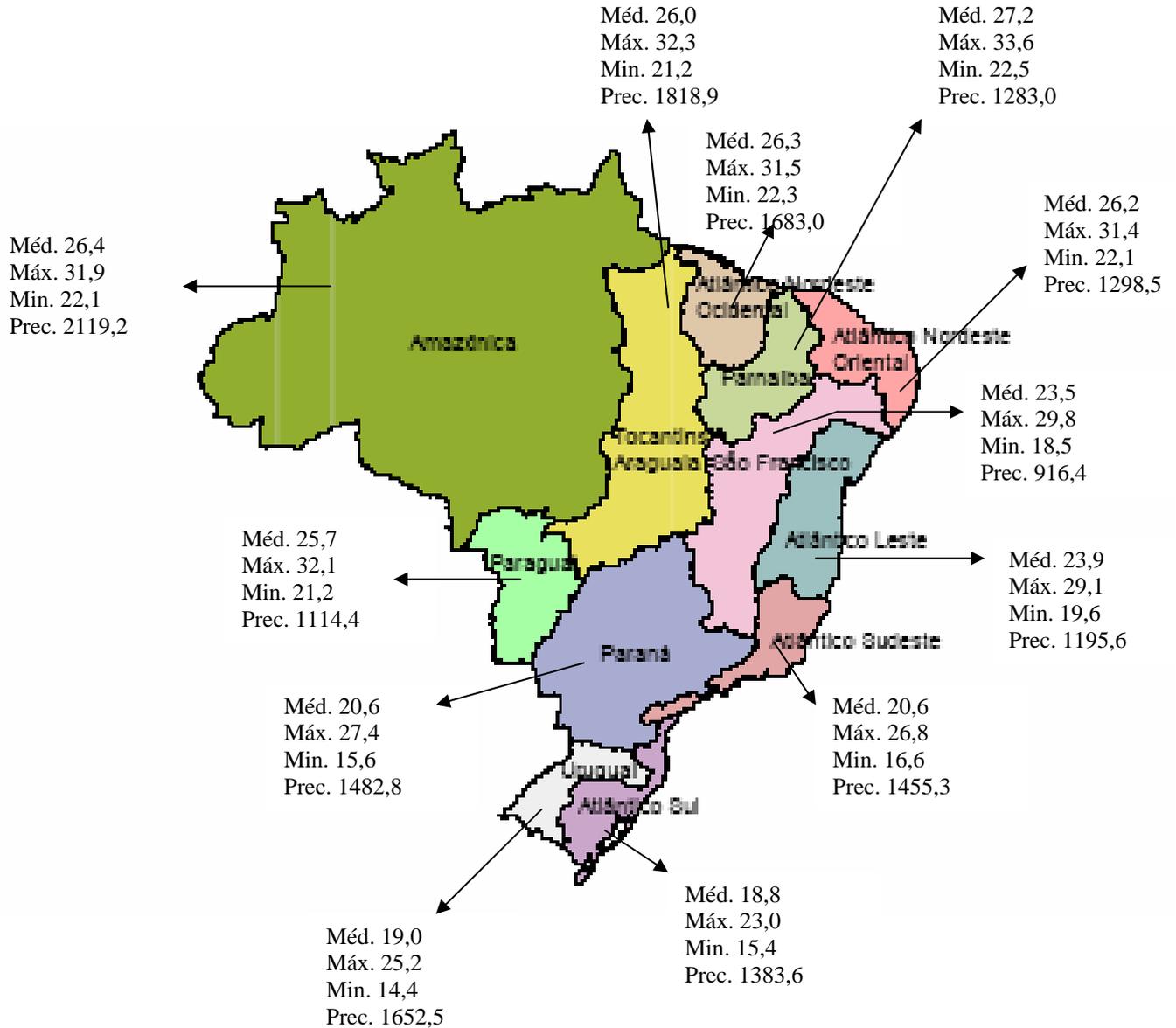


Figura 3.4.1. Valores médios das temperaturas (°C) e precipitações para as regiões hidrográficas do Brasil no período de 1961 a 2004.

Nas figuras 3.4.2, 3.4.3, 3.4.4 e 3.4.5, estão indicadas as médias das temperaturas (°C) (média, máxima e mínima) e as precipitações (mm) para o período de verão, outono, inverno e primavera, respectivamente, para as regiões hidrográficas do Brasil no período de 1961 a 2004.

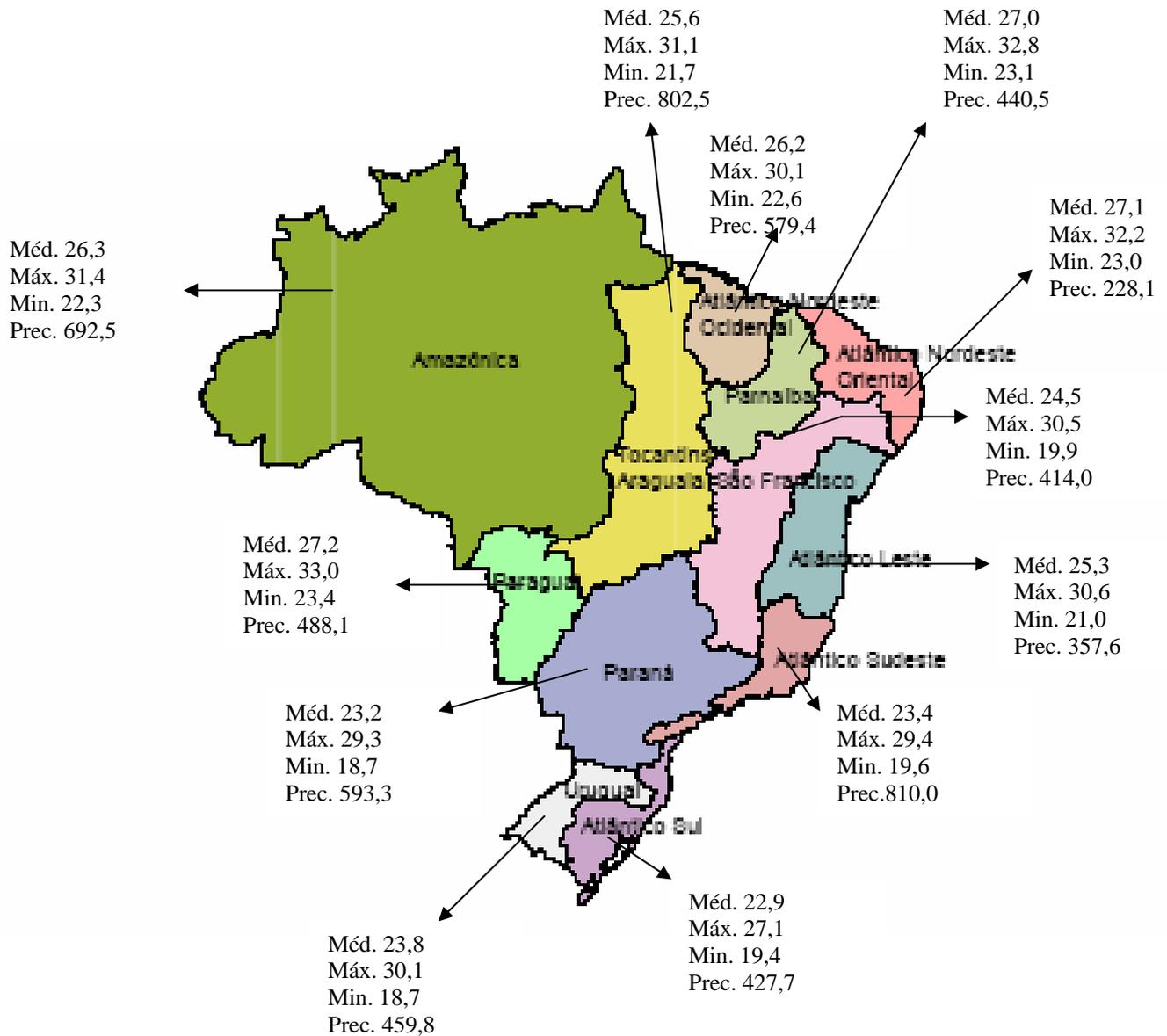


Figura 3.4.2. Valores médios das temperaturas (°C) e das precipitações (mm) para o período de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) para as regiões hidrográficas do Brasil no período de 1961 a 2004.

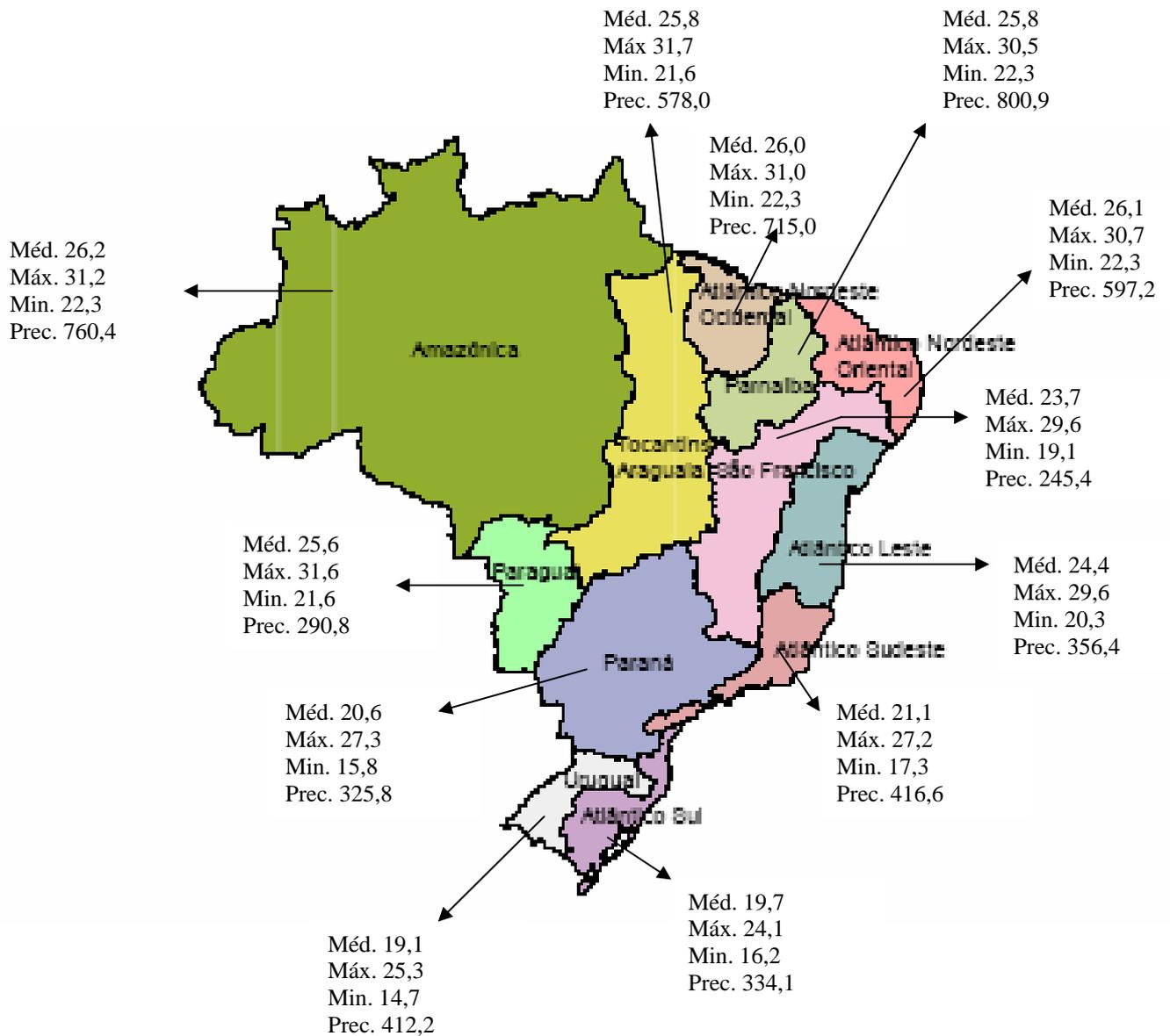


Figura 3.4.3. Valores médios das temperaturas (°C) e das precipitações (mm) para o período de outono (março, abril e maio) para as regiões hidrográficas do Brasil no período de 1961 a 2004.

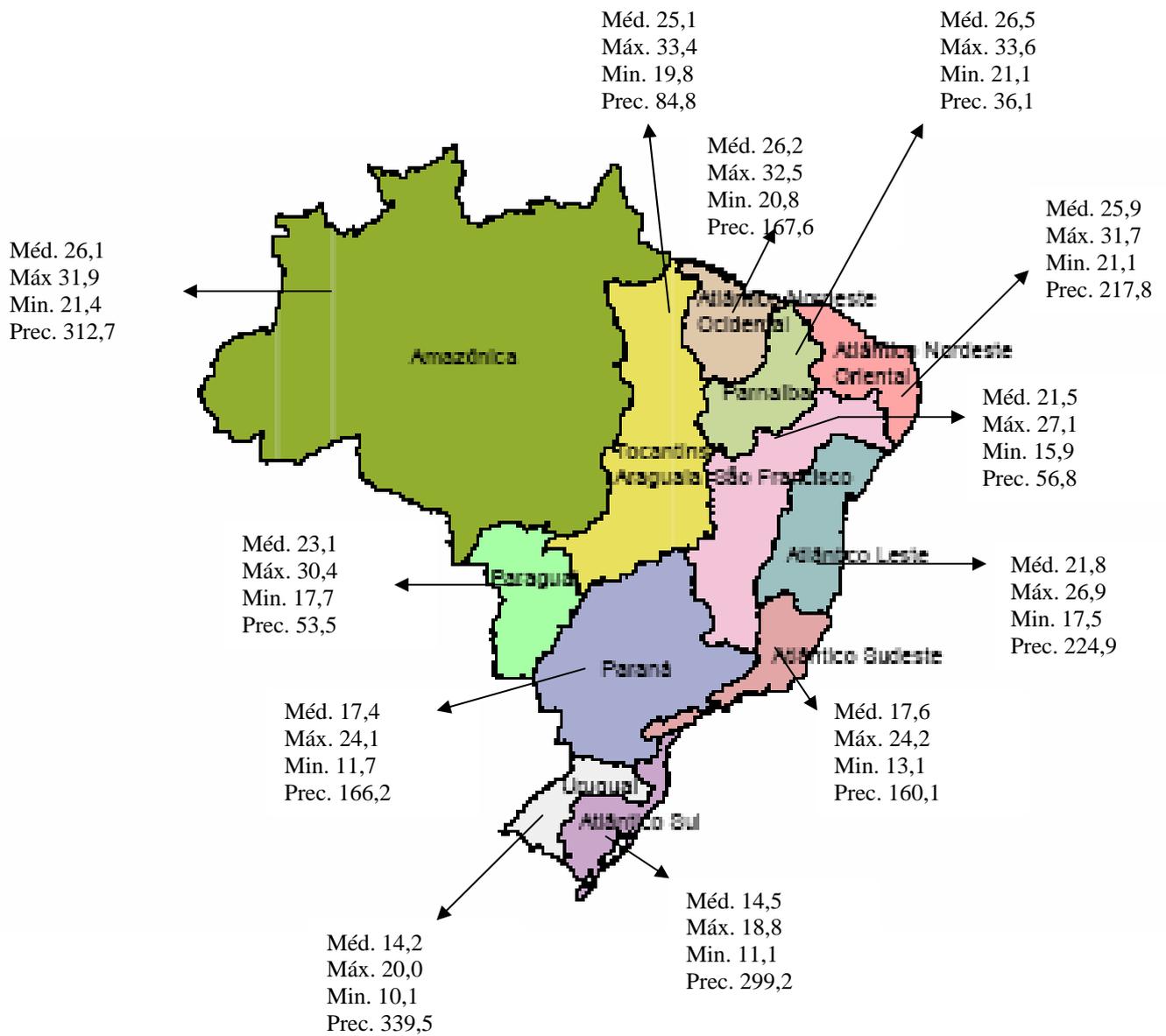


Figura 3.4.4. Valores médios das temperaturas (°C) e das precipitações (mm) para o período de inverno (junho, julho e agosto) para as regiões hidrográficas do Brasil no período de 1961 a 2004.

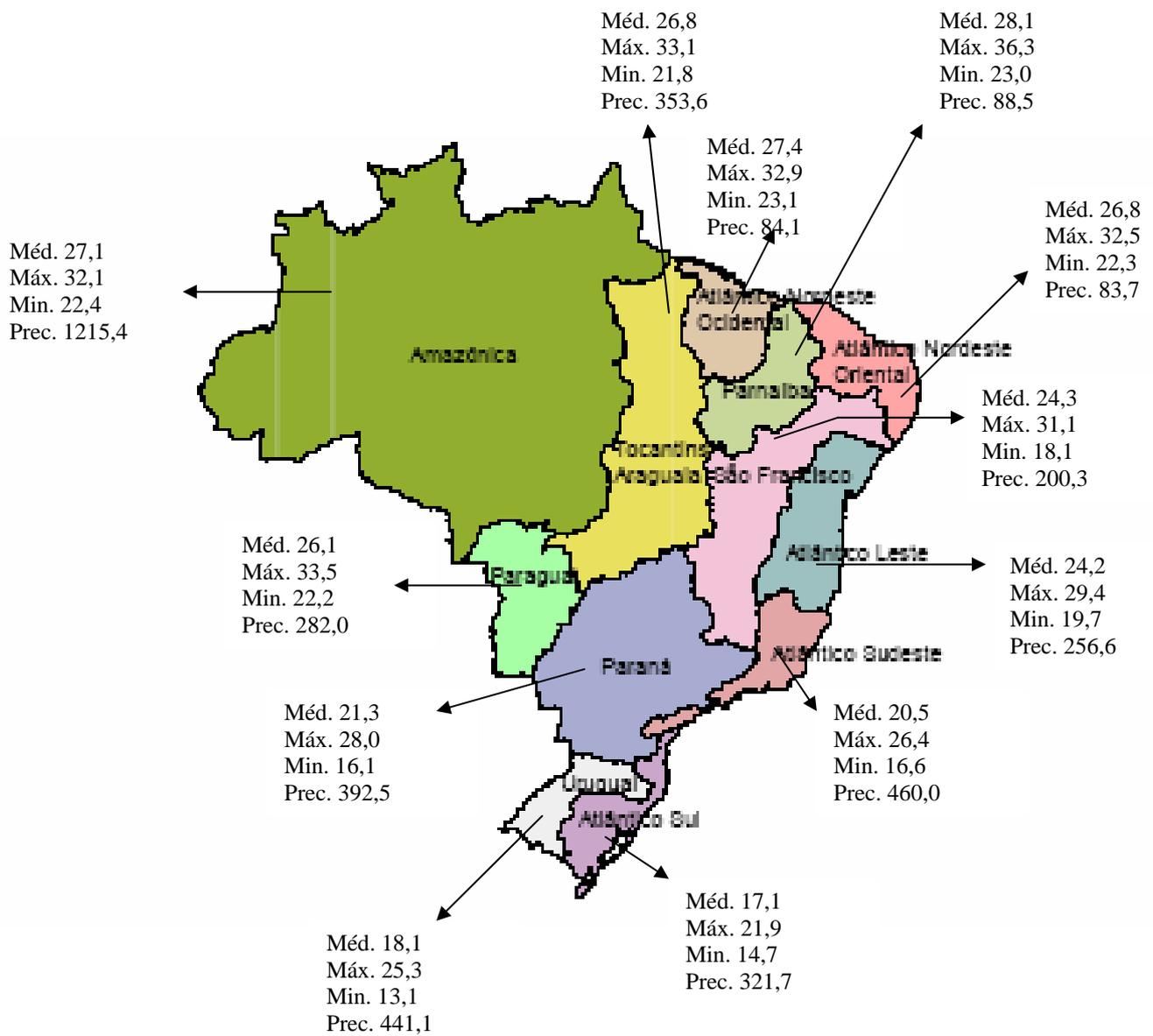


Figura 3.4.5. Valores médios das temperaturas (°C) e das precipitações (mm) para o período de primavera (setembro, outubro e novembro) para as regiões hidrográficas do Brasil no período de 1961 a 2004.

3.4.2. Tendência temporal das variações climáticas por região hidrográfica

A partir dos dados da tabela 3.2.1, foram selecionadas cidades dentro de cada uma das regiões hidrográficas para as quais as tendências medidas pelo coeficiente angular (a), através da regressão linear simples, apresentaram nível de significância de até 3%. Os dados obtidos encontram – se na tabela 3.4.1.

Tabela 3.4.1. Valores do coeficiente angular (a) da análise de regressão linear simples para as regiões hidrográficas.

Região Hidr. Atlântico Sul		Coeficiente angular (a) °C/ano e mm/ano			
Cidades	Média	Máxima	Mínima	Precipitação	
Sta. Vit. Do Palmar (RS)		-0,02			
Torres (RS)	0,02		0,03		
Região Hidr. Uruguai		Coeficiente angular (a) °C/ano e mm/ano			
Cidade	Média	Máxima	Mínima	Precipitação	
São Luiz Gonzaga (RS)	0,02		0,03		
Região Hidr. Paraná		Coeficiente angular (a) °C/ano e mm/ano			
Cidades	Média	Máxima	Mínima	Precipitação	
Lages (SC)			0,02		
Iraí (RS)	0,03				
Curitiba (PR)			0,03		
Castro (PR)			0,04		
Ponta Porã (MS)	0,03				
São Simão (SP)		0,02			
Região Hidr. Atlântico Sudeste		Coeficiente angular (a) °C/ano e mm/ano			
Cidades	Média	Máxima	Mínima	Precipitação	
Resende (RJ)		-0,02			
Paranaguá (PR)			0,02	20,32	
Nova Friburgo (RJ)		0,04	0,04		
São Fidelis (RJ)		0,04	0,06		
Juiz de Fora (MG)	-0,02	-0,04	-0,01		
Caetite (BA)	0,03				
Lençóis (BA)	0,02			-16,81	
Região Hidr. São Francisco		Coeficiente angular (a) °C/ano e mm/ano			
Cidades	Média	Máxima	Mínima	Precipitação	
Diamantina (MG)			0,01		
João Pinheiro (MG)		0,03			
Paulo Afonso (BA)	0,02		0,02	-5,87	
Rita de Cássia (BA)	0,03				
Remanso (BA)		-0,03			

Pesqueira (PE)			0,01	-6,89
Região Hidr. Paraguai	Coefficiente angular (a) °C/ano e mm/ano			
Cidade	Média	Máxima	Mínima	Precipitação
Cuiabá (MT)	0,01		0,02	
Região Hidr. Atlântico Leste	Coefficiente angular (a) °C/ano e mm/ano			
Cidades	Média	Máxima	Mínima	Precipitação
Aracajú (SE)	0,01	0,02		-19,26
Aracuaí (MG)	0,04	0,03		
Vitória da Conquista (BA)		0,05		
Salvador (BA)	0,02	0,02	0,01	
Cipo (BA)				-47,92
Jacobina (BA)	0,03			
Região Hidr. Tocantins Araguaia	Coefficiente angular (a) °C/ano e mm/ano			
Cidades	Média	Máxima	Mínima	Precipitação
Goiás (GO)	0,01			
Porto Nacional (TO)		0,02		
Conceição Araguaia (PA)		0,03		
Imperatriz (MA)		0,03		
Região Hidr. Atl. Nord. Oriental	Coefficiente angular (a) °C/ano e mm/ano			
Cidades	Média	Máxima	Mínima	Precipitação
Maceió (AL)	-0,02	0,02		
João Pessoa (PB)	0,02	0,02		
Barbalha (CE)	0,06	0,05		
Cruzeta (RN)	0,02	0,02	0,03	
Quixeramobim (CE)	0,02	0,02	0,02	
Região Hidr. Amazônica	Coefficiente angular (a) °C/ano e mm/ano			
Cidades	Média	Máxima	Mínima	Precipitação
Rio Branco (AC)	0,02		0,04	11,9
Porto Velho (RO)		-0,02		
Cruzeiro do Sul (AC)			0,08	
Itaituba (PA)		0,02		
Coari (AM)		0,02		26,32
Benjamim (AM)		0,05	0,03	
Itacoatiara (AM)	0,03			
Parintins (AM)	0,03	0,02		
Porto de Móz (PA)		0,04		
Óbidos (PA)	0,02		0,07	
Boa Vista (RR)	0,03	0,04	0,03	
Região Hidr. Atl. Nord. Ocidental	Coefficiente angular (a) °C/ano e mm/ano			
Cidades	Média	Máxima	Mínima	Precipitação
Barra do Corda (MA)	0,03			
Turiação (MA)	0,02	0,03		

3.4.3. Análise das informações

Na região hidrográfica do Atlântico Sul, nos dois postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência de aumento para as temperaturas médias e mínimas, com exceção do posto da cidade de Santa Vitória do Palmar (RS), onde houve uma tendência de diminuição para a temperatura máxima.

Na região hidrográfica do Paraná, nos postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência de aumento de temperatura.

Na região do Atlântico Sudeste, nos postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência de aumento significativo para as temperaturas médias, máximas e mínimas com exceção para a cidade de Resende (RJ), cuja tendência foi de diminuição da temperatura máxima e na cidade de Juiz de Fora (MG), cuja tendência foi de diminuição para os três elementos estudados.

Na região hidrográfica do São Francisco, nos postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência de aumento nas temperaturas médias, máximas e mínimas, com exceção para a cidade de Remanso (BA), onde houve uma tendência de diminuição na temperatura máxima.

Na região hidrográfica do Atlântico Leste, nos postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência de aumento para as temperaturas médias e máximas.

Na região hidrográfica do Tocantins Araguaia, nos postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência de aumento para as temperaturas médias e máximas.

Na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, nos postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência de aumento para as temperaturas médias, máximas e mínimas, com exceção na cidade de Maceió (AL), cuja tendência foi de diminuição para a temperatura média.

Na região hidrográfica Amazônica, nos postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência de aumento para as temperaturas médias, máximas e mínimas, com exceção na cidade de Porto Velho (RO), cuja tendência foi de diminuição para a temperatura máxima.

Na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, nos dois postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência de aumento para as temperaturas médias e máximas.

CAPÍTULO 4

VARIAÇÃO DAS VAZÕES DE ALGUNS RIOS COM DADOS DA ANA

4.1. Introdução

Tanto a quantidade como a qualidade das águas sofrem alterações em decorrência de causas naturais e antrópicas. Entre as causas naturais que alteram o clima e, conseqüentemente, a disponibilidade de água, destacam-se as flutuações sazonais com período de um ano e outras com ciclos de médio e longo prazo, tais como o “El Niño” e os períodos glaciais, além de outras variações climáticas naturais. Outras causas sem um ciclo determinado podem ser classificadas como “catástrofes”.

Entre as ações humanas que podem alterar o balanço hídrico, destacam-se em escala local e regional o desmatamento, a mudança do uso do solo, os projetos de irrigação e a construção de barragens. Na escala planetária, destaca-se a mudança climática global decorrente da alteração das características químicas da atmosfera com gases que promovem o “efeito estufa”.

Causas naturais

A quantidade e a qualidade dos recursos hídricos, que escoam pelo canal principal de uma bacia hidrográfica em condições naturais, dependem do clima e das características físicas e biológicas dos ecossistemas que a compõem.

A interação contínua e constante entre a litosfera, a biosfera e a atmosfera, acabam definindo um equilíbrio dinâmico para o ciclo da água, o qual define em última análise, as características e as vazões das águas. Este equilíbrio depende basicamente:

- da quantidade e distribuição das precipitações: a quantidade de água proveniente das precipitações em uma bacia hidrográfica apresenta variações temporais e espaciais;
- do balanço de energia: a quantidade da água que é perdida através da evapotranspiração, depende da energia solar disponível, da natureza da vegetação e das características do solo;
- da geomorfologia: regula o tempo de permanência da água que depende da inclinação das secções transversais e longitudinal da bacia hidrográfica;
- da natureza e dimensão das formações geológicas: controla o armazenamento da água no solo, no subsolo e determina o fluxo de base dos afluentes e do canal principal;
- da vegetação natural que cobre a área: controla o balanço de energia, a infiltração da água, a evapotranspiração e a vazão final;
- da interação das espécies: a atividade dos ciclos biogeoquímicos depende da interação dos organismos vivos, incluindo a microfauna e a microflora.

Qualquer modificação nos componentes do clima ou da paisagem alterará a quantidade, a qualidade e o tempo de residência da água nos ecossistemas e, por sua vez, o fluxo da água e suas características no canal principal do rio.

Mudanças globais de origem antrópicas

Entre as variações de origem antrópica, as preocupações maiores estão relacionadas com as possíveis mudanças climáticas globais. As informações científicas acumuladas até o presente, indicam que as concentrações dos gases que podem produzir o aquecimento da atmosfera, conhecidos como gases de “efeito estufa”, estão aumentando de forma contínua e constante na atmosfera terrestre. Estes gases são: o gás carbônico, o metano, os óxidos de nitrogênio e os clorofluorcarbonos (CFCs).

As evidências científicas da possibilidade das mudanças climáticas globais são as seguintes (Houghton, et alii 1996):

As concentrações dos gases de “efeito estufa” aumentaram desde a era pré-industrial 1750 até 2001 (IPCC – 2001), em 32% para o gás carbônico; 151% para o metano; 17% para os óxidos de nitrogênio. Os CFCs estão controlados a médio e longo prazo pelo Tratado de Montreal. Estes aumentos que foram acelerados nas últimas décadas estão ligados, principalmente, às atividades antrópicas (uso de combustíveis fósseis, mudanças do uso da terra e atividades agropecuárias).

Os gases acima indicados têm a propriedade intrínseca na sua estrutura molecular de absorver radiação infra-vermelha.

As oscilações climáticas do passado estão em parte ligadas às variações das concentrações do metano e do gás carbônico na atmosfera.

Os modelos climáticos desenvolvidos até o momento para a escala planetária, indicam um aumento de temperatura caso as concentrações dos gases continuem a aumentar na atmosfera. Mesmo mantendo as condições atuais, a inércia do sistema implicará em alterações climáticas por mais de um século.

Já existem evidências de influências de ações antrópicas sobre a variabilidade do clima.

De forma geral, existe um consenso de que, caso não sejam tomadas providências adequadas, o Planeta passará por modificações climáticas de origem antrópica nas próximas décadas. Desta forma, as flutuações climáticas do futuro teriam dois componentes: um devido às causas naturais e o outro superposto devido às ações antrópicas.

As conseqüências destas variações climáticas de origem antrópica para disponibilidade dos recursos hídricos são várias, dependendo da região do Planeta considerada.

São previstas diminuição dos estoques de água das geleiras, aumento da umidade do ar em algumas regiões, aumento do número de tufões e furacões e

variações da quantidade e qualidade de água potável nas regiões litorâneas em decorrência da alteração do nível do mar.

O principal problema científico a ser enfrentado na próxima década será o desenvolvimento de modelos climáticos que permitam estimar com precisão razoável as variações climáticas regionais, uma vez que os modelos climáticos globais apresentam as simulações com resultados concordantes de forma geral.

No caso específico do Brasil, os estudos necessitam ser aprofundados e, em especial, para a região crítica do Nordeste semi-árido. Para o caso da Amazônia, o trabalho terá um desafio ainda maior, porque aquela região está sujeita a dois conjuntos de ações antrópicas que podem modificar o clima: o desmatamento de responsabilidade nacional e as mudanças climáticas globais cujos principais responsáveis são os países desenvolvidos.

Fluxos de água e energia na Região Amazônica e sua interação com outras regiões

Trabalhos realizados quantificam, preliminarmente, os fluxos de água na Bacia Amazônica (Villa Nova et alli, 1976; Molion, 1975; Salati et alli, 1979; Salati et alli, 1978; Salati e Nobre, 1991; Dall'Ollio et alli, 1979; Marque et alli, 1979; Salati e Vose, 1984; Salati e Marques, 1984). Os dados para esses estudos são dos anos 70, o desmatamento da região era desprezível e os efeitos das MCGs ainda não eram considerados. O esquema da figura 4.1 indica os fluxos para os diferentes componentes do ciclo hidrológico.

Em resumo, os vapores de água primários provem do Oceano Atlântico e penetram na região através dos ventos Alísios que sopram do Quadrante Leste com variações dependendo da época do ano decorrente do deslocamento na Zona de Convergência Inter-Tropical. As chuvas provenientes da condensação desse vapor d'água voltam em parte (aproximadamente 60%) à atmosfera por evapotranspiração dos sistemas florestais e uma parte se escoia pela calha do Rio Amazonas. Existe uma forte recirculação do vapor d'água na região

decorrente da cobertura vegetal e da geomorfologia. A água da precipitação é uma mistura do vapor d'água primário proveniente do oceano com o vapor d'água produzido pela evapotranspiração dos sistemas florestais e também pela evaporação direta das superfícies livres de água.

Em grandes números, 50% da precipitação da região seria decorrente desta recirculação do vapor d'água, sendo que o vapor originado por evapotranspiração é da mesma ordem de grandeza daquela proveniente do oceano. Com base no estudo do balanço de 0^{18} do vapor d'água que entra na região figura 4.1 e nas águas do Rio Amazonas (Salati et alii, 1979), foi estimado que uma grande parte (0,44 Fi) do vapor que entra na região pelos ventos Alísios deixa a bacia hidrográfica. Esse fluxo é da ordem de 3 a 5 x $10^{12}m^3$ por ano. Parte deste vapor d'água dirige-se para a região centro-sul do continente sul americano.

As quantificações desses fluxos vêm sendo realizadas por trabalhos recentes, entre eles destacam-se os estudos sobre "jatos de baixos níveis da América do Sul" que evidenciam sua importância no balanço hídrico de várias regiões (Herdies et al, 2001; Silva Dias e Marengo, 1999) e avançaram o conhecimento sobre os processos dinâmicos que definem os níveis de precipitação e sua variabilidade no Brasil.

Em decorrência da forte interação entre a atmosfera e os sistemas florestais na Amazônia, fica evidente que o desmatamento acabará por alterar os componentes do balanço hídrico diminuindo a produção do vapor d'água por evapotranspiração e aumentando numa primeira fase a vazão dos rios, pelo aumento do escoamento superficial nas áreas desmatadas. Isto implica numa diminuição dos recursos hídricos disponíveis no sistema solo-planta na região considerada, reduzindo o tempo de residência da água nos ecossistemas considerados, bem como diminuindo a oferta de vapor d'água para outras regiões.

Estudos de balanço de radiação da região de Manaus, concluíram que o valor médio da radiação solar incidente na região é da ordem de $425 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{dia}$. Na distribuição do balanço de radiação, foram utilizados 50% no processo de produção de vapor d'água, através da evapotranspiração das florestas e da evaporação das superfícies livres de água (calor latente), 50% foram utilizados no aquecimento do ar (calor sensível). Com o desmatamento deverá ser maior a quantidade de energia utilizada para o aquecimento do ar.

Existem evidências que essas modificações já estão ocorrendo à medida que o desmatamento avança. Assim, Costa et alii, 2003, encontraram em uma sub-bacia do Rio Tocantins, com área de 176 mil km^2 , um aumento na vazão em

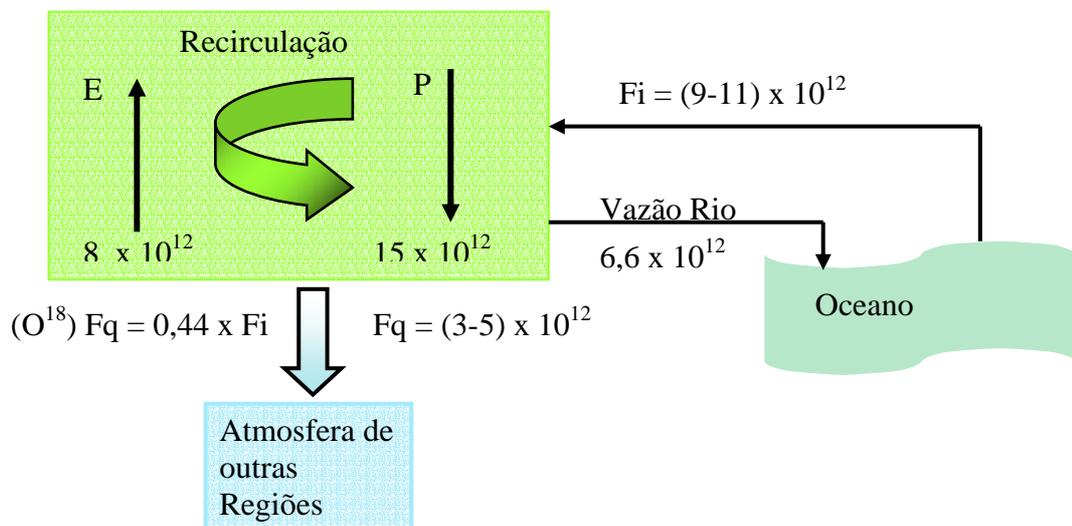


Figura 4.1: — Bacia Amazônica — Balanço Hídrico — Fluxos em m^3/ano .

decorrência do desmatamento sem mudanças sensíveis nos totais de precipitação. Isso implica numa redução da evapotranspiração, alterando o ciclo hidrológico local e regional. Os valores encontrados indicam um aumento de vazão em 25% no período 1980-90, quando comparados com os valores de 1950-60. Essa variação foi observada tanto para os períodos chuvosos como

para os de estiagem. O aumento do desmatamento na região considerada foi de 20% no período de 1960 a 1995.

O fogo associado ao desmatamento também pode alterar o balanço hídrico através dos núcleos de condensação de nuvens (NCN) que tem origem biológica e provem da conversão de gases biogênicos em partículas (Artaxo 2005). Estas partículas microscópicas de aerossol têm a propriedade de condensar água em sua superfície o que juntamente com o vapor de água irão formar as gotículas de nuvens (Silva Dias *et al.*, 2004, Andreae *et al.*, 2004). A diferença na concentração de NCN da estação chuvosa para a estação seca (de cerca de 200 para 20.000 p.p cm^{-3}), decorrentes das queimadas, em grandes áreas da Amazônia altera as propriedades micro físicas das nuvens modificando as condições de seu desenvolvimento e posteriormente as precipitações pluviométricas decorrentes (Artaxo *et al.*, 2003, Andréa *et al.*, 2004). Outro aspecto importante na estrutura de nuvens durante a estação seca, com forte impacto de queimadas, é a presença significativa de partículas que absorvem radiação, o chamado “black carbon”, que consiste em fuligem das queimadas. Gotículas de nuvens ricas em fuligem absorvem radiação muito eficientemente, evaporando-se antes de precipitarem, intensificando a supressão da precipitação. O “black carbon” dentro da gota líquida altera a ótica da interação da gota com a radiação solar, aquecendo fortemente a gotícula, favorecendo sua evaporação. Com as altas concentrações de “black carbon” durante a estação seca (de 5 a 40 $\mu\text{g m}^{-3}$), este fenômeno é particularmente importante na Amazônia, comparada com outras regiões do globo.

Experimentos intensivos foram conduzidos entre 1990 e 1994 com a finalidade de estudar as interações solo-planta-atmosfera, do ponto de vista micro-climático em florestas e áreas de pastagens na Região Amazônica. Dentro de uma cooperação anglo-brasileira (ABRACOS), os experimentos envolveram um grande número de pesquisadores do Brasil e da Inglaterra. Em resposta ao desmatamento e à substituição da Floresta Amazônica por pastagens, foi possível concluir que poderá ocorrer uma redução de 6 a 20% na precipitação regional. Estudos comparativos sobre medidas de temperatura do ar entre

áreas de pastagens e florestas nativas demonstraram um aumento de 2,4°C nas áreas desmatadas (Gash et alii, 1996). Na última década, um grande projeto foi desenvolvido procurando estudar com mais detalhes as interações entre a biosfera e a atmosfera na região Amazônica. Esse projeto, realizado em cooperação da NASA com o Brasil, denominado “Large Scale Biosphere – Atmosphere Experiment in Amazônia” (LBA) vêm trazendo um grande número de informações detalhadas. Atualmente em uma nova fase desse projeto, os dados obtidos estão sendo analisados de maneira integrada para se ter um cenário regional no que diz respeito aos mecanismos que mantêm o equilíbrio ecológico da região. Espera-se assim haver em breve um conhecimento mais profundo dos processos dinâmicos, que envolvem as interações, solo-planta-atmosfera.

4.2. Vazões Médias, de Estiagem e Balanço Hídrico

O Brasil foi dividido em 12 regiões hidrográficas pela Resolução nº 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos. A figura 4.2.1 indica as diferentes regiões hidrográficas. Foram feitos estudos determinando o balanço hídrico em cada um dessas regiões, considerando as regiões dentro do território nacional para as bacias hidrográficas que tem parte no exterior, tais como:

- A Bacia Amazônica que compreende uma área de 2,2 milhões de km² em território estrangeiro e que contribui com 86.321 m³/s adicionais em termos de vazão média;
- A Bacia do Rio Uruguai que abrange 37.000 km² adicionais em território estrangeiro e que contribui com 878m³/s de vazão média adicional; e
- A Bacia do Rio Paraguai que abrange 118.000 km² adicionais em território estrangeiro com uma vazão média de 595 m³/s.



Figura 4.2.1. Divisão hidrológica nacional (Resolução nº 32 Conselho Nacional de Recursos Hídricos). Fonte: ANA (2004).

A tabela 4.2.1. mostra as áreas das regiões hidrográficas em km^2 , as vazões médias em m^3/s e as vazões de estiagem em m^3/s .

Tabela 4.2.1. Vazões médias e de estiagem nas regiões hidrográficas e no país.

Fonte: ANA. 2004.

Região Hidrográfica	Área Km ²	Vazão média (m ³ /s)	Vazão de estiagem ¹ (m ³ /s)	Vazão específica (l/km ² s)	Relação: Vazão de estiagem/vazão média (%)
Amazônica ²	3.869.953	131.947	73.748	34,1	55,89
Tocantins Araguaia	921.921	13.624	2.550	14,8	18,72
Atlântico NE Ocidental	274.301	2.683	328	9,8	12,33
Parnaíba	333.056	763	294	2,3	38,53
Atlântico NE Oriental	286.802	779	32	2,7	4,11
São Francisco	638.576	2.850	854	4,5	29,96
Atlântico Leste	388.160	1.492	253	3,8	46,96
Atlântico Sudeste	214.629	3.179	989	14,8	31,11
Atlântico Sul	187.522	4.174	624	22,3	14,95
Uruguai ³	174.533	4.121	391	23,6	9,49
Paraná	879.873	11.453	4.647	13,0	40,57
Paraguai ⁴	363.446	2.368	785	6,5	33,15
Brasil	8.532.772	179.433	85.495	21,0	47,65

1 Vazão com permanência de 95%. 2- A bacia Amazônica ainda compreende uma área de 2.2 milhões de Km² em território estrangeiro, a qual contribui com adicionais 86.321 m³/s em termos de vazão média. 3- A bacia do rio Uruguai ainda compreende adicionais 37 mil Km² em território estrangeiro a qual contribui com 878 m³/s. 4- A bacia do rio Paraguai compreende adicionais 118 mil Km² em território estrangeiro e 595m³/s.

A vazão média anual dos rios em território nacional é de 179.000 m³/s e que corresponde a aproximadamente 12% da disponibilidade mundial de recursos hídricos que é estimada em 1,5 milhões de m³/s. Se forem incluídas as vazões provenientes dos territórios externos do Brasil, a disponibilidade hídrica total do País atinge um total da ordem de 267.000 m³/s que corresponde a 18% da disponibilidade mundial. (ANA, 2004).

Observa-se que as vazões específicas variam consideravelmente no Brasil de 2,3 l/ Km².s (Bacia do Parnaíba) a 34,1 l/ Km².s (Bacia Amazônica). Na Bacia do Tocantins Araguaia a vazão específica foi de 14 l/ Km².s. Na Bacia do Rio Paraná foi de 13 l/ Km².s. Nas Bacias dos Rios Atlântico Sul e Uruguai as vazões específicas ficaram na ordem de 22,3 l/ Km².s e 23,6 l/ Km².s, respectivamente.

Pela tabela 4.2.1 observa-se que as vazões de estiagem que representam maior percentual das vazões médias estão nas regiões Amazônica, Paraná e Tocantins/Araguaia. As menores vazões são a do Atlântico Nordeste Oriental, Parnaíba e Atlântico Leste. Em geral, as bacias hidrográficas localizadas sob formações sedimentares com maior área de drenagem e/ou com regularidade das chuvas apresentam vazões de estiagem maiores entre 20 a 30%. Na Bacia Amazônica, chega a 70%. As vazões de estiagem das regiões cristalinas com regime de chuvas concentrado e irregular apresentam baixas vazões de estiagem. Em geral, inferiores a 10% da vazão média.

A tabela 4.2.2 mostra os componentes do balanço hídrico simplificado (ANA, 2004). Sendo a evapotranspiração calculada pela diferença entre a precipitação e a vazão. Esse valor de evapotranspiração pode ser tomado, numa primeira aproximação, como evapotranspiração efetiva (*ETR real ou efetiva*).

Tabela 4.2.2. Balanço hídrico simplificado (ANA, 2004).

Região Hidrográfica	Precipitação (P) (mm/ano)*	Vazão (Q) (m ³ /s)*	ETR (mm/ano)	ETR/P x 100 (%)
Amazônica	2.239	131.947	1.164	52
Tocantins Araguaia	1.837	13.624	1.371	75
Atlântico NE Ocidental	1.790	2.683	1.482	83
Parnaíba	1.117	763	1.045	94
Atlântico NE Oriental	1.218	779	1.132	93
São Francisco	1.037	2.850	896	86
Atlântico Leste	1.058	1.492	937	89
Atlântico Sudeste	1.349	3.179	882	65
Atlântico Sul	1.568	4.174	866	55
Uruguai	1.785	4.121	1.040	58
Paraná	1.511	11.453	1.101	73
Paraguai	1.398	2.368	1.193	85
Brasil	1.797	179.374	1.134	63

* Valores médios de longo período

Observa-se que a perda de água por evapotranspiração é bastante elevada em grande parte do território nacional, sendo em várias regiões acima de 80%. Os menores valores são encontrados na região Amazônica, na região Sudeste e no Atlântico Sul. Essa simples constatação indica as regiões mais críticas com referência à oferta de recursos hídricos, em função da variabilidade das precipitações.

A figura 4.2.2 indica os valores do balanço hídrico em percentagem da precipitação, ou seja, da evapotranspiração e do escoamento superficial que representaria a vazão média dos rios.

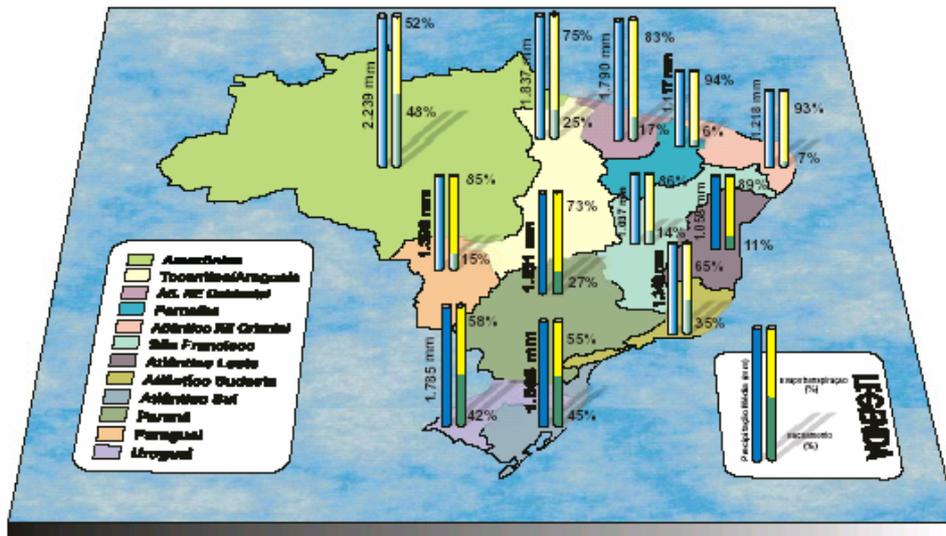


Figura 4.2.2. Resumo do balanço hídrico para as regiões hidrográficas do Brasil (ANA, 2004).

Variabilidade Regional

Na região característica da Amazônia (AM) (ao sul do Equador), que corresponde a cidade de Manaus, observa – se uma diminuição mínima das precipitações no período que vai de Julho a Setembro, e os máximos de precipitação correspondem ao período de Novembro até Maio (figura 4.2.3).

Na região do Brasil Central, que corresponde a cidade de Brasília (DF) (área característica de cerrado), observa – se uma forte diminuição no período de estiagem com um mínimo de precipitação no período de Junho a Setembro, ficando o período chuvoso concentrado de Outubro até Maio (figura 4.2.3)

Na região sul do Brasil, o clima é caracterizado pela cidade de Passo Fundo (RS), observa – se então uma distribuição regular ao longo do ano com um máximo no mês de Setembro (figura 4.2.3).

Na região de São Carlos (SP), no Planalto Paulista, que pode representar grande parte da Bacia do Tietê a distribuição das precipitações mostra um período de estiagem não tão crítico quanto o de Brasília no período que vai de Junho a Setembro, ficando o período chuvoso de Outubro a Maio (figura 4.2.3).

Na região do Nordeste, representada pela cidade de Quixeramobim (CE), verifica – se uma distribuição das precipitações com um período de estiagem longo que vai de Julho a Dezembro com precipitações mais intensas no período que vai de Março até Maio (figura 4.2.3).

No Litoral Nordestino representado pela cidade de Maceió (AL), observa – se uma variação estacional, estando às chuvas concentradas no período que vai de Abril a Julho (figura 4.2.3).

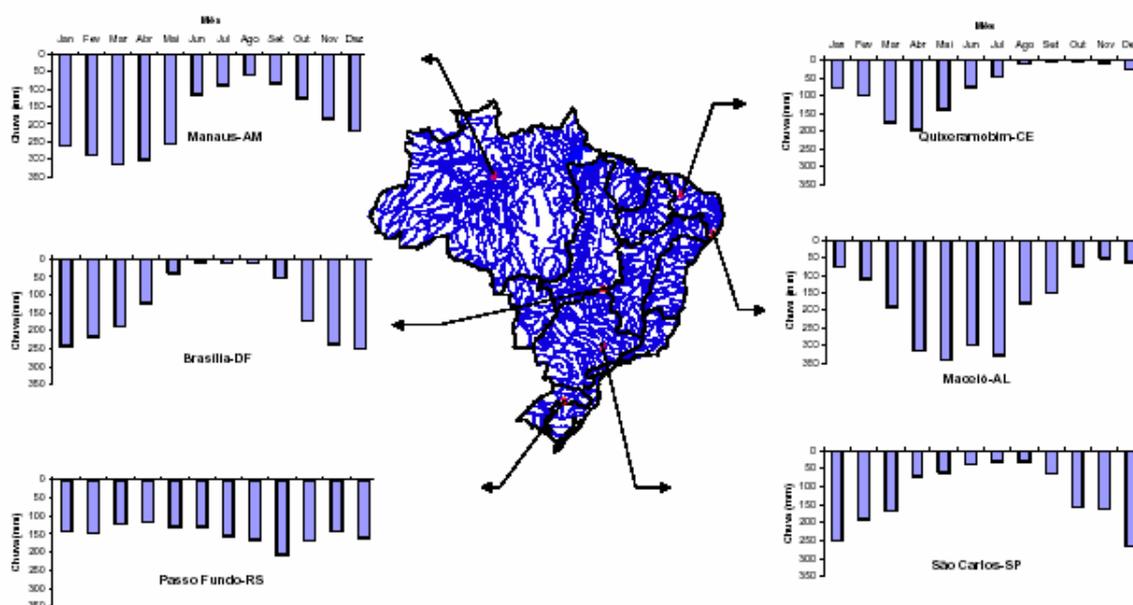


Figura 4.2.3. Chuvas médias mensais em postos pluviométricos dados de 1961 – 1990. (ANA, 2004).

Estas variações das precipitações nas diversas regiões hidrográficas do país refletem nas distribuições ao longo do ano nas vazões das principais bacias de drenagem do Brasil, como indica a figura 4.2.4.

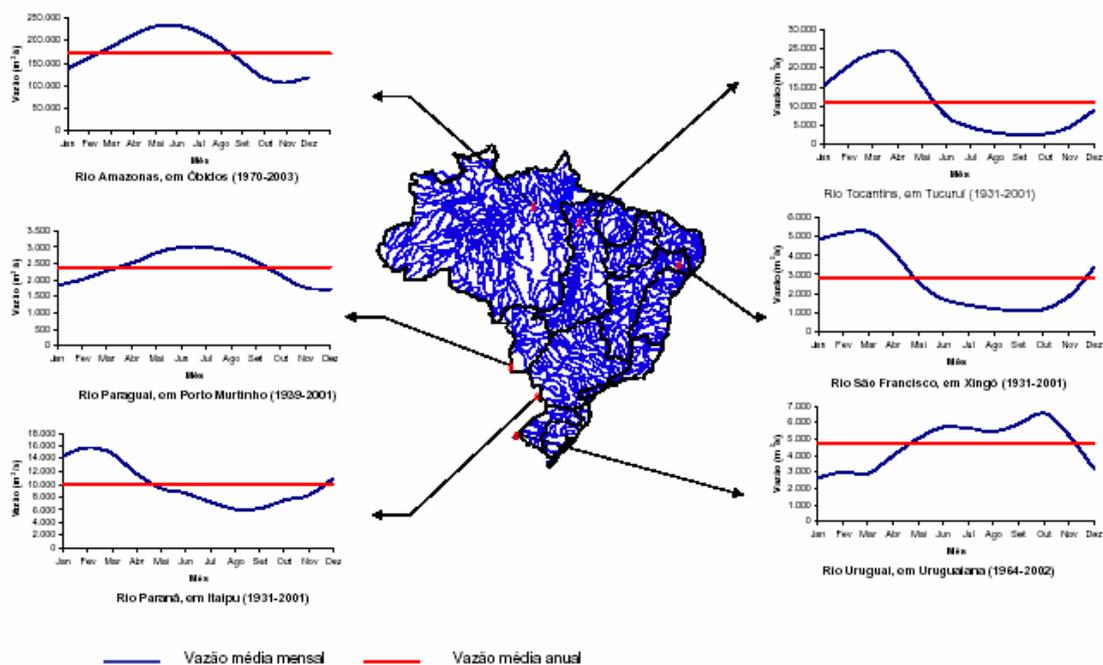


Figura 4.2.4. Hidrograma nas regiões hidrográficas Amazônica, Tocantins Araguaia, São Francisco, Paraná, Paraguai e Uruguai (ANA, 2004).

4.3. Estudo das Variações Temporais das Vazões de 34 Postos Fluviométricos em Diversas Regiões do País.

4.3.1. Materiais e métodos

Os postos fluviométricos escolhidos e utilizados neste estudo foram indicados pela ANA, tendo em vista a finalidade do trabalho, qual seja, o estudo da variabilidade temporal das vazões de alguns rios dentro do território nacional. Foi fornecida a relação de postos fluviométricos indicadas na tabela 4.3.1, através do qual foram acessados os dados específicos para cada um dos postos incluindo nome do município, rio, estado, coordenadas geográficas, altitude, área de drenagem e período de observação tabela 4.3.2. Os dados fornecidos foram valores mensais de vazões para os anos de observação existentes, estes dados encontram – se no Anexo 4.3.

O período de observação é variável sendo o mais curto o posto da Lagoa do Tamburi (18 anos) e o mais longo o posto de Iguatu (91 anos).

Foram desenvolvidos os seguintes estudos e análises:

- a) Cálculo das vazões médias e das vazões médias móveis para 5 e 10 anos, para facilitar a visualização das tendências das variações das vazões em função do tempo, os dados obtidos pela análise encontram – se no Anexo 4.3;
- b) Para cada posto foram analisadas as tendências das variações das vazões médias anuais e das variações médias para os períodos de Verão, Outono, Inverno e Primavera, os dados obtidos pela análise encontram – se no Anexo 4.3;
- c) Para cada posto foram feitas as regressões lineares simples para o estudo das tendências temporais, os dados obtidos pela análise encontram - se no Anexo 4.3.

4.3.2. Análise geral dos resultados

4.3.2.1. Variação das tendências temporais

Na tabela 4.3.3, estão indicadas para cada um dos postos fluviométricos:

- a) Vazões médias anuais do período;
- b) Vazões médias móveis anuais para 5 anos;
- c) Vazões médias móveis anuais para 10 anos;
- d) Vazões médias de Verão por período;
- e) Vazões médias de Outono por período;
- f) Vazões médias de Inverno por período;
- g) Vazões médias de Primavera por período.

As análises gráficas para cada um dos 34 postos fluviométricos estão indicadas no Anexo 4.3

4.3.2.2. Variação das tendências através dos dados estatísticos

Na tabela 4.3.3 estão também, indicados para cada um dos postos fluviométricos os seguintes dados de Estatística de Regressão Simples,

$$(y = ax + b):$$

- a) Valores de a ($m^3/s.ano$), que indicam o coeficiente angular da reta ($y = ax + b$), os valores negativos indicam que a tendência da reta é decrescente, ou seja, existe uma tendência da diminuição da vazão média dos rios; já os valores positivos indicam que a tendência da reta é crescente, ou seja, existe uma tendência do aumento da vazão média dos rios.
- b) Valores de R^2 , que representam o coeficiente de determinação, ou seja, o ajuste dos dados à reta.
- c) Valores do Erro Padrão ($\pm m^3/s$), que representam a dispersão do conjunto de dados.
- d) Valores da Significância do Teste f (%), que representam se a reta é estatisticamente significativa.
- e) Valores da Vazão Específica ($l/ s.Km^2$).

4.3.2.3. Variação das tendências através da divisão dos dados da ANA em regiões políticas (R.P.) do país

Os dados da tabela 4.3.3 foram agrupados segundo as 5 Regiões Políticas (R.P.) do país: Sul (10 cidades); Sudeste (4 cidades); Centro – Oeste (4 cidades); Nordeste (10 cidades) e Norte (5 cidades).

Na tabela 4.3.4 estão indicados os postos fluviométricos divididos pelas regiões políticas do país.

Tabela 4.3.1. Relação dos Postos Fluviométricos indicados pela ANA.

Código	Nível de cons.	Sub-bacia	Rio	Estado	Município	Resp.	Nome	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Área de dren.(km2)
13870000	Consistido	13	13300000	3	3024000	1	LABREA	-07:15:08	-064:48:00	60,00	220351,00
14710000	Consistido	14	14260000	4	4004000	1	CARACARAI	+01:49:17	-061:07:25	0,00	124980,00
16800000	Consistido	16	16760000	5	5053000	1	VISTA ALEGRE-CONJ 1	-01:06:03	-056:02:27	5,31	36460,00
18850000	Consistido	18	18500000	5	5006000	1	ALTAMIRA	-03:12:44	-052:12:38	0,00	446203,00
20100000	Consistido	20	20200000	26	26119000	1	JARAGUA	-15:43:11	-049:19:44	545,40	1978,00
22250000	Consistido	22	22200000	29	29112000	1	FAZENDA LOBEIRA	-11:31:58	-048:17:20	0,00	14475,00
24500000	Consistido	24	24700000	25	25154000	1	TESOURO	-16:04:40	-053:32:51	0,00	5519,00
26100000	Consistido	26	26200000	25	25030000	1	XAVANTINA	-14:40:20	-052:21:17	0,00	24950,00
52405000	Consistido	52	52001000	16	16204000	1	LAGOA DO TAMBURI	-13:52:42	-040:53:49	0,00	33050,00
35830000	Consistido	35	35800000	9	9065000	1	CAIO PRADO	-04:39:27	-038:56:36	111,00	1640,00
36160000	Consistido	36	36001000	9	9055000	1	IGUATU	-06:22:22	-039:17:33	213,00	21000,00
38860000	Consistido	38	38600000	11	11025000	1	BODOCONGO	-07:31:42	-035:59:59	350,00	13780,00
40080000	Consistido	40	40170000	17	17388000	1	TAQUARAL	-19:40:13	-045:36:36	590,00	623,00
46590000	Consistido	46	46360000	16	16032000	1	NOVA VIDA - MONTANTE	-11:51:16	-045:07:17	456,00	6918,00
48020000	Consistido	48	40001000	16	16184000	1	JUAZEIRO	-09:24:20	-040:30:12	357,80	510800,00
49330000	Consistido	49	40001000	13	13071000	1	PIRANHAS	-09:37:34	-037:45:22	10,85	604000,00
51280000	Consistido	51	51200000	16	16119000	1	IAÇU	-12:45:44	-040:12:49	222,00	21261,00
34660000	Consistido	34	34001000	8	8075000	1	FAZENDA VENEZA	-05:34:22	-043:01:27	70,00	242500,00
54950000	Consistido	54	54001000	16	16163000	1	ITAPEBI	-15:56:54	-039:31:25	0,00	67769,00
56995500	Consistido	56	56564000	18	18015000	1	PONTE DO PANCAS	-19:25:22	-040:41:11	110,00	919,00
58630002	Consistido	58	58001000	19	19056000	1	ANTA (ANTA G)	-22:02:07	-042:59:27	231,60	30579,00
70300000	Consistido	70	70200000	23	23163000	1	FAZENDA MINEIRA	-28:05:24	-050:03:35	1000,00	1119,00
62615000	Consistido	62	62263000	21	21249000	1	JAGUARIUNA	-22:42:31	-046:59:30	557,00	2180,00
64360000	Consistido	64	64150000	22	22279000	1	TOMAZINA	-23:46:00	-049:57:00	483,00	2015,00
65060000	Consistido	65	65100000	22	22257000	1	SÃO MATEUS DO SUL	-25:52:33	-050:23:23	745,00	6065,00
66870000	Consistido	66	66320000	28	28023000	1	COXIM (PCD INPE)	-18:30:27	-054:45:38	190,00	27040,00
61024000	Consistido	61	61151000	17	17012000	1	AIURUOCA	-21:58:48	-044:36:05	966,00	536,00
72680000	Consistido	72	72201000	24	24118000	1	PASSO COLOMBELLI	-27:33:37	-051:51:28	400,00	3626,00

Tabela 4.3.2. Dados Específicos para cada um dos Postos Fluviométricos indicados pela ANA.

Nome	Rio	Estado	Município	Período dos dados	Total de anos
LABREA	Purus	Amazonas	Labrea	07/1967 a 05/2000	33
CARACARAI	Branco	Roraima	Carcuarí	07/1967 a 10/2004	37
VISTA ALEGRE-CONJ 1	Cumina	Pará	Oriximina	10/1970 a 11/1994	24
ALTAMIRA	Xingú	Pará	Altamira	01/1971 a 11/2003	32
JARAGUA	Das Almas	Goiás	Jaraguá	11/1964 a 12/2002	38
FAZENDA LOBEIRA	Manuel Alves da Natividade	Tocantins	São Valerio da Natividade	09/1969 a 12/2002	33
TESOURO	Das Garças	Mato Grosso	Barra do Garça	07/1966 a 10/2003	37
XAVANTINA	Mortes	Mato Grosso	Barra do Garça	01/1969 a 10/2004	35
LAGOA DO TAMBURI	De Contas	Bahia	Manoel Vitorino	11/1984 a 12/2002	18
CAIO PRADO	Choro	Ceará	Itapiuna	01/1934 a 06/2003	69
IGUATU	Jaguaribe	Ceará	Iguatu	01/1912 a 06/2003	91
BODOCONGO	Paraíba	Paraíba	Boqueirão	01/1970 a 12/2002	32
TAQUARAL	Ribeirão Jorge Grande	Minas Gerais	Luz	09/1965 a 12/2002	37
NOVA VIDA - MONTANTE	Branco	Bahia	Barreiras	03/1977 a 12/2002	25
JUAZEIRO	São Francisco	Bahia	Juazeiro	09/1928 a 09/2004	76
PIRANHAS	São Francisco	Alagoas	Piranhas	01/1979 a 04/2003	24
IAÇU	Paraguaçu	Bahia	Iaçú	01/1930 a 12/2002	72
FAZENDA VENEZA	Parnaíba	Piauí	Palmeiras	06/1967 a 12/2003	36
ITAPEBI	Jequitinhonha	Bahia	Itapebi	04/1936 a 11/2004	68
PONTE DO PANCAS	Pancas	Espírito Santo	Colatina	11/1965 a 12/2001	36
ANTA (ANTA G)	Paraíba do Sul	Rio de Janeiro	Sapucaia	01/1930 a 12/1999	69
FAZENDA MINEIRA	Lava Tudo	Santa Catarina	São Joaquim	03/1942 a 12/2002	60
JAGUARIUNA	Jaguari	São Paulo	Jaguariuna	04/1971 a 12/2000	29
TOMAZINA	Das Cinzas	Paraná	São Mateus	06/1926 a 12/2002	76
SÃO MATEUS DO SUL	Iguaçu	Paraná	São Mateus	05/1930 a 10/2002	72
COXIM (PCD INPE)	Taquari	Mato Grosso do Sul	Coxim	01/1966 a 09/2004	38
AIURUOCA	Aiuruoca	Minas Gerais	Aiuruoca	09/1934 a 12/2003	69

PASSO COLOMBELLI	Apuê	Rio Grande do Sul	Marcelino Ramos	10/1939 a 12/2002	63
PASSO CAXAMBU	Uruguai	Santa Catarina	Caxambú do Sul	05/1940 a 12/2002	62
PASSO SANTA MARIA (PCD INPE)	Piratinim	Rio Grande do Sul	Bossoroca	12/1956 a 09/2003	47
ALEGRETE	Ibirapuita	Rio Grande do Sul	Alegrete	10/1940 a 09/2003	63
BALSA DO CERRO AZUL (PCD INPE)	Ribeira do Iguápe	Paraná	Cerro Azul	05/1930 a 12/2003	73
RIO PARDO	Jacuí	Rio Grande do Sul	Rio Pardo	12/1939 a 12/2003	64
PASSO DO PRATA	Prata	Rio Grande do Sul	Vila Flores	12/1939 a 12/2001	62

Tabela 4.3.3. Análise Geral dos Resultados de Acordo com as Identificações Indicadas no Item 4.3.1

Análise dos Dados ANA (Regressão linear Simples) ($y = ax + b$)						
	Vazões médias	a	R²	Erro Padrão	Significância	Vazão esp.
	(m³/s)	(m³/ s.ano)		(± m³/ s)	(%)	l/s.Km²
Aiuruoca (MG)						
Vazões Médias	18,75	0,07	0,05	5,66	5,90	34,98
Vazões Média Móvel 5	-	0,08	0,14	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	0,10	0,31	-	-	-
Vazões Verão	29,54	0,16	0,11	-	-	55,11
Vazões Outono	22,40	0,08	0,05	-	-	41,79
Vazões Inverno	11,06	0,04	0,06	-	-	20,63
Vazões Primavera	12,15	-0,01	0,00	-	-	22,67
Alegrete (RS)						
Vazões Médias	126,63	1,19	0,12	56,79	0,52	21,31
Vazões Média Móvel 5	-	1,28	0,46	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	1,05	0,70	-	-	-
Vazões Verão	79,00	1,87	0,14	-	-	13,30
Vazões Outono	132,97	1,84	0,09	-	-	22,38
Vazões Inverno	154,68	0,47	0,01	-	-	26,03
Vazões Primavera	137,46	0,43	0,01	-	-	23,13
Altamira (PA)						
Vazões Médias	7859,13	-31,56	0,03	1746,81	33,00	17,61
Vazões Média Móvel 5	-	-48,11	0,33	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	-38,15	0,43	-	-	-
Vazões Verão	8696,59	-8,45	0,00	-	-	19,49
Vazões Outono	17298,25	-108,40	0,07	-	-	38,77
Vazões Inverno	3831,36	-27,79	0,04	-	-	8,59
Vazões Primavera	1467,30	-6,83	0,03	-	-	3,29
Balsa do Cerro Azul (PR)						
Vazões Médias	74,77	0,61	0,19	26,91	0,01	16,36
Vazões Média Móvel 5	-	0,69	0,53	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	0,69	0,75	-	-	-
Vazões Verão	86,36	0,72	0,15	-	-	18,90
Vazões Outono	70,60	0,61	0,20	-	-	15,45
Vazões Inverno	69,24	0,62	0,08	-	-	15,15
Vazões Primavera	72,54	0,48	0,08	-	-	15,87
Bodocongo (PB)						
Vazões Médias	37,34	-2,50	0,20	49,85	0,99	2,71
Vazões Média Móvel 5	-	-3,58	0,44	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	-4,98	0,81	-	-	-
Vazões Verão	27,61	-1,68	0,13	-	-	2,00
Vazões Outono	73,21	-4,86	0,18	-	-	5,31
Vazões Inverno	28,10	-1,96	0,16	-	-	2,04
Vazões Primavera	20,46	-1,50	0,15	-	-	1,48
	Vazões médias	a	R²	Erro Padrão	Significância	Vazão esp.
Caio Prado (CE)	(m³/s)	(m³/ s.ano)		(± m³/ s)	(%)	l/s.Km²
Vazões Médias	3,82	0,02	0,01	4,90	47,00	2,33
Vazões Média Móvel 5	-	0,03	0,04	-	-	-

Vazões Média Móvel 10	-	0,04	0,07	-	-	-
Vazões Verão	1,13	0,02	0,02	-	-	0,69
Vazões Outono	12,49	0,05	0,01	-	-	7,62
Vazões Inverno	1,01	0,01	0,02	-	-	0,62
Vazões Primavera	0,09	0,00	0,10	-	-	0,05
Caracaraí (RR)						
Vazões Médias	2869,54	-16,66	0,05	806,72	20,00	22,96
Vazões Média Móvel 5	-	-7,09	0,04	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	-10,60	0,12	-	-	-
Vazões Verão	1155,45	-7,71	0,04	-	-	9,25
Vazões Outono	1945,72	-32,27	0,10	-	-	15,57
Vazões Inverno	6034,27	-16,57	0,01	-	-	48,28
Vazões Primavera	2322,59	-10,83	0,02	-	-	18,58
Coxim (MS)						
Vazões Médias	321,21	3,44	0,25	72,51	0,40	11,88
Vazões Média Móvel 5	-	3,35	0,24	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	2,63	0,19	-	-	-
Vazões Verão	424,95	3,02	0,08	-	-	15,72
Vazões Outono	346,22	3,50	0,19	-	-	12,80
Vazões Inverno	242,31	3,65	0,51	-	-	8,96
Vazões Primavera	273,85	3,66	0,42	-	-	10,13
Faz. Lobeira (TO)						
Vazões Médias	194,04	-1,69	0,08	56,84	13,00	13,41
Vazões Média Móvel 5	-	-2,36	0,28	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	-3,75	0,72	-	-	-
Vazões Verão	364,69	-2,39	0,02	-	-	25,19
Vazões Outono	277,34	-2,62	0,06	-	-	19,16
Vazões Inverno	52,45	-0,35	0,05	-	-	3,62
Vazões Primavera	86,07	-0,89	0,03	-	-	5,95
Faz. Mineira (SC)						
Vazões Médias	29,54	0,33	0,24	10,55		26,40
Vazões Média Móvel 5	-	0,31	0,53	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	0,26	0,57	-	-	-
Vazões Verão	25,13	0,33	0,24	-	-	22,46
Vazões Outono	21,98	0,32	0,13	-	-	19,64
Vazões Inverno	36,02	0,33	0,08	-	-	32,19
Vazões Primavera	34,89	0,34	0,09	-	-	31,18
	Vazões médias	a	R²	Erro Padrão	Significância	Vazão esp.
Faz. Veneza (PI)	(m³/s)	(m³/s.ano)		(± m³/s)	(%)	l/s.Km²
Vazões Médias	561,03	-1,34	0,01	143,04	56,00	2,31
Vazões Média Móvel 5	-	-2,09	0,06	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	-3,44	0,21	-	-	-
Vazões Verão	716,51	1,09	0,00	-	-	2,95
Vazões Outono	797,67	-8,76	0,08	-	-	3,29
Vazões Inverno	340,79	1,36	0,09	-	-	1,41
Vazões Primavera	389,14	0,96	0,02	-	-	1,60
Iaçu (BA)						
Vazões Médias	71,04	-0,04	0,00	35,54	83,00	3,34
Vazões Média Móvel 5	-	-0,11	0,02	-	-	-

Vazões Média Móvel 10	-	-0,11	0,02	-	-	-
Vazões Verão	115,89	0,30	0,01	-	-	5,45
Vazões Outono	87,57	-0,21	0,00	-	-	4,12
Vazões Inverno	38,74	-0,18	0,04	-	-	1,82
Vazões Primavera	41,95	-0,07	0,00	-	-	1,97
Iguatu (CE)						
Vazões Médias	28,72	-0,03	0,00	37,51	86,00	1,37
Vazões Média Móvel 5	-	-0,01	0,00	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	0,06	0,01	-	-	-
Vazões Verão	27,64	0,04	0,00	-	-	1,32
Vazões Outono	83,99	-0,22	0,00	-	-	4,00
Vazões Inverno	3,14	0,07	0,02	-	-	0,15
Vazões Primavera	0,23	0,00	0,00	-	-	0,01
Itapebi (BA)						
Vazões Médias	415,34	-0,23	0,00	177,31	83,00	6,13
Vazões Média Móvel 5	-	-0,21	0,00	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	0,02	0,00	-	-	-
Vazões Verão	782,10	-0,84	0,00	-	-	11,54
Vazões Outono	399,48	0,01	0,00	-	-	5,89
Vazões Inverno	183,02	0,15	0,00	-	-	2,70
Vazões Primavera	306,49	0,24	0,00	-	-	4,52
Jaguariuna (SP)						
Vazões Médias	29,83	-0,91	0,23	15,01	0,80	13,68
Vazões Média Móvel 5	-	-1,09	0,68	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	-1,31	0,85	-	-	-
Vazões Verão	43,59	-1,15	0,26	-	-	20,00
Vazões Outono	30,47	-0,86	0,19	-	-	13,98
Vazões Inverno	20,82	-0,81	0,15	-	-	9,55
Vazões Primavera	24,44	-0,81	0,18	-	-	11,21
	Vazões médias	a	R²	Erro Padrão	Significância	Vazão esp.
Jaraguá (GO)	(m³/s)	(m³/ s.ano)		(± m³/ s)	(%)	l/s.Km²
Vazões Médias	33,45	-0,04	0,00	8,48	77,00	16,91
Vazões Média Móvel 5	-	0,00	0,00	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	0,17	0,20	-	-	-
Vazões Verão	53,71	0,01	0,00	-	-	27,15
Vazões Outono	47,09	-0,19	0,02	-	-	23,81
Vazões Inverno	16,18	0,03	0,01	-	-	8,18
Vazões Primavera	16,83	-0,01	0,00	-	-	8,51
Juazeiro (BA)						
Vazões Médias	2546,00	-9,87	0,07	773,75	1,70	4,98
Vazões Média Móvel 5	-	-8,43	0,11	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	-8,18	0,17	-	-	-
Vazões Verão	3687,67	-35,32	0,32	-	-	7,22
Vazões Outono	3323,77	-24,91	0,11	-	-	6,51
Vazões Inverno	1577,24	8,02	0,17	-	-	3,09
Vazões Primavera	1596,51	12,80	0,34	-	-	3,13
Labrea (AM)						
Vazões Médias	5555,13	-3,43	0,00	484,68	71,00	25,21
Vazões Média Móvel 5	-	-9,26	0,15	-	-	-

Vazões Média Móvel 10	-	-10,41	0,43	-	-	-
Vazões Verão	7199,33	-1,67	0,00	-	-	32,67
Vazões Outono	10413,85	16,56	0,08	-	-	47,26
Vazões Inverno	3053,96	-13,13	0,03	-	-	13,86
Vazões Primavera	1553,41	-15,49	0,10	-	-	7,05
Lagoa do Tamburi (BA)						
Vazões Médias	28,05	-1,27	0,05	30,37	40,00	0,85
Vazões Média Móvel 5	-	-1,31	0,25	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	-0,77	0,46	-	-	-
Vazões Verão	83,32	-5,36	0,06	-	-	2,52
Vazões Outono	17,19	0,62	0,01	-	-	0,52
Vazões Inverno	2,79	-0,08	0,03	-	-	0,08
Vazões Primavera	8,70	-0,26	0,03	-	-	0,26
Nova Vida (BA)						
Vazões Médias	52,32	-0,43	0,26	5,61	0,80	7,56
Vazões Média Móvel 5	-	-0,42	0,49	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	-0,31	0,74	-	-	-
Vazões Verão	63,33	-0,49	0,12	-	-	9,15
Vazões Outono	55,43	-0,44	0,17	-	-	8,01
Vazões Inverno	43,84	-0,39	0,39	-	-	6,34
Vazões Primavera	46,68	-0,38	0,32	-	-	6,75
Passo Caxambú (SC)	(m³/s)	(m³/s.ano)		(± m³/s)	(%)	l/s.Km²
Vazões Médias	1258,08	11,76	0,15	510,40	0,20	23,89
Vazões Média Móvel 5	-	13,58	0,68	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	12,47	0,86	-	-	-
Vazões Verão	953,27	12,73	0,16	-	-	18,10
Vazões Outono	915,93	8,22	0,06	-	-	17,39
Vazões Inverno	1505,09	13,38	0,06	-	-	28,58
Vazões Primavera	1662,93	12,63	0,08	-	-	31,57
Passo Colombeli (RS)						
Vazões Médias	97,44	1,01	0,18	39,74	0,08	26,87
Vazões Média Móvel 5	-	1,16	0,63	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	1,11	0,80	-	-	-
Vazões Verão	66,16	1,00	0,19	-	-	18,25
Vazões Outono	70,98	0,68	0,05	-	-	19,58
Vazões Inverno	124,88	1,05	0,06	-	-	34,44
Vazões Primavera	127,73	1,33	0,11	-	-	35,23
Passo do Prata (RS)						
Vazões Médias	85,11	0,72	0,14	32,42	0,30	23,50
Vazões Média Móvel 5	-	0,88	0,66	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	0,87	0,80	-	-	-
Vazões Verão	52,97	0,78	0,17	-	-	14,62
Vazões Outono	55,44	0,30	0,01	-	-	15,31
Vazões Inverno	116,10	1,00	0,08	-	-	32,05
Vazões Primavera	115,33	0,77	0,05	-	-	31,84
Passo Santa Maria (RS)						
Vazões Médias	89,87	0,76	0,07	37,99	9,70	27,42
Vazões Média Móvel 5	-	0,58	0,14	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	0,69	0,35	-	-	-

Vazões Verão	53,35	0,70	0,12	-	-	16,28
Vazões Outono	71,45	0,87	0,04	-	-	21,80
Vazões Inverno	115,95	0,85	0,03	-	-	35,38
Vazões Primavera	117,57	0,59	0,01	-	-	35,88
Piranhas (AL)						
Vazões Médias	2414,42	-103,93	0,49	768,96	0,03	4,00
Vazões Média Móvel 5	-	-102,78	0,61	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	-91,35	0,81	-	-	-
Vazões Verão	3003,09	-157,69	0,54	-	-	4,97
Vazões Outono	2999,19	-195,02	0,43	-	-	4,97
Vazões Inverno	1739,41	-33,07	0,24	-	-	2,88
Vazões Primavera	1915,97	-29,93	0,21	-	-	3,17
	Vazões médias	a	R²	Erro Padrão	Significância	Vazão esp.
Ponte Pancas (ES)	(m³/s)	(m³/s.ano)		(± m³/s)	(%)	l/s.Km²
Vazões Médias	10,21	0,07	0,03	4,67	33,00	11,11
Vazões Média Móvel 5	-	0,07	0,05	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	0,08	0,09	-	-	-
Vazões Verão	19,17	0,15	0,02	-	-	20,86
Vazões Outono	9,84	0,07	0,02	-	-	10,71
Vazões Inverno	4,06	0,00	0,00	-	-	4,42
Vazões Primavera	7,79	0,07	0,03	-	-	8,48
Rio Pardo (RS)						
Vazões Médias	878,33	5,71	0,07	413,14	6,00	22,66
Vazões Média Móvel 5	-	7,97	0,46	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	8,24	0,77	-	-	-
Vazões Verão	479,27	5,69	0,10	-	-	12,37
Vazões Outono	637,83	6,41	0,05	-	-	16,46
Vazões Inverno	1304,13	5,08	0,02	-	-	33,65
Vazões Primavera	1090,58	5,70	0,03	-	-	28,14
São Mateus do Sul (PR)						
Vazões Médias	104,36	0,74	0,12	40,31	0,40	17,21
Vazões Média Móvel 5	-	0,62	0,39	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	0,62	0,71	-	-	-
Vazões Verão	109,45	0,68	0,06	-	-	18,05
Vazões Outono	91,11	0,63	0,07	-	-	15,02
Vazões Inverno	102,86	1,04	0,07	-	-	16,96
Vazões Primavera	113,88	0,61	0,03	-	-	18,78
Taquaral (MG)						
Vazões Médias	9,70	0,08	0,04	4,10	24,00	15,57
Vazões Média Móvel 5	-	0,09	0,15	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	0,09	0,25	-	-	-
Vazões Verão	20,10	0,29	0,12	-	-	32,26
Vazões Outono	11,08	0,13	0,04	-	-	17,78
Vazões Inverno	3,48	-0,08	0,09	-	-	5,59
Vazões Primavera	4,12	-0,02	0,01	-	-	6,61
Tesouro (MT)						
Vazões Médias	110,13	0,69	0,03	40,90	31,00	19,95
Vazões Média Móvel 5	-	0,60	0,03	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	-0,19	0,00	-	-	-

Vazões Verão	207,65	1,15	0,01	-	-	37,62
Vazões Outono	117,36	1,13	0,07	-	-	21,26
Vazões Inverno	44,77	0,55	0,13	-	-	8,11
Vazões Primavera	70,72	-0,07	0,00	-	-	12,81
	Vazões médias	a	R²	Erro Padrão	Significância	Vazão esp.
Tomazina (PR)	(m³/s)	(m³/s.ano)		(± m³/s)	(%)	l/s.Km²
Vazões Médias	28,36	0,20	0,12	11,42	0,20	14,07
Vazões Média Móvel 5	-	0,26	0,52	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	0,29	0,74	-	-	-
Vazões Verão	38,38	0,30	0,11	-	-	19,05
Vazões Outono	25,91	0,18	0,08	-	-	12,86
Vazões Inverno	23,02	0,20	0,08	-	-	11,42
Vazões Primavera	26,11	0,11	0,02	-	-	12,96
Vista Alegre (PA)						
Vazões Médias	563,30	-33,18	0,39	260,74	0,60	15,45
Vazões Média Móvel 5	-	-46,48	0,69	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	-44,51	0,96	-	-	-
Vazões Verão	217,94	-5,62	0,05	-	-	5,98
Vazões Outono	915,43	-56,83	0,35	-	-	25,11
Vazões Inverno	922,27	-59,52	0,39	-	-	25,30
Vazões Primavera	197,55	-10,76	0,16	-	-	5,42
Xavantina (MT)						
Vazões Médias	496,86	3,91	0,18	88,38	1,30	19,91
Vazões Média Móvel 5	-	3,10	0,18	-	-	-
Vazões Média Móvel 10	-	1,95	0,22	-	-	-
Vazões Verão	711,37	6,20	0,14	-	-	28,51
Vazões Outono	630,08	5,10	0,14	-	-	25,25
Vazões Inverno	316,43	2,63	0,25	-	-	12,68
Vazões Primavera	329,55	1,73	0,13	-	-	13,21

Tabela 4.3.4. Postos fluviométricos da ANA agrupados pelas regiões políticas do país.

Região Política Sul	laçú (BA)
Cidades	Iguatu (CE)
Alegrete (RS)	Itapebi (BA)
Balsa do Cerro Azul (PR)	Juazeiro (BA)
Fazenda Mineira (SC)	Lagoa do Tamburi (BA)
Passo Caxambú (SC)	Nova Vida (BA)
Passo Colombeli (RS)	Piranhas (AL)
Passo do Prata (RS)	Região Política Norte
Passo Santa Maria (RS)	Cidades
Rio Pardo (RS)	Altamira (PA)
São Mateus do Sul (PR)	Caracaraí (RR)
Tomazina (PR)	Fazenda Lobeira (TO)
Região Política Centro - Oeste	Labrea (AM)
Cidades	Vista Alegre (PA)
Coxim (MS)	Região Política Sudeste
Jaraguá (GO)	Cidades
Tesouro (MT)	Aiuruoca (MG)
Xavantina (MS)	Jaguariuna (SP)
Região Política Nordeste	Ponte do Pancas (ES)
Cidades	Taquaral (MG)
Bodocongo (PB)	
Caio Prado (CE)	
Fazenda Veneza (PI)	

4.3.3. Resultados obtidos

Observando – se a análise geral dos resultados, tabela 4.3.3, pôde-se obter os seguintes resultados:

Os postos fluviométricos que obtiveram melhores resultados na análise de regressão linear simples, para os níveis de significância de até 3%, para as vazões médias foram: Alegrete (0,52%), Balsa do Cerro Azul (0,01%), Bodocongo (0,99%), Coxim (0,40%), Jaguariuna (0,80%), Juazeiro(1,70%), Nova Vida (0,80%), Passo Caxambu (0,20%), Passo Colombeli (0,08%), Passo do Prata (0,30%), Piranhas (0,03%), São

Mateus do Sul (0,40%), Tomazina (0,20%), Vista Alegre (0,60%) e Xavantina (1,30%). Esta análise considerando o tempo como variável independente (x) e as vazões médias como variável dependente (y), mostra como a reta representa os dados estatisticamente.

Observando – se os valores do coeficiente angular da reta (a) ($m^3/s \cdot ano$), para as vazões médias, tendo como base às mesmas cidades relacionadas acima, temos: Alegrete (1,19), Balsa do Cerro Azul (0,61), Bodocongo (-2,50), Coxim (3,44), Jaguariúna (-0,91), Juazeiro (-9,87), Nova Vida (-0,43), Passo Caxambu (11,76), Passo Colombeli (1,01), Passo do Prata (0,72), Piranhas (-103,93), São Mateus do Sul (0,74), Tomazina (0,20), Vista Alegre (-33,18) e Xavantina (3,91). Os valores de (a) negativos representam a tendência da diminuição da vazão média dos rios e os positivos à tendência do aumento da vazão média dos rios.

Observando – se os valores do R^2 , tendo como base às mesmas cidades relacionadas acima, temos: Alegrete (0,12), Balsa do Cerro Azul (0,19), Bodocongo (0,20), Coxim (0,25), Jaguariúna (0,23), Juazeiro (0,07), Nova Vida (0,26), Passo Caxambu (0,15), Passo Colombeli (0,18), Passo do Prata (0,14), Piranhas (0,49), São Mateus do Sul (0,12), Tomazina (0,12), Vista Alegre (0,39) e Xavantina (0,18). Esta análise mostra que o conjunto de dados tem dispersão alta o que leva a valores baixos de R^2 .

Para o posto fluviométrico de Alegrete (RS), observa – se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período estudado (63 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,48%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantém.

Para o posto fluviométrico de Balsa do Cerro Azul (PR), observa – se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período estudado (73 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,9%, podendo ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantém.

Para o posto fluviométrico de Bodocongo (PB), observa – se uma tendência de diminuição da vazão média ao longo do período estudado (32 anos), a reta

representa os dados com um nível de confiança de 99,01%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Coxim (MS), observa – se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período estudado (38 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,6%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Jaguariuna (SP), observa – se uma tendência de diminuição da vazão média ao longo do período estudado (29 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,2%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Juazeiro (BA), observa – se uma tendência de diminuição da vazão média ao longo do período estudado (76 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 98,3%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm, exceto para as vazões médias de Inverno e Primavera, onde observa – se uma pequena tendência de aumento das vazões médias.

Para o posto fluviométrico de Nova Vida (BA), observa – se uma tendência de diminuição da vazão média ao longo do período estudado (25 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,2%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Passo Caxambú (SC), observa – se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período estudado (62 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,8%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Passo Colombeli (RS), observa –se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período estudado (63 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,92%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Passo do Prata (RS), observa – se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período de estudo (62 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,7%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Piranhas (AL), observa –se uma tendência de diminuição da vazão média ao longo do período de estudo (24 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,97%, podendo também ser observado que ao longo das estações essa tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de São Mateus do Sul (PR), observa –se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período de estudo (72 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,6%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Tomazina (PR), observa –se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período de estudo (76 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,8%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Vista Alegre (PA), observa –se uma tendência de diminuição da vazão média ao longo do período de estudo (24 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,4%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Xavantina (MT), observa - se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período estudado (35 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 98,7%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

É importante salientar que estes dados utilizados neste estudo foram fornecidos pela ANA sem as informações complementares sobre as interferências antrópicas sobre as vazões naturais (construções de represas).

Tendo em vista, no entanto, que foram feitos os estudos das vazões para as diversas estações do ano, o sinal do coeficiente angular da reta de regressão linear

simples, quando tendo o mesmo sinal pode refletir possíveis alterações climáticas na região. Existe a necessidade de um estudo mais detalhado para efetuar levantamentos de campo para verificar possíveis utilizações em projetos de irrigação ou outros usos consultivos da água, especialmente quando o coeficiente angular tem sinal negativo.

Pela análise geral dos resultados da tabela 4.3.4, pode-se obter os seguintes resultados:

Na região política Sul, os dados que apresentaram um nível de significância de até 3%, para os dados de vazões médias mostraram uma tendência de aumento das vazões médias no período estudado.

Na região política Sudeste, o único dos postos que apresentou um nível de significância de até 3%, para os dados de vazões médias foi o de Jaguariúna (SP) que apresentou uma tendência de diminuição das vazões médias no período estudado.

Na região política Centro-Oeste, os dados que apresentaram um nível de significância de até 3%, para os dados de vazões médias mostraram uma tendência de aumento das vazões médias no período estudado.

Na região política Nordeste, os dados que apresentaram um nível de significância de até 3%, para os dados de vazões médias mostraram uma tendência de diminuição das vazões médias no período estudado.

Na região política Norte, o único dos postos que apresentou um nível de significância de até 3%, para os dados de vazões médias foi o de Vista Alegre (PA) que apresentou uma tendência de diminuição das vazões médias no período estudado.

CAPÍTULO 5

VARIAÇÕES DOS BALANÇOS HÍDRICOS PARA CENÁRIOS FUTUROS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (2025, 2050 E 2075) QUANDO COMPARADOS AO CENÁRIO REAL DO PERÍODO DE 1961 A 1990

É fato reconhecido que, as futuras variações de temperatura no globo, e as variações de distribuição de umidade decorrentes, deverão modificar as condições ambientais terrestres e em função disto as diferentes formas de vida dependentes do clima.

Assim, faz-se necessário tentar se prever qual a modificação dos futuros cenários decorrentes para que a humanidade possa tomar providências cabíveis.

Para se prever os impactos das mudanças climáticas nos diferentes biomas é necessário se prever não apenas as variações das temperaturas e das precipitações, mas também a interação entre elas, que determina o balanço hídrico ao longo do ano, que em última análise é o que determina as características da flora e da fauna associada.

A metodologia escolhida para o balanço hídrico em função das disponibilidades de informações geradas pelos modelos climáticos foi a de Thornthwaite-Mather (1955) que classifica os climas em função das disponibilidades térmicas e hídricas mensais para os diversos ecossistemas (Thornthwaite, 1948).

Neste capítulo foram feitas considerações sobre os balanços hídricos decorrentes das mudanças climáticas globais para quatro regiões do Brasil utilizando cinco modelos AOGCM do IPCC, sendo eles:

1. Hadley Centre for Climate Prediction and Research, da Inglaterra (HadCM3);
2. Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, da Austrália (CSIRO-Mk2);

3. Canadian Center for Climate Modeling and Analysis, do Canadá (CCCMA);
4. National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA-Geophysical Fluids Dynamic Laboratories (GFDL-CM2);
5. Center for Climate Studies and Research CCSR/National Institute for Environmental Studies NIES (CCSR/NIES).

Foram realizados os balanços hídricos para os cenários A2 - Alta Emissão e B2 - Baixa Emissão.

O cenário A2 é “o cenário que descreve um mundo futuro muito heterogêneo, onde a regionalização é dominante. Existira um fortalecimento de identidades culturais regionais, com ênfase em valores da família e tradições locais. Outras características são um crescimento populacional alto e menos preocupação em relação ao desenvolvimento econômico rápido” (MARENGO & DIAS, 2006).

O cenário B2 é o “cenário que descreve um mundo no qual a ênfase está em soluções locais para as sustentabilidades econômica, social e ambiental. A mudança tecnológica é mais diversa com forte ênfase nas iniciativas comunitárias e inovação social, em lugar de soluções globais” (MARENGO & DIAS, 2006).

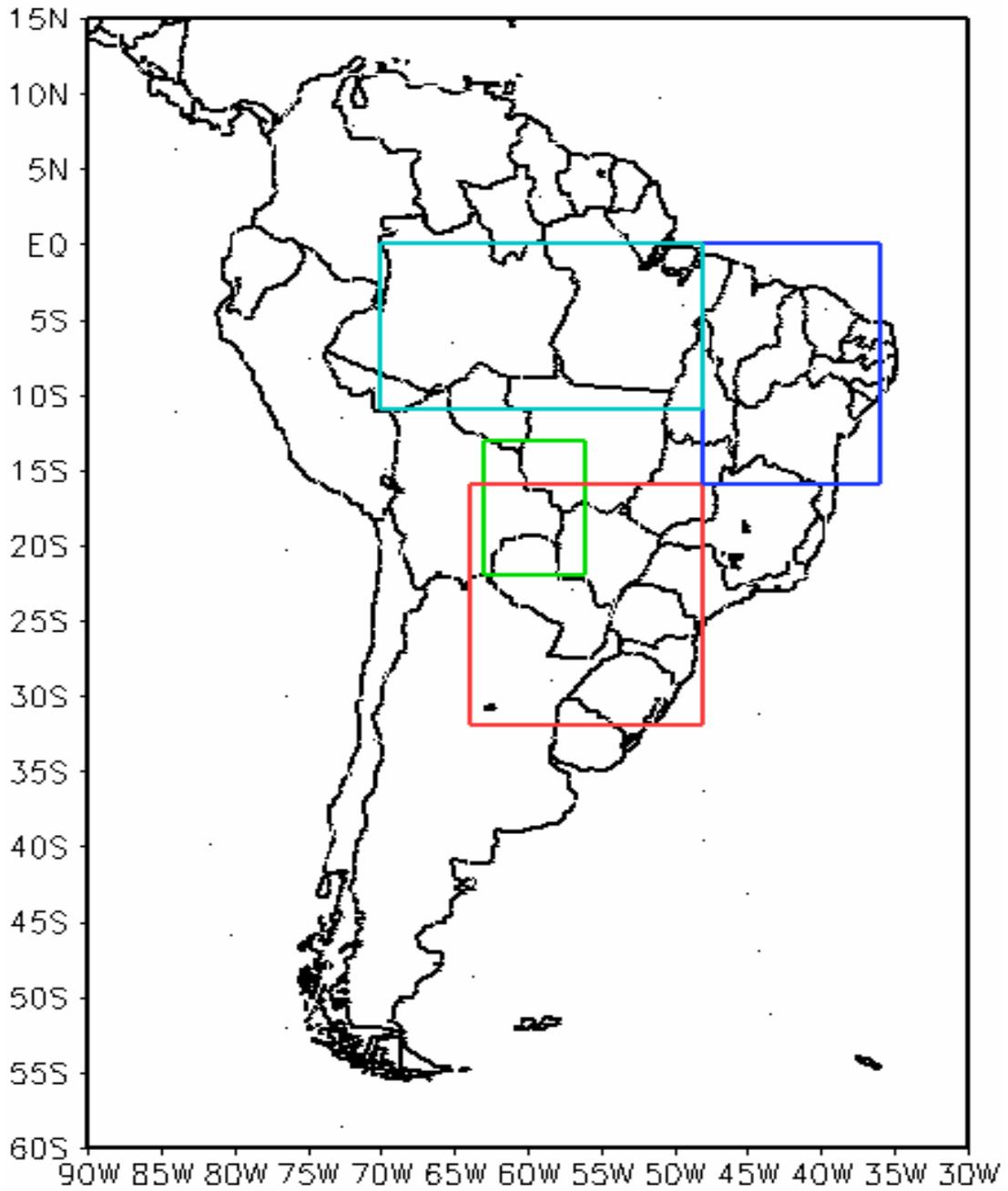
As variações das temperaturas e das precipitações futuras (Século XXI) foram estudadas por Marengo e Soares (2003) e Marengo e Dias (2006), para várias regiões do Brasil, incluindo regiões limítrofes de outros países e comparadas às condições climáticas do período (1961 a 1990). Nesse trabalho procurou-se verificar como essas tendências climáticas afetam a quantidade dos recursos hídricos no Brasil.

Foram analisados os balanços hídricos para as seguintes regiões: Amazônia, Bacia do Rio Paraguai, Nordeste Brasileiro e Bacia do Prata (Mapa 1) Nesse estudo foram comparados os balanços hídricos realizados com os dados médios de precipitação e temperatura obtidos nas “Normais Climatológicas” do Departamento Nacional de Meteorologia/Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, para o período de 1961 a 1990 com os balanços hídricos realizados com os dados médios de temperatura e precipitação estimados pelos modelos HadCM3, GFDL e pelas médias das

precipitação e temperatura dos cinco modelos (HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES) para cenários A2 e B2. Os intervalos dos períodos utilizados foram: 2011 a 2040 (centrado em 2025), 2041 a 2070 (centrado em 2050) e 2071 a 2100 (centrado em 2075).

Para a realização dos balanços hídricos do período de 2011 a 2100, foi feita inicialmente uma correção dos dados de precipitação e temperatura dos modelos utilizados. Foram calculadas as diferenças dos valores obtidos pelos modelos no período de 1961 a 1990 com os valores observados no mesmo período. Estas diferenças, positivas ou negativas, foram subtraídas dos valores obtidos pelos modelos para o período de 2011 a 2100.

Os valores de precipitação e temperatura, do período de 1961 a 1990 e dos modelos (reais e corrigidos) e os balanços hídricos realizados para as quatro regiões do Brasil para os cenários A2 e B2, encontram-se no Anexo 5.I.



Mapa 1. Regiões onde foram analisados os balanços hídricos:

- Amazônia
- Bacia do Rio Paraguai
- Nordeste Brasileiro
- Bacia do Prata

5.1. Amazônia

Atualmente, a região amazônica, especialmente a Amazônia brasileira, está sob pressão de duas forçantes climáticas: uma, de natureza regional, decorrente do desmatamento; a outra, ocasionada pelas Mudanças Climáticas Globais. Tudo indica que as duas atuam propiciando o aumento de temperatura regional. O desmatamento, em particular, atua na diminuição da precipitação local e regional. Os dados provenientes dos modelos climáticos globais ainda não são consistentes no que diz respeito às variações das precipitações pluviométricas para o século XXI.

5.1.1. Resultados dos Balanços Hídricos realizados para o Cenário A2

Os balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Amazônia, para o cenário A2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas), estão representados nas figuras 5.1 a 5.3 e na tabela 5.1 são apresentados os excessos totais em mm/ano.

Tabela 5.1 - Valores dos excessos totais (mm/ano) para a região Amazônica utilizando os dados das Normais Climatológicas para o período de 1961 a 1990 e dos modelos HadCM3, GFDL e das médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES, para o cenário A2.

Cenário A2 - Amazônia				
	Excessos Totais (mm/ano)			
	1961-1990	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Normais Climatológicas	721,0	-	-	-
Modelo HADCM3	-	530,9	327,5	209,3
Modelo GFDL	-	235,2	92,5	26,2
Média dos Modelos	-	618,7	532,4	466,7

a) Modelo HadCM3

Os dados dos balanços hídricos realizados pelo modelo HadCM3-Cenário A2 (figura 5.1), para a Amazônia indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região passando de 721 mm/ano no período de 1961 a 1990, calculados com dados observados (tabela 5.1). para 530,9 mm/ano para o período de 2011 a 2040, 327,5 mm/ano para o períodos de 2041 a 2070 e para 209,3 mm/ano para o período de 2071 a 2100.

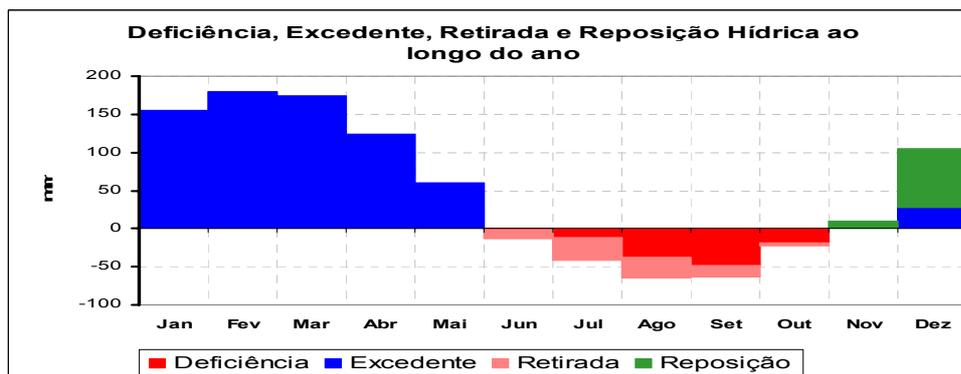
b) Modelo GFDL

Os balanços hídricos realizados utilizando os dados do modelo GFDL -Cenário A2 (figura 5.2) indicam uma diminuição mais expressiva no excesso de água para a região, variando de 721 mm/ano (calculado com os dados observados do período de 1961 a 1990) para 235,2 mm/ano para o período de 2011 a 2040, 92,5 mm/ano para o período de 2041 a 2070 e para 26,2 mm/ano para o período de 2071 a 2100.

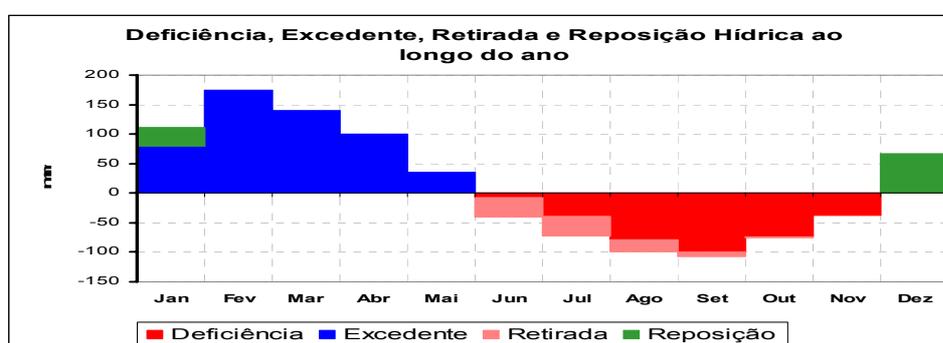
c) Média dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES

Para os balanços hídricos realizados utilizando as médias dos dados dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES – Cenário A2 (figura 5.3) mostram uma diminuição no excesso de água para a região, variando de 721 mm/ano (calculado com os dados reais do período de 1961 a 1990) para 618,7 mm/ano para o período de 2011 a 2040, 532,4 mm/ano para o período de 2041 a 2070 e 466,7 mm/ano para o período 2071 a 2100.

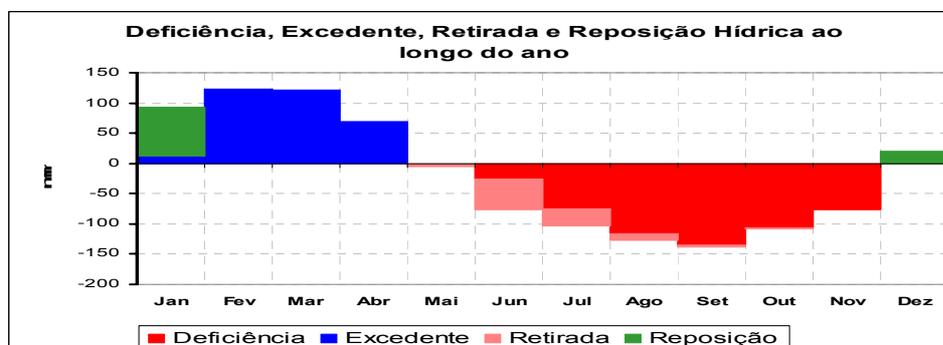
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

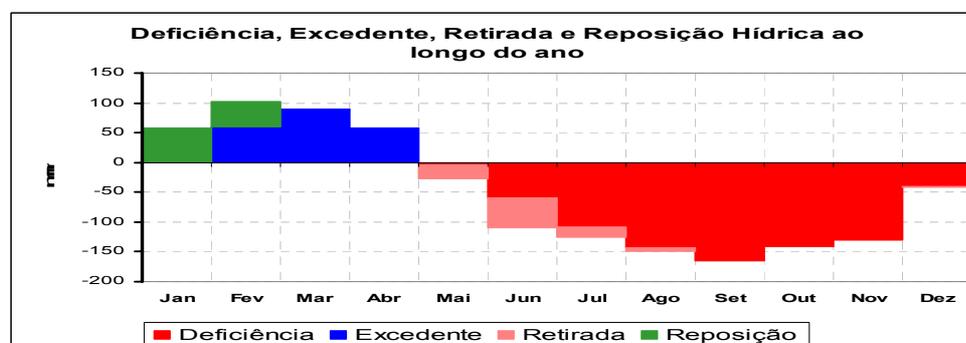
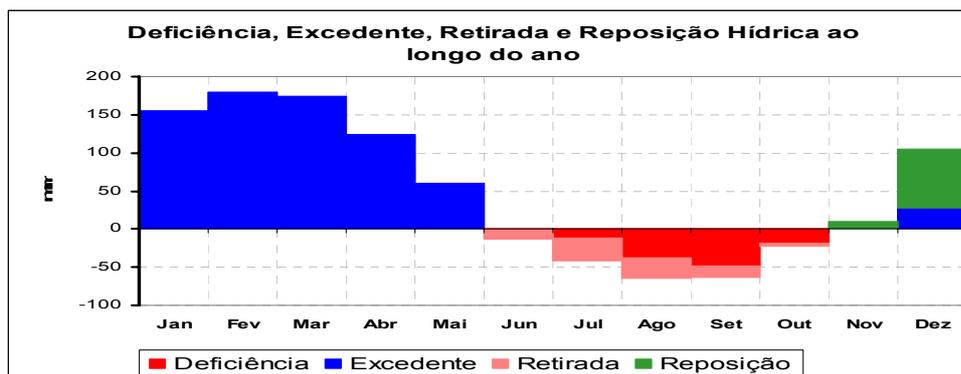
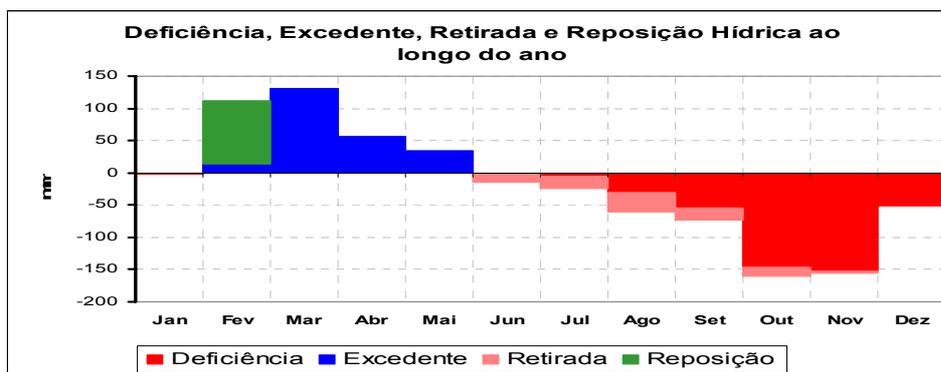


Figura 5.1 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a *Amazônia*, utilizando o *modelo HadCM3* para o cenário *A2* e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

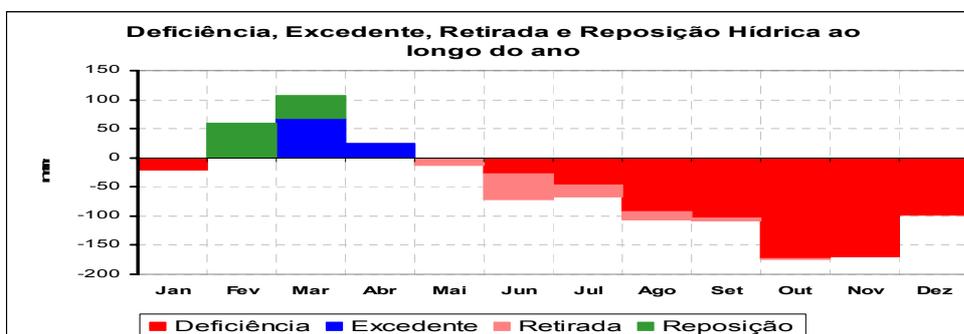
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

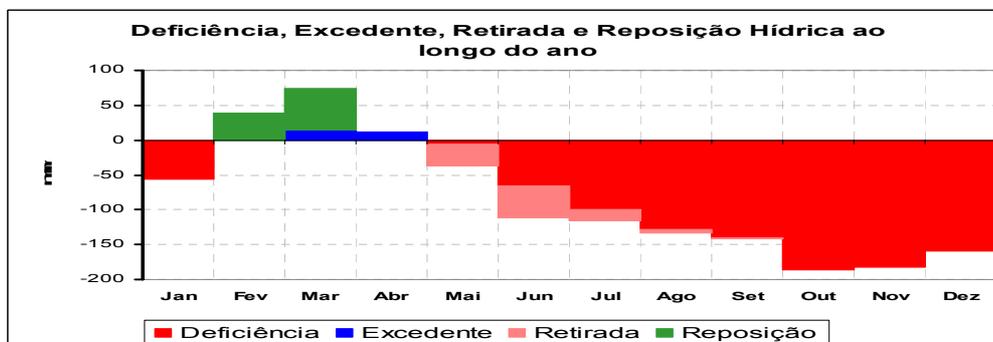
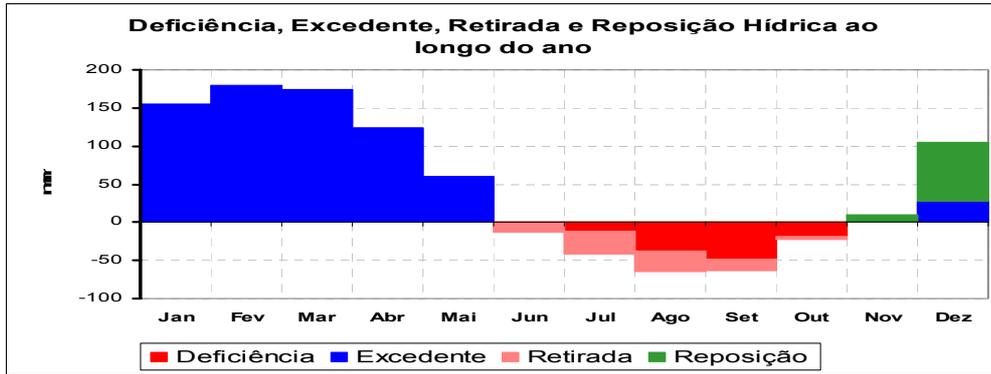
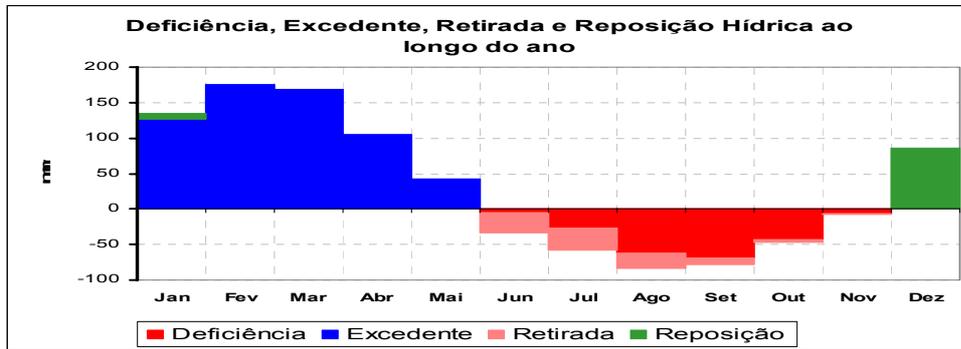


Figura 5.2 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Amazônia, utilizando o modelo GFDL para o cenário A2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

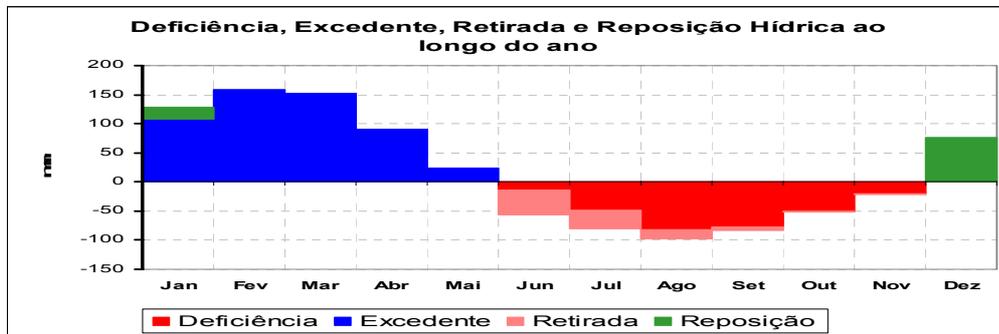
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

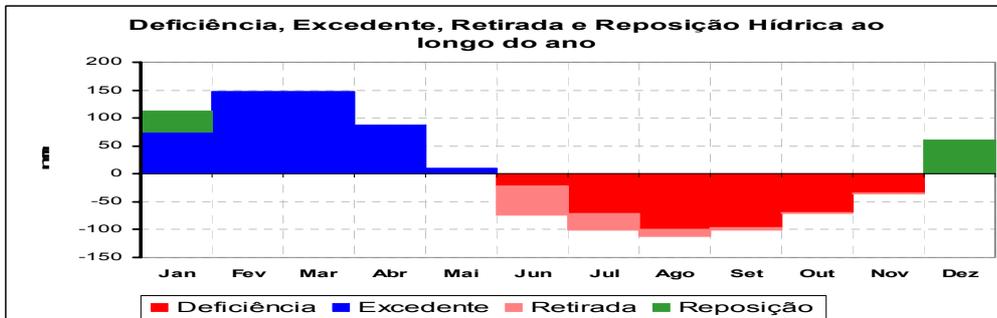


Figura 5.3 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Amazônia, utilizando as médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário A2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

5.1.2. Resultados dos Balanços Hídricos realizados para o Cenário B2

Os balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Amazônia, para o cenário B2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas), estão representados nas figuras 5.4 a 5.6 e na tabela 5.2 são apresentados os excessos totais em mm/ano.

Tabela 5.2 - Valores dos excessos totais (mm/ano) para a região Amazônica utilizando os dados das Normais Climatológicas para o período de 1961 a 1990 e dos modelos HadCM3, GFDL e das médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário B2.

Cenário B2 - Amazônia				
	Excessos Totais (mm/ano)			
	1961-1990	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Normais Climatológicas	721,0	-	-	-
Modelo HADCM3	-	533,7	430,9	192,0
Modelo GFDL	-	725,1	683,4	725,7
Média dos Modelos	-	614,0	550,1	483,4

a) Modelo HadCM3

Os dados obtidos nos balanços hídricos realizados pelo modelo HadCM3 –Cenário B2 (figura 5.4), a Amazônia que apresentou um excesso de água de 721 mm/ano no período de 1961 a 1990 passaria a ter um excesso de 533,7 mm/ano no período de 2011 a 2040; 430,9 mm/ano no período de 2041 a 2070; e 192,0 mm/ano de 2071 a 2100 (tabela 5.2).

b) Modelo GFDL

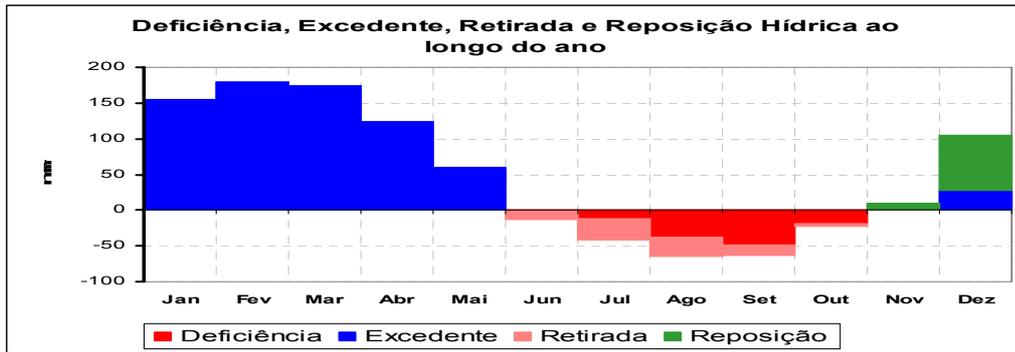
Os dados dos balanços hídricos realizados pelo modelo GFDL – Cenário B2 (figura 5.5), indicam um pequeno aumento no excesso de água para a região no período de 2011 a 2040, variando de 721 mm/ano para o período de 1961 a 1990 para 725,1 mm/ano. No período de 2041 a 2070 há uma diminuição do excesso de água, passando para 683,4 mm/ano e no período de 2071 a 2100 um pequeno aumento, passando para 725,7 mm/ano.

c) Média dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES

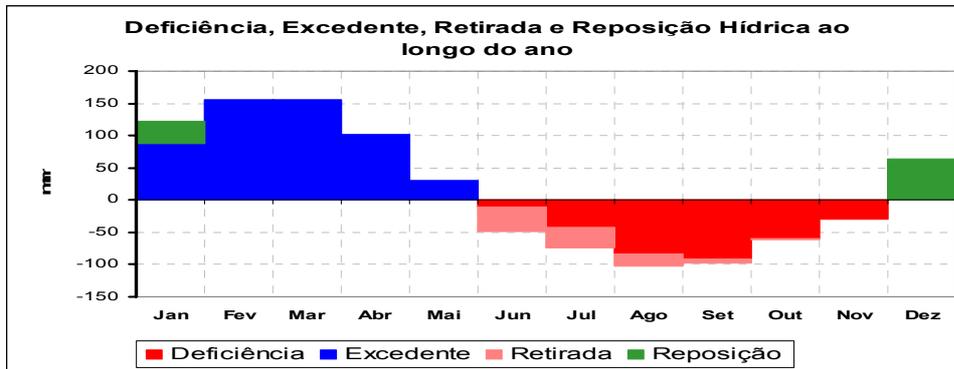
Para os balanços hídricos realizados utilizando as médias dos dados dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES – Cenário B2 (figura 5.6) mostram que

haverá uma diminuição no excesso de água para a região, variando de 721 mm/ano (calculado com os dados observados do período de 1961 a 1990) para 614,0 mm/ano para o período de 2011 a 2040, 550,1 mm/ano para o período de 2041 a 2070 e para 483,4 mm/ano para o período 2071 a 2100.

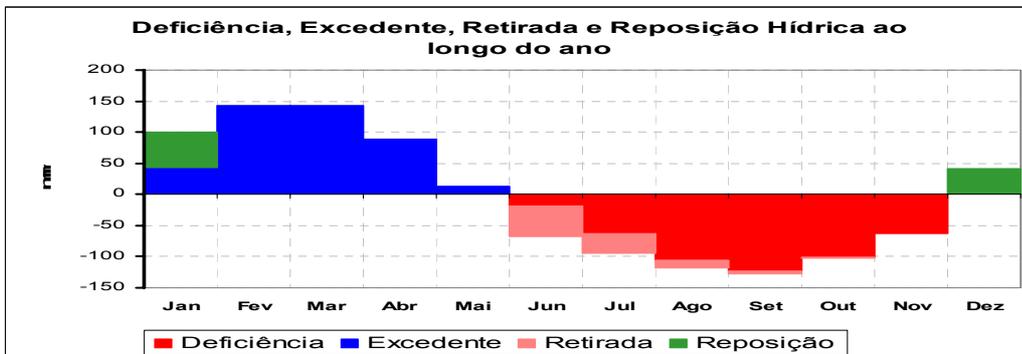
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

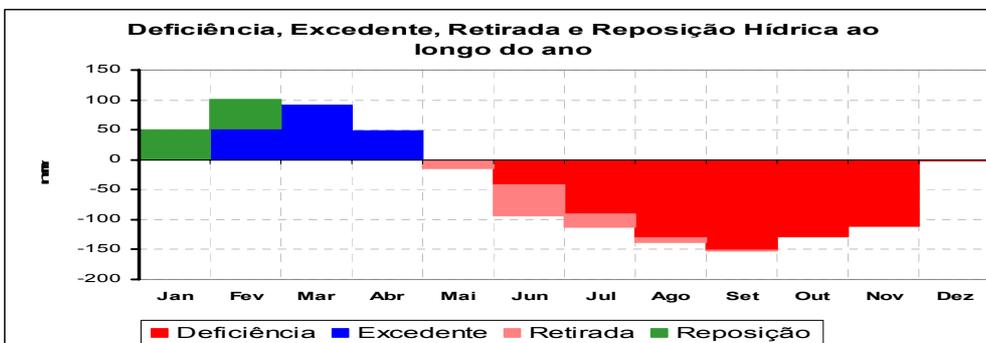
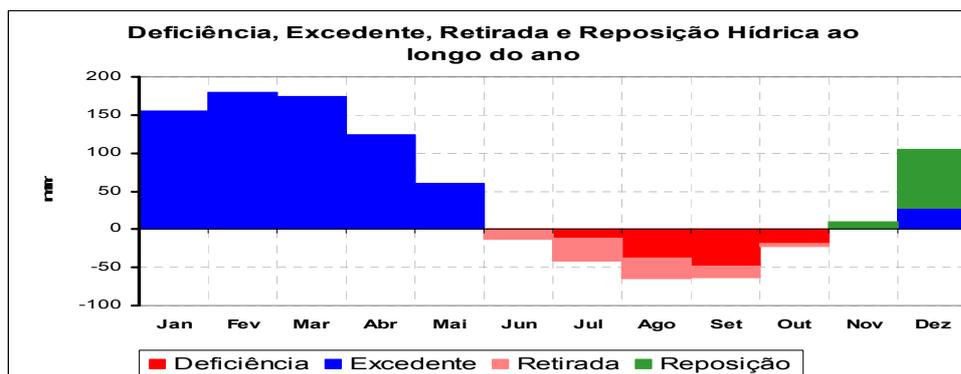


Figura 5.4 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Amazônia, utilizando o modelo HadCM3 para o cenário B2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

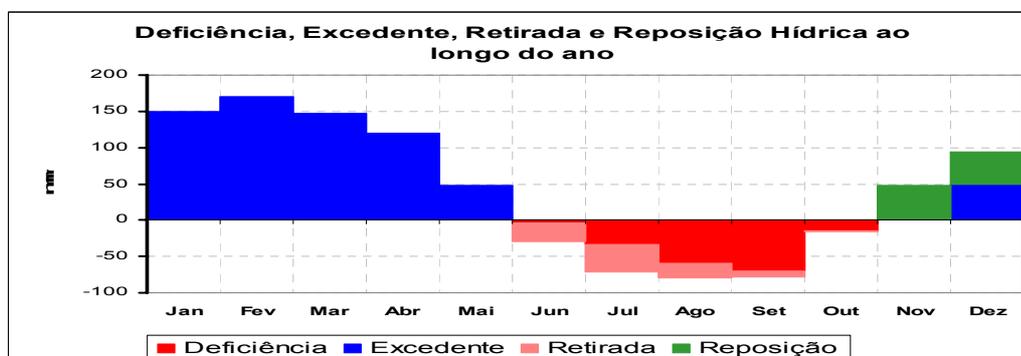
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

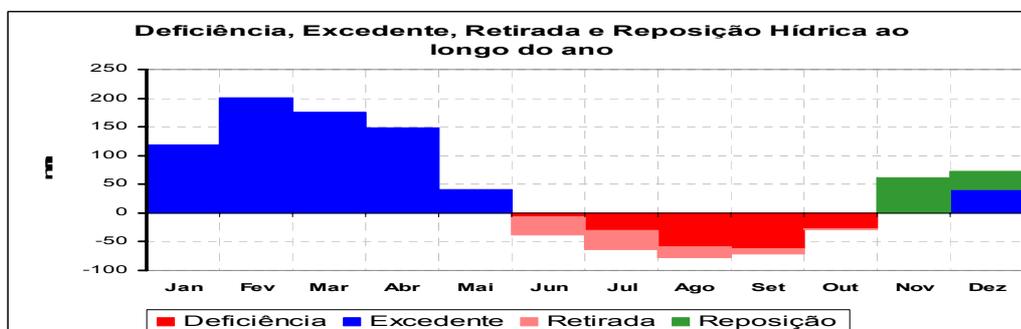
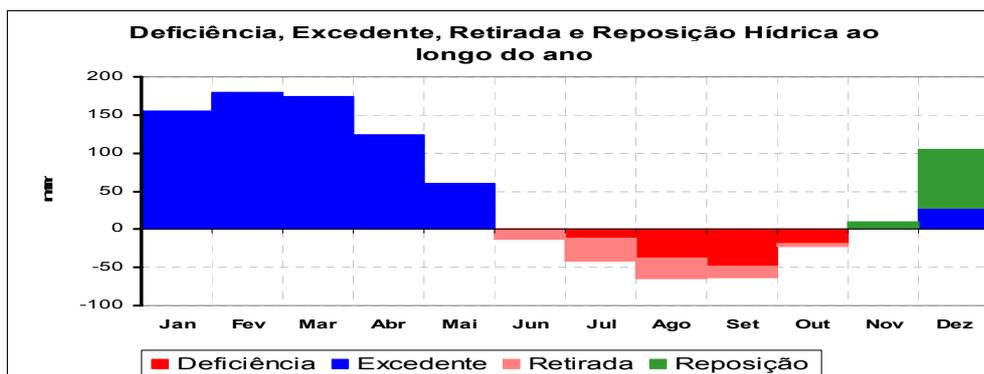


Figura 5.5 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Amazônia, utilizando o modelo GFDL para o cenário B2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

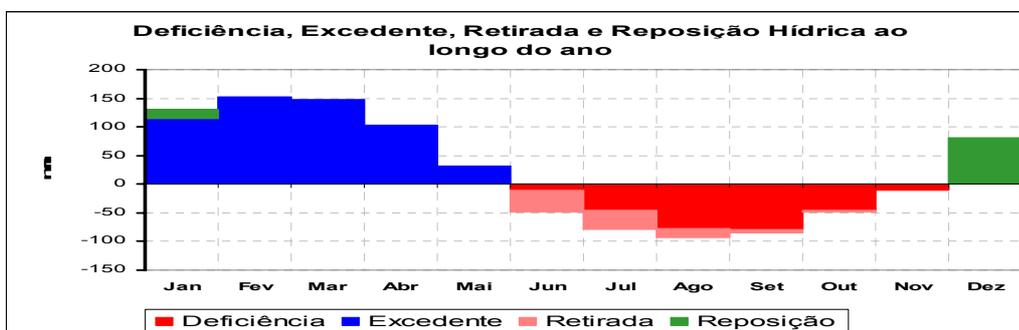
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

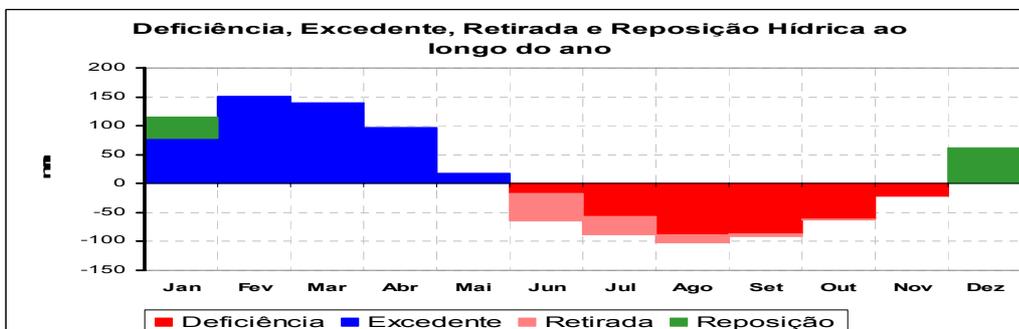


Figura 5.6 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Amazônia, utilizando as médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário B2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

5.1.3. Cenários de mudanças climáticas para a região da Amazônia

5.1.3.1. Para o Cenário A2

As classificações climáticas para a região da Amazônia, para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário A2, encontram-se na tabela 5.3.

Tabela 5.3. Classificações climáticas para a região da Amazônia, para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário A2.

Período/Modelo	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
Dados Observados (NC)* 1961 a 1990	2123	1520	721	118	7,8	47,4	42,8	<48	B _{2r} A'a'
Modelo GFDL	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	1390	1597	235,2	442,1	27,7	14,7	-1,9	< 48	C _{1w} A'a'
2041 a 2070	1231,3	1869,3	92,5	730,5	39,1	4,9	-18,5	< 48	C _{1d} A'a'
2071 a 2100	1088,1	2086	26,2	1023,9	49,1	1,3	-28,2	< 48	Dd A'a'
Modelo HadCM3	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	1982	1786	530,9	335,1	18,8	29,7	18,5	< 48	C _{2w} A'a'
2041 a 2070	1781	1987,6	327,5	534,2	26,9	16,5	0,4	< 48	C _{2w} A'a'
2071 a 2100	1574	2154,2	209,3	789,5	36,6	9,7	-12,3	< 48	C _{1d} A'a'
Média dos Modelos	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	2105,7	1699,4	618,7	212,4	12,5	36,4	28,9	< 48	B _{1r} A'a'
2041 a 2070	2080	1841	532,4	293,5	15,9	28,9	19,4	< 48	C _{2r} A'a'
2071 a 2100	2069,4	1996,26	466,7	393,6	19,7	23,4	11,5	< 48	C _{2w} A'a'

* Normais Climatológicas

Onde,

P = Precipitação anual (calculada no balanço hídrico)

ETP = Evapotranspiração Potencial anual (calculada no balanço hídrico)

EXC = Excesso de água anual (calculado no balanço hídrico)

DEF = Déficit de água anual (calculado no balanço hídrico)

Ia = Índice de Aridez ($Ia = 100 * (DEF/ETP)$)

Iu = Índice de Umidade ($Iu = 100 * (EXC /ETP)$)

IM = Índice Efetivo de Umidade ($IM = Iu - 0,6 Ia$)

TE = Índice de Eficiência Térmica: calculado pela somatória da evapotranspiração dos meses de verão dividida pela evapotranspiração anual.

a) Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990

- *Critério hídrico* (tabela 5.4).

No período 1961 a 1990 o clima da região da Amazônia se mostra úmido, letra (B₂) com pequena ou nenhuma deficiência de água, letra (r).

- *Critério térmico* (tabela 5.4).

No período de 1961 a 1990 o clima da região está classificado como megatérmico, letra (A), com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual, letra (a').

Tabela 5.4. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 para a região Amazônica.

Período	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	B ₂ r

b) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com Modelo GFDL – Cenário A2

- *Critério hídrico* (tabela 5.5)

Período de 1961 a 1990: O clima da região da Amazônia se mostra úmido, com pequena ou nenhuma deficiência de água.

Período de 2011 a 2040: O clima se mantém seco/sub-úmido com moderado excesso de água no verão.

Período de 2041 a 2070: O clima se mantém seco/sub-úmido com moderada deficiência de água no inverno.

Período de 2071 a 2100: O clima se mantém semi-árido com nenhum excesso de água.

- *Critério térmico* (tabela 5.5)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.5. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a região Amazônica de acordo com o modelo GFDL-Cenário A2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	B ₂ r
2011 – 2040	A'a'	C ₁ w
2041 – 2070	A'a'	C ₁ d
2071 - 2100	A'a'	Dd

c) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com Modelo HadCM3 – Cenário A2

- *Critério hídrico* (tabela 5.6)

Período de 1961 a 1990: O clima da região da Amazônia se mostra úmido, com pequena ou nenhuma deficiência de água.

Período de 2011 a 2040: O clima se mantém úmido/sub-úmido com moderada deficiência de água no inverno.

Período de 2041 a 2070: O clima se mantém úmido/sub-úmido com moderada deficiência de água no inverno.

Período de 2071 a 2100: O clima se mantém úmido/sub-úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

- *Critério térmico* (tabela 5.6)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.6. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a região Amazônica de acordo com o modelo HadCM3-Cenário A2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	B ₂ r
2011 – 2040	A'a'	C ₂ w
2041 – 2070	A'a'	C ₂ w
2071 - 2100	A'a'	C ₁ w

d) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com a média dos Modelos HadDCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES – Cenário A2

- *Critério hídrico* (tabela 5.7)

Período de 1961 a 1990: O clima da região da Amazônica se mostra úmido, com pequena ou nenhuma deficiência de água.

Período de 2011 a 2040: O clima se mantém úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

Período de 2041 a 2070: O clima se mantém úmido/sub-úmido com moderada deficiência de água no inverno.

Período de 2071 a 2100: O clima se mantém seco/sub-úmido com moderada deficiência de água no inverno.

- *Critério térmico* (tabela 5.7)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.7. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a região Amazônica de acordo a média dos Modelos HadDCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES -Cenário A2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	B ₂ r
2011 – 2040	A'a'	B ₁ r
2041 – 2070	A'a'	C ₂ r
2071 - 2100	A'a'	C ₂ w

5.1.3.2. Para o Cenário B2

As classificações climáticas para a região da Amazônia, para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário B2, encontram-se na tabela 5.8.

Tabela 5.8. Classificações climáticas para a região da Amazônia, para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário B2.

Período/Modelo	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
Dados Observados (NC)* 1961 a 1990	2123	1520	721,0	118	8,3	47,4	42,2	<48	B _{2r} A'a'
Modelo GFDL	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	2275,1	1664,7	725,1	141,7	8,5	43,6	38,5	< 48	B _{2r} A'a'
2041 a 2070	2272,9	1770,8	683,4	181,3	10,2	38,6	32,4	< 48	B _{2r} A'a'
2071 a 2100	2356,1	1815,5	725,7	185	10,2	40,0	33,9	< 48	B _{2r} A'a'
Modelo HadCM3	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	1996,4	1780,0	533,7	317,2	17,8	30,0	19,3	< 48	C _{2w} A'a'
2041 a 2070	1862,8	1906,8	430,9	474,8	24,9	22,6	7,7	< 48	C _{2s} A'a'
2071 a 2100	1605,6	2069,0	192,0	655,3	31,7	9,3	-9,7	< 48	C _{1d} A'a'
Média dos Modelos	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	2109,4	1702,1	614,0	206,6	12,1	36,1	28,8	< 48	B _{1r} A'a'
2041 a 2070	2085,1	1803,0	550,1	268,0	14,9	30,5	21,6	< 48	B _{1r} A'a'
2071 a 2100	2051,3	1898,8	483,4	330,9	17,4	25,5	15,0	< 48	C _{2s} A'a'

* Normais Climatológicas

Onde,

P = Precipitação anual (calculada no balanço hídrico)

ETP = Evapotranspiração Potencial anual (calculada no balanço hídrico)

EXC = Excesso de água anual (calculado no balanço hídrico)

DEF = Déficit de água anual (calculado no balanço hídrico)

Ia = Índice de Aridez ($Ia = 100 * (DEF/ETP)$)

Iu = Índice de Umidade ($Iu = 100 * (EXC /ETP)$)

IM = Índice Efetivo de Umidade ($IM = Iu - 0,6 Ia$)

TE = Índice de Eficiência Térmica: calculado pela somatória da evapotranspiração dos meses de verão dividida pela evapotranspiração anual.

a) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com Modelo GFDL – Cenário B2

- *Critério hídrico* (tabela 5.9)

Período de 1961 a 1990: O clima da região da Amazônia se mostra úmido, com pequena ou nenhuma deficiência de água.

Período de 2011 a 2040: O clima se mantém úmido com pequena ou nenhuma deficiência de água.

Período de 2041 a 2070: O clima se mantém úmido com pequena ou nenhuma deficiência de água.

Período de 2071 a 2100: O clima se mantém úmido com pequena ou nenhuma deficiência de água.

- *Critério térmico* (tabela 5.9)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.9. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a região Amazônica de acordo com o modelo GFDL-Cenário B2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	B ₂ r
2011 – 2040	A'a'	B ₂ r
2041 – 2070	A'a'	B ₂ r
2071 - 2100	A'a'	B ₂ r

b) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com Modelo HadCM3 – Cenário B2

- *Critério hídrico* (tabela 5.10)
- Período de 1961 a 1990: O clima da região da Amazônica se mostra úmido, com pequena ou nenhuma deficiência de água.

Período de 2011 a 2040: O clima se mantém úmido/sub-úmido com moderada deficiência de água no verão.

Período de 2041 a 2070: O clima se mantém úmido/sub-úmido com moderada deficiência de água no verão.

Período de 2071 a 2100: O clima permanece seco/sub-úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

- *Critério térmico* (tabela 5.10)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.10. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a região Amazônica de acordo com o modelo HadCM3-Cenário B2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	B ₂ r
2011 – 2040	A'a'	C ₂ s
2041 – 2070	A'a'	C ₂ s
2071 - 2100	A'a'	C ₁ d

c) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com a média dos Modelos HadDCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES – Cenário B2

- *Critério hídrico* (tabela 5.11)

Período de 1961 a 1990: O clima da região da Amazônica se mostra úmido, com pequena ou nenhuma deficiência de água.

Período de 2011 a 2040: O clima se mantém úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

Período de 2041 a 2070: : O clima se mantém úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

Período de 2071 a 2100: O clima se mantém úmido/semi-úmido com moderada deficiência de água no verão.

- *Critério térmico* (tabela 5.11)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.11. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a região Amazônica de acordo a média dos Modelos HadDCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES -Cenário B2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	B ₂ r
2011 – 2040	A'a'	B ₁ r
2041 – 2070	A'a'	B ₁ r
2071 - 2100	A'a'	C ₂ s

5.1.4. Conclusões

Os dados contraditórios para os balanços hídricos obtidos pelos dois modelos (HadCM3 e GFDL – Cenários A2 e B2) e para as médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES – Cenários A2 e B2 para a região da Amazônia indicam a necessidade de um aprimoramento nos processos das estimativas futuras dos efeitos das mudanças climáticas globais sobre os parâmetros meteorológicos. De qualquer forma, a tendência é um aumento da temperatura da região. VICTORIA *et al*, 1998 encontraram um aumento de temperatura igual a 0,56°C nos últimos 100 anos para essa região e também neste trabalho foi observado um aumento da temperatura no período de 1991 a 2004 quando comparado com o período de 1961 a 1990.

Os balanços hídricos realizados para o modelo HadCM3, para os dois cenários analisados (A2 e B2) indicam que haverá uma diminuição do excesso de água região da Amazônia de até 73,4% até 2071 a 2100 , quando comparados com os dados do balanço hídrico para o período de 1961 a 1990.

Para os balanços hídricos realizados para o modelo GFDL, existe uma diferença entre os cenários A2 e B2, sendo que para o cenários A2 os dados indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região de até 96 % para o período de 2071 a 2100, quando comparados os balanços hídricos do período de 1961 a 1990 e para o cenário B2 o balanço hídrico futuro será praticamente igual ao atual.

Para os balanços hídricos realizados com as médias dos valores dos modelos HadCM3,_GFDL, CCCma, SCIRO e NIES, para os dois cenários analisados (A2 e B2) indicam que haverá uma redução do excesso de água na região de até 33 % para o período de 2071 a 2100, quando comparados os balanços hídricos do período de 1961 a 1990.

5.2. Bacia do Rio Paraguai

A precipitação média na Bacia do Rio Paraguai é igual a 1.398 mm/ano. Desse total de chuvas, 85% é perdida por evapotranspiração. Dessa forma, sobram apenas 15% das precipitações para formar os rios da região.

Qualquer mudança climática nessa região, especialmente um aumento de temperatura que ampliaria as perdas de água por evapotranspiração sem a devida compensação com o aumento das precipitações, poderá trazer sérios problemas no equilíbrio ecológico.

5.2.1. Resultados dos Balanços Hídricos realizados para o Cenário A2

Os balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Bacia do Rio Paraguai, para o cenário A2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas), estão representados nas figuras 5.7 a 5.9 e na tabela 5.12 são apresentados os excessos totais em mm/ano.

Tabela 5.12 - Valores dos excessos totais (mm/ano) para a Bacia do Rio Paraguai utilizando os dados das Normais Climatológicas para o período de 1961 a 1990 e dos modelos HadCM3, GFDL e das médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário A2.

	Cenário A2 - Bacia do Paraguai			
	Excessos Totais (mm/ano)			
	1961-1990	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Normais Climatológicas	407,7	-	-	-
Modelo HADCM3	-	371,1	286,9	236,7
Modelo GFDL	-	377,3	396,0	435,4
Média dos Modelos	-	309,7	253,9	207,4

a) Modelo HadCM3

Os dados dos balanços hídricos realizados pelo modelo HadCM3-Cenário A2 (figura 5.7), para a bacia do Rio Paraguai indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região passando de 407,7 mm/ano no período de 1961 a 1990, calculados com dados reais (tabela 5.12) para 371,1 mm/ano para o período de 2011 a 2040 mm/ano, 286,9 mm/ano de 2041 a 2070 e para 236,7 mm/ano para o período 2071 a 2100.

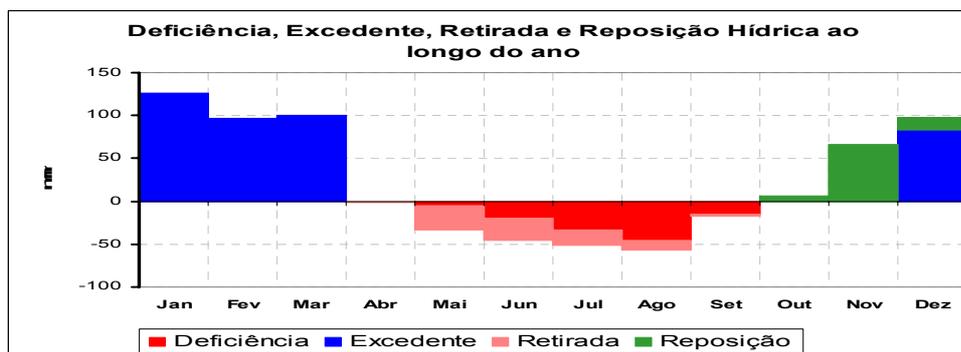
b) Modelo GFDL

Os balanços hídricos realizados utilizando os dados do modelo GFDL-Cenário A2 (figura 5.8) indicam uma diminuição no excesso de água para a região no período de 2011 a 2040, variando de 407,7 mm/ano (calculado com os dados reais do período de 1961 a 1990) para 377,3 mm/ano, aumentando para 396,0 mm/ano no período de 2041 a 2070 e para 435,4 mm/ano para o período de 2071 a 2100. Dessa forma, a região teria um excesso de água no período de 2071 a 2100 em relação ao período de 1961 a 1990, voltando as condições atuais.

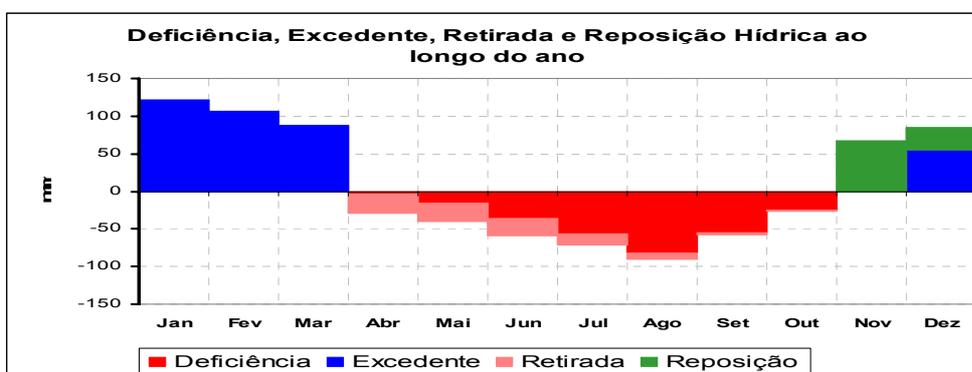
c) Média dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES

Para os balanços hídricos realizados utilizando as médias dos dados dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES – Cenário A2 (figura 5.9) indicam que haverá uma diminuição no excesso de água para a região, variando de 407,7 mm/ano (calculado com os dados reais do período de 1961 a 1990) para 309,7 mm/ano para o período de 2011 a 2040, 253,9 mm/ano para o período de 2041 a 2070 e para 207,4 mm/ano para o período 2071 a 2100.

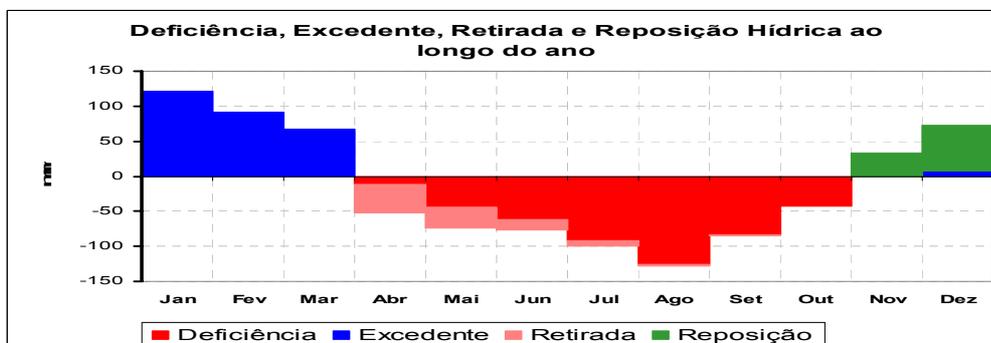
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

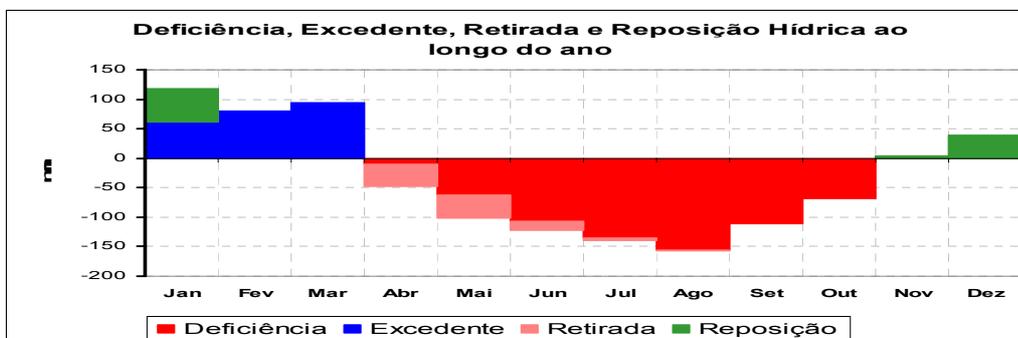
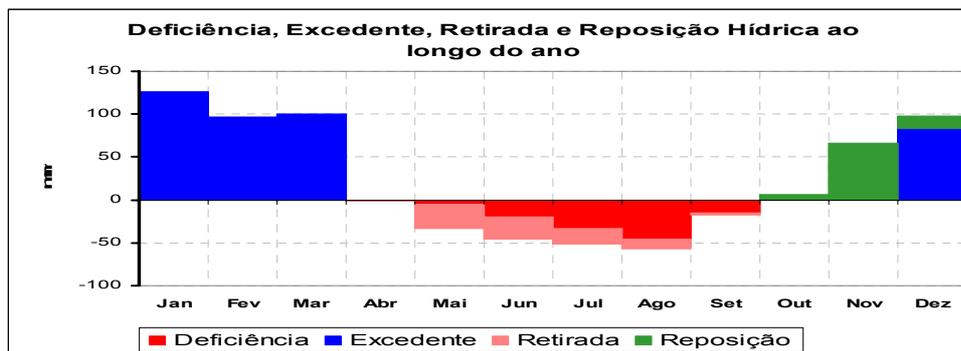
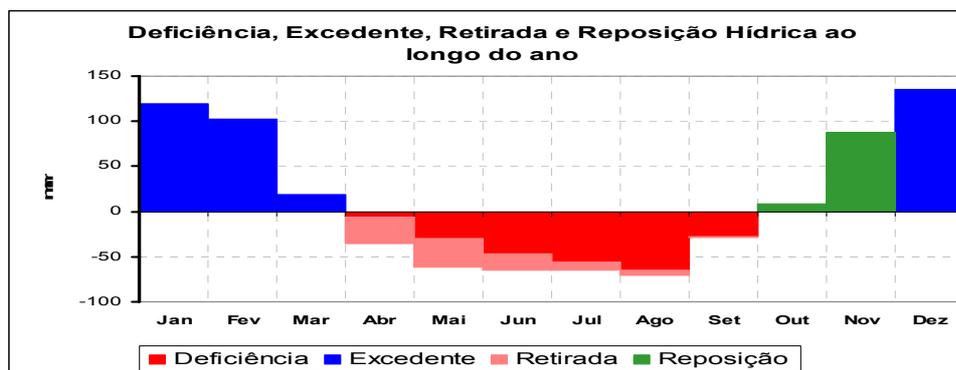


Figura 5.7 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Bacia do Rio Paraguai, utilizando o modelo HadCM3 para o cenário A2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

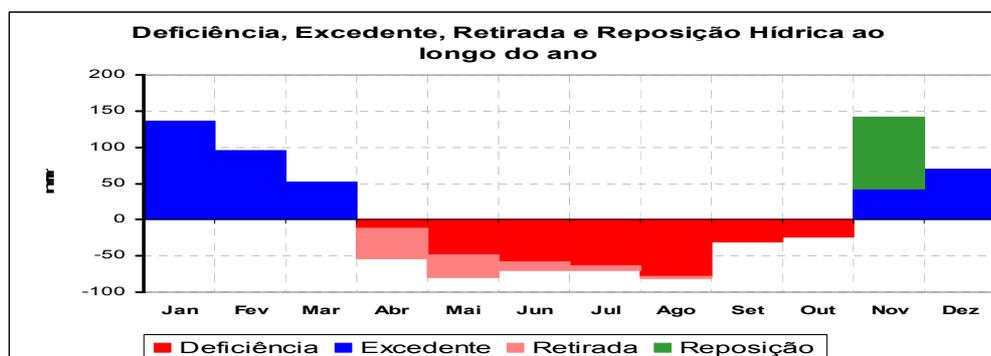
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

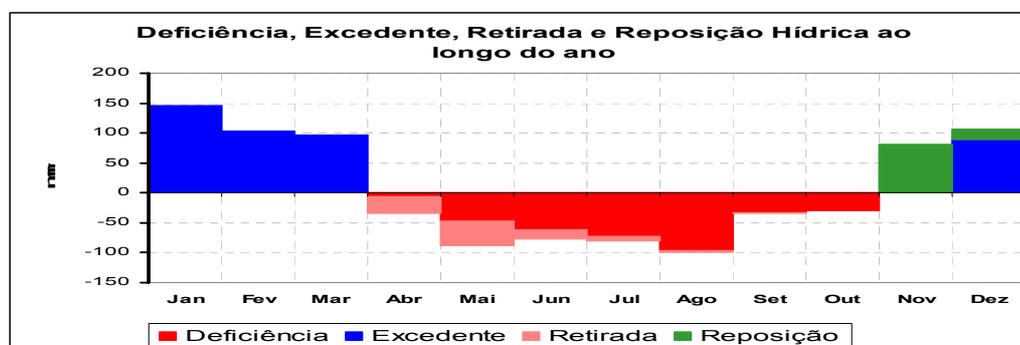
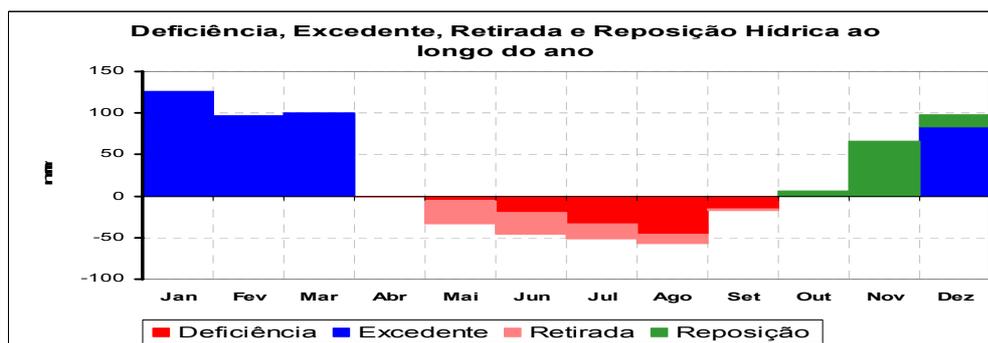
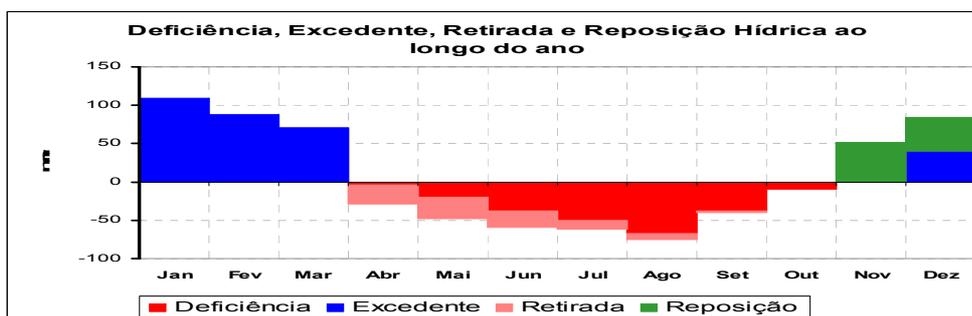


Figura 5.8 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a *Bacia do Rio Paraguai*, utilizando o *modelo GFDL* para o cenário A2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

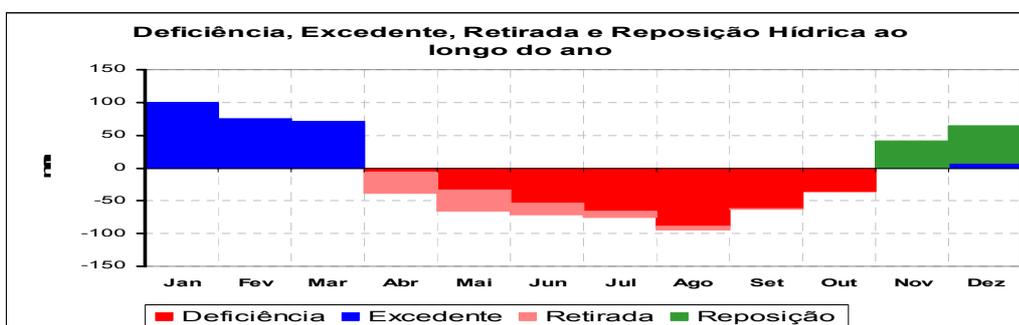
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

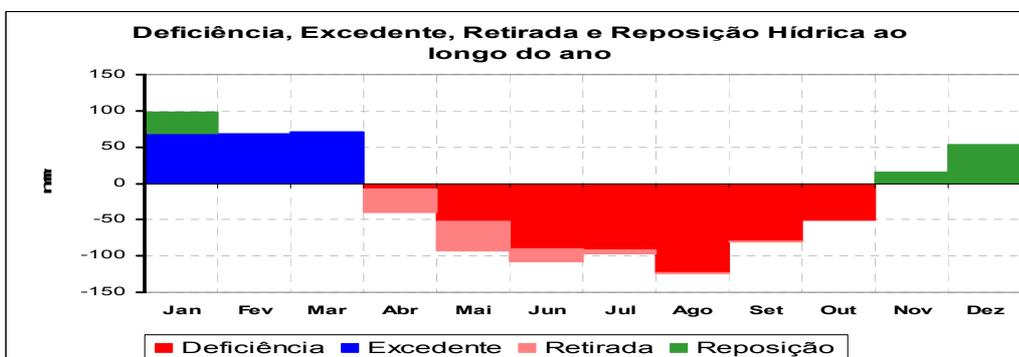


Figura 5.9- Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a *Bacia do Rio Paraguai*, utilizando as médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário A2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

5.2.2. Resultados dos Balanços Hídricos realizados para o Cenário B2

Os balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Bacia do Rio Paraguai, para o cenário B2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas), estão representados nas figuras 5.10 a 5.12 e na tabela 5.13 são apresentados os excessos totais em mm/ano.

Tabela 5.13 - Valores dos excessos totais (mm/ano) para a Bacia do Rio Paraguai utilizando os dados das Normais Climatológicas para o período de 1961 a 1990 e dos modelos HadCM3, GFDL e das médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário A2.

	Cenário B2 - Bacia do Paraguai			
	Excessos Totais (mm/ano)			
	1961-1990	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Normais Climatológicas	407,7	-	-	-
Modelo HADCM3	-	399,2	384,4	289,1
Modelo GFDL	-	465,6	507,2	407,7
Média dos Modelos	-	336,3	328,1	253,3

a) Modelo HadCM3

O excesso de água calculado pelo balanço hídrico com dados de 1961 a 1990 foi igual a 407,7 mm/ano (tabela 5.13). Os valores encontrados pelos balanços hídricos realizados com os dados de temperatura e precipitação estimados pelo Modelo HadCM3 – Cenário B2 (figura 5.10), indicam que haverá uma pequena diminuição do excesso de água para o período de 2011 a 2040 passando para 399,2 mm/ano e para 384,4 mm/ano no período de 2041 a 2070 e uma diminuição maior para o período de 2071 a 2100 passando para 289,1 mm/ano.

b) Modelo GFDL

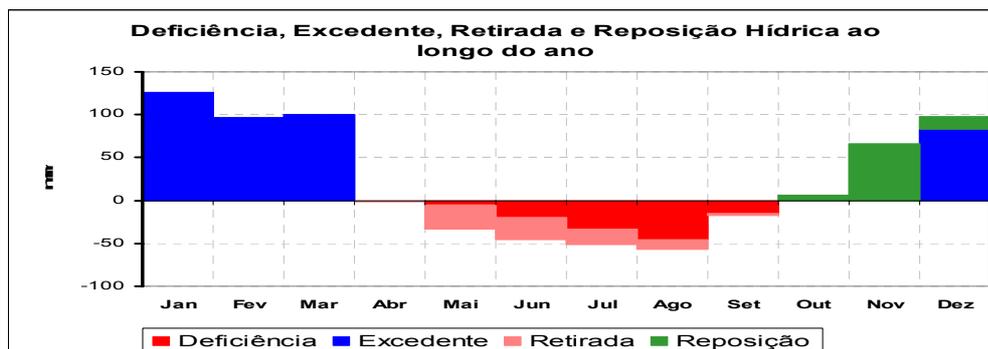
Pelo modelo GFDL – Cenário B2 (figura 5.11), o excesso de água na região apresenta um aumento de 407,7 mm/ano no período de 1961 a 1990 para 465,6 mm/ano para o período de 2011 a 2040, 507,2 mm/ano para o período de 2041 a 2070; e para 407,7mm/ano para o período de 2071 a 2100. Assim, como no cenário A2, no período de 2071 a 2100 a região voltaria as condições atuais.

c) Média dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES

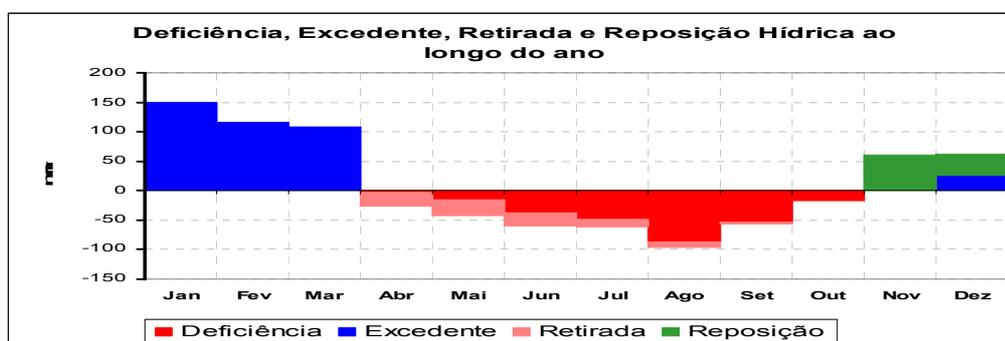
Os balanços hídricos realizados utilizando as médias dos dados dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES – Cenário B2 (figura 5.12) indicam que haverá

uma diminuição no excesso de água para a região, variando de 407,7 mm/ano (calculado com os dados reais do período de 1961 a 1990) para 336,3 mm/ano para o período de 2011 a 2040, 328,1 mm/ano para o período de 2041 a 2070 e para 253,3 mm/ano para o período 2071 a 2100.

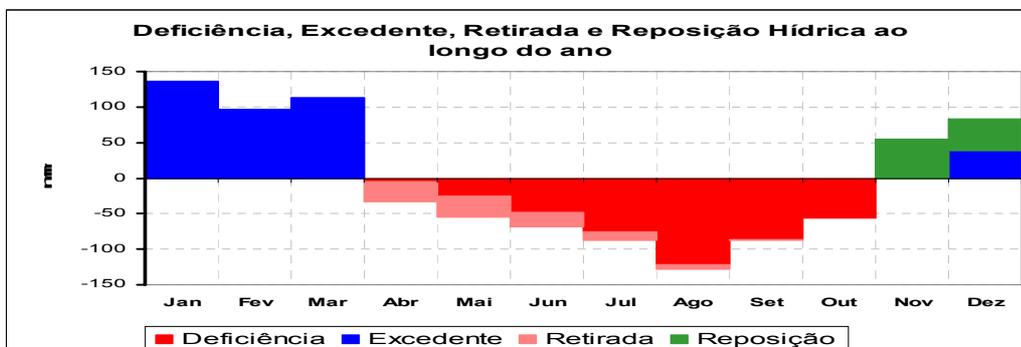
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

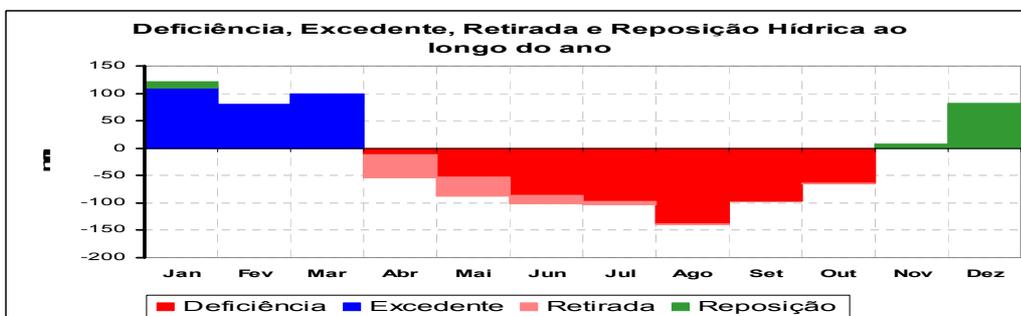
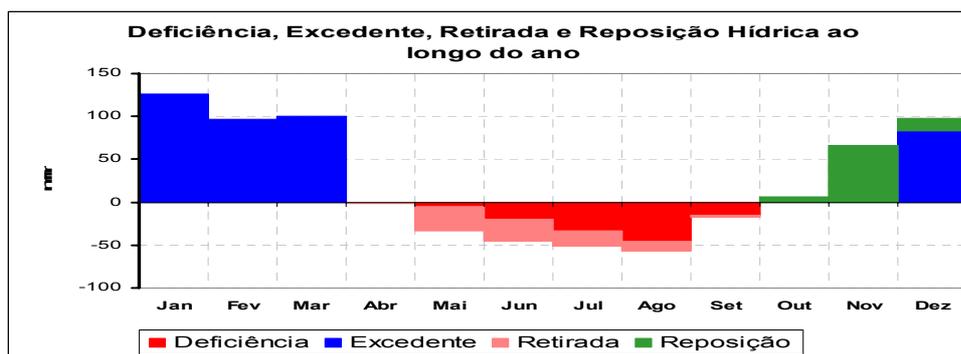
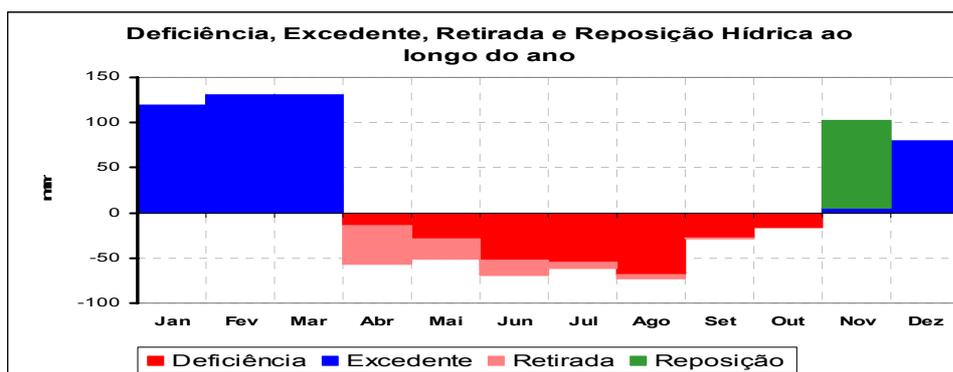


Figura 5.10 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Bacia do Rio Paraguai, utilizando o modelo HadCM3 para o cenário B2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

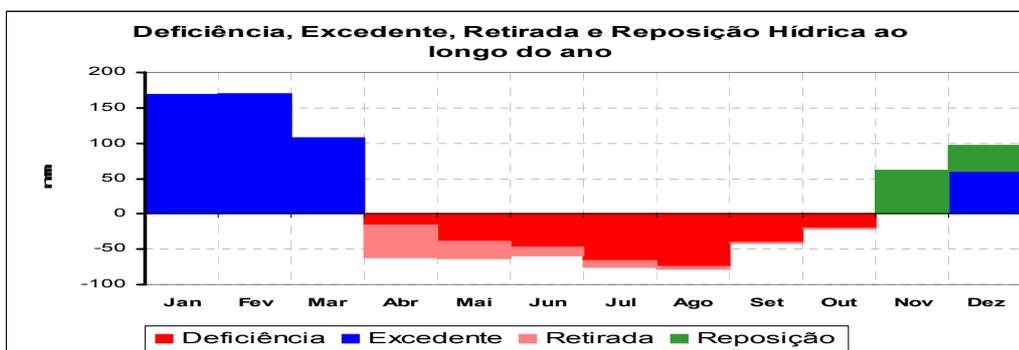
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

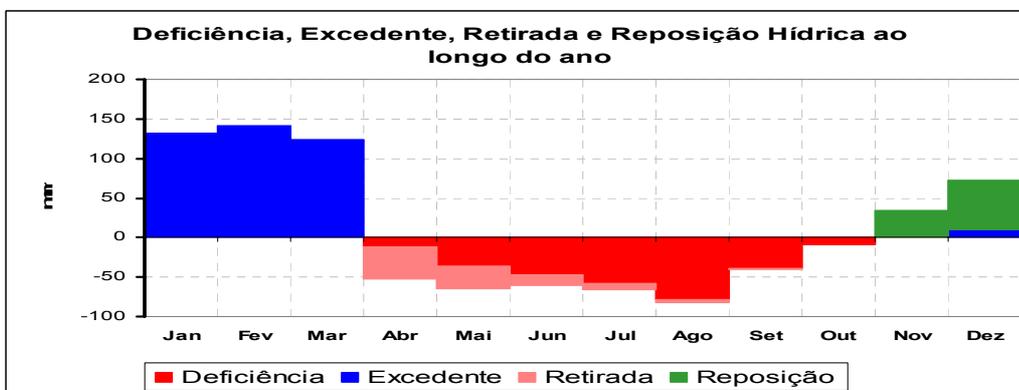
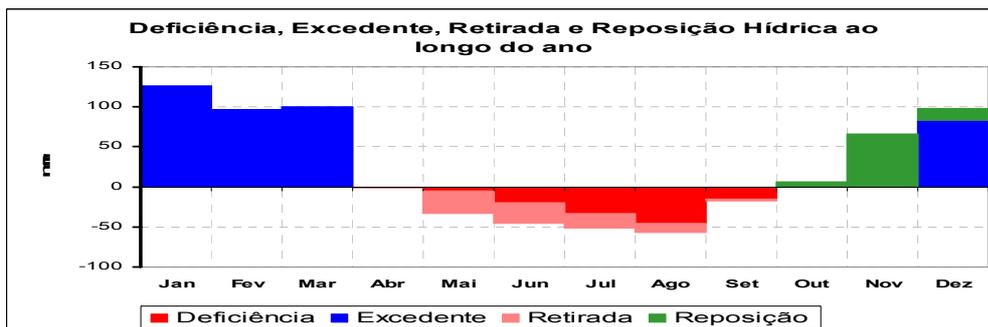
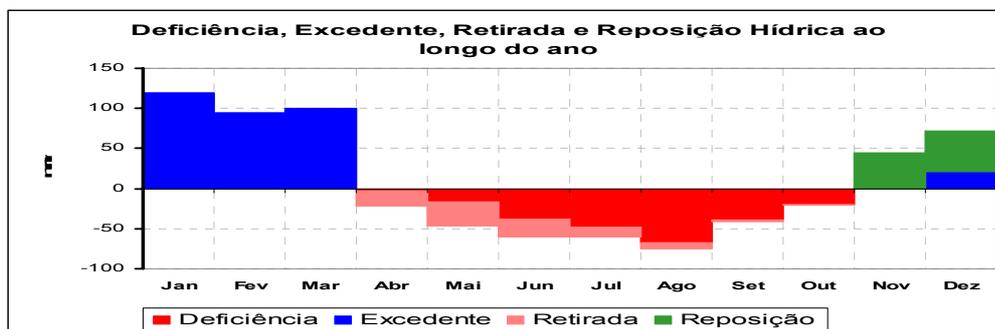


Figura 5.11 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Bacia do Rio Paraguai, utilizando o modelo GFDL para o cenário B2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

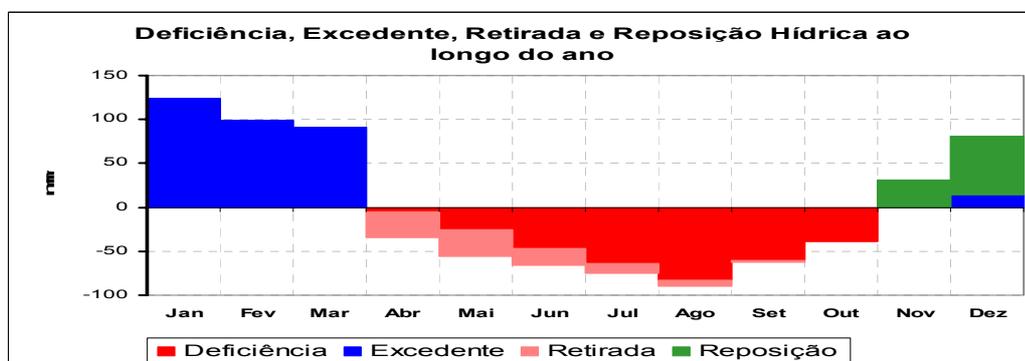
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

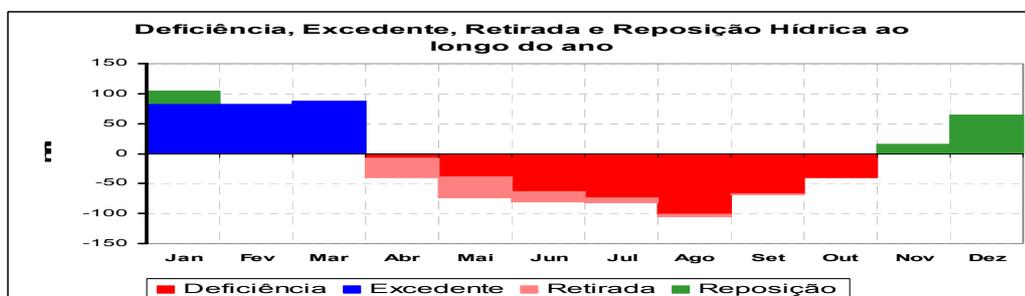


Figura 5.12 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a *Bacia do Rio Paraguai*, as médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário B2e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

5.2.3. Cenários de mudanças climáticas para a Bacia do Rio Paraguai

5.2.3.1. Para o Cenário A2

As classificações climáticas para a região da Bacia do Rio Paraguai, para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário A2, encontram-se na tabela 5.14.

Tabela 5.14. Classificações climáticas para a região da Bacia do Rio Paraguai, para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário A2.

Período/Modelo	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
Dados Observados (NC)* 1961 a 1990	1568	1279	408	119	9,3	31,9	26,3	< 48	B _{1r} A'a'
Modelo GFDL	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	1600	1454	377,3	231,2	15,9	25,9	16,4	< 48	C _{2r} A'a'
2041 a 2070	1646	1564	396	314	20,1	25,3	13,3	< 48	C _{2w} A'a'
2071 a 2100	1814	1724	435,4	345,4	20,0	25,3	13,2	< 48	C _{2w} A'a'
Modelo HadCM3	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	1594,7	1499	371,1	275,2	18,4	24,8	13,7	< 48	C _{2s} A'a'
2041 a 2070	1566,4	1739,2	286,9	459,7	26,4	16,5	0,6	< 48	C _{2s} A'a'
2071 a 2100	1563,6	1977	236,7	650,1	32,9	12,0	-7,8	< 48	C _{1w} A'a'
Média dos Modelos	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	1545,2	1461,2	309,7	225,6	15,4	21,2	11,9	< 48	C _{2r} A'a'
2041 a 2070	1528,2	1619,13	253,9	344,9	21,3	15,7	2,9	< 48	C _{2w} A'a'
2071 a 2100	1532,6	1848,9	207,4	493,7	26,7	11,2	-4,8	< 48	C _{1w} A'a'

* Normais Climatológicas

Onde,

P = Precipitação anual (calculada no balanço hídrico)

ETP = Evapotranspiração Potencial anual (calculada no balanço hídrico)

EXC = Excesso de água anual (calculado no balanço hídrico)

DEF = Déficit de água anual (calculado no balanço hídrico)

Ia = Índice de Aridez ($Ia = 100 * (DEF/ETP)$)

Iu = Índice de Umidade ($Iu = 100 * (EXC /ETP)$)

IM = Índice Efetivo de Umidade ($IM = Iu - 0,6 Ia$)

TE = Índice de Eficiência Térmica: calculado pela somatória da evapotranspiração dos meses de verão dividida pela evapotranspiração anual.

a) Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990.

- *Critério hídrico* (tabela 5.15)

No período 1961 a 1990 o clima da região da bacia do Rio Paraguai se mostra úmido, letra (B₁) com pequena ou nenhuma deficiência de água, letra (r).

- *Critério térmico* (tabela 5.15).

No período de 1961 a 1990 o clima da região está classificado como megatérmico, letra (A), com concentração de verão da evapotranspiração potencial maior que 48%.

Tabela 5.15. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 para a bacia do Rio Paraguai.

Período	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	B ₁ r

b) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com Modelo GFDL – Cenário A2

- *Critério hídrico* (tabela 5.16)

Período de 1961 a 1990: o clima da região da bacia do Rio Paraguai se mostra úmido, letra com pequena ou nenhuma deficiência de água.

Período de 2011 a 2040: O clima se mantém úmido/sub-úmido com pequena deficiência de água.

Período de 2041 a 2070: O clima se mantém úmido/sub-úmido com moderada deficiência de água no inverno.

Período de 2071 a 2100: O clima se mantém úmido/sub-úmido com moderada deficiência de água no inverno.

- *Critério térmico* (tabela 5.16)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.16. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a bacia do rio Paraguai de acordo com o modelo GFDL-Cenário A2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	B ₁ r
2011 – 2040	A'a'	C ₂ r
2041 – 2070	A'a'	C ₂ w
2071 - 2100	A'a'	C ₂ w

c) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com Modelo HadCM3 – Cenário A2

- *Critério hídrico* (tabela 5.17)

Período de 1961 a 1990: o clima da região da bacia do Rio Paraguai se mostra úmido, letra com pequena ou nenhuma deficiência de água.

Período de 2011 a 2040: O clima se mantém úmido com moderada deficiência de água no verão.

Período de 2041 a 2070: O clima se mantém úmido com moderada deficiência de água no verão.

Período de 2071 a 2100: O clima se torna seco e sub-úmido com moderado excesso de água no verão.

- *Critério térmico* (tabela 5.17)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.17. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a bacia do rio Paraguai de acordo com o modelo HadCM3-Cenário A2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	B _{1r}
2011 – 2040	A'a'	C _{2s}
2041 – 2070	A'a'	C _{2s}
2071 - 2100	A'a'	C _{1w}

d) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com a média dos Modelos HadDCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES – Cenário A2

- *Critério hídrico* (tabela 5.18)

Período de 1961 a 1990: o clima da região da bacia do Rio Paraguai se mostra úmido, letra com pequena ou nenhuma deficiência de água.

Período de 2011 a 2040: O clima se mantém úmido/sub-úmido com moderada deficiência de água no verão.

Período de 2041 a 2070: O clima se mantém úmido/sub-úmido com moderada deficiência de água no inverno.

Período de 2071 a 2100: O clima se torna seco/sub-úmido com moderada deficiência de água no inverno.

- *Critério térmico* (tabela 5.18)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.18. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a bacia do rio Paraguai de acordo a média dos Modelos HadDCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES -Cenário A2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	B ₁ r
2011 – 2040	A'a'	C ₂ r
2041 – 2070	A'a'	C ₂ w
2071 - 2100	A'a'	C ₂ w

5.2.3.2. Para o Cenário B2

As classificações climáticas para a região da Bacia do Rio Paraguai, segundo Thornthwaite (1955), para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário B2, encontram-se na (tabela 5.19).

Tabela 5.19. Classificações climáticas para a região da Bacia do Rio Paraguai, segundo Thornthwaite (1955), para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário B2.

Período/Modelo	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
Dados Observados (NC)* 1961 a 1990	1568	1279	408	119	9,3	31,9	26,3	< 48	B _{1r} A'a'
Modelo GFDL	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	1640	1435,8	465,6	261,4	18,2	32,4	21,5	< 48	B _{1w} A'a'
2041 a 2070	1734,3	1529,8	507,2	302,7	19,8	33,2	21,3	< 48	B _{1w} A'a'
2071 a 2100	1746,1	1616	407,7	277,5	17,2	25,2	14,9	< 48	C _{2w} A'a'
Modelo HadCM3	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	1618,5	1480,6	399,2	261,2	17,6	27,0	16,4	< 48	C _{2w} A'a'
2041 a 2070	1612,3	1644,9	384,4	417,1	25,4	23,4	8,2	< 48	C _{2w} A'a'
2071 a 2100	1561,7	1821,6	289,1	548,9	30,1	15,9	-2,2	< 48	C _{1w} A'a'
Média dos Modelos	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	1559,5	1453,7	336,3	230,5	15,9	23,1	13,6	< 48	C _{2r} A'a'
2041 a 2070	1576,6	1572,2	328,1	323,6	20,6	20,9	8,5	< 48	C _{2w} A'a'
2071 a 2100	1555,8	1692,87	253,3	390,4	23,1	15,0	1,1	< 48	C _{2w} A'a'

* Normais Climatológicas

Onde,

P = Precipitação anual (calculada no balanço hídrico)

ETP = Evapotranspiração Potencial anual (calculada no balanço hídrico)

EXC = Excesso de água anual (calculado no balanço hídrico)

DEF = Déficit de água anual (calculado no balanço hídrico)

Ia = Índice de Aridez ($Ia = 100 * (DEF/ETP)$)

Iu = Índice de Umidade ($Iu = 100 * (EXC /ETP)$)

IM = Índice Efetivo de Umidade ($IM = Iu - 0,6 Ia$)

TE = Índice de Eficiência Térmica: calculado pela somatória da evapotranspiração dos meses de verão dividida pela evapotranspiração anual.

Fórmula Climática: definida de acordo com os critérios de com THORNTHWAITE, 1995)

a) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com Modelo GFDL – Cenário B2

- *Critério hídrico* (tabela 5.20)

Período de 1961 a 1990: o clima da região da bacia do Rio Paraguai se mostra úmido, letra com pequena ou nenhuma deficiência de água.

Período de 2011 a 2040: O clima permanece úmido com moderada deficiência de água no inverno.

Período de 2041 a 2070: O clima permanece úmido com moderada deficiência de água no inverno.

Período de 2071 a 2100: O clima se torna úmido/sub-úmido com moderada deficiência de água no inverno.

- *Critério térmico* (tabela 5.20)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.20. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a bacia do rio Paraguai de acordo com o modelo GFDL-Cenário B2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	B ₁ r
2011 – 2040	A'a'	B ₁ w
2041 – 2070	A'a'	B ₁ w
2071 - 2100	A'a'	C ₂ w

b) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com Modelo HadCM3 – Cenário B2

- *Critério hídrico* (tabela 5.21)

Período de 1961 a 1990: o clima da região da bacia do Rio Paraguai se mostra úmido, letra com pequena ou nenhuma deficiência de água.

Período de 2011 a 2040: O clima da região se mostra úmido/sub-úmido, com moderada deficiência de água no inverno.

Período de 2041 a 2070: O clima da região se mostra úmido/sub-úmido, com moderada deficiência de água no inverno.

Período de 2071 a 2100: O clima se torna seco/sub-úmido com moderado deficiência de água no inverno.

- *Critério térmico* (tabela 5.21)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.21. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a bacia do rio Paraguai de acordo com o modelo HadCM3-Cenário B2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	B ₁ r
2011 – 2040	A'a'	C ₂ w
2041 – 2070	A'a'	C ₂ w
2071 - 2100	A'a'	C ₁ w

c) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com a média dos Modelos HadDCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES – Cenário B2

- *Critério hídrico* (tabela 5.22)

Período de 1961 a 1990: o clima da região da bacia do Rio Paraguai se mostra úmido, letra com pequena ou nenhuma deficiência de água.

Período de 2011 a 2040: O clima se torna úmido/sub-úmido com pequena ou nenhuma deficiência de água.

Período de 2041 a 2070: O clima se mantém úmido/sub-úmido com moderada deficiência de água no inverno.

Período de 2071 a 2100: O clima se torna seco/sub-úmido com pequena deficiência de água no inverno.

- *Critério térmico* (tabela 5.22)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.22 Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para a bacia do rio Paraguai de acordo a média dos Modelos HadDCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES -Cenário B2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	B ₁ r
2011 – 2040	A'a'	C ₂ r
2041 – 2070	A'a'	C ₂ w
2071 - 2100	A'a'	C ₁ w

5.2.4. Conclusões

Os balanços hídricos realizados para o modelo HadCM3, para os dois cenários analisados (A2 e B2) indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na Bacia do Rio Paraguai no período de até 42 % para o período 2071 a 2100, quando comparados os balanços hídricos do período de 1961 a 1900.

Para os balanços hídricos realizados para o modelo GFDL, para os dois cenários analisados (A2 e B2) indicam não haverá uma mudança significativa nos excessos de água na região, voltando às condições atuais no período de 2071 a 2100.

Para os balanços hídricos realizados com as médias dos valores dos modelos HadCM3,_GFDL, CCCma, SCIRO e NIES, para os dois cenários analisados (A2 e B2) indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região de até 49 % para o período de 2071 a 2100.

5.3. Nordeste Brasileiro

Grande parte da região é semi-árida e apresenta uma precipitação média da ordem de 700 mm/ano, porém as perdas por evapotranspiração são acima de 90%.

É importante salientar nas análises feitas neste item que, os dados utilizados dos modelos para o Nordeste Brasileiro incluíram uma área maior que o Nordeste semi-árido atual. Assim, os dados e as conclusões têm que ser analisadas com muito cuidado.

5.3.1. Resultados dos Balanços Hídricos realizados para o Cenário A2

Os balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para O Nordeste Brasileiro, para o cenário A2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas), estão representados nas figuras 5.13 a 5.15 e na tabela 5.23 são apresentados os excessos totais em mm/ano.

Tabela 5.23 - Valores dos excessos totais (mm/ano) para o Nordeste Brasileiro utilizando os dados das Normais Climatológicas para o período de 1961 a 1990 e dos modelos HadCM3, GFDL e das médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário A2.

Cenário A2 - Nordeste Brasileiro				
	Excessos Totais (mm/ano)			
	1961-1990	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Normais Climatológicas	37,7	-	-	-
Modelo HADCM3	-	0,0	0,0	0,0
Modelo GFDL	-	219,4	52,0	0,0
Média dos Modelos	-	57,5	13,6	0,0

a) Modelo HadCM3

Para período de 1961 a 1990 os dados mostram um excesso de água na região de 37,7 mm/ano. Os dados dos balanços hídricos realizados pelo modelo HadCM3-Cenário A2 (figura 5.13), para o Nordeste Brasileiro indicam que não haverá excesso de água na região para os três períodos analisados.

b) Modelo GFDL

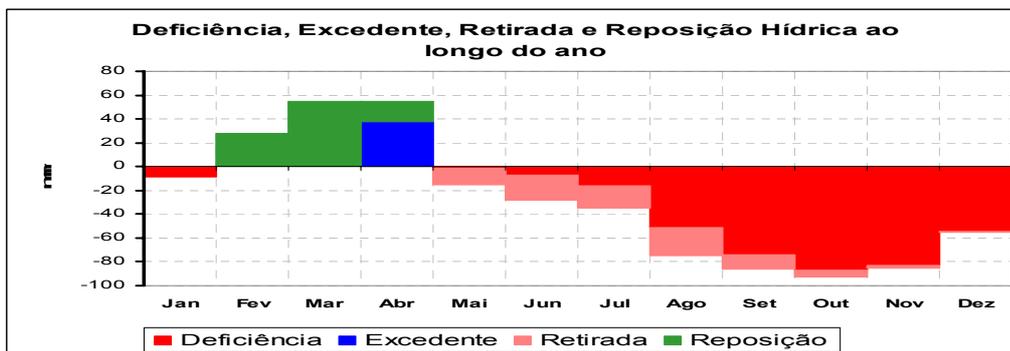
Os balanços hídricos realizados utilizando os dados do modelo GFDL-Cenário A2 (figura 5.14) indicam um grande aumento do excesso de água para a região no

período de 2011 a 2040, variando de 37,7 mm/ano (calculado com os dados reais do período de 1961 a 1990) para 219,4 mm/ano. A partir deste período os dados indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região, passando para 52,0 mm/ano para o período de 2041 a 2070 e para 0,0 mm/ano para o período de 2071 a 2100.

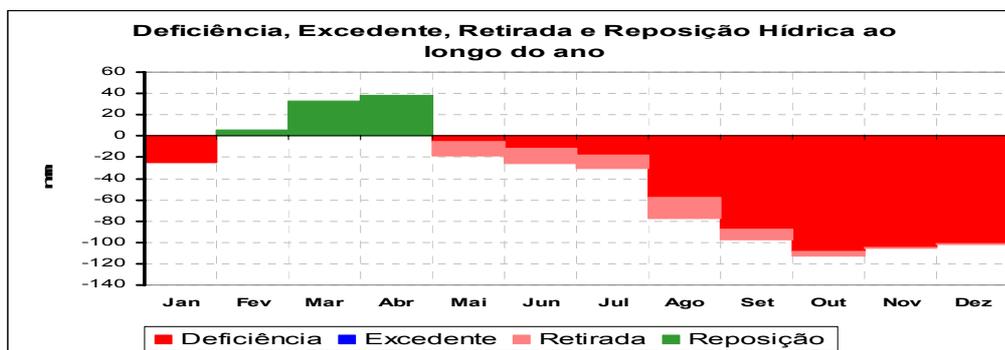
c) Média dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES

Para os balanços hídricos realizados utilizando as médias dos dados dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES – Cenário A2 (figura 5.5) os resultados indicam também um pequeno aumento do excesso de água para a região no período de 2011 a 2040, variando de 37,7 mm/ano (calculado com os dados reais do período de 1961 a 1990) para 57,5 mm/ano. A partir deste período os dados indicam haverá uma diminuição do excesso de água na região, passando para 13,6 mm/ano para o período de 2041 a 2070 e para 0,0 mm/ano para o período de 2071 a 2100.

Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

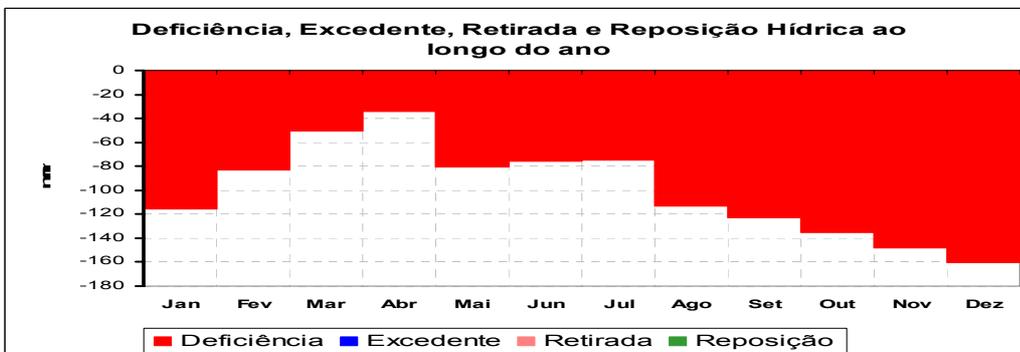
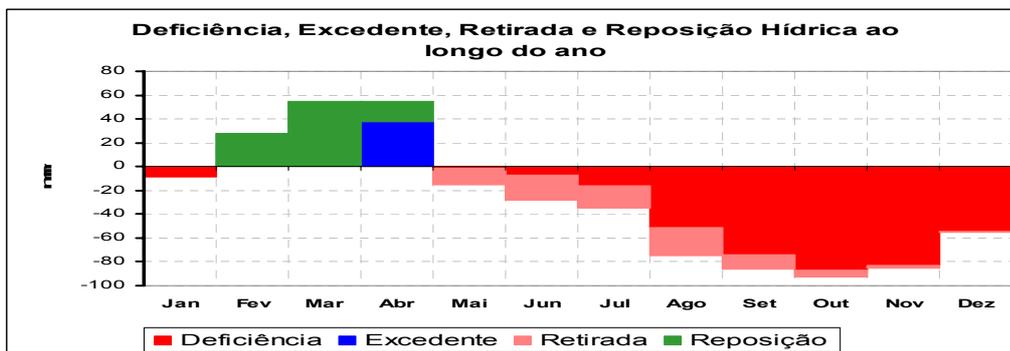
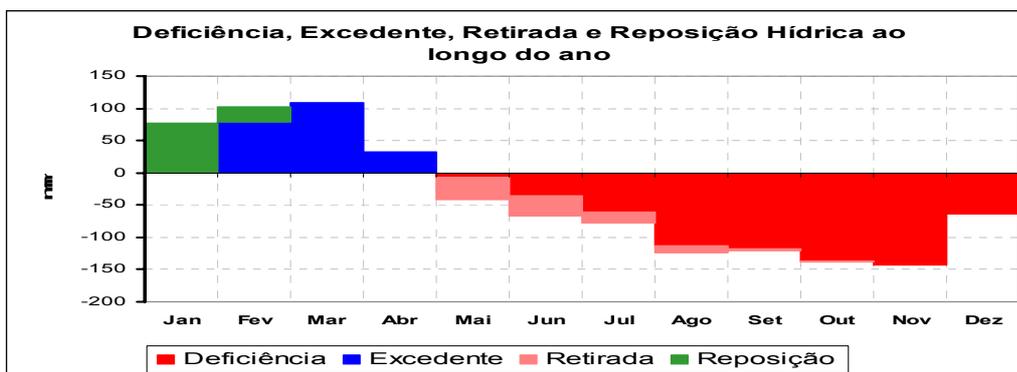


Figura 5.13 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para o Nordeste Brasileiro, utilizando o modelo HadCM3 para o cenário A2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

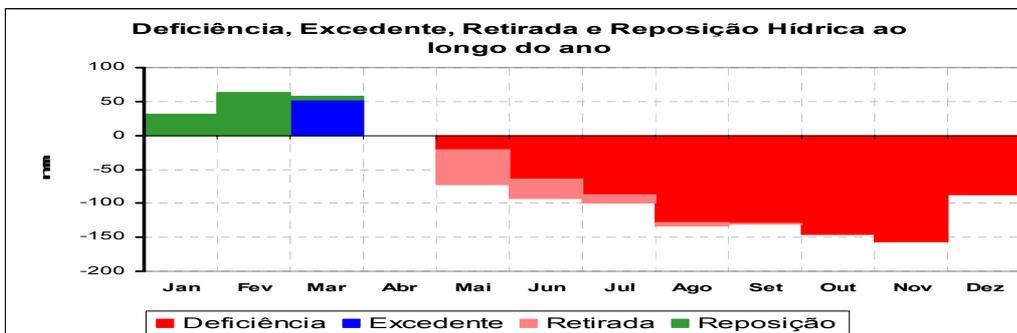
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

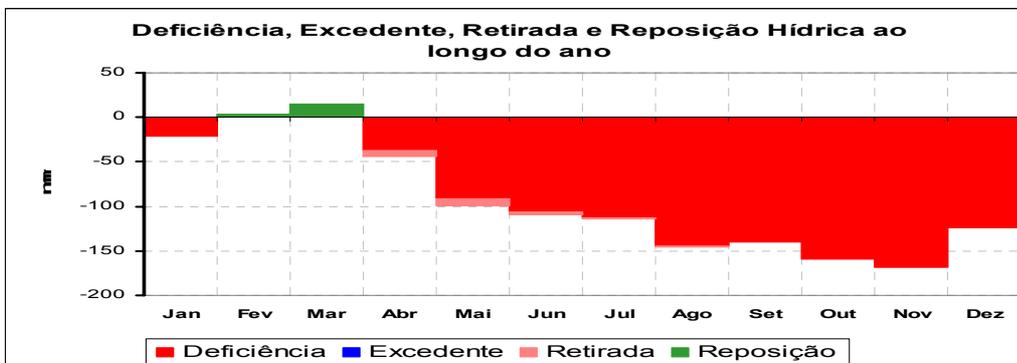
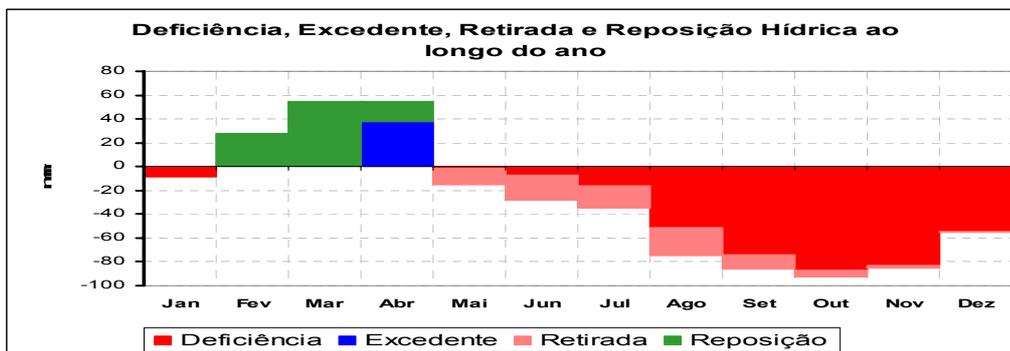
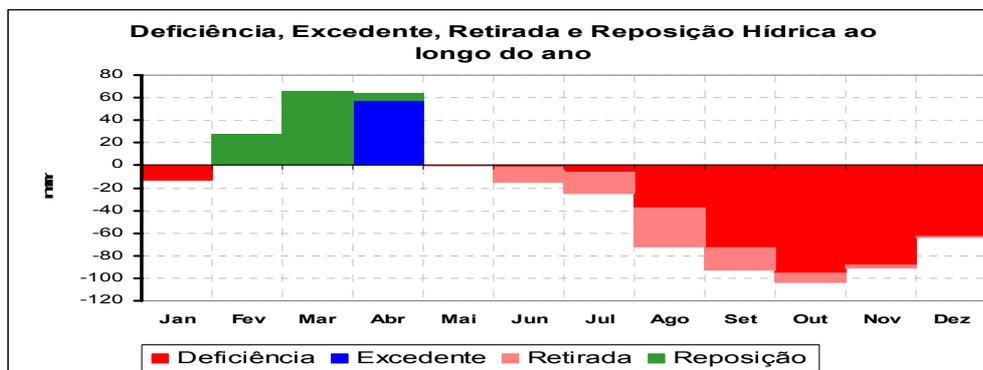


Figura 5.14 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para o Nordeste Brasileiro, utilizando o modelo GFDL para o cenário A2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

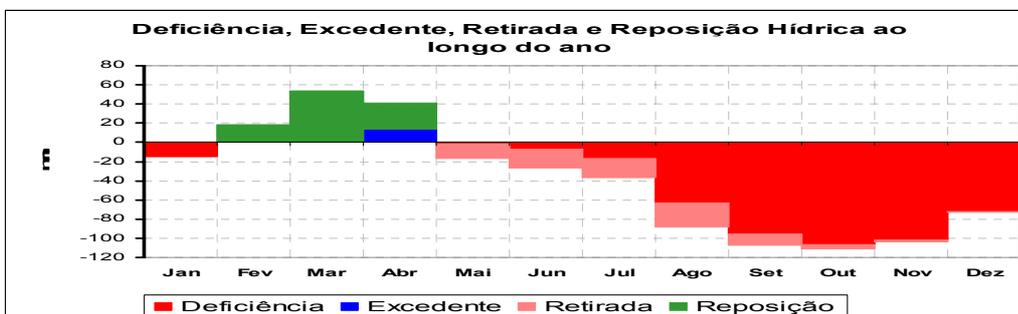
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

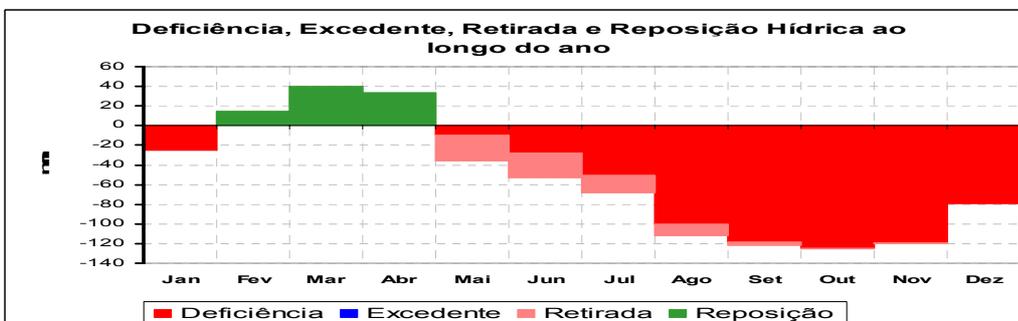


Figura 5.15- Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para o Nordeste Brasileiro, utilizando as médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário A2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

5.3.2. Resultados dos Balanços Hídricos realizados para o Cenário B2

Os balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para O Nordeste Brasileiro, para o cenário B2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas), estão representados nas figura 5.16 a 5.18 e na tabela 5.24 são apresentados os excessos totais em mm/ano.

Tabela 5.24 - Valores dos excessos totais (mm/ano) para o Nordeste Brasileiro utilizando os dados das Normais Climatológicas para o período de 1961 a 1990 e dos modelos HadCM3, GFDL e das médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário B2.

Cenário B2 - Nordeste Brasileiro				
	Excessos Totais (mm/ano)			
	1961-1990	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Normais Climatológicas	37,7	-	-	-
Modelo HADCM3	-	0,0	0,0	0,0
Modelo GFDL	-	129,9	198,7	201,9
Média dos Modelos	-	25,0	18,0	0,0

a) Modelo HadCM3

Os balanços hídricos realizados, utilizando os dados obtidos pelo modelo HadCM3-Cenário B2, (figura 5.16 e tabela 5.24) indicam não haverá excesso de água para todo o período de 2011 a 2100.

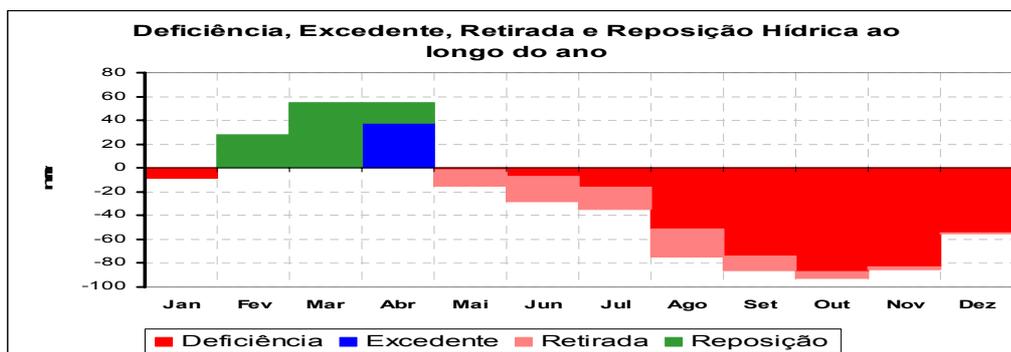
b) Modelo GFDL

Os dados dos balanços hídricos realizados utilizando o modelo GFDL-Cenário B2 (figura 5.17) indicam que haverá um grande aumento do excesso de água na região passando de 37,7 mm/ano no período de 1961 a 1990 para 129,9 mm/ano no período de 2011 a 2040, 198,7 mm/ano no período de 2041 a 2070 e para 201,9 mm/ano para o período de 2071 a 2100.

c) Média dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES

Para os balanços hídricos realizados utilizando as médias dos dados dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES – Cenário B2 (figura 5.18) indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região passando de 37,7 mm/ano no período de 1961 a 1990 para 25,0 mm/ano no período de 2011 a 2040, 18,0 mm/ano no período de 2041 a 2070 e 0,0 mm/ano para o período de 2071 a 2100.

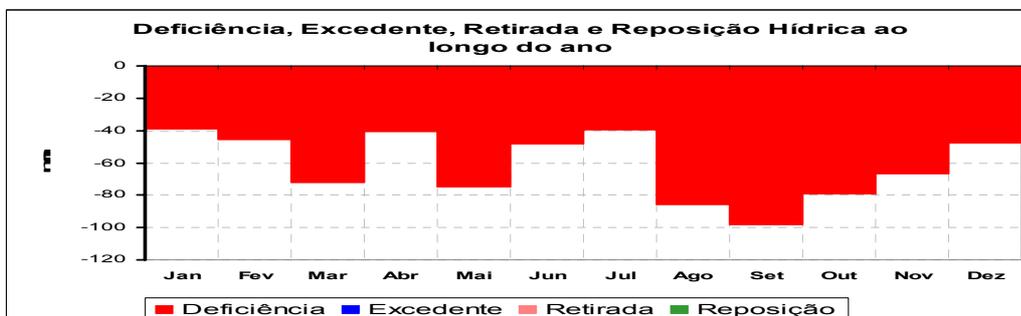
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

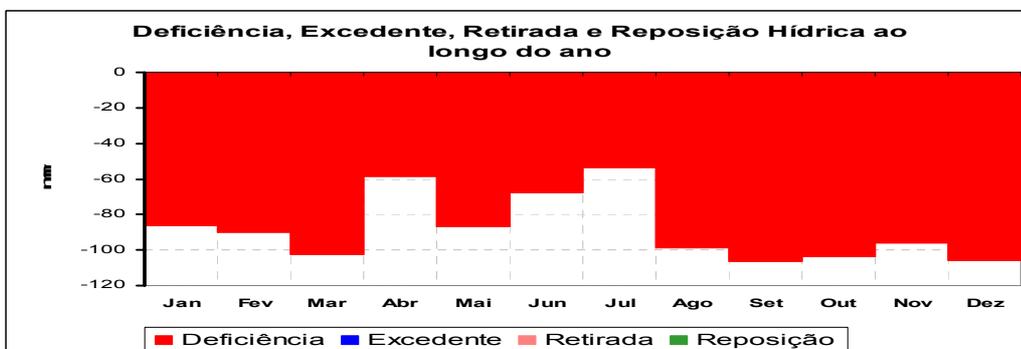
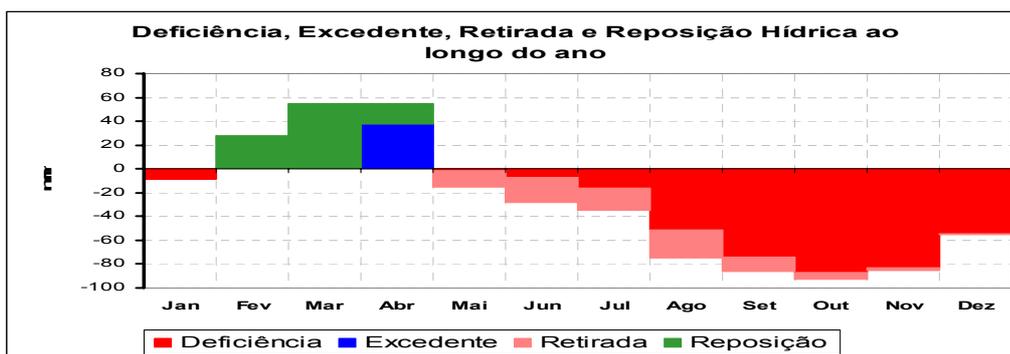
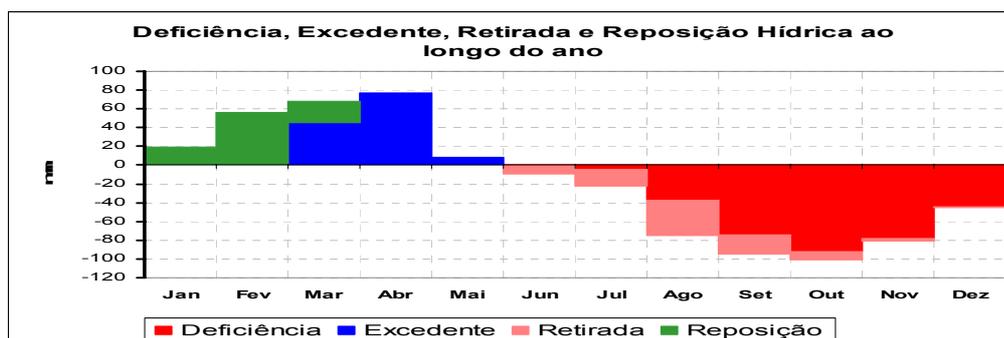


Figura 5.16 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para o Nordeste Brasileiro, utilizando o modelo HadCM3 para o cenário B2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

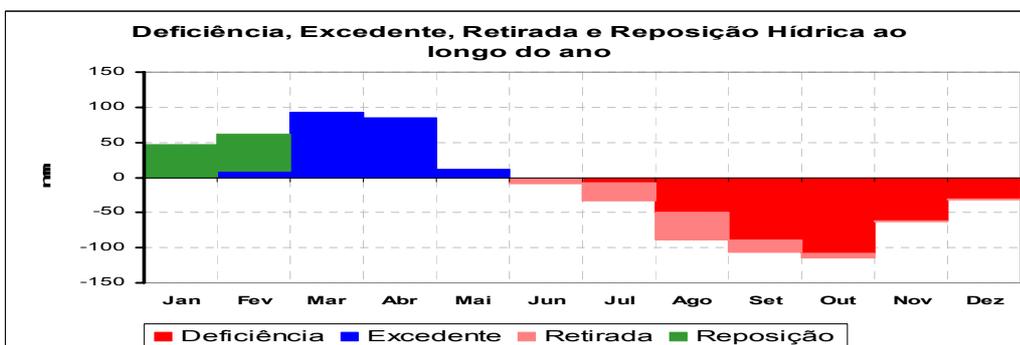
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

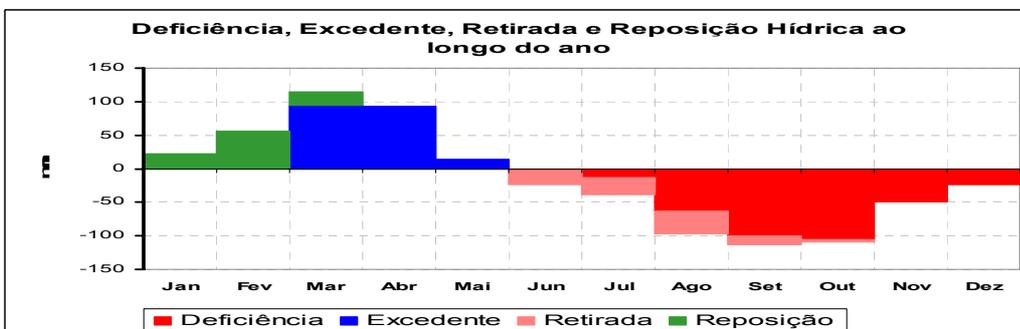


Figura 5.17- Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para o Nordeste Brasileiro, utilizando os valores do modelo GFDL para o cenário B2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

Período: 1961 a 1990

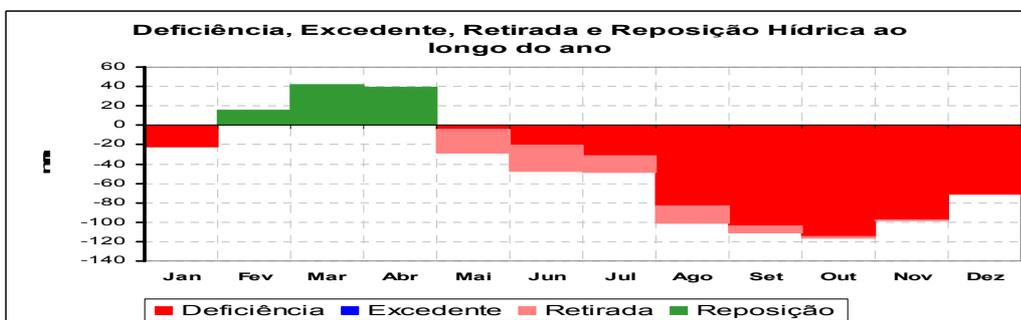
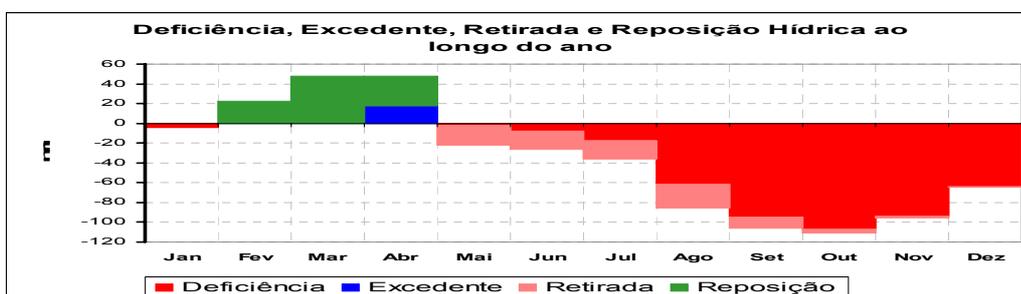
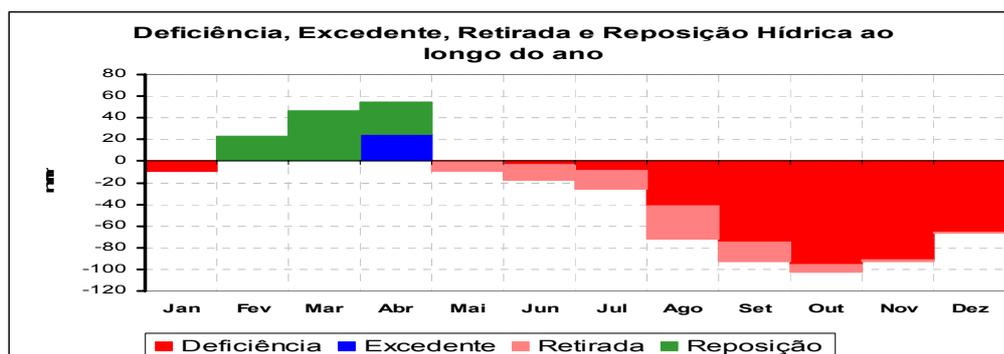
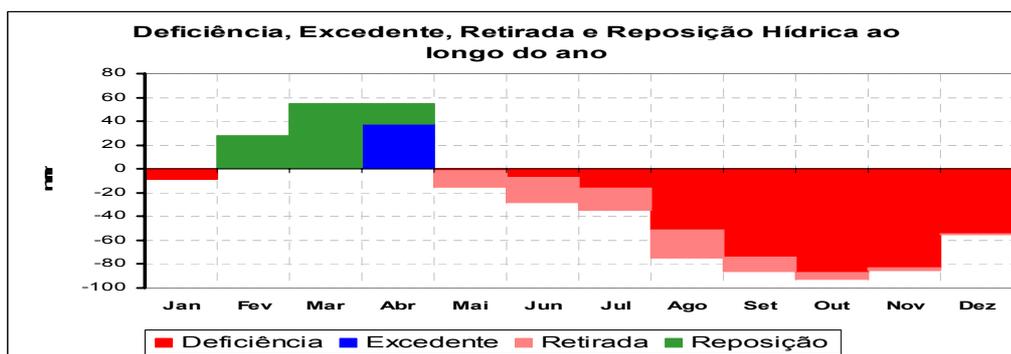


Figura 5.18- Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para o Nordeste Brasileiro, utilizando as médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário B2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

5.3.3. Cenários de mudanças climáticas para o Nordeste Brasileiro

5.3.3.1. Para o Cenário A2

As classificações climáticas para a região do Nordeste Brasileiro, para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário A2, encontram-se na tabela 5.25.

É importante salientar nas análises feitas neste item que, os dados utilizados dos modelos para o Nordeste Brasileiro incluíram uma área maior que o Nordeste semi-árido atual.

Tabela 5.25. Classificações climáticas para a região da Nordeste Brasileiro, para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário A2.

Período/Modelo	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
Dados Observados (NC)* 1961 a 1990	1079,2	1424	38,0	382	27,1	2,7	-13,56	< 48	C ₁ d A'a'
Modelo GFDL	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	1168,8	1626,5	219,4	677,1	41,6	13,5	-11,49	< 48	C ₁ w A'a'
2041 a 2070	1040	1807	53,0	820,1	45,4	2,9	-24,3	< 48	C ₁ d A'a'
2071 a 2100	843,8	1949,4	0,0	1105,6	56,7	0,0	-34,03	< 48	Dd A'a'
Modelo HadCM3	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	1074	1593,2	0,0	519,2	32,6	0	-19,55	< 48	C ₁ d A'a'
2041 a 2070	942,2	1766,21	0,0	824	46,7	0,0	-27,99	< 48	Dd A'a'
2071 a 2100	731	1924,6	0,0	1193,6	62	0,0	-37,21	< 48	Dd A'a'
Média dos Modelos	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	1241,6	1561,8	57,5	377,7	24,2	3,68	-10,83	< 48	C ₁ d A'a'
2041 a 2070	1234,6	1700,5	13,6	479,4	28,2	0,8	-16,12	< 48	C ₁ d A'a'
2071 a 2100	1228,6	1882	0,0	653,4	34,7	0,0	-20,83	< 48	Dd A'a'

* Normais Climatológicas

Onde,

P = Precipitação anual (calculada no balanço hídrico)

ETP = Evapotranspiração Potencial anual (calculada no balanço hídrico)

EXC = Excesso de água anual (calculado no balanço hídrico)

DEF = Déficit de água anual (calculado no balanço hídrico)

Ia = Índice de Aridez ($Ia = 100 * (DEF/ETP)$)

Iu = Índice de Umidade ($Iu = 100 * (EXC /ETP)$)

IM = Índice Efetivo de Umidade ($IM = Iu - 0,6 Ia$)

TE = Índice de Eficiência Térmica: calculado pela somatória da evapotranspiração dos meses de verão dividida pela evapotranspiração anual.

a) Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990.

- *Critério hídrico* (tabela 5.26).

No período 1961 a 1990 o clima da região do Nordeste Brasileiro caracterizou-se como clima seco e sub-úmido (C_1) com pequeno ou nenhum excesso de água (r).

- *Critério térmico* (tabela 5.26)

No período de 1961 a 1990 o clima da região está classificado como megatérmico (A) com concentração de verão da evapotranspiração menor que 48% da ETP anual (a').

Tabela 5.26. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 para o Nordeste Brasileiro.

Período	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	C ₁ d

b) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com Modelo GFDL – Cenário A2

- *Critério hídrico* (tabela 5.27)

Período de 1961 a 1990: O clima da região do Nordeste Brasileiro caracterizou-se como clima seco e sub-úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

Período de 2011 a 2040: O clima se mantém seco/sub-úmido com moderado excesso de água no verão.

Período de 2041 a 2070: O clima se mantém úmido/sub-úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

Período de 2071 a 2100: O clima tende a semi-árido com pequeno ou nenhum excesso de água.

- *Critério térmico* (tabela 5.27)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.27. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para o Nordeste Brasileiro de acordo com o modelo GFDL-Cenário A2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	C ₁ d
2011 – 2040	A'a'	C ₁ S ₂
2041 – 2070	A'a'	C ₁ S ₂
2071 - 2100	A'a'	Dd

c) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com Modelo HadCM3 – Cenário A2

- *Critério hídrico* (tabela 5.28)

Período de 1961 a 1990: O clima da região do Nordeste Brasileiro caracterizou-se como clima seco e sub-úmido com pequeno ou nenhum excesso de água

Período de 2011 a 2040: O clima se mantém seco e sub-úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

Período de 2041 a 2070: O clima se torna semi-árido úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

Período de 2071 a 2100: O clima se mantém semi-árido úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

- *Critério térmico* (tabela 5.28)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.28 Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para o Nordeste Brasileiro de acordo com o modelo HadCM3-Cenário A2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	C ₁ d
2011 – 2040	A'a'	C ₁ d
2041 – 2070	A'a'	Dd
2071 - 2100	A'a'	Dd

d) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com a média dos Modelos HadDCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES – Cenário A2

- *Critério hídrico* (tabela 5.29)

Período de 1961 a 1990: clima da região do Nordeste Brasileiro caracterizou-se como clima seco e sub-úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

Período de 2011 a 2040: O clima se mantém seco e sub-úmido sem nenhum excesso de água.

Período de 2041 a 2070: O clima se torna úmido/sub-úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

Período de 2071 a 2100: O clima se torna semi-árido úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

- *Critério térmico* (tabela 5.29)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.29. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para o Nordeste Brasileiro de acordo a média dos Modelos HadDCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES -Cenário A2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	C ₁ d
2011 – 2040	A'a'	C ₁ d
2041 – 2070	A'a'	C ₁ d
2071 - 2100	A'a'	Dd

5.3.3.2. Para o Cenário B2

As classificações climáticas para a região do Nordeste Brasileiro, para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário B2, encontram-se na tabela 5.30.

Tabela 5.30. Classificações climáticas para a região da Nordeste Brasileiro, para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para o cenário B2.

Período/Modelo	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
Dados Observados (NC)* 1961 a 1990	1079,2	1424	38,0	382	27,1	2,7	-13,56	< 48	C ₁ d A'a'
Modelo GFDL	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	1345,4	1547,1	129,9	331,5	21,4	8,4	-4,46	< 48	C ₁ d A'a'
2041 a 2070	1508,2	1657,1	198,7	347,5	21	12,0	-0,591	< 48	C ₁ w A'a'
2071 a 2100	1586,9	1741,6	201,9	356,6	20,5	11,6	-0,692	< 48	C ₁ w A'a'
Modelo HadCM3	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	1026	1585,9	0,0	559,9	35,3	0	-21,18	< 48	Dd A'a'
2041 a 2070	957,3	1695,7	0,0	738,4	43,5	0,0	-26,13	< 48	Dd A'a'
2071 a 2100	760,6	1818,4	0,0	1057,8	58,2	0,0	-34,9	< 48	Dd A'a'
Média dos Modelos	P (mm)	ETP (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	Ia (%)	Iu (%)	IM (%)	TE (%)	Fórmula Climática
2011 a 2040	1198,9	1564	25,0	390,1	24,9	1,6	-13,37	< 48	C ₁ d A'a'
2041 a 2070	1235,1	1670	18,0	452,9	27,1	1,1	-15,19	< 48	C ₁ d A'a'
2071 a 2100	1227,8	1776,5	0,0	548,8	30,9	0,0	-18,54	< 48	C ₁ d A'a'

* Normais Climatológicas

Onde,

P = Precipitação anual (calculada no balanço hídrico)

ETP = Evapotranspiração Potencial anual (calculada no balanço hídrico)

EXC = Excesso de água anual (calculado no balanço hídrico)

DEF = Déficit de água anual (calculado no balanço hídrico)

Ia = Índice de Aridez ($Ia = 100 * (DEF/ETP)$)

Iu = Índice de Umidade ($Iu = 100 * (EXC /ETP)$)

IM = Índice Efetivo de Umidade ($IM = Iu - 0,6 Ia$)

TE = Índice de Eficiência Térmica: calculado pela somatória da evapotranspiração dos meses de verão dividida pela evapotranspiração anual.

a) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com Modelo GFDL – Cenário B2

- *Critério hídrico* (tabela 5.31)

Período de 1961 a 1990: O clima da região do Nordeste Brasileiro caracterizou-se como clima seco e sub-úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

Período de 2011 a 2040: O clima se mantém seco/sub-úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

Período de 2041 a 2070: O clima se torna úmido/sub-úmido com moderada deficiência de água no inverno.

Período de 2071 a 2100: O clima se mantém úmido/sub-úmido com moderada deficiência de água no inverno.

- *Critério térmico* (tabela 5.31)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.31. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para o Nordeste Brasileiro de acordo com o modelo GFDL-Cenário B2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	C ₁ d
2011 – 2040	A'a'	C ₁ d
2041 – 2070	A'a'	C ₁ w
2071 - 2100	A'a'	C ₁ w

b) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com o Modelo HadCM3 – Cenário B2

- *Critério hídrico* (tabela 5.32)

Período de 1961 a 1990: O clima da região do Nordeste Brasileiro caracterizou-se como clima seco e sub-úmido com pequeno ou nenhum excesso de água

Período de 2011 a 2040: O clima se torna semi-árido com pequeno ou nenhum excesso de água.

Período de 2041 a 2070: O clima se mantém semi-árido com pequeno ou nenhum excesso de água.

Período de 2071 a 2100: O clima se mantém semi-árido úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

- *Critério térmico* (tabela 5.32)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.32. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para o Nordeste Brasileiro de acordo com o modelo HadCM3-Cenário B2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	C ₁ d
2011 – 2040	A'a'	Dd
2041 – 2070	A'a'	Dd
2071 - 2100	A'a'	Dd

c) Critérios hídrico e térmico para o período de 2011 a 2100, de acordo com a média dos Modelos HadDCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES – Cenário B2

- *Critério hídrico* (tabela 5.33)

Período de 1961 a 1990: clima da região do Nordeste Brasileiro caracterizou-se como clima seco e sub-úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

Período de 2011 a 2040: O clima se mantém seco e sub-úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

Período de 2041 a 2070: O clima se mantém seco e sub-úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

Período de 2071 a 2100: O clima se mantém seco e sub-úmido com pequeno ou nenhum excesso de água.

- *Critério térmico* (tabela 5.33)

O clima da região está classificado como megatérmico, com concentração de verão da evapotranspiração potencial menor que 48% da ETP anual em todos os períodos analisados.

Tabela 5.33. Critérios hídrico e térmico para o período de 1961 a 1990 e para o período de 2011 a 2100, para o Nordeste Brasileiro de acordo a média dos Modelos HadDCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES -Cenário B2.

Períodos	Critério Térmico	Critério Hídrico
1961 – 1990	A'a'	C ₁ d
2011 – 2040	A'a'	C ₁ d
2041 – 2070	A'a'	C ₁ d
2071 - 2100	A'a'	C ₁ d

5.3.4. Conclusões

Os balanços hídricos realizados para o modelo HadCM3, para os dois cenários analisados (A2 e B2) indicam não haverá excesso de água na região do Nordeste Brasileiro de para os períodos de 2011 a 2100.

Para os balanços hídricos realizados para o modelo GFDL, existe uma grande diferença entre os dois cenários analisados (A2 e B2), sendo que para o cenário A2 os dados indicam que haverá um grande aumento (582%) do excesso de água na região no período de 2011 a 2040, diminuindo até 2100 com excesso nulo, quando comparados com o período de 1961 a 1990. Para o cenário B2 os dados indicam que haverá um aumento constante do excesso de água na região de 2011 a 2100 de até 545%.

Os dados dos balanços hídricos realizados com as médias dos valores dos modelos HadCM3,_GFDL, CCCma, SCIRO e NIES, para os dois cenários analisados (A2 e B2) indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região de até 100 % para o período de 2011 a 2100.

5.4. Bacia do Prata

Os modelos utilizados neste trabalho abrangem uma grande área para essa região, como pode ser vista no mapa 1 incluindo regiões com diferentes climas. Assim, deve-se analisar com muito cuidado os resultados obtidos para os diversos modelos para essa região, quando forem feitas considerações de possíveis impactos para a região do Brasil.

Tendo isso em vista, não serão feitas considerações quanto às possíveis mudanças na classificação climática para a região considerada no território brasileiro. Trabalhos mais detalhados serão necessários para uma avaliação dos impactos climáticos nessa região.

Os dados do balanço hídrico realizado para a região do sul do Brasil, para o período de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) demonstram que, existe um excesso de água praticamente todo o ano, como pode ser visto na figura 5.19.

No caso específico da Bacia do Prata, que abrange uma grande região fora do Brasil e também inclui uma grande região fora da região do sul-sudeste do Brasil, utilizou-se na comparação dos balanços hídricos os dados de precipitação e temperatura do período de 1961 a 1990 os dados obtidos no Climatic Research Unit –CRU (NEW *et al* , 1999 e 2000).

Da mesma forma que foi realizado nos cálculos dos balanços hídricos para as outras regiões analisadas, foi feito inicialmente uma correção dos dados de precipitação e temperatura dos modelos utilizados. Foram calculadas as diferenças dos valores obtidos pelos modelos no período de 1961 a 1990 com os valores do CRU no mesmo período. Estas diferenças, positivas ou negativas, foram subtraídas dos valores obtidos pelos modelos para o período de 2011 a 2100.

Período 1961-1990

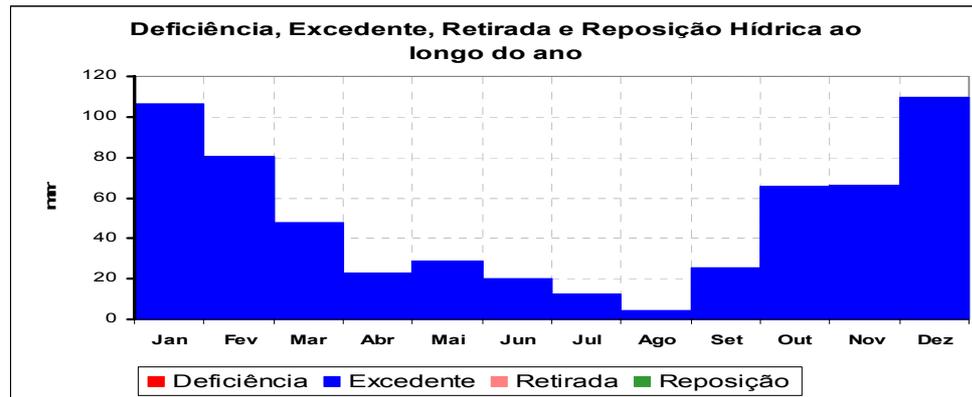


Figura 5.19 - Balanço hídrico obtido para a região sul do Brasil, utilizando os dados de temperatura e precipitação para o período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

5.4.1. Resultados dos Balanços Hídricos realizados para o Cenário A2

Os balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Bacia do Prata, para o cenário A2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas), estão representados nas figuras 5.20 a 5.22 e na tabela 5.34 são apresentados os excessos totais em mm/ano.

Tabela 5.34 - Valores dos excessos totais (mm/ano) para a Bacia do Prata utilizando os dados dos modelos HadCM3, GFDL e das médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário A2 e os dados CRU para o período de 1961 a 1990.

Cenário A2 - Bacia do Prata				
	Excessos Totais (mm/ano)			
	1961-1990	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Dados CRU	189,9	-	-	-
Modelo HADCM3	-	71,3	0,0	0,0
Modelo GFDL	-	504,5	343,0	289,7
Média dos Modelos	-	58,3	0,0	0,0

a) Modelo HadCM3

Os balanços hídricos realizados, utilizando os dados obtidos pelo modelo HadCM3-Cenário A2, (figura 5.20) indicam haverá uma diminuição do excesso de água na região passando de 189,9 mm/ano para o período de 1961 a 1990 para 71,3 mm/ano e nenhum excesso de água para os períodos de 2041 a 2070 e de 2071 a 2100.

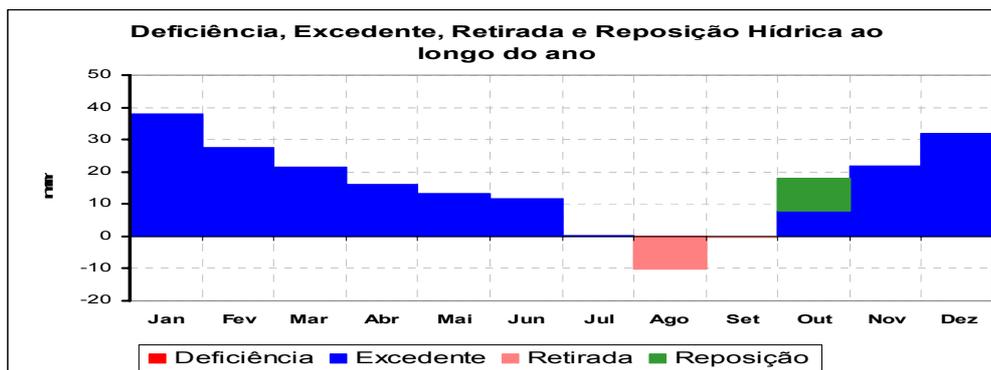
b) Modelo GFDL

Os dados dos balanços hídricos realizados utilizando o modelo GFDL-Cenário A2 (figura 5.21) indicam que haverá um aumento do excesso de água na região no período de 2011 a 2040, passando de 189,9 mm/ano para o período de 1961 a 1990 para 504,5 mm/ano, passando a diminuir para 343,0 mm/ano no período de 2041 a 2070 e para 289,7 mm/ano no período de 2071 a 2100.

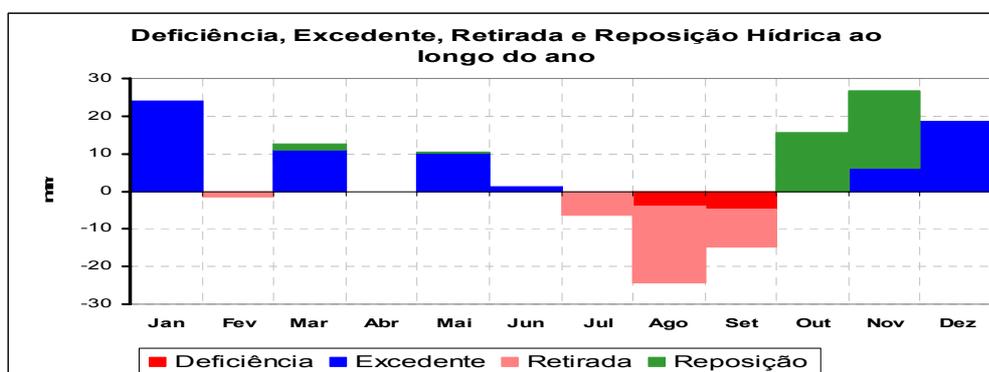
c) Média dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES

Para os balanços hídricos realizados utilizando as médias dos dados dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES – Cenário B2 (figura 5.22) os resultados indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região passando de 189,9 mm/ano para o período de 1961 a 1990 para 58,3 mm/ano para o período de 2011 a 2040 e nenhum excesso de água para os períodos de 2041 a 2070 e de 2071 a 2100.

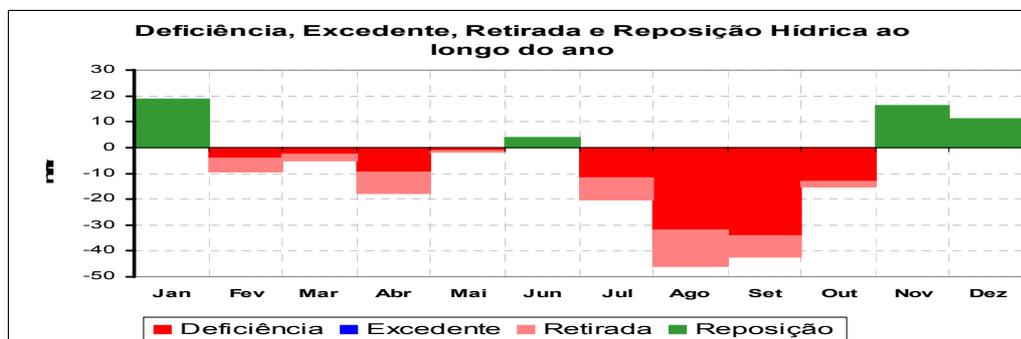
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

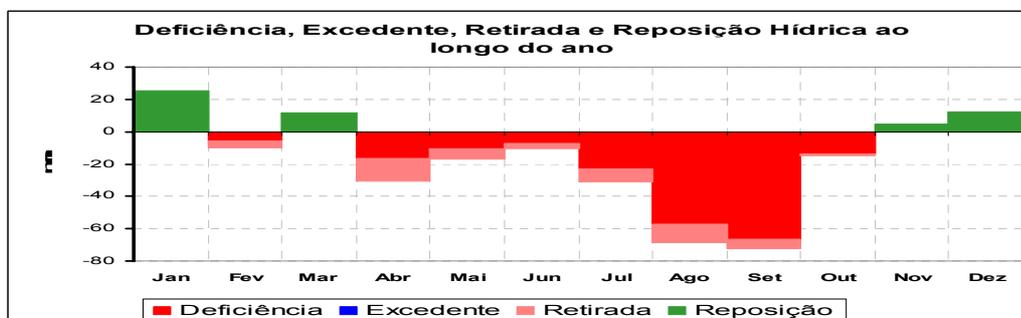
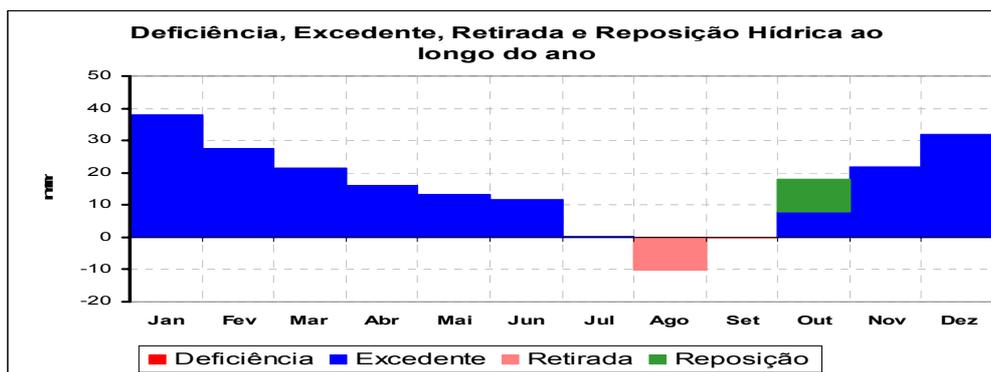
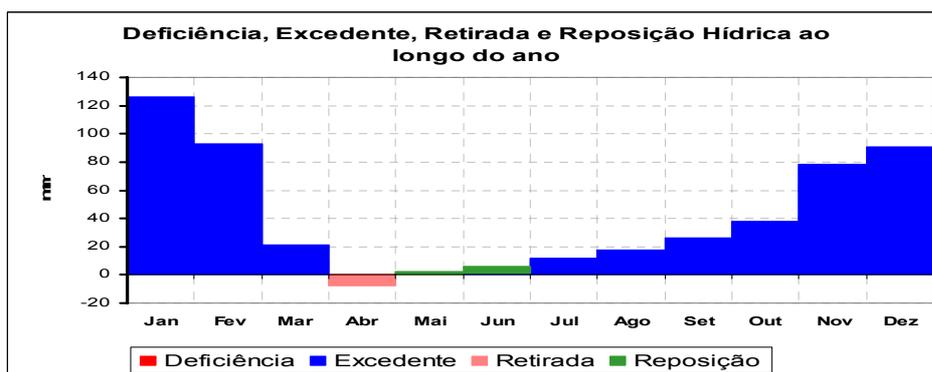


Figura 5.20 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Bacia do Prata, utilizando o modelo HadCM3 para o cenário A2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados CRU).

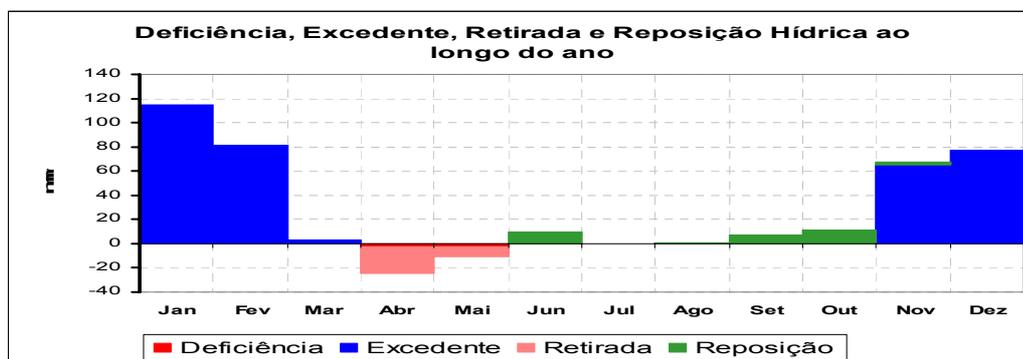
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

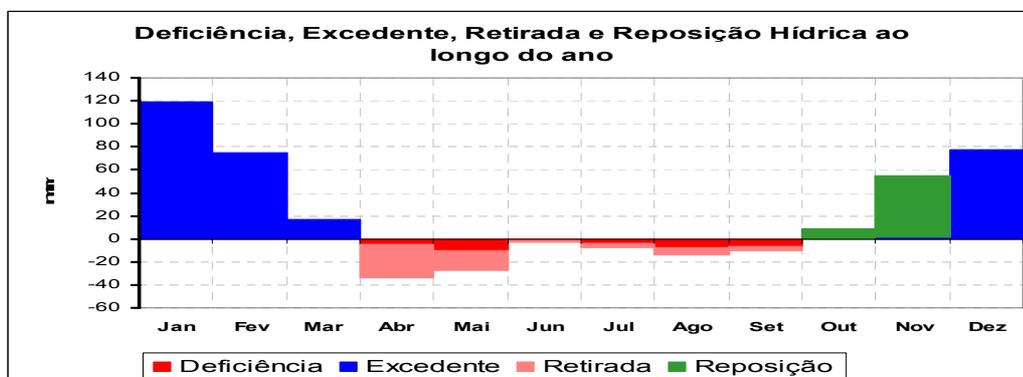
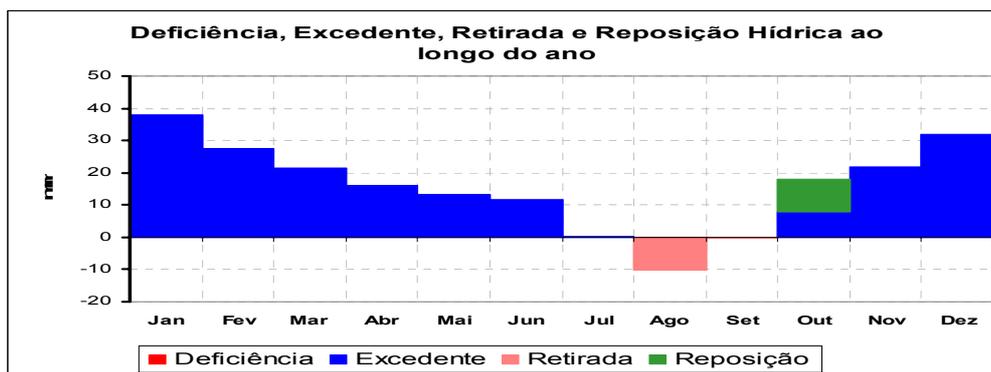
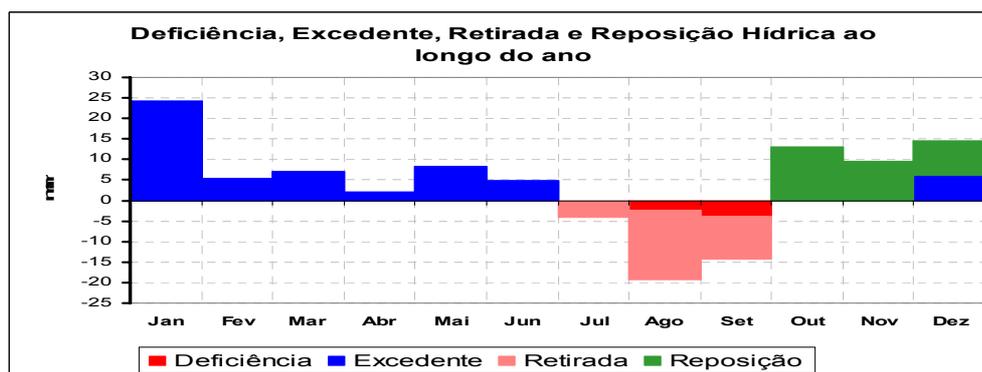


Figura 5.21 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Bacia do Prata, utilizando o modelo GFDL para o cenário A2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados CRU).

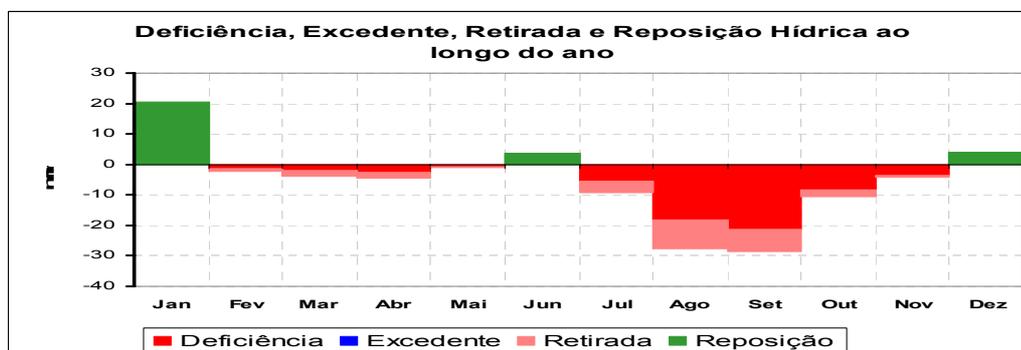
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

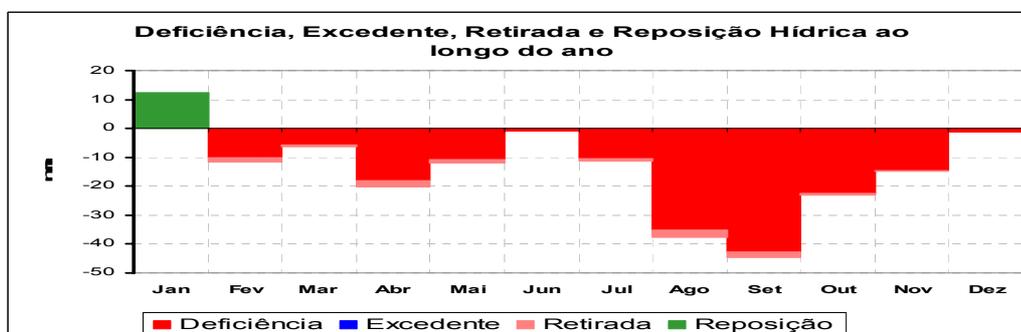


Figura 5.22- Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a *Bacia do Prata*, utilizando as médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário A2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados CRU).

5.4.2. Resultados dos Balanços Hídricos realizados para o Cenário B2

Os balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Bacia do Prata, para o cenário B2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados do CRU), estão representados nas figuras 5.23 a 5.25 e na tabela 5.35 são apresentados os excessos totais em mm/ano.

Tabela 5.35 - Valores dos excessos totais (mm/ano) para a Bacia do Prata utilizando os dados dos modelos HadCM3, GFDL e das médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário B2 e os dados do CRU para o período de 1961 a 1990.

Cenário B2 - Bacia do Prata				
	Excessos Totais (mm/ano)			
	1961-1990	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Dados CRU	189,9	-	-	-
Modelo HADCM3	-	95,2	36,2	0,0
Modelo GFDL	-	87,0	97,6	74,4
Média dos Modelos	-	57,9	5,9	0,0

b) Modelo HadCM3

Os balanços hídricos realizados, utilizando os dados obtidos pelo modelo HadCM3-Cenário B2, (figura 5.23) indicam haverá uma diminuição do excesso de água na região passando 189,9 mm/ano para o período de 1961 a 1990 para 95,2 mm/ano para o período de 2011 a 2040, 26,2 mm/ano para o período de 2041 a 2070 e nenhum excesso de água para o período de 2071 a 2100.

b) Modelo GFDL

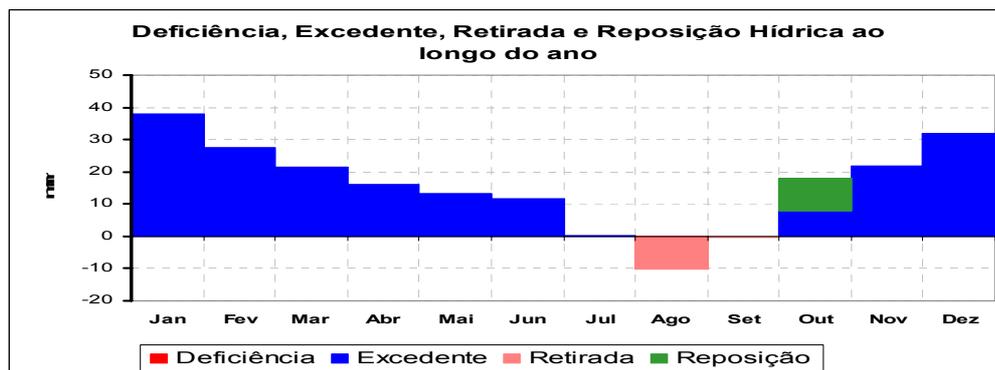
Os dados dos balanços hídricos realizados utilizando o modelo GFDL-Cenário B2 (figura 5.24) indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região no período de 2011 a 2040, passando de 189,9 mm/ano para o período de 1961 a 1990 para 87,0 mm/ano, passando a aumentar para 97,6 mm/ano no período de 2041 a 2070 e para diminuir para 74,4 mm/ano no período de 2071 a 2100.

c) Média dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES

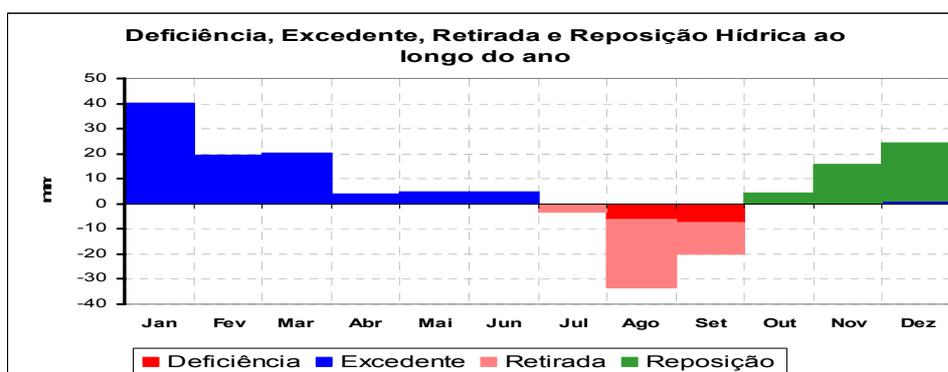
Para os balanços hídricos realizados utilizando as médias dos dados dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES – Cenário B2 (figura 5.25) os resultados indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região passando de

189,9 mm/ano para o período de 1961 a 1990 para 57,9 mm/ano para o período de 2011 a 2040, 5,9 mm/ano para o período de 2041 a 2070 e nenhum excesso de água para o período de 2071 a 2100.

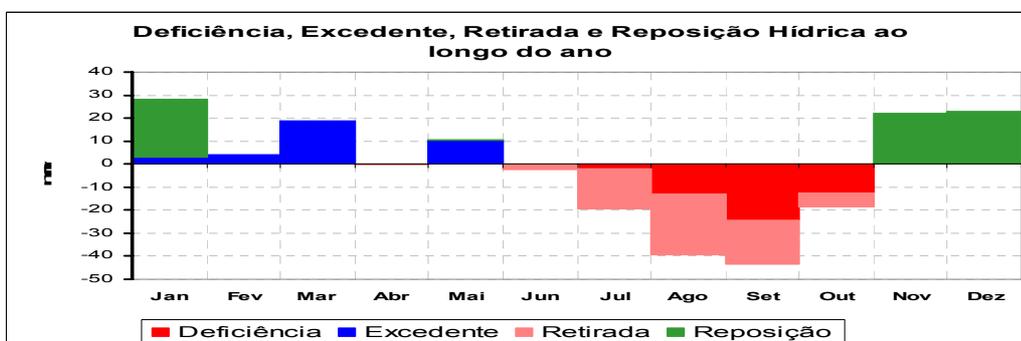
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

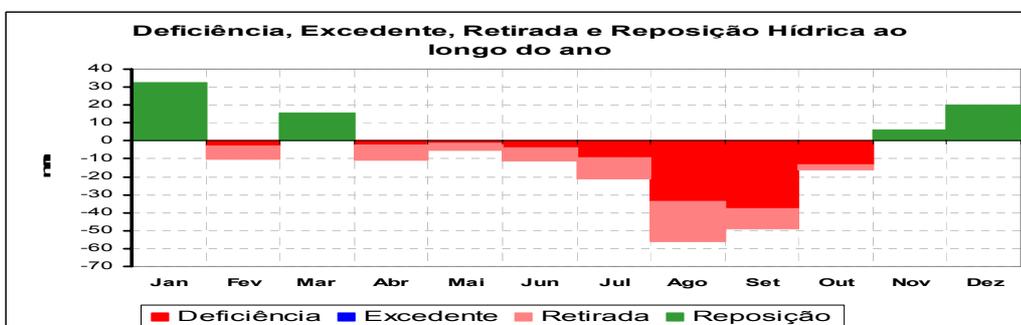
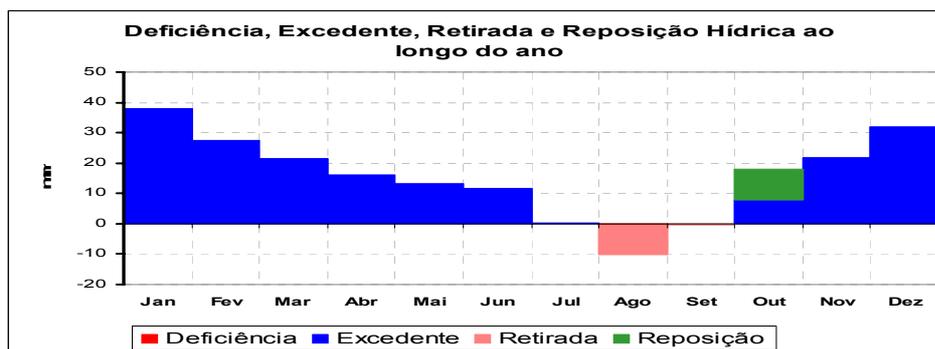
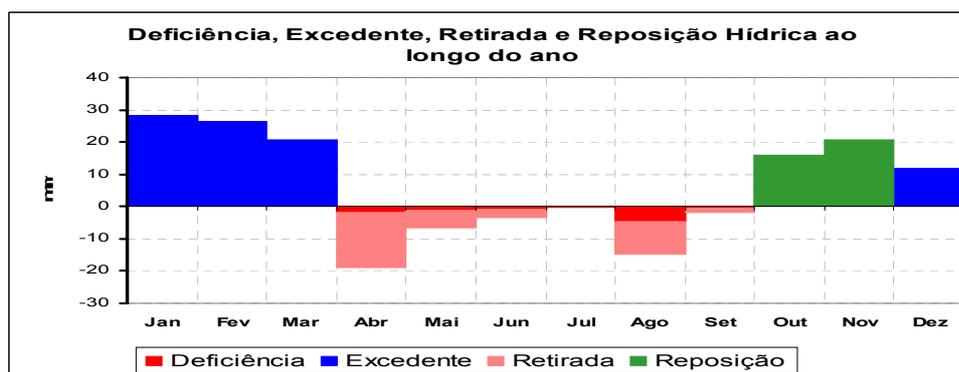


Figura 5.23 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Bacia do Prata, utilizando o modelo HadCM3 para o cenário B2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados CRU).

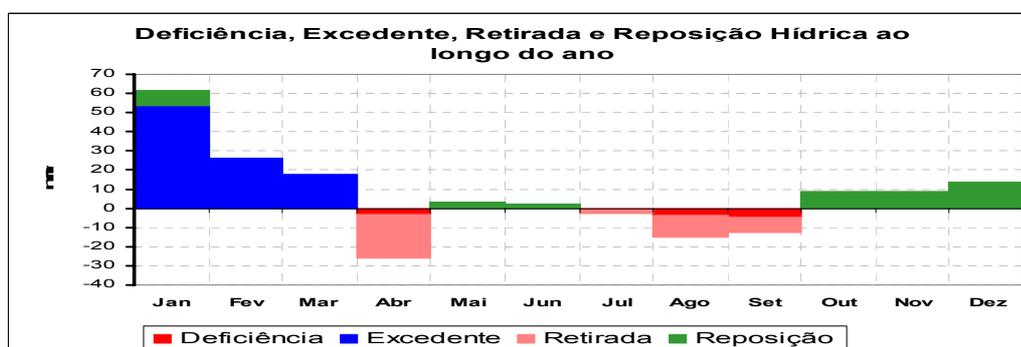
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

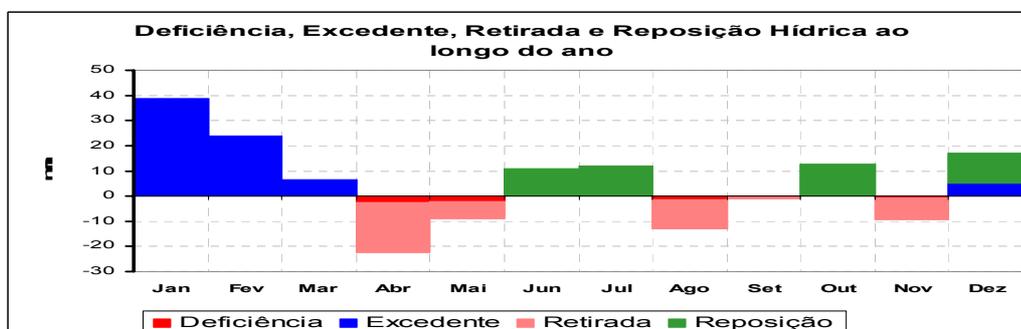
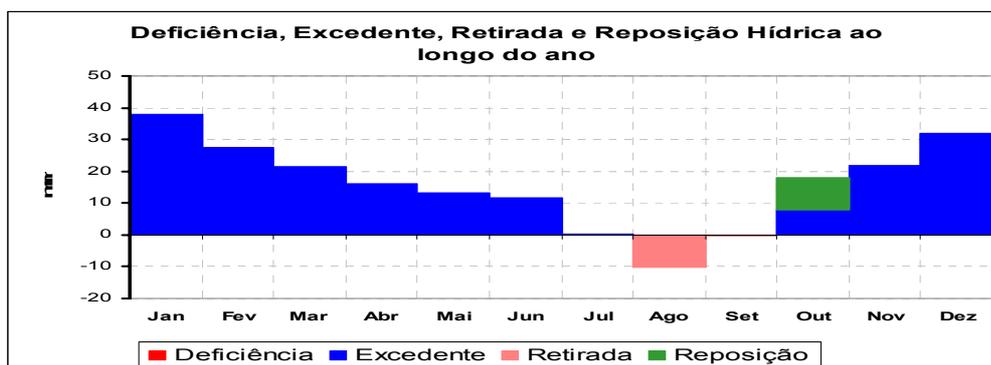
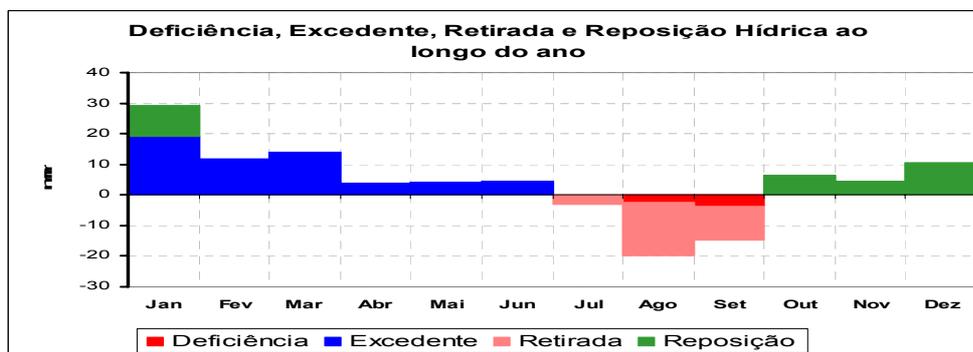


Figura 5.24 - Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a Bacia do Prata, utilizando o modelo GFDL para o cenário B2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados CRU).

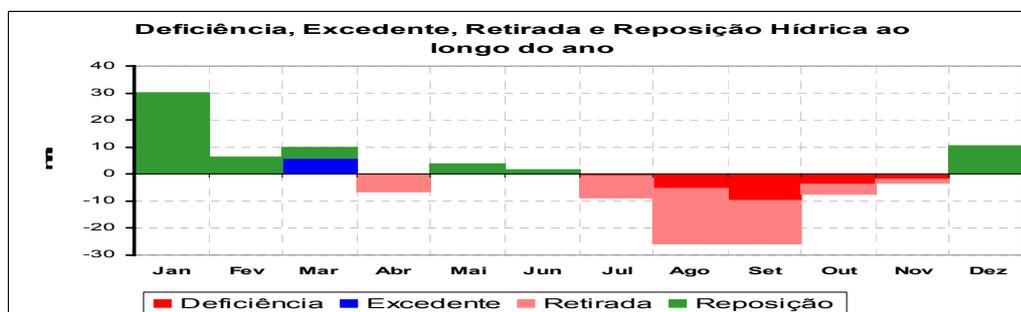
Período: 1961 a 1990



Período: 2011 a 2040



Período: 2041 a 2070



Período: 2071 a 2100

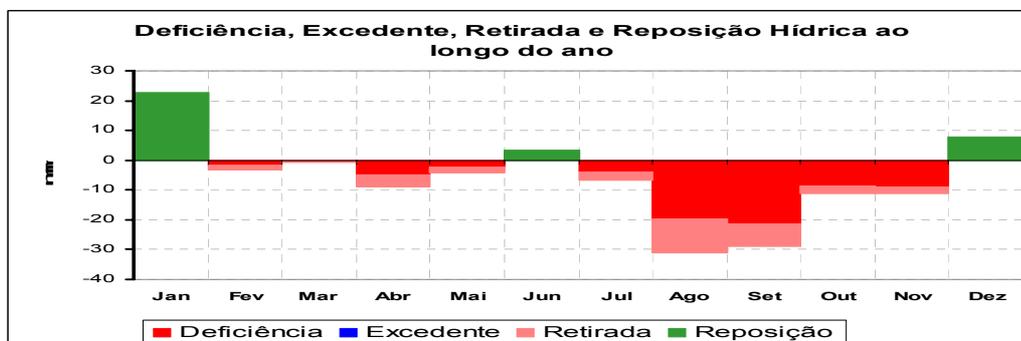


Figura 5.25- Balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para a *Bacia do Prata*, utilizando as médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES para o cenário B2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados CRU).

5.4.3. Conclusões

Os dados dos balanços hídricos realizados para o modelo HadCM3, para o cenário A2 indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região da Bacia do Prata, quando comparados com os balanços hídricos do período de 1961 a 1990, de até 62 % para o período de 2011 a 2040 e nenhum excesso de água para o período de 2041 a 2100. Para o cenário B2 os dados indicam que haverá uma redução de 50% no excesso de água para o período de 2011 a 2040 e de 81 % para o período de 2041 a 2070. No período de 2071 a 2100 não haverá excesso de água na região.

Para os balanços hídricos realizados para o modelo GFDL, existe uma grande diferença entre os dois cenários analisados (A2 e B2), sendo que para o cenário A2 os dados indicam que haverá um grande aumento (266%) do excesso de água na região no período de 2011 a 2040, diminuindo até 2100 mas ainda apresentando um aumento do excesso de água na região de 53%, quando comparados com o período de 1961 a 1990. Para o cenário B2 os dados indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região de até 61 % para o período de 2071 a 2100

Os dados dos balanços hídricos realizados com as médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES, para os dois cenários analisados (A2 e B2) indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região para o período de 2011 a 2040 de até 70 % e nenhum excesso de água para o período de 2041 a 2100, quando comparados com os dados do balanço hídrico para o período de 1961 a 1990.

5.5. Variações do número de meses secos e do excesso de água para os cenários do IPCC comparados aos dados observados do período de 1961 a 1900.

Pela análise da demanda e oferta de água e das temperaturas ao longo do ano, estimou-se os principais impactos futuros na oferta de água decorrentes das mudanças climáticas globais.

Neste item foram estudados apenas os dados das regiões Amazônica, Nordeste Brasileiro e Bacia do rio Paraguai. É importante salientar novamente que, os dados referentes ao Nordeste Brasileiro incluem não apenas a área semi-árida mas também o seu entorno, em decorrência da disponibilidade dos dados dos modelos futuros (IPCC, 2001).

Foram comparados os dados obtidos nos balanços hídricos (Anexo 5.1) para a determinação das variações dos excesso de água anuais e para caracterizar os meses secos.

Foram considerados como meses secos aqueles nos quais a relação ($ETR/ETP \leq 40\%$). Isto implica que a relação $[1 - (ETR/ETP)] \geq 0,6$ indica que há um déficit hídrico de 60% na demanda de água.

As possíveis alterações do excesso de água ($\Delta Exc\%$) foram estimadas pela relação:

$$\Delta EXC\% = \left[1 - \frac{EXC \text{ do período}}{EXC (1961-1960)} \right] \times 100$$

Os valores dos excessos obtidos pelo método de Thornthwaite e Matter (1955), mostram uma tendência da possível variação das vazões das diversas bacias hidrográficas ou das regiões hidrográficas consideradas.

5.5.1. Região Amazônica

5.5.1.1. Para o Cenário A2

Na tabela 36 estão indicados os meses secos por ano e sua distribuição anual, bem como os excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990.

Tabela 5.36. Número de meses secos (Nms) por ano e sua distribuição anual, e excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990 para a Região Amazônica-Cenário A2.

AMAZÔNIA	Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Nms	ΔExc%
Modelos - Cenário A2															
Dados Observados	1961-1990													0	0
Média dos Modelos	2011-2040													0	-13
	2041-2070													0	-26
	2071-2100													0	-35
HadCM3	2011-2040									•				1	-26
	2041-2070								•	•	•			3	-39
	2071-2100							•	•	•	•	•		5	-71
GFDL	2011-2040										•	•		2	-67
	2041-2070									•	•	•		3	-87
	2071-2100								•	•	•	•	•	5	-96

Pela análise da tabela 36 observa-se que:

a) Para a média dos modelos não foi observada nenhuma mudança no número de meses secos. Existe uma tendência moderada de diminuição do excesso de água no período de 2011 a 2040 (13%) e mais acentuadas nos períodos de 2041 a 2070 e 2071 a 2100, de 26 e 35% respectivamente

b) Para o modelo HadCM3 foi observado um aumento acentuado no número de meses secos de 1, para 3 e para 5 ao longo dos períodos. Existe uma tendência moderada de redução do excesso de água nos períodos de 2011 a 2040 e 2041 a 2070 (26% e 9%) e acentuada no período de 2071 a 2100 (71%).

b) Para o modelo GFDL foi observado um aumento acentuado de 2 para 3 e 5 meses secos ao longo dos períodos analisados. Observa-se também uma queda bastante acentuada ao longo dos três períodos analisados (67%, 87% e 96% respectivamente).

5.5.1.2. Para o Cenário B2

Na tabela 5.37 estão indicados os meses secos por ano e sua distribuição anual, bem como os excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990.

Tabela 5.37. Número de meses secos (Nms) por ano e sua distribuição anual, e excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990 para a Região Amazônica-Cenário B2.

AMAZÔNIA Modelos - Cenário B2	Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Nms	ΔExc%
Dados Observados	1961-1990													0	0
Média dos Modelos	2011-2040													0	-15
	2041-2070													0	-24
	2071-2100													0	-33
HadCM3	2011-2040													0	-16
	2041-2070													0	-40
	2071-2100													0	-63
GFDL	2011-2040													0	+4
	2041-2070													0	-5
	2071-2100													0	+1

Pela análise da tabela 37 observa-se que:

a) Para a média dos modelos não foi observada nenhuma mudança no número de meses secos. Existe uma tendência moderada de diminuição do excesso de água no período de 2011 a 2040 (15%) e mais acentuadas nos períodos de 2041 a 2070 e 2071 a 2100, de 24 e 33% respectivamente.

b) Para o modelo HadCM3 não foi observada nenhuma mudança no número de meses secos. Existe uma tendência moderada de redução do excesso de água no período de 2011 a 2040 (26%) de 40% no período de 2041 a 2070 no período de 2071 a 2100 de 63%.

b) Para o modelo GFDL não foi observada nenhuma mudança no número de meses secos. Observa-se também um pequeno aumento no excesso de água no período de 2011 a 2040 (4%), uma pequena diminuição no período de 2041 a 2070 (5%) e um pequeno aumento no excesso de água no período de 2071 a 2100 (1%)

5.5.2. Nordeste Brasileiro

5.5.2.1. Para o Cenário A2

Na tabela 5.38 estão indicados os meses secos por ano e sua distribuição anual, bem como os excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990.

Tabela 5.38. Número de meses secos (Nms) por ano e sua distribuição anual, e excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990 para o Nordeste Brasileiro-Cenário A2.

Nordeste Brasileiro Modelos - Cenário A2	Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Nms	ΔExc%
Dados Observados	1961-1990									•	•	•		3	0
Média dos Modelos	2011-2040									•	•	•		3	+53
	2041-2070									•	•	•		3	-63
	2071-2100								•	•	•	•		4	-100
HadCM3	2011-2040									•	•	•	•	4	-100
	2041-2070								•	•	•	•	•	5	-100
	2071-2100								•	•	•	•	•	5	-100
GFDL	2011-2040								•	•	•	•		4	+479
	2041-2070								•	•	•	•		4	+39
	2071-2100						•	•	•	•	•	•	•	7	-100

Pela análise da tabela 5.38 observa-se que:

a) Para a média dos modelos não foi observada nenhuma mudança no número de meses secos no período de 2011 a 2070 e aumento de 1 mês no período de 2071 a 2100. No período de 2011 a 2040 observa-se um aumento de 53% no excesso de água na região e redução nos períodos de 2041 a 2070 e 2071 a 2100, de 63% e 100% respectivamente.

b) Para o modelo HadCM3. foi observado um aumento no número de meses secos de 3 para 4 no período de 2011 a 2040, e para 5 no período de 2041 a 2100. Observa-se também que haverá uma redução total (100%) do excesso de água nos três períodos analisados.

b) Para o modelo GFDL foi observado um aumento no número de meses secos de 3 para 4 no período de 2011 a 2071, e para e no período de 2071 a 2100. Observa-se também que haverá grande aumento do excesso de água (479%) para o período de 2011 a 2040, um aumento menor no período de 2041 a 2070 (39% e uma redução total (100%) no período de 2071 a 2100.

5.5.2.2. Para o Cenário B2

Na tabela 5.39 estão indicados os meses secos por ano e sua distribuição anual, bem como os excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990.

Tabela 5.39. Número de meses secos (Nms) por ano e sua distribuição anual, e excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990 para o Nordeste Brasileiro-Cenário B2.

Nordeste Brasileiro Modelos - Cenário B2	Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Nms	ΔExc%
Dados Observados	1961-1990									•	•	•		3	0
Média dos Modelos	2011-2040									•	•	•		3	-34
	2041-2070									•	•	•		3	-52
	2071-2100								•	•	•	•		4	-100
HadCM3	2011-2040								•	•				2	-100
	2041-2070								•	•				2	-100
	2071-2100								•	•	•	•	•	5	-100
GFDL	2011-2040										•			1	+242
	2041-2070									•	•			2	+425
	2071-2100									•	•			2	+431

Pela análise da tabela 5.39 observa-se que:

a) Para a média dos modelos foi observada o aumento de 1 mês de seca somente no período de 2011 a 2070. No período de 2011 a 2040. Observa-se uma diminuição gradativa do excesso de água na região de 34%, 52% e 100%, respectivamente para os três períodos analisados.

b) Para o modelo HadCM3. foi observado uma diminuição no número de meses secos de 3 para 2 no período de 2011 a 2040, e aumento de 1 mês no período de 2071 a 2100. Observa-se também que haverá uma redução total (100%) do excesso de água nos três períodos analisados.

b) Para o modelo GFDL foi observado uma diminuição no número de meses secos de 3 para 1 no período de 2011 a 2040, e para 2 nos período de 2041 a 2100. Observa-se um grande aumento do excesso de água na região de 242%, 424% e 431%, respectivamente para os três períodos analisados.

5.5.3. Bacia do Rio Paraguai

5.5.3.1. Para o Cenário A2

Na tabela 5.40 estão indicados os meses secos por ano e sua distribuição anual, bem como os excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990.

Tabela 5.40. Número de meses secos (Nms) por ano e sua distribuição anual, e excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990 para a bacia do rio Paraguai -Cenário A2.

Bacia do Rio Paraguai Modelos - Cenário A2	Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Nms	ΔExc%
Dados Observados	1961-1990													0	0
Média dos Modelos	2011-2040								•					1	-24
	2041-2070							•	•					2	-38
	2071-2100							•	•	•	•			4	-49
HadCM3	2011-2040								•	•				2	-9
	2041-2070								•	•				2	-30
	2071-2100							•	•	•	•			4	-42
GFDL	2011-2040								•	•				2	-8
	2041-2070							•	•	•				3	-3
	2071-2100							•	•	•				3	+7

Pela análise da tabela 5.40 observa-se que:

a) Para a média dos modelos foi observado um aumento no número de meses secos de 0 para 1 no período de 2011 a 2040, para 2 no período de 2041 a 2070 e para 4 no período de 2071 a 2100. Observa-se uma diminuição constante do excesso de água na região de 24%, 38% e 49% respectivamente para os três períodos analisados.

b) Para o modelo HadCM3 foi observado um aumento no número de meses secos de 0 para 2 no período de 2011 a 2070 e para 4 no período de 2071 a 2100. Observa-se também uma tendência de diminuição do excesso de água na região de 9%, 30% e 42% respectivamente para os três períodos analisados.

b) Para o modelo GFDL foi observado um aumento no número de meses secos de 0 para 2 no período de 2011 a 2040 e para 3 no período de 2041 a 2100. Observa-se também uma tendência de diminuição do excesso de água na região de 8%, 3% e para o período de 2011 a 2070 e um aumento de 7% para o período de 2071 a 2100.

5.5.3.2. Para o Cenário B2

Na tabela 5.41 estão indicados os meses secos por ano e sua distribuição anual, bem como os excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990.

Tabela 5.41. Número de meses secos (Nms) por ano e sua distribuição anual, e excessos de água anuais (%) para cada modelo considerado e períodos analisados, em relação aos dados observados do período de 1961 a 1990 para a bacia do rio Paraguai -Cenário B2.

Bacia do Rio Paraguai Modelos - Cenário B2	Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Nms	Δ Exc%
Dados Observados	1961-1990													0	0
Média dos Modelos	2011-2040								•					1	-18
	2041-2070							•	•					2	-20
	2071-2100							•	•					2	-38
HadCM3	2011-2040							•	•					2	-2
	2041-2070							•	•					2	-6
	2071-2100						•	•	•					3	-29
GFDL	2011-2040							•	•					2	+14
	2041-2070							•	•					2	+24
	2071-2100							•	•					2	0

Pela análise da tabela 5.41 observa-se que:

a) Para a média dos modelos foi observado um aumento no número de meses secos de 0 para 1 no período de 2011 a 2040 e para 2 no período de 2041 a 2100. Observa-se uma tendência de diminuição do excesso de água na região de 18%, 20% e 38% respectivamente, para os três períodos analisados.

b) Para o modelo HadCM3 foi observado um aumento no número de meses secos de 0 para 2 no período de 2011 a 2070 e para 3 no período de 2071 a 2100. Observa-se também uma tendência de diminuição do excesso de água na região de 2%, 6% e 29% respectivamente, para os três períodos analisados.

c) Para o modelo GDFL foi observado um aumento no número de meses secos de 0 para 2 para os três períodos analisados. Observa-se uma tendência de aumento do excesso de água na região de 14% e 24% para os períodos de 2011 a 2040 e 2041 a 2070 respectivamente nenhuma mudança no excesso de água no período de 2071 a 2100.

CAPÍTULO 6

Conclusões Gerais

6.1. Variabilidade climática recente (1961 A 2004) para algumas regiões do Brasil

A análise dos dados de temperatura do período de 1991 a 2004, indicam um aumento de temperatura quando comparados com os dados do período de 1961 a 1990, para todas as regiões estudadas (Norte, Nordeste, Centro – Oeste, Sudeste e Sul). Quanto às precipitações, existe uma grande variabilidade nas mesmas regiões, sendo que o maior aumento observado foi na região Sul com 17,8% e a maior diminuição na região Nordeste com 11,6%.

6.2. Análise das tendências de variações das temperaturas e precipitações ao longo do período de 1961 a 2004

1. As análises foram feitas com um número restrito de informações tanto no que diz respeito à escala de tempo como também ao número de postos meteorológicos. Este fato foi decorrente da falta de recursos para a compra de dados meteorológicos, bem como, para uma busca mais completa nos diversos órgãos competentes, especialmente ao nível dos estados.

2. Os baixos valores de R^2 indicam alta dispersão dos parâmetros estudados, tendo em vista a variabilidade climática e provavelmente o curto período estudado.

3. Os valores do coeficiente angular (a) para as análises das tendências de temperatura, foram na maioria dos casos positivos, indicando uma tendência de aumento da temperatura no período estudado. Dos 219 elementos de clima analisados para as temperaturas médias, máximas e mínimas, 195 elementos mostraram uma tendência de aumento, destes, 70 elementos foram significativos. Esta observação reflete de maneira geral o que já foi observado no Item 3.1.

Os valores do coeficiente angular (a) para temperatura para apenas 9 elementos de clima do total de 219. Mostrando – se significantes a 97% de probabilidade.

O único posto meteorológico que apresentou 3 elementos de clima (temperatura média, máxima e mínima) negativos, indicando uma possível diminuição da

temperatura no período de estudo foi Juiz de Fora (MG), tomando – se como limite o nível de significância de até 3%.

Do total de postos meteorológicos estudados apenas 8 mostraram significância estatística acima de 97% de confiabilidade; indicando aumento de precipitação estão os postos meteorológicos das cidades de Coari (AM), Rio Branco (AC) e Paranaguá (PR) e indicando diminuição da precipitação estão os postos meteorológicos das cidades de Pesqueira (PE), Lençóis (BA), Aracajú (SE), Paulo Afonso (BA) e Cipó (BA).

6.3. Análise dos dados agrupados por regiões políticas (R.P.) do país

É importante salientar desde o início, como já foi feito para os outros itens do Capítulo 3, que o banco de dados utilizado é limitado e também existem falhas em alguns anos para algumas estações meteorológicas e desta forma nem sempre os dados representam o mesmo período, mesmo assim as tendências observadas são as mesmas anteriores. Observa –se um aumento praticamente em todos os coeficientes angulares (a) das regiões estudadas para as temperaturas (média, máxima e mínima), as exceções são Santa Vitória do Palmar (RS) para temperatura máxima; Juiz de Fora (MG) para as temperaturas média, máxima e mínima; Maceió (AL) para a temperatura média; Remanso (BA) para a temperatura máxima e Porto Velho (RO) para a temperatura máxima.

Com respeito aos dados de precipitação observa –se uma tendência de diminuição das precipitações na região Nordeste e uma tendência de aumento na região sul.

6.4. Análise dos dados agrupados por regiões hidrográficas (R.H.) do país

Na região hidrográfica do Uruguai, nos dois postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência de aumento para as temperaturas médias e mínimas.

Na região hidrográfica do Paraná, nos postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência

de aumento de temperatura, com exceção para a cidade de Resende (RJ), cuja tendência foi de diminuição da temperatura máxima.

Na região do Atlântico Sudeste, nos dois postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência de aumento significativo para as temperaturas máximas e mínimas.

Na região hidrográfica do São Francisco, nos postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência de aumento nas temperaturas médias, máximas e mínimas.

Na região hidrográfica do Atlântico Leste, nos postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência de aumento para as temperaturas médias e máximas.

Na região hidrográfica do Tocantins Araguaia, nos postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência de aumento para as temperaturas médias e máximas.

Na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, nos postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência de aumento para as temperaturas médias, máximas e mínimas, com exceção na cidade de Maceió (AL), cuja tendência foi de diminuição para a temperatura média.

Na região hidrográfica Amazônica, nos postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência de aumento para as temperaturas médias, máximas e mínimas, com exceção na cidade de Porto Velho (RO), cuja tendência foi de diminuição para a temperatura máxima.

Na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, nos postos meteorológicos estudados que indicaram valores significativos para o coeficiente angular (a), houve uma tendência de aumento para as temperaturas médias e máximas.

6.5. Variação das vazões de alguns rios com dados da ANA

6.5.1. Estudo das variações temporais das vazões de 34 postos fluviométricos em diversas regiões do país

Os postos fluviométricos que obtiveram melhores resultados na análise de regressão linear simples, para os níveis de significância de até 3%, para as vazões médias foram: Alegrete (0,52%), Balsa do Cerro Azul (0,01%), Bodocongo (0,99%), Coxim (0,40%), Jaguariúna (0,80%), Juazeiro(1,70%), Nova Vida (0,80%), Passo Caxambu (0,20%), Passo Colombeli (0,08%), Passo do Prata (0,30%), Piranhas (0,03%), São Mateus do Sul (0,40%), Tomazina (0,20%), Vista Alegre (0,60%) e Xavantina (1,30%). Esta análise considerando o tempo como variável independente (x) e as vazões médias como variável dependente (y), mostra como a reta representa os dados estatisticamente.

Observando – se os valores do coeficiente angular da reta (a) ($m^3/s \cdot ano$), para as vazões médias, tendo como base às mesmas cidades relacionadas acima, temos: Alegrete (1,19), Balsa do Cerro Azul (0,61), Bodocongo (-2,50), Coxim (3,44), Jaguariúna (-0,91), Juazeiro (-9,87), Nova Vida (-0,43), Passo Caxambu (11,76), Passo Colombeli (1,01), Passo do Prata (0,72), Piranhas (-103,93), São Mateus do Sul (0,74), Tomazina (0,20), Vista Alegre (-33,18) e Xavantina (3,91). Os valores de (a) negativos representam a tendência da diminuição da vazão média dos rios e os positivos à tendência do aumento da vazão média dos rios.

Observando – se os valores do R^2 , tendo como base às mesmas cidades relacionadas acima, temos: Alegrete (0,12), Balsa do Cerro Azul (0,19), Bodocongo (0,20), Coxim (0,25), Jaguariúna (0,23), Juazeiro (0,07), Nova Vida (0,26), Passo Caxambu (0,15), Passo Colombeli (0,18), Passo do Prata (0,14), Piranhas (0,49), São Mateus do Sul (0,12), Tomazina (0,12), Vista Alegre (0,39) e Xavantina (0,18). Esta análise mostra que o conjunto de dados tem dispersão alta o que leva a valores baixos de R^2 .

Para o posto fluviométrico de Alegrete (RS), observa – se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período estudado (63 anos), a reta representa

os dados com um nível de confiança de 99,48%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Balsa do Cerro Azul (PR), observa – se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período estudado (73 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,9%, podendo ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Bodocongo (PB), observa – se uma tendência de diminuição da vazão média ao longo do período estudado (32 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,01%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Coxim (MS), observa – se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período estudado (38 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,6%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Jaguariuna (SP), observa – se uma tendência de diminuição da vazão média ao longo do período estudado (29 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,2%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Juazeiro (BA), observa – se uma tendência de diminuição da vazão média ao longo do período estudado (76 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 98,3%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm, exceto para as vazões médias de Inverno e Primavera, onde observa – se uma pequena tendência de aumento das vazões médias.

Para o posto fluviométrico de Nova Vida (BA), observa – se uma tendência de diminuição da vazão média ao longo do período estudado (25 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,2%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Passo Caxambú (SC), observa – se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período estudado (62 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,8%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Passo Colombeli (RS), observa-se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período estudado (63 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,92%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Passo do Prata (RS), observa- se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período de estudo (62 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,7%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Piranhas (AL), observa-se uma tendência de diminuição da vazão média ao longo do período de estudo (24 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,97%, podendo também ser observado que ao longo das estações essa tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de São Mateus do Sul (PR), observa –se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período de estudo (72 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,6%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Tomazina (PR), observa –se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período de estudo (76 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,8%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Vista Alegre (PA), observa –se uma tendência de diminuição da vazão média ao longo do período de estudo (24 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 99,4%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

Para o posto fluviométrico de Xavantina (MT), observa - se uma tendência de aumento da vazão média ao longo do período estudado (35 anos), a reta representa os dados com um nível de confiança de 98,7%, podendo também ser observado que ao longo das estações esta tendência se mantêm.

É importante salientar que estes dados utilizados neste estudo foram fornecidos pela ANA sem as informações complementares sobre as interferências antrópicas sobre as vazões naturais (construções de represas).

Tendo em vista, no entanto, que foram feitos os estudos das vazões para as diversas estações do ano, o sinal do coeficiente angular da reta de regressão linear simples, quando tendo o mesmo sinal pode refletir possíveis alterações climáticas na região. Existe a necessidade de um estudo mais detalhado para efetuar levantamentos de campo para verificar possíveis utilizações em projetos de irrigação ou outros usos consultivos da água, especialmente quando o coeficiente angular tem sinal negativo.

6.5.2. Variação das tendências através da divisão dos dados da ANA em regiões políticas (R.P.) do país

Na região política Sul, os dados que apresentaram um nível de significância de até 3%, para os dados de vazões médias mostraram uma tendência de aumento das vazões médias no período estudado.

Na região política Sudeste, o único dos postos que apresentou um nível de significância de até 3%, para os dados de vazões médias foi o de Jaguariúna (SP) que apresentou uma tendência de diminuição das vazões médias no período estudado.

Na região política Centro – Oeste, os dados que apresentaram um nível de significância de até 3%, para os dados de vazões médias mostraram uma tendência de aumento das vazões médias no período estudado.

Na região política Nordeste, os dados que apresentaram um nível de significância de até 3%, para os dados de vazões médias mostraram uma tendência de diminuição das vazões médias no período estudado.

Na região política Norte, o único dos postos que apresentou um nível de significância de até 3%, para os dados de vazões médias foi o de Vista Alegre (PA)

que apresentou uma tendência de diminuição das vazões médias no período estudado.

6.6. Variações nos balanços hídricos para os modelos e cenários analisados para a região Amazônica

Os dados contraditórios para os balanços hídricos obtidos pelos dois modelos (HadCM3 e GFDL – Cenários A2 e B2) e para as médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES – Cenários A2 e B2 para a região da Amazônia indicam a necessidade de um aprimoramento nos processos das estimativas futuras dos efeitos das mudanças climáticas globais sobre os parâmetros meteorológicos. De qualquer forma, a tendência é um aumento da temperatura da região. VICTORIA *et al*, 1998 encontraram um aumento de temperatura igual a 0,56°C nos últimos 100 anos para essa região e também neste trabalho foi observado um aumento da temperatura no período de 1991 a 2004 quando comparado com o período de 1961 a 1990.

Os balanços hídricos realizados para o modelo HadCM3, para os dois cenários analisados (A2 e B2) indicam que haverá uma diminuição do excesso de água região da Amazônia de até 73,4% até 2071 a 2100 , quando comparados com os dados do balanço hídrico para o período de 1961 a 1990.

Para os balanços hídricos realizados para o modelo GFDL, existe uma diferença entre os cenários A2 e B2, sendo que para o cenários A2 os dados indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região de até 96 % para o período de 2071 a 2100, quando comparados os balanços hídricos do período de 1961 a 1990 e para o cenário B2 o balanço hídrico futuro será praticamente igual ao atual.

Para os balanços hídricos realizados com as médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES, para os dois cenários analisados (A2 e B2) indicam que haverá uma redução do excesso de água na região de até 33 % para o período de 2071 a 2100, quando comparados os balanços hídricos do período de 1961 a 1990.

6.7. Variações nos balanços hídricos para os modelos e cenários analisados para a região da Bacia do Rio Paraguai

Os balanços hídricos realizados para o modelo HadCM3, para os dois cenários analisados (A2 e B2) indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na Bacia do Rio Paraguai no período de até 42 % para o período 2071 a 2100, quando comparados os balanços hídricos do período de 1961 a 1900.

Para os balanços hídricos realizados para o modelo GFDL, para os dois cenários analisados (A2 e B2) indicam não haverá uma mudança significativa nos excessos de água na região, voltando às condições atuais no período de 2071 a 2100.

Para os balanços hídricos realizados com as médias dos valores dos modelos HadCM3_GFDL, CCCma, SCIRO e NIES, para os dois cenários analisados (A2 e B2) indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região de até 49 % para o período de 2071 a 2100.

6.8. Variações nos balanços hídricos para os modelos e cenários analisados para a região do Nordeste Brasileiro

Os balanços hídricos realizados para o modelo HadCM3, para os dois cenários analisados (A2 e B2) indicam não haverá excesso de água na região do Nordeste Brasileiro de para os períodos de 2011 a 2100.

Para os balanços hídricos realizados para o modelo GFDL, existe uma grande diferença entre os dois cenários analisados (A2 e B2), sendo que para o cenário A2 os dados indicam que haverá um grande aumento (582%) do excesso de água na região no período de 2011 a 2040, diminuindo até 2100 com excesso nulo, quando comparados com o período de 1961 a 1990. Para o cenário B2 os dados indicam que haverá um aumento constante do excesso de água na região de 2011 a 2100 de até 545%.

Os dados dos balanços hídricos realizados com as médias dos valores dos modelos HadCM3_GFDL, CCCma, SCIRO e NIES, para os dois cenários analisados (A2 e B2)

indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região de até 100 % para o período de 2011 a 2100.

6.9. Variações nos balanços hídricos para os modelos e cenários analisados para a região da Bacia do Prata

Os dados dos balanços hídricos realizados para o modelo HadCM3, para o cenário A2 indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região da Bacia do Prata, quando comparados com os balanços hídricos do período de 1961 a 1900, de até 62 % para o período de 2011 a 2040 e nenhum excesso de água para o período de 2041 a 2100. Para o cenário B2 os dados indicam que haverá uma redução de 50% no excesso de água para o período de 2011 a 2040 e de 81 % para o período de 2041 a 2070. No período de 2071 a 2100 não haverá excesso de água na região.

Para os balanços hídricos realizados para o modelo GFDL, existe uma grande diferença entre os dois cenários analisados (A2 e B2), sendo que para o cenário A2 os dados indicam que haverá um grande aumento (266%) do excesso de água na região no período de 2011 a 2040, diminuindo até 2100 mas ainda apresentando um aumento do excesso de água na região de 53%, quando comparados com o período de 1961 a 1990. Para o cenário B2 os dados indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região de até 61 % para o período de 2071 a 2100

Os dados dos balanços hídricos realizados com as médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES, para os dois cenários analisados (A2 e B2) indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região para o período de 2011 a 2040 de até 70 % e nenhum excesso de água para o período de 2041 a 2100, quando comparados com os dados do balanço hídrico para o período de 1961 a 1990.

6.10. Recomendações

Os estudos decorrentes das possíveis mudanças climáticas para as diversas regiões do Brasil analisadas, especialmente para a Amazônia e para o Nordeste Brasileiro, indicam grandes alterações nas paisagens botânicas existentes, especialmente se

as previsões do Modelo HadCM3 estiverem corretas. Assim o mapa de vegetação do Brasil, como indicado em IBGE (1997), deverá ser refeito para possíveis climas futuros.

Serão necessários estudos detalhados, principalmente na escala espacial dos parâmetros climatológicos dos climas futuros, para se obter mapas das paisagens botânicas para as situações climáticas futuras.

Cabe ainda salientar a necessidade de uma ampliação da base de dados espaço-temporal para as caracterizações do clima atual.

REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas. Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos. *Estudo Técnico*. 117 p. Brasília, 2004.
- ANDREAE, M. O. et al. Smoking Rain Clouds over the Amazon. *Science*, v.303, p. 42- 45, 2004.
- ARTAXO, P. et al. O mecanismo da floresta para fazer chover. *Scientific American Brasil*, v.1, n.11, p.38-45, 2003.
- COSTA, M. H. et al. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, southeastern Amazonia. *J. Hydrol.*, p.283, 206-17, doi-10.1016/S0022-1694(03)00267-1, 2003
- DALL'OLIO, A. et al. Modelo de funcionamento isotópico da água na Bacia Amazônica. *Acta Amazônica*, v.9, n.4, p.675-87, 1979.
- Divisão Hidrológica Nacional (Resolução nº 32 Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Fonte ANA, 2004.
- GASH, J. H. C. et al. *Amazon Reforestation and Climate*. New York: John Wiley and Sons, 1996.
- GORE, A. An Inconvenient Truth. *Rodale*. Emmaus, PA, USA. 371 p., 2006.
- HERDIES, D. L. et al. The Bi-Modal Pattern of the Summer Circulation Over South América. *Journal of Geophysical Research*, 2001 (no prelo).
- IPCC. *Climate Change*. The Scientific Basis. Executive Summary. Cambridge University Press, 2001.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Recursos Naturais e Meio Ambiente: Uma Visão do Brasil. *Ministério do Planejamento e Orçamento*. 208 p., Rio de Janeiro, 1997.
- MARENGO, J. & SOARES, W.: Impactos das mudanças climáticas no Brasil e possíveis futuros cenários climáticos: Síntese do terceiro relatório do IPCC [Impact of climate change on Brazil and possible future climat scenarios: synthesis of the third IPCC report]. In: *Clima e recursos hídricos no Brasil*. C.E.M. Tucci & Braga (org.). pp. 209 – 242, ABRH Collection 9, 348p. November, 2003.
- MARENGO, J.A. & DIAS, P.S. Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. [Global climate change and its impacts on water resources] In: *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação*. 3rd edition. Eds. Reboças, A.C.; Braga B.; Tundisi J.G. Institute of advantage studies, University of São Paulo (USP) and Brazilian Academy of Sciences. São Paulo, p. 63 – 109, 2006.
- MARQUES, J. et al. O campo do fluxo de vapor d'água atmosférico sobre a Região Amazônica. *Acta Amazônica*, v.9, n.4, p.701-13, 1979.
- MOLION, L. *A Climatonic Study of the Energy and Moisture Fluxes of the Amazon Basin with Consideration on Deforestation*. Madison, 1975. Dissertation (Ph.D.) – University of Wisconsin.
- MULLER I.I.; KRÜGER, M.; KAVISKI, E. Análise de estacionariedade de séries hidrológicas na bacia incremental de Itaipu. *Anuário da RBRH, ABRH*. Vol. 3. 1998.
- New, M., Hulme, M. and Jones, P.D., 2000 Representing twentieth century space-time climate variability. Part 2: development of 1901-96 monthly grids of terrestrial surface climate. *Journal of Climate* 13, 2217-2238

- New, M., Hulme, M. and Jones, P.D., 1999 Representing twentieth century space-time climate variability. Part 1: development of a 1961-90 mean monthly terrestrial climatology. *Journal of Climate* 12, 829-856.
- Normais Climatológicas (1961 – 1990). Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia, Brasília.
- SALATI, E.; MARQUES, J. Climatology of Amazon Region. In: SIOLI, H. (Ed.) *The Limnology and landscape-ecology of a mighty river and its Basin*. Dordrecht, Junk Publishers, 1984. p.85-126.
- SALATI, E.; NOBRE, C. A. Possible Climatic Impacts of Tropical Deforestation. *Climatic Change*, v.19, p.177-96, 1991.
- SALATI, E.; SANTOS, A.A. and KLABIN. I. 2006. Temas Ambientais Relevantes. *Estudos Avançados, USP*, nº 56, p. 107 – 127.
- SALATI, E.; VOSE P. B. Amazon Basin: a system in equilibrium. *Science*, v.225, p.129- 38, 1984.
- SALATI, E. et al. Origem e distribuição das chuvas na Amazônia. *Interciência*, v.3, n.4, p.200-6, 1978.
- SALATI et al. Recycling of Water in the Amazon, Brazil: an isotopic study. Geophysical Research. *Water Resources Research*, v.15, n.5, p.1250-8, 1979.
- SILVA DIAS, M. A. F. et al. Aerosols impact clouds in the Amazon Basin. *GEWEX Newsletter*, v.14, n.4, p.4-6, 2004.
- SILVA DIAS, P. L.; MARENGO, J. A. Águas atmosféricas. In: *Águas doces do Brasil – Capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Instituto de Assuntos Avançados –USP, Escrituras, 1999
- THORNTHWAITE, C.W. and MATHER, J.R. The Water Balance. Publications in Climatology, New Jersey, Drexel Institute of Technology, 104p., 1955.
- VILLA NOVA, N. A. et al. Estimativa de evapotranspiração na Bacia Amazônica. *Acta Amazônica*, v.6, n.2, p.215-28, 1976.
- VILLA NOVA, N. A. et al. Variações climáticas na região de Piracicaba. Não publicado, 2004.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a national classification of climate. *GEOGR. REV*, 38: 55-94, 1948.



Ministério da
Ciência e Tecnologia

