



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
Câmpus Presidente Prudente

**MODELAGEM HIDROLÓGICA APLICADA AO PLANEJAMENTO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ACRE**

**MARCELO DE OLIVEIRA LATUF**



**Presidente Prudente**  
**Outubro de 2011**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Faculdade de Ciências e Tecnologia

*Campus* de Presidente Prudente

**MODELAGEM HIDROLÓGICA APLICADA AO PLANEJAMENTO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ACRE**

MARCELO DE OLIVEIRA LATUF

Orientador: Paulo Cesar Rocha

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da FCT/UNESP, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Geografia.

Área de Concentração: Dinâmica e Gestão Ambiental

Presidente Prudente  
2011

## FICHA CATALOGRÁFICA


Latuf, Marcelo de Oliveira.  
L386m Modelagem hidrológica aplicada ao planejamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Acre / Marcelo de Oliveira Latuf. - Presidente Prudente : [s.n.], 2011  
xxii, 240 f. : il.

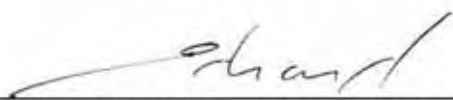
Orientador: Paulo Cesar Rocha  
Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Inclui bibliografia

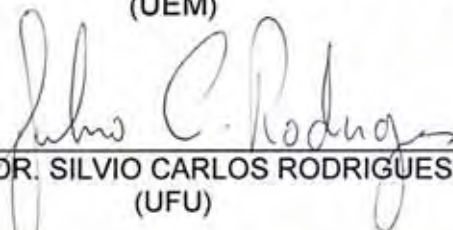
1. Recursos hídricos. 2. Rio Branco. 3. Acre. I. Rocha, Paulo Cesar. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

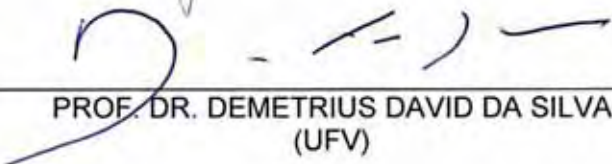
**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. PAULO CESAR ROCHA  
ORIENTADOR

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ANTONIO CÉZAR LEAL  
(UNESP/FCT)

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. EDVARD ELIAS DE SOUZA FILHO  
(UEM)

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. SILVIO CARLOS RODRIGUES  
(UFU)

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. DEMETRIUS DAVID DA SILVA  
(UFV)

  
\_\_\_\_\_  
MARCELO DE OLIVEIRA LATUF

Presidente Prudente (SP), 24 de outubro de 2011.

Resultado: aprovado

*Dedico este trabalho*

*À minha esposa, Vanessa Latuf, por me  
fazer não desistir ao longo desta  
caminhada.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por dar-me forças para a conclusão deste trabalho.

À Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Presidente Prudente, por intermédio do Departamento de Geografia, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Professor Paulo Cesar Rocha, meu orientador, pela amizade estabelecida ao longo destes últimos anos. Obrigado por entender minha situação e sempre apoiá-la, mas acima de tudo, pela confiança depositada neste trabalho e em minha pessoa. Espero que nossa parceria possa ser duradoura em muitos projetos. Obrigado PC!

À minha esposa Vanessa Latuf que sempre esteve ao meu lado, apoiando-me em diversas etapas de minha vida. Obrigado pelo seu carinho, compreensão e entrega. Te amo meu amor, obrigado por tudo!

À minha família, minha Mãe Gislene, minhas tias e tios, minhas irmãs Glória e Gisele e a meu sobrinho Pedro Henrique, que este trabalho possa servir de exemplo que com estudo e determinação a gente chega lá.

À minha outra família, que me acolheu como filho, ao meu sogro Sr. Deusdeth e à minha sogra Sra. Lúcia, sempre apoiando e sendo generosos, obrigado.

Ao meu grande amigo Lúcio Flávio, o grande responsável por levar-me para o Acre. Obrigado pelas diversas insistências! Por seus méritos, cresci muito trabalhando neste estado. Força para superar todas as adversidades, e lembre-se, você sempre poderá contar comigo!

A todos(as) amigos(as) acreanos(as), em especial a Emanuel Amaral, pela amizade e companheirismo, a Willian Flores pelos conselhos e amizade e a Eufran Amaral, pelos ensinamentos, amizade e insistência por buscar um Acre ambientalmente mais justo.

À Gilnei e Cris, meus anjos da guarda, que abriram as portas de sua casa para mim. Muito obrigado pelo suporte e amizade, e saibam que sem vocês em minha vida eu não teria conseguido chegar até aqui, Obrigado!

Aos amigos e amigas inseparáveis de Presidente Prudente, em especial a Ricardo Bozza (bob), Odair Sonegatti, Alexandre Bergamin e sua esposa Cláudia, Fernanda e Beatriz, pelo convívio sempre descontraído. Vocês estarão sempre em meus pensamentos, boa sorte a todos(as) e espero reencontrá-los(as) sempre!

Ao grande amigo Maurício Foganholo pela amizade e ao sempre harmonioso convívio na república “café com leite”, meu Obrigado!

Aos colegas da pós-graduação em Geografia, em especial a Caio Augusto, Leandro “Astorrça”, Edilson Pereira, Denise Bomtempo, Sônia e seu marido Divino, Luiz Carlos Flávio, Túlio, Atamis, Sampaio dentre outros, abraço a todos(as).

Aos amigos do curso de Geografia da Universidade Federal da Bahia pela amizade, companheirismo e pela coragem no desenvolvimento de uma Geografia crítica e compromissada no Oeste Baiano, em especial a Evanildo Cardoso, Marcos Mondardo, Paulo Baqueiro e Ricardo Reis.

Aos funcionários do Departamento de Geografia e da Pós-Graduação em Geografia, pelo suporte e dedicação, em especial nas pessoas de Lúcia e Cinthia, respectivamente.

A todos(as) os(as) demais amigos(as), professores(as) e funcionários(as) que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

*“Os cientistas não são de forma alguma os capitães do navio da sociedade humana, mas estão na posição do homem no topo do mastro que vê mais longe do que o resto da tripulação”.*

*(H. Thirring)*

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	11
LISTA DE GRÁFICOS.....	15
LISTA DE TABELAS .....	17
LISTA DE SIGLAS .....	19
RESUMO .....	21
ABSTRACT .....	22
INTRODUÇÃO.....	23
JUSTIFICATIVA .....	25
PROBLEMA .....	27
HIPÓTESE .....	28
OBJETIVOS.....	28
Objetivo geral .....	28
Objetivos específicos.....	28
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>30</b>
<b>LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>30</b>
<b>1.1. Geologia .....</b>	<b>35</b>
<b>1.2. Clima.....</b>	<b>41</b>
<b>1.3. Rede hidrográfica .....</b>	<b>43</b>
<b>1.4. Geomorfologia.....</b>	<b>48</b>
1.4.1. Planície aluvial.....	48
1.4.2. Depressão do Endimari-Abunã.....	50
1.4.3. Depressão do Iaco-Acre.....	51
1.4.4. Depressão de Rio Branco.....	52
1.4.5. Depressão do Juruá-Iaco .....	52
<b>1.5. Solos na bacia do rio Acre.....</b>	<b>53</b>
1.5.1. Argissolos .....	53
1.5.2. Plintossolos .....	55
1.5.3. Luvisolos .....	57
1.5.4. Gleissolos.....	58
1.5.5. Latossolos .....	60
<b>1.6. Uso e ocupação do solo .....</b>	<b>62</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>64</b>

<b>REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO .....</b>	<b>64</b>
<b>2.1. A bacia hidrográfica como um sistema natural.....</b>	<b>65</b>
<b>2.2. Planejamento e gestão dos recursos hídricos .....</b>	<b>68</b>
<b>2.3. Modelos hidrológicos: características, potenciais e limitações.....</b>	<b>75</b>
<b>2.4. O modelo IPH II de transformação chuva x vazão .....</b>	<b>85</b>
2.4.1. Algoritmo de perdas por evaporação e interceptação.....	86
2.4.2. Algoritmo de separação do escoamento .....	87
2.4.3. Algoritmo de propagação dos escoamentos superficiais e subterrâneos ....	93
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>96</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>96</b>
<b>3.1. Inventariação de dados hidrológicos .....</b>	<b>97</b>
3.1.1. Precipitação .....	98
3.1.2. Vazões .....	100
<b>3.2. Calibração do modelo hidrológico IPH II.....</b>	<b>103</b>
3.2.1. Entrada de dados.....	103
<b>3.3. Simulação de cenários de comportamento para 2030 .....</b>	<b>113</b>
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>117</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>117</b>
<b>4.1. Inventário de dados hidrológicos a montante de Rio Branco .....</b>	<b>118</b>
4.1.1. Precipitação .....	118
4.1.2. Vazões .....	139
4.1.2.1. Vazões médias .....	139
4.1.2.2. Vazões máximas .....	145
4.1.2.3. Vazões mínimas.....	151
4.1.2.4. Vazões obtidas da curva de permanência .....	157
<b>4.2. Calibração de modelo chuva-vazão IPH II .....</b>	<b>160</b>
<b>4.3. Simulação de comportamentos hidrológicos.....</b>	<b>176</b>
4.3.1. Simulação da mancha de inundação ocorrida em 1988.....	177
4.3.2. Comportamento estimado da vazão máxima para 2030.....	188
4.3.3. Comportamento estimado da vazão mínima para 2030.....	206
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>216</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>218</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da bacia do rio Acre no contexto político da tríplice fronteira .....	32
Figura 2. Localização da bacia do rio Acre no contexto da bacia do rio Purus .....	33
Figura 3. Divisões da bacia do rio Acre no contexto político internacional (Brasil, Bolívia e Peru) .....	34
Figura 4. Localização da Bacia do Acre no contexto geotectônico amazônico. a) Formação Solimões. Adaptado de Bezerra (2003) citado por Cavalcante (2006) .....	35
Figura 5. Unidades litoestratigráficas na bacia do rio Acre .....	38
Figura 6. Hipótese de evolução da paisagem proposta por Amaral (2007) para o estado do Acre	40
Figura 7. Precipitação média na bacia do rio Acre, de acordo com dados das Normais Climatológicas do INMET (1961 a 1990).....	42
Figura 8. UGRHs definidas pelo PLERH para a bacia do rio Acre, no estado do Acre .....	45
Figura 9. Modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC) da bacia do rio Acre .....	46
Figura 10. Mapa de declividades da bacia do rio Acre extraído do MDEHC .....	47
Figura 11. Unidades geomorfológicas na bacia do rio Acre. Adaptado de SIPAM/IBGE (2004).	49
Figura 12. Classes de solos na bacia do rio Acre .....	54
Figura 13. Perfil modal de Argissolos no estado do Acre. (A) Prisma pedológico, em escala e com a indicação dos horizontes. (B) Padrão fisiográfico na imagem de satélite LANDSAT TM 5. (C) Paisagem de ocorrência. (D) Localização no estado do Acre. Fonte: ACRE (2006).....	55
Figura 14. Perfil modal de Plintossolo no Estado do Acre. (A) Prisma pedológico, em escala e com a indicação dos horizontes. (B) Padrão fisiográfico na imagem de satélite LANDSAT TM 5. (C) Paisagem de ocorrência. (D) Localização no Estado do Acre. Fonte: ACRE (2006).....	56
Figura 15. Perfil modal de Luvisolo no Estado do Acre. (A) Prisma pedológico, em escala e com a indicação dos horizontes. (B) Padrão fisiográfico na imagem de satélite LANDSAT TM 5. (C) Paisagem de ocorrência. (D) Localização no Estado do Acre. Fonte: ACRE (2006).....	57
Figura 16. Perfil modal de Gleissolo no Estado do Acre. (A) Prisma pedológico, em escala e com a indicação dos horizontes. (B) Padrão fisiográfico na imagem de satélite LANDSAT TM 5. (C) Paisagem de ocorrência. (D) Localização no Estado do Acre. Fonte: ACRE (2006).....	59
Figura 16a. Perfil modal de Neossolo Flúvico no Estado do Acre. (A) Prisma pedológico, em escala e com a indicação dos horizontes. (B) Padrão fisiográfico na imagem de satélite LANDSAT TM 5. (C) Paisagem de ocorrência. (D) Localização no Estado do Acre. Fonte: ACRE (2006) .....	60
Figura 17. Perfil modal de Latossolo no Estado do Acre. (A) Prisma pedológico, em escala e com a indicação dos horizontes. (B) Padrão fisiográfico na imagem de satélite LANDSAT TM 5. (C) Paisagem de ocorrência. (D) Localização no Estado do Acre. Fonte: ACRE (2006) .....	61
Figura 18. Localização de Terras Indígenas na bacia do rio Acre .....	62
Figura 19. Localização de Unidades de Conservação na bacia do rio Acre.....	62
Figura 20. Localização de Projetos de Assentamentos do INCRA na bacia do rio Acre.....	63

Figura 21. Algoritmo de perdas por evaporação e interceptação. Fonte: Mine (1998).....	86
Figura 22. Aplicação da equação da continuidade na camada superior do solo. Fonte: Mine (1998) .....	88
Figura 23. Representação das funções do algoritmo de separação do escoamento. Fonte: Mine (1998) .....	89
Figura 24. Situações contempladas pelo algoritmo de separação de escoamento .....	92
Figura 25. Histograma tempo-área pelo método de Clark (1945). Mine (1998).....	93
Figura 26. Isócronas e histograma tempo-área pelo método de Clark (1945). Bravo et al. (2006)	94
Figura 27. Formas do histograma sintético para diferentes valores de <i>n</i> . Silva (2006).....	94
Figura 28. Rede de postos pluviométricos na bacia do rio Acre e arredores .....	97
Figura 29. Rede de postos fluviométricos na bacia do rio Acre.....	98
Figura 30. Localização das estações pluviométricas utilizadas.....	99
Figura 31. Estações pré-selecionadas para a bacia hidrográfica do rio Acre .....	101
Figura 32. Método de obtenção de dados das estações fluviométricas (tela do SisCAH 1.0) ....	102
Figura 33. Importação de dados das estações fluviométricas (tela do SisCAH 1.0) .....	102
Figura 34. Módulo entrada de dados do software WIN_IPH2 .....	105
Figura 35. Grade de 4x4 km das imagens do Hidroestimador para área de interesse .....	106
Figura 36. Estimativa de evapotranspiração real média diária - janeiro/2004 .....	107
Figura 37. Estimativa de evapotranspiração real média diária - setembro/2004.....	107
Figura 38. Métodos de separação de escoamento (superficial e subterrâneo). (Tucci, 2009).....	109
Figura 39. Módulo “Limites de Parâmetros” do software WIN_IPH2 .....	110
Figura 40. Funções objetivo disponíveis no software WIN_IPH2 (Bravo et al., 2007).....	112
Figura 41. Evidência de alta correlação espacial entre áreas desmatadas (a) e evapotranspiração (b) .....	115
Figura 42. Precipitação média na bacia do rio Acre.....	119
Figura 43. Imagens da “grande seca” de 2005. Fonte: Google imagens (2011) .....	120
Figura 44. Comportamento da precipitação em Rio Branco (Duarte, 2005).....	138
Figura 45. Variações do traçado de curvas de permanência.....	157
Figura 46. Critérios de outorga nos estados da federação em 2006. (Marques, 2006).....	158
Figura 47. Amostra do campo de precipitação do Hidroestimador em 10/02/2005 para a bacia do rio Acre.....	169
Figura 48. Correlação diária entre postos pluviométricos e dados do Hidroestimador Fonte: Saldanha et al. (2007) .....	172
Figura 49. MDE obtido pelo sensor SRTM.....	179
Figura 50. MDE com resolução espacial de 5 m do centro da capital acreana .....	179
Figura 51. Relações altimétricas e cotas do rio Acre - estação 13600002 (Vectra, sem data) ....	180
Figura 52. Mancha de inundação registrada em 1988 (cota linimétrica 17,11 m) .....	182

Figura 53. Mancha de inundação registrada em 1988 (cota linimétrica 17,11 m), sob fotos aéreas de 2006.....	183
Figura 54. Mancha de inundação registrada em 1988 (cota linimétrica 17,11 m), sob fotos aéreas de 2006 (detalhe 1).....	184
Figura 55. Mancha de inundação registrada em 1988 (cota linimétrica 17,11 m), sob fotos aéreas de 2006 (detalhe 2).....	185
Figura 56. Nível do rio Acre na região da Gameleira em época de cheia (Fonte: Google Imagens, 2011).....	186
Figura 57. Localização dos perfis topográficos.....	186
Figura 58. Perfis topográficos elaborados no rio Acre.....	187
Figura 59. Áreas desmatadas em 1988, 2005 e estimativa para 2030 na bacia contribuinte à estação 13600002.....	189
Figura 60. Média de previsão de 15 modelos climáticos (IPCC, 2008).....	191
Figura 61a. Evapotranspiração estimada para os meses de 2030, caso haja o incremento de áreas desmatadas previstas por Soares Filho et. al. (2008).....	192
Figura 61b. Evapotranspiração estimada para os meses de 2030, caso haja o incremento de áreas desmatadas previstas por Soares Filho et. al. (2008).....	193
Figura 62a. Dados de entrada para a simulação de comportamento hidrológico das vazões máximas em 2030.....	195
Figura 62b. Dados de entrada para a simulação de comportamento hidrológico das vazões máximas em 2030.....	196
Figura 63. Comparativo das áreas de inundação provocadas pela enchente de 1988 (cota de 17,11m) e projeção de 2030 (cota de 21m).....	199
Figura 64. Comparativo das áreas de inundação provocadas pela enchente de 1988 (cota de 17,11m) e projeção de 2030 (cota de 21m) – detalhe 1.....	200
Figura 65. Comparativo das áreas de inundação provocadas pela enchente de 1988 (cota de 17,11m) e projeção de 2030 (cota de 21m) – detalhe 2.....	201
Figura 66. Diferentes níveis de inundação associados às cotas altimétricas.....	202
Figura 67. Diferentes níveis de inundação associados às cotas altimétricas (isolinhas).....	203
Figura 68a. Inundação em Rio Branco (abril 2011). Fonte: <a href="http://www.pagina20.com.br">www.pagina20.com.br</a> .....	204
Figura 68b. Inundação em Rio Branco (abril 2011). Fonte: <a href="http://www.pagina20.com.br">www.pagina20.com.br</a> .....	205
Figura 69. Localização da área registrada com inundação em abril de 2011.....	205
Figura 70. Nível das águas do rio Acre em setembro de 2005 (sem data).....	209
Figura 71. Nível das águas do rio Acre em 29/08/2011. (Fonte: AC24 horas, 2011).....	214
Figura 72. Nível das águas do rio Acre em 29/08/2011. (Fonte: AMARAL, 2011).....	214
Figura 73. Confirmação do nível das águas do rio Acre em 29/08/2011. (Fonte: SNIRH, 2011).....	215
ANA. Agência Nacional de Águas. <b>Sistema Hidroweb</b> . Disponível em: < <a href="http://www.hidroweb.ana.gov.br">www.hidroweb.ana.gov.br</a> >. Acesso em 28/11/2010. ....	218

COSTA, J. C.. A Conquista do Deserto Ocidental: subsídios para a história do Território do Acre. São Paulo: Nacional. (2005[1924]). In: MORAIS, M. J. <b>“Acreanidade”:</b> <b>Invenção e reinvenção da identidade acreana.</b> Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2008. (Tese de Doutorado). .....	219
MARENCO, J. A. e VALVERDE, M. C. <b>Caracterização do clima no século XX e cenário de mudanças de clima para o Brasil no século XXI usando modelos do IPCC-AR4.</b> Campinas: Revista Multiciência, 24p., 2005. ....	221
MOLION, L. C. B. <b>Perspectivas climáticas para os próximos 20 anos.</b> Revista Brasileira de Climatologia. 12p, 2008. (ISSN 1980-055X).....	221
MORAIS, M. J. <b>“Acreanidade”:</b> <b>Invenção e reinvenção da identidade acreana.</b> Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2008. (Tese de Doutorado). ....	221
SEMA. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. <b>Banco de fotos da seca de 2005.</b> Sem data. .	223
SILVA, J. B. L. <b>Modelos de previsão de enchentes em tempo real para o município de Nova Era-MG.</b> Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. (Tese de Mestrado). ....	223
SIPAM. Sistema de Proteção da Amazônia. <b>Banco de dados espaciais do projeto “Banco de Dados de Recursos Naturais da Amazônia Brasileira”</b> , realizado em parceria com IBGE/CISCEA/SIPAM (1999). Porto Velho: SIPAM, 2004.....	223

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Separação de escoamentos entre 01/01/2003 a 21/01/2004 .....	109
Gráfico 2. Precipitação média anual para a bacia do rio Acre a montante de Rio Branco.....	118
Gráfico 3. Desvios em relação à média histórica .....	121
Gráfico 5. Mudanças de tendências associadas a eventos de El Niño e La Niña .....	123
Gráfico 6. Distribuição anual de lâminas precipitadas médias mensais.....	124
Gráfico 7. Identificação de meses chuvosos e secos .....	124
Gráfico 8. Distribuição média mensal da precipitação na estação Assis Brasil.....	125
Gráfico 9. Variações da precipitação em torno da média (estação Assis Brasil) .....	126
Gráfico 10. Tendências observadas (estação Assis Brasil) .....	127
Gráfico 11. Distribuição média mensal da precipitação na estação Brasiléia .....	128
Gráfico 12. Variações da precipitação em torno da média (estação Brasiléia) .....	128
Gráfico 13. Distribuição média mensal da precipitação na estação Cobija.....	130
Gráfico 14. Variações da precipitação em torno da média (estação Cobija).....	130
Gráfico 15. Variações da precipitação após 1970 (estação Cobija) .....	131
Gráfico 16. Tendência ajustada para a estação Cobija .....	133
Gráfico 17. Distribuição média mensal da precipitação na estação Xapuri .....	133
Gráfico 18. Variações da precipitação em torno da média (estação Xapuri) .....	134
Gráfico 19. Distribuição média mensal da precipitação na estação Fazenda Santo Afonso .....	135
Gráfico 20. Variações da precipitação em torno da média (estação Fazenda Santo Afonso) .....	136
Gráfico 21. Distribuição média mensal da precipitação na estação UFAC.....	137
Gráfico 22. Variações da precipitação em torno da média (estação UFAC).....	137
Gráfico 23. Ajuste de tendência para a estação UFAC .....	139
Gráfico 24. Distribuição média mensal da vazão na estação 13600002 (Rio Branco) .....	141
Gráfico 25. Variações das vazões médias anuais em torno da média (estação 13600002).....	142
Gráfico 26. Desvios em relação à média histórica de vazões médias (estação 13600002).....	143
Gráfico 27. Ajuste de tendência no período 1971 a 2005 - Qmédia (estação 13600002).....	144
Gráfico 28. Variações de média e desvio padrão entre 1971/1987 e 1988/2005 (estação 13600002) .....	144
Gráfico 29. Ocorrência de vazões máximas (estação 13600002).....	145
Gráfico 30. Variações das vazões máximas anuais em torno da média (estação 13600002).....	147
Gráfico 31. Ajuste de tendência no período 1971 a 2005 - Qmáxima (estação 13600002).....	147
Gráfico 32. Ajuste de tendência no período 1971 a 2010 - Qmáxima (estação 13600002).....	148
Gráfico 33. Número de dias chuvosos no período 1971 a 2010 para a BMRB.....	149
Gráfico 34. Desvios em relação à média histórica de vazões máximas (estação 13600002).....	150

Gráfico 35. Ocorrência de vazões mínimas (estação 13600002) .....	153
Gráfico 36. Variações das vazões mínimas anuais em torno da média (estação 13600002).....	153
Gráfico 37. Ajuste de tendência no período 1971 a 2005 - Qmínima (estação 13600002).....	154
Gráfico 38. Variações de tendências das vazões mínimas (estação 13600002).....	155
Gráfico 39. Desvios em relação à média histórica de vazões mínimas (estação 13600002) .....	156
Gráfico 40. Curva de permanência obtida para a estação 13600002.....	159
Gráfico 41. Calibração do biênio 1987/1988 adotando F.O. Desvio absoluto médio .....	162
Gráfico 42. Correlação entre vazões observadas e estimadas (1988) - F.O. Desvio absoluto médio .....	162
Gráfico 43. Correlação entre vazões observadas e estimadas (1988) - F.O. Desvio relativo médio .....	164
Gráfico 44. Calibração do biênio 1987/1988 adotando F.O. Desvio relativo médio .....	164
Gráfico 45. Correlação entre vazões observadas e estimadas (2005) - F.O. Desvio relativo médio .....	167
Gráfico 46. Calibração do biênio 2004/2005 adotando F.O. Desvio relativo médio .....	168
Gráfico 47. Calibração do biênio 2004/2005 adotando F.O. Desvio padrão o inverso das vazões .....	170
Gráfico 48. Correlação entre vazões observadas e estimadas (2005) - F.O. Coef. Nash e Sutcliffe .....	171
Gráfico 49. Calibração do biênio 2004/2005 adotando F.O. Coef. Nash e Sutcliffe .....	171
Gráfico 50. Correlação entre vazões observadas e estimadas (2005) - F.O. Desvio quadrado relativo médio.....	173
Gráfico 51. Calibração do biênio 2004/2005 adotando F.O. Desvio quadrado relativo médio ...	174
Gráfico 52. Correlação entre cota altimétrica e cota linimétrica da estação 13600002 .....	180
Gráfico 53. Desmatamento na bacia a montante da estação 13600002.....	188
Gráfico 54. Simulação de cenário de comportamento hidrológico para 2029 e 2030.....	197
Gráfico 55. Relação vazão x cota para estação 13600002 .....	198
Gráfico 56. Estimativa de crescimento da população urbana da cidade de Rio Branco/AC.....	207
Gráfico 57. Simulação de cenário de comportamento hidrológico para 2029/2030 (Qmínima) .	209
Gráfico 58. Estimativas de vazões captadas para abastecimento humano .....	211

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Feições estratigráficas das unidades aflorantes na bacia hidrográfica do rio Acre .....	37
Tabela 2. Unidades litoestratigráficas encontradas na bacia do rio Acre, apenas em território brasileiro.....	37
Tabela 3. Características morfométricas da bacia do rio Acre e da bacia a montante da seção fluviométrica Rio Branco .....	44
Tabela 4. Unidades geomorfológicas encontradas na bacia do rio Acre, apenas em território brasileiro.....	48
Tabela 5. Classes de solos encontrados na bacia do rio Acre, apenas em território brasileiro.....	53
Tabela 6. Modelos para o planejamento e gerenciamento de recursos hídricos.....	81
Tabela 7. Métodos adotados para o ajuste de modelos hidrológicos.....	84
Tabela 8. Parâmetros do modelo IPH II .....	85
Tabela 9. Lista de estações pluviométricas utilizadas .....	99
Tabela 10. Estações fluviométricas pré-selecionadas e período de observações .....	101
Tabela 11. Parâmetros a serem ajustados pela etapa de calibração.....	110
Tabela 12. Dados de entrada para a realização dos testes de calibração .....	111
Tabela 13. Ocorrência de El Niños no período-base selecionado .....	122
Tabela 14. Ocorrência de La Niñas no período-base selecionado.....	122
Tabela 15 - Teste de estacionariedade da série de vazões médias anuais .....	140
Tabela 16 - Teste de estacionariedade da série de vazões máximas anuais .....	146
Tabela 17. Amplitudes entre os valores registrados de vazões máximas (1971 a 2005) .....	150
Tabela 18. Vazões máximas anuais associadas aos períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos.....	151
Tabela 19 - Teste de estacionariedade da série de vazões mínimas anuais.....	152
Tabela 20. Vazões mínimas $Q_7$ associadas aos períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos .....	156
Tabela 21. Vazões de permanência para a estação 13600002.....	159
Tabela 22. Lista de estações pluviométricas utilizadas na calibração do biênio 1987/1988.....	160
Tabela 23. Evapotranspiração média mensal na cidade de Rio Branco .....	160
Tabela 24. Resultados das calibrações por funções-objetivo (anos 1987/1988).....	161
Tabela 25. Dados e valores de entrada utilizados na calibração do biênio 2004/2005 .....	165
Tabela 26. Evapotranspiração média diária e mensal estimada pelo produto MOD16A .....	166
Tabela 27. Lista de estações pluviométricas utilizadas na calibração do biênio 2004/2005.....	166
Tabela 28. Resultados das calibrações por funções-objetivo para o Teste 1 (anos 2004/2005)...	167
Tabela 29. Resultados das calibrações por funções-objetivo para o Teste 2 (anos 2004/2005)...	170
Tabela 30. Resultados das calibrações por funções-objetivo para o Teste 3 (anos 2004/2005)...	173
Tabela 31. Dados comparativos entre as vazões máxima e mínima de 2005 (dados observados x dados estimados) .....	175

Tabela 32. Parâmetros ajustados* para o biênio 1987/1988 .....	175
Tabela 33. Parâmetros ajustados* para o biênio 2004/2005 .....	176
Tabela 34. Comparação entre as vazões de permanência observada e estimada para 2004/2005	176
Tabela 35. Desabrigados na enchente do rio Acre em 1988 .....	177
Tabela 36. Valores comparativos entre a evapotranspiração no biênio 2004/2005 e sua estimativa com incremento do desmatamento para o biênio 2029/2030 .....	192
Tabela 37. Dados comparativos entre a vazão de enchente de 1988 e projeção de 2030 .....	197
Tabela 38. Relações entre cotas linimétricas e altimétricas para a estação 13600002 .....	204
Tabela 39. Demanda projetada de água para 2030.....	208
Tabela 40. Dados comparativos entre a vazão mínima de 2005 e projeção de 2030 .....	210

## LISTA DE SIGLAS

AIMP - Área impermeável  
ANA - Agência Nacional de Águas  
BMRB - Bacia a montante de Rio Branco  
CEDEC - Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do estado do Acre  
CIDS - Centro Internacional de Desenvolvimento Sustentável  
CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos  
CTC - Capacidade de troca catiônica  
CT-HIDRO - Fundo Setorial de Recursos Hídricos  
ECO 92 - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento  
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
ETA - Estação de tratamento de água  
F.O. - Função-objetivo  
FGV - Fundação Getúlio Vargas  
GeoSNIC - Sistema de Geoprocessamento e Dados Cadastrais dos Municípios Brasileiro  
GOES-12 - *Geostationary Operational Environmental Satellite*  
GTZ - Agência de Cooperação Técnica Alemã  
HEC - *Hydrologic Engineering Center*  
HTA - Histograma tempo-área  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IDW - Inverso do Quadrado da Distância  
INMET - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia  
IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas  
IPH - Instituto de Pesquisas Hidráulicas  
KML - *Keyhole Markup Language*  
LANDSAT-TM - *Land Remote Sensing Satellite – Thematic Mapper*  
MAP - Madre de Dios, Acre e Pando  
MDE - Modelo digital de elevação  
MDEHC - Modelo digital de elevação hidrologicamente consistente  
MMA - Ministério do Meio Ambiente  
MO - Matéria orgânica  
MODIS - *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*

NASA - *National Aeronautics Space and Administration*  
NDC - Número de dias de chuva  
OMM - Organização Mundial de Meteorologia  
ONU - Organização das Nações Unidas  
pH - Potencial hidrogeniônico  
PLERH - Política Estadual de Recursos Hídricos do estado do Acre  
PNRH - Política Nacional dos Recursos Hídricos  
RLS - Reservatório linear simples  
SAERB - Serviço de Água e Esgoto de Rio Branco  
SCE-UA - *Shuffled Complex Evolution - University of Arizona*  
SEMA - Secretaria de Estado de Meio Ambiente  
SIG - Sistemas de Informação Geográfica  
SIPAM - Sistema de Proteção da Amazônia  
SisCAH - Sistema Computacional para Análises Hidrológicas  
SNIRH - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos  
SRTM - *Shuttle Radar Topographic Mission*  
TXT - Arquivo no formato texto  
UFAC - Universidade Federal do Acre  
UGRH - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos  
WIN\_IPH2 - Software de calibração do modelo IPH II  
ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico

## RESUMO

A bacia hidrográfica do rio Acre localiza-se na porção Sul-Occidental da Amazônia brasileira, palco de intensas modificações em sua estrutura socioeconômica e ambiental nas últimas décadas. Possui característica marcante por ser transfronteiriça, tendo terras localizadas além das fronteiras Brasileiras, em territórios da Bolívia e Peru, bem como fazendo divisas com o estado do Amazonas. O rio Acre é marcado por expressivas amplitudes em suas vazões diárias anuais, tendo este comportamento já sido registrado por expedicionários estrangeiros, em meados do século XIX. Assim, o presente trabalho objetiva-se na compreensão do comportamento hidrológico das vazões interanuais do rio Acre e das precipitações na área de drenagem da seção Rio Branco (13600002), localizada na cidade de Rio Branco/AC, bem como na elaboração de cenários de comportamento hidrológico para as vazões máxima e mínima, para o ano de 2030, por meio do uso de técnicas de modelagem hidrológica. Desta maneira, utilizou-se dados de pluviometria e fluviometria disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), por meio do sistema Hidroweb, sendo o tratamento dos mesmos realizado através dos softwares Hidro 1.2 e SisCAH 1.0, respectivamente. Aliado a estes dados, foram utilizadas as informações das Normais Climatológicas de 1961-1990, registradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) na estação localizada na Universidade Federal do Acre; bem como as imagens do campo de precipitação do satélite GOES-12, pela técnica Hidroestimador. Estes dados foram processados com o apoio do SIG ArcGIS 9.3 utilizando-se como referência as bases cartográficas do estado do Acre nas escalas de 1:100.000 e 1:250.000, além das bases disponibilizadas pela ANA na escala ao milionésimo. Ainda caracterizaram-se como insumos deste trabalho, as imagens do sensor MODIS, por meio do produto MOD16A (Evapotranspiração) para os anos de 2004 e 2005, além do *shapefile* da projeção de desmatamento para 2030, elaborado por Soares-Filho et al. (2008), cedido pelo Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM). Quanto à estimativa de mudanças no padrão de chuvas na bacia, apoiou-se em informações do relatório técnico n.º IV, elaborado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Com relação aos procedimentos de modelagem hidrológica utilizou-se o modelo IPH II, desenvolvido por Tucci et al. (1981), tendo os procedimentos de calibragem e simulação realizados pelo software WIN\_IPH2, desenvolvido por Bravo et al. (2006). Resultados demonstram que o contínuo aumento das áreas desmatadas na bacia do rio Acre, aliado às projeções de crescimento populacional, aumento da evapotranspiração nos períodos de estiagem e mudanças no padrão de chuvas na bacia irão refletir um quadro crítico para 2030, trazendo projeções de aumento nas vazões de pico, bem como na diminuição das vazões de vazante; aumentando a vulnerabilidade de toda a população residente em Rio Branco/AC, seja pelo aumento na frequência de ocorrência de enchentes ou pelo risco de redução expressiva na disponibilidade de água, em épocas de estiagem. Desta forma, acredita-se estar subsidiando com este trabalho, ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Acre, por meio do suporte ao Plano Estadual de Recursos Hídricos (PLERH), *ainda em fase de elaboração*, no que tange ao conhecimento sobre a dinâmica do rio Acre, bem como em projeções futuras de comportamento hidrológico crítico relacionados às vazões de enchente e estiagem, para o suporte à criação de um sistema de alerta mais eficiente para a bacia, além de alertar as autoridades competentes para o Planejamento do Uso do Solo mais criterioso às margens do rio Acre, na cidade de Rio Branco.

Palavras-chave: Recursos hídricos, Rio Branco, Acre, Cenários de comportamento.

## ABSTRACT

The Acre river watershed is located in South-Western Amazonia, Brazil, where in the last decades was focus in the intensives modifications on socioeconomics and environmental structure. The Acre river watershed has a singular characteristic to belong the three different countries, Brazil, Bolivia and Peru, as well as the Brazilian state of Amazonas. The Acre river is marked by expressive variability of its annual flows, being registered by foreign voyager in last part of century XIX. Thus, this thesis focus on the hydrological behaviour comprehension of the Acre river annual flows, and the rainfall behaviour on the Rio Branco's monitoring station watershed (13600002), located in Rio Branco/AC city, beyond the scenarios projections preparation of the hydrological behaviour for the maximum and minimum flows, to the 2030, by using hydrological modelling techniques. In this way, were used rainfall and flows data from Waters Brazilian National Agency (ANA), by the access of the Hidroweb system and these databases were processed by Hidro 1.2 and SisCAH 1.0 software's. Beyond these data's were also used the Climatological Normal (1961-1990) by the Meteorological Brazilian National Institute (INMET) to the unique monitoring point located at Federal University of Acre, and the field precipitation images from GOES-12 satellite, by the Hidroestimator technique. These databases were processed by ArcGIS 9.3 software using the Acre State cartographical references on the 1:100,000 and 1:250,000, as well as the ANA references in 1:1,000,000. Others sources of this work were the images of MODIS sensor by the MOD16A product (Evapotranspiration) for the 2004 and 2005, as well as the deforestation projection for 2030 elaborated by Soares Filho et al. (2008), given by Amazon Institute of Environmental Research (IPAM). To the rainfall behaviour evaluation was used technical report N.º IV elaborated by Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). To the hydrological modelling procedures was used the IPH II model developed by Tucci et al. (1981), but the calibration and simulation stages were executed by WIN\_IPH2 software, developed by Bravo et al. (2006). Results shows that deforestation rates on the Acre river watershed is increasing, as well as the urban population growing, plus the evapotranspiration rates and the rainfall standards distribution are misbalanced, and will cause a critical situation in 2030, bringing increasing projections of peak flows, beyond the lower minimum flows, affecting the Rio Branco's urban population, being increasing the floods frequencies or by the water availability reduction in dry seasons. In this way, believes with this research which water resources planning and management actions at Acre river could be executed, by the support to the Acre State Water Resources Plan (PLERH), *in discussion phase*, collaborating to amplify of the Acre river hydrological behaviour, as well as the critical hydrological behaviour related to floods and minimum flows, to support an efficient alert system construction.

Keywords: Water resources, Rio Branco, Acre, Behaviour scenarios.

## INTRODUÇÃO

---

No planejamento e gestão dos recursos hídricos são prioritárias as ações na busca por melhorias no manejo do solo e água em áreas urbanas, agrícolas e florestais, na preservação de áreas de recarga dos aquíferos e de preservação permanente, além do controle do uso e cobertura do solo, de concessões de vazões, dos padrões de qualidade das águas, bem como na elaboração de planos de bacias e no apoio à estruturação de órgãos gestores, comitês e agências de bacia, dentre outros.

As etapas do planejamento e gestão dos recursos hídricos são dependentes de dados e informações para a elaboração dos planos de bacias e, assim, ações em prol da implantação, ampliação e melhorias na rede hidrometeorológica de monitoramento são essenciais em todo o processo.

O quadro de baixa densidade da rede hidrometeorológica é, infelizmente, uma característica da região Amazônica brasileira, devido às dificuldades de acesso e à diversidade e extensão das paisagens.

Neste contexto, enquadra-se a bacia hidrográfica do rio Acre, localizada na porção Sul-Occidental da Amazônia brasileira, palco de intensas modificações em sua estrutura socioeconômica e ambiental nas últimas décadas, e que possui característica marcante por ser transfronteiriça, tendo terras localizadas além das fronteiras Brasileiras, em territórios da Bolívia e Peru, bem como fazendo divisas com o estado do Amazonas.

O rio Acre foi palco, entre o final do século XIX e início do século XX, de intensas disputas territoriais entre Brasileiros e Bolivianos, pela posse das terras e seringueiras, para a extração e posterior comercialização do látex. Além deste contexto histórico, o rio Acre é marcado por expressivas amplitudes em suas vazões diárias anuais, tendo este comportamento já sido registrado por expedicionários estrangeiros, em meados do século XIX.

A bacia do rio Acre encontra-se na porção Sudeste do estado do Acre, região esta que concentra a maior parte da população do estado, bem como as maiores taxas de crescimento econômico. Entretanto, com o crescimento econômico desta região e consequente aumento populacional, impactos são observados na paisagem, como por exemplo, o avanço do desmatamento e queimadas.

Aliado aos pulsos naturais das vazões diárias anuais do rio Acre, este crescimento econômico vem degradando terras ao longo da bacia e, possivelmente, alterando os padrões naturais de infiltração da água no solo, bem como o escoamento superficial, refletindo em pulsos com maiores magnitudes tanto das cheias, quanto das vazantes.

Caso este quadro permaneça inalterado, expressivos problemas estarão sendo projetados em um futuro próximo, ferindo um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei N.º 9.433/97), do acesso à água em quantidade e qualidade às futuras gerações.

Desta maneira, o presente trabalho objetiva compreender o comportamento hidrológico das vazões interanuais do rio Acre e das precipitações na área de drenagem da seção fluviométrica Rio Branco, localizada na cidade de Rio Branco/AC, bem como elaborar cenário de comportamento hidrológico da vazão máxima e mínima, para o ano de 2030, por meio do uso de técnicas de modelagem hidrológica e com o apoio de Sistemas de Informação Geográfica.

Desta forma, acredita-se estar subsidiando ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Acre, por meio do suporte ao Plano Estadual de Recursos Hídricos (PLERH), *ainda em fase de elaboração*, no que tange ao conhecimento sobre a dinâmica do rio Acre, bem como em projeções futuras de comportamento hidrológico crítico relacionados às vazões de enchente e estiagem, para o suporte à criação de um sistema de alerta mais eficiente para a bacia.

Assim, a presente tese está dividida em quatro capítulos, além da Introdução, Justificativa, Problema, Hipótese e Objetivos, conforme a seguir:

O **Capítulo I** refere-se à Localização e Caracterização da Área de Estudo, sendo apresentadas características quanto a geologia, clima, rede hidrográfica, geomorfologia, solos e uso e ocupação.

Já o **Capítulo II**, Referencial Teórico-Metodológico, está subdividido em quatro sub-capítulos, relacionados aos temas da bacia hidrográfica como um sistema natural, ao planejamento e gestão dos recursos hídricos, aos modelos hidrológicos: características, potenciais e limitações e ao modelo de transformação chuva x vazão utilizado nesta tese, o IPH II.

O **Capítulo III**, Material e métodos, foi subdividido em três etapas, sendo a primeira a realização da inventariação de dados hidrológicos sobre vazões e precipitações, adotando métodos consagrados de manipulação de dados hidrológicos. A segunda etapa consistiu na fase de calibração do modelo hidrológico IPH II, por meio do software WIN\_IPH2, testando-se três diferentes entradas para a precipitação, que são: (a) por pluviômetros da ANA, (b) pelas imagens do campo de precipitação do Hidroestimador e (c) pela associação entre as duas anteriores. A terceira e, última etapa, caracterizou-se pela simulação de cenários para 2030, utilizando-se as estimativas de crescimento populacional, aumento da evapotranspiração e aumento da precipitação média.

Já o **Capítulo IV**, Resultados e discussões, foi subdividido em três sub-capítulos “Inventário de dados hidrológicos a montante de Rio Branco”, “Calibração de modelo chuva-vazão IPH II” e “Cenários de comportamentos associados às mudanças projetadas para 2030”. No primeiro sub-capítulo são apresentados os resultados e a discussão sobre a inventariação de dados hidrológicos de precipitações e vazões, os efeitos de oscilações entre períodos, além da tentativa de correlacionamento a eventos El Niño e La Niña. No segundo sub-capítulo é discutido o processo de calibração do modelo IPH II. Finalmente, o terceiro e último sub-capítulo, apresenta os resultados e as análises sobre as projeções realizadas para o comportamento das vazões máxima e mínima para 2030.

Na sequência, apresentam-se as conclusões, referências bibliográficas e anexos.

## **JUSTIFICATIVA**

---

Localizada na Amazônia ocidental, a bacia do rio Acre, um dos principais afluentes da margem direita do rio Purus, insere-se no contexto latino-americano de planejamento e gestão das águas e recursos hídricos em áreas transfronteiriças entre Brasil, Bolívia e Peru.

Adentram ao estado do Acre águas oriundas da Bolívia, mas principalmente do Peru, por meio das bacias dos rios Acre, Iaco, Purus, Envira, Tarauacá e Juruá, alimentando as bacias hidrográficas dos rios Juruá e Purus, importantes afluentes da margem direita do rio Amazonas, sendo a bacia do Purus, por meio dos rios Purus e Acre, a rota navegável entre Rio Branco/AC e Manaus/AM.

Desde seu reconhecimento, onde o explorador inglês Chandless (1866), em um de seus artigos sobre o rio Acre (*Notes on the River Aquiry, the Principal Affluent of the River Purus*), publicado pelo *Journal of the Royal Geographical Society of London* (Jornal da Real Sociedade Geográfica de Londres), relatava a observação nítida das marcas de cheias, além da descrição das vazantes e surgimento de áreas de plantio utilizadas por ribeirinhos e índios, associadas aos baixos níveis do rio.

As variações anuais das vazões no rio Acre destacadas por Chandless (1866) estão associadas à própria dinâmica natural do sistema climático reinante na bacia, com dois períodos distintos relacionados à distribuição espaço-temporal e altura de lâminas precipitadas, bem como das condições geológicas e pedo-geomorfológicas da bacia do Acre, refletindo variações sazonais no comportamento hidrológico de suas vazões anuais.

Em contrapartida, novas ações vêm intensificando as variações naturais das vazões, como o crescente aumento das áreas desmatadas na bacia, prejudicando a recarga dos

aquíferos e proporcionando maior escoamento superficial, afetando principalmente as magnitudes das cheias e a redução da disponibilidade hídrica em períodos de estiagem.

Associado a este quadro, registra-se o aumento populacional das cidades lindeiras ao rio Acre, bem como das atividades do setor agropecuário e industrial, refletindo no aumento na demanda pelo consumo de água em quantidade e qualidade, além de projeções de alteração no regime de chuvas na bacia realizadas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

Deste modo, a compreensão da dinâmica hídrica do rio Acre é essencial para o planejamento e gestão da água e dos recursos hídricos, em ações de revitalização de nascentes e áreas de preservação permanente, recuperação de áreas degradadas, disseminação de técnicas de manejo do solo e água em áreas agrícolas, uso racional, abastecimento humano, dentre outros.

Devido à particularidade da bacia do rio Acre ser transfronteiriça, o planejamento e a gestão da bacia devem se pautar na busca por ações conjuntas entre os governos do Brasil, Bolívia e Peru, em suas diferentes esferas de poder, subsidiando os gestores públicos, e o pleno diagnóstico sobre a dinâmica do comportamento hidrológico anual e interanual, para que fortaleçam-se as tomadas de decisões sobre o planejamento e gestão do território e dos recursos hídricos.

Entretanto, o monitoramento contínuo, *in loco*, de parâmetros do ciclo hidrológico na bacia e na região Amazônica, infelizmente ainda caracteriza-se como insuficiente, devido às diversidades de ambientes, grandes distâncias, locais com extremas dificuldades de acesso, dentre outros fatores. Por este motivo, há uma baixa densidade de rede de monitoramento hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA), quando comparadas às demais regiões brasileiras.

Neste sentido, técnicas baseadas no imageamento por satélite, pautadas no processamento e interpretação de imagens, vêm minimizando o déficit de dados sobre o ciclo hidrológico em várias regiões do globo. Assim, o uso de dados de campos de precipitação do satélite geoestacionário GOES-12, bem como a possibilidade de utilização gratuita dos diversos produtos gerados pelo programa MODIS, do satélite Terra/Aqua, ambos pertencentes à Agência Espacial Norte-Americana (NASA), vêm modificando o quadro de conhecimento acerca dos processos hidrológicos na Amazônia brasileira.

Desta maneira, quando associados os dados de campo e dados estimados por sensores orbitais a modelos hidrológicos de conversão chuva-vazão, há a concreta possibilidade de compreensão e previsão do comportamento da dinâmica de vazões, tornando-

se ferramentas extremamente úteis, devido à potencialidade da geração de estimativas de condições diferentes das observadas, ou seja, da realização de simulações.

Assim, Moreira (2005) relata que “com o desenvolvimento da tecnologia computacional, os modelos hidrológicos têm tido sua utilização amplamente difundida, dado o desenvolvimento, disseminação e popularização das técnicas computacionais”.

Moreira (2005) destaca ainda que

“é possível simular respostas do comportamento das vazões, submetidos a modificações no padrão de precipitação (entrada), ou mesmo aos componentes do sistema, como por exemplo, capacidade de infiltração de água no solo, umidade antecedente, modificação da cobertura vegetal, crescimento urbano dentre outros”.

O processo de modelagem tornar-se-á um dos potenciais caminhos para a consolidação dos objetivos e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, possibilitando análises mais criteriosas quanto aos efeitos na dinâmica hidrológica das vazões relacionados a impactos de construções de barragens, modificação do uso do solo, transporte de sedimentos, concessão de outorgas, previsão de cheias e áreas de alagamentos, bem como a estimativa de secas.

Desta maneira, a utilização de procedimentos de modelagem atinge um dos objetivos propostos por Christofolletti (1999) e não “estaciona” apenas no ajuste dos modelos, sendo que, deste modo, o modelo e o procedimento de modelagem tornam-se instrumentos de suporte a sistemas de apoio a decisões, no que tange à construção de um sistema de alerta para a previsão de cheias e secas extremas, vindo a contribuir para o planejamento e gestão dos recursos hídricos na bacia do rio Acre.

## **PROBLEMA**

---

A cidade de Rio Branco/AC, localizada na bacia hidrográfica do rio Acre, é alvo de expressivas variações nas vazões anuais do rio Acre, trazendo transtornos para toda a população urbana do município.

Estes transtornos estão associados na época de chuvas (inverno amazônico, de novembro a abril) à ocorrência de enchentes, afetando vários bairros da capital acreana. Entretanto, entre os meses de março a outubro, na época de estiagem (verão amazônico), constantes problemas relacionados ao desabastecimento público da capital são registrados,

devido principalmente às baixas vazões do rio Acre e ao expressivo percentual de perdas da rede de distribuição.

Aliado a este quadro, o avanço do desmatamento na bacia, somados às projeções de crescimento populacional urbano e mudanças climáticas, inserem a bacia hidrográfica do rio Acre em um contexto de expressiva vulnerabilidade socioambiental.

## **HIPÓTESE**

---

A região Amazônica caracteriza-se por possuir baixa densidade de postos de monitoramento hidrometeorológico, quando comparadas a outras regiões no Brasil. Este quadro repete-se na bacia hidrográfica do rio Acre, localizada na parte Ocidental da Amazônia brasileira.

Entretanto, acredita-se que o monitoramento e a previsão hidrológica para as sub-bacias Amazônicas possam ser realizados, apoiando-se na utilização de recentes tecnologias de monitoramento da precipitação e evapotranspiração por satélite, associados a procedimentos tradicionais de coleta de dados hidrometeorológicos, promovendo melhorias em ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos nesta região.

## **OBJETIVOS**

---

### **Objetivo geral**

Realizar a modelagem do comportamento hidrológico do rio Acre, na seção da estação fluviométrica 13600002 (Rio Branco), gerando subsídios para o planejamento e gestão dos recursos hídricos na bacia, atrelado ao início da construção de um sistema de alerta mais eficiente contra enchentes e vazantes.

### **Objetivos específicos**

Diante do objetivo geral proposto neste trabalho, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- Elaborar o diagnóstico da bacia a montante da estação 13600002, por meio da confecção do inventário de dados hidrológicos sobre vazões e precipitações anuais, no período de 1971 a 2005;

- Calibrar o modelo hidrológico IPH II, por meio do software WIN\_IPH2, para os biênios de 1987/1988 e 2004/2005, caracterizando-se pelos eventos extremos das ocorrências de vazões máxima e mínima absoluta, respectivamente;

- Simular cenários de comportamento hidrológico para 2030, associados à expansão da frente de desmatamento, incremento de precipitação e evapotranspiração, bem como ao crescimento populacional da cidade de Rio Branco/AC.

## **CAPÍTULO I**

### **LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Segundo Morais (2008) até a deflagração da Revolução Acreana,

“não existiam acreanos nos altos rios e sim cearenses, maranhenses, pernambucanos, rio grandenses – ligados ao extrativismo da borracha – e, árabes, portugueses, sírios, libaneses, turcos – ligados ao comércio de mercadorias; todos viviam nos rios Acre, Purus, Xapuri, Iaco, Caeté e tantos outros. Esse povo só passou a ser denominado de acreano após a criação do Território Federal do Acre, em 1904. Antes desta data, os brasileiros do Acre eram identificados pelos rios que habitavam. O acreano (ex-nordestino, ex-cearense, o banido pela seca, o renegado) surgiu na relação com o chão (com o Acre, o rio)”.

Bastos (1927) citado por Morais (2008) relata que os “acreanos” – seringalistas e seringueiros –

“lutaram contra os bolivianos, mas tinham interesses diferenciados, os primeiros lutavam para manter as suas propriedades – os seringais, ameaçados pela presença boliviana e os seringueiros, guiados por Plácido de Castro, que estava a serviço dos seringalistas, sonhavam que a guerra iria quebrar todas as pesadas correntes que os amarravam na grande selva”.

Os seringueiros, para Bastos (1927) citados por Morais (2008) foram enganados pela promessa de que

“seriam donos das terras que ocupavam e foram “incentivados” a se engajarem na luta a partir do perdão de suas dívidas. Estes, ao largarem “a tigelinha, o balde e a machadinha, empunhavam o mosquetão”. Realizavam, assim, três movimentos libertários: livrar o Acre do boliviano; livrar os proprietários dos impostos; livrarem-se a si próprios da opressão dos centros”.

Morais (2008) cita que o Acre “nasceu” por meio dos seringueiros, (re)conhecidos como os “soldados de guerra” ou “soldados da borracha”, bem como do extrativismo do látex na última década do século XIX e início do século XX. O rio Uakiry origem do nome do rio Acre, de acordo com Morais (2008).

“provém do dialeto Apurinã falado pelos índios que habitavam a região do Vale do Purus. Nome este que foi se “corrompendo para Aquiri, Aqri, Akre, Acre que por corruptela de nome chegou a fixar-se, não só particular, como, oficialmente, em Acre”, nome de Estado da federação brasileira (Castelo Branco, 1945 apud Porto-Gonçalves, 1998)”.

A bacia do rio Acre que aparecia nos mapas bolivianos, segundo Moraes (2008)

“como *tierras non descubiertas*, foi um dos mais povoados de maior produção de borracha – cerca de 60% da borracha amazônica exportada na época. O comércio era realizado por 15 vapores e havia 15 mil habitantes em 1899 (Costa, 2005[1924])”.

A bacia hidrográfica do rio Acre localiza-se na Amazônia Sul-Occidental, na tríplice fronteira entre Brasil, Bolívia e Peru (Figura 1), onde encontram-se o estado do Acre, o Departamento Boliviano de Pando e Departamento Peruano de Madre de Dios, estando inserida na bacia do rio Purus (Figura 2), com área aproximada de 35.967,5 km<sup>2</sup>, sendo que 87,5% pertencem ao território brasileiro (87,6% pertencente ao estado do Acre e 12,4% ao estado do Amazonas), restando 7,1% ao Peru e 5,4% à Bolívia, conforme observa-se na Figura 3.



Figura 1. Localização da bacia do rio Acre no contexto político da tríplice fronteira

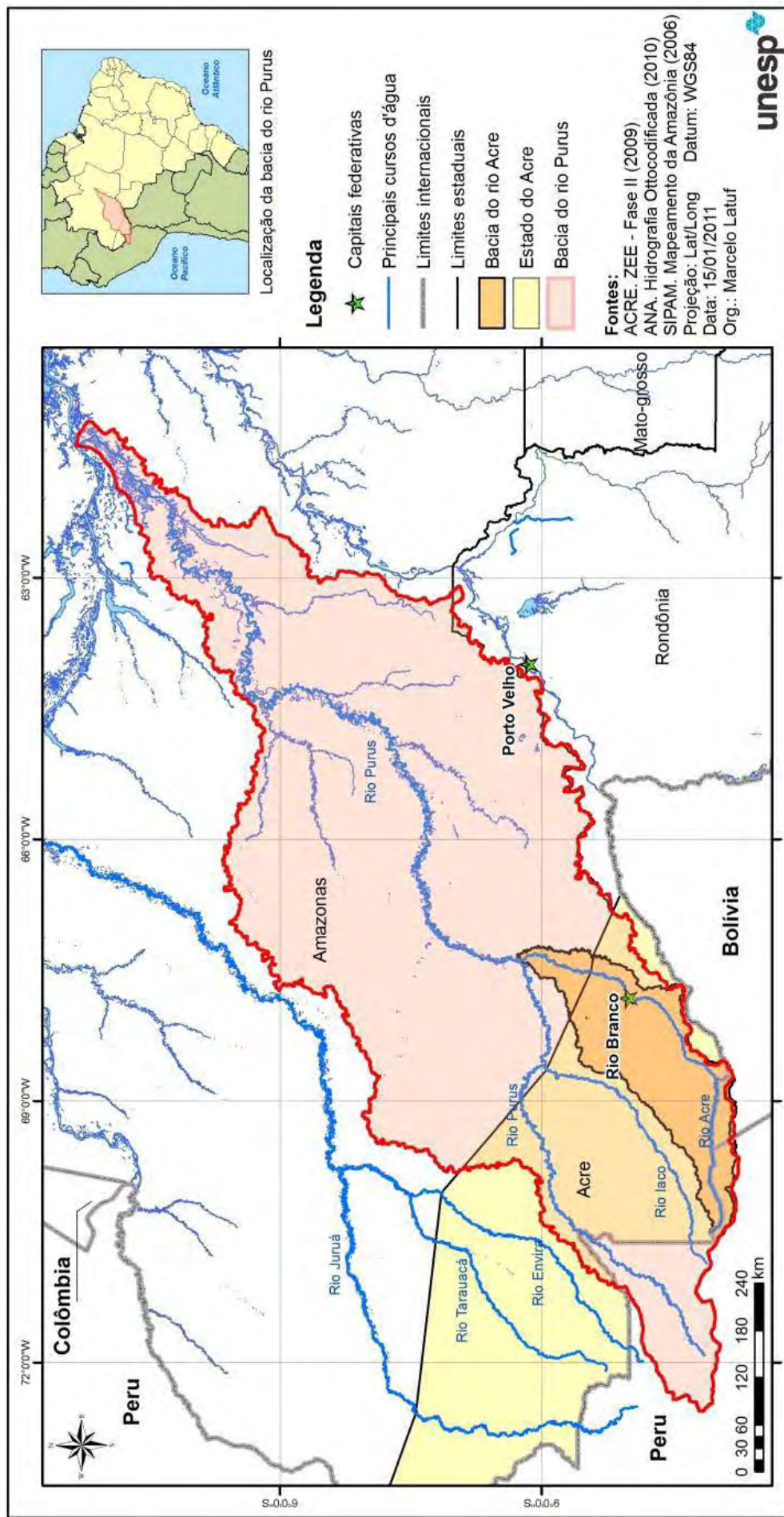


Figura 2. Localização da bacia do rio Acre no contexto da bacia do rio Purus

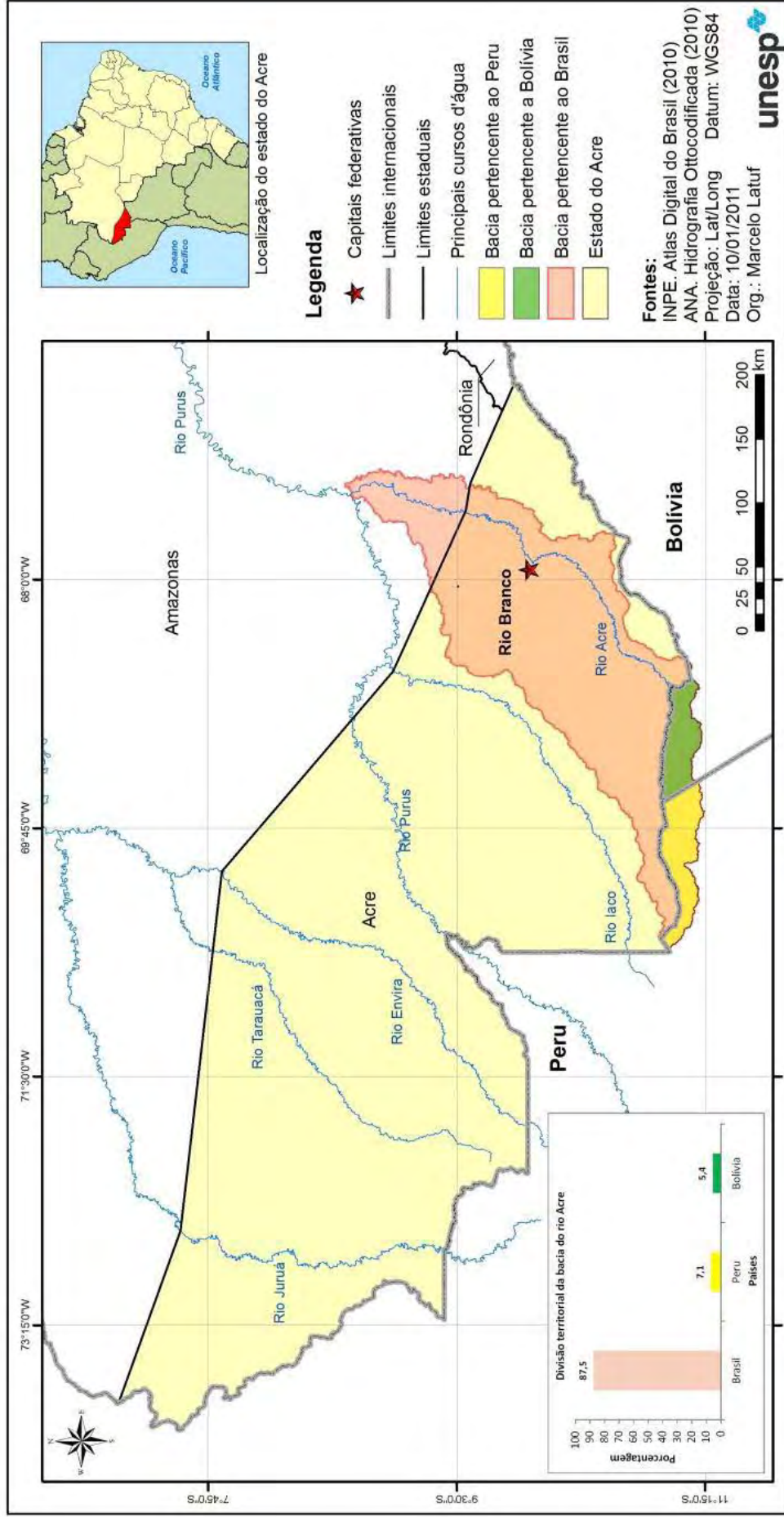


Figura 3. Divisões da bacia do rio Acre no contexto político internacional (Brasil, Bolívia e Peru)

## 1.1. Geologia

No estado do Acre, a unidade geotectônica mais importante é a Bacia do Acre (Figura 4). Compreende unidades, de acordo com Cavalcante (2006)

“essencialmente cenozóicas, entretanto, em sua porção mais a oeste ocorrem remanescentes mesozóicos e até pré-cambrianos. Sua história geológica envolve primeiramente deposição pericratônica e marginal aberta no Paleozóico, resultando em sedimentos continentais intercalados a sedimentos marinhos”.

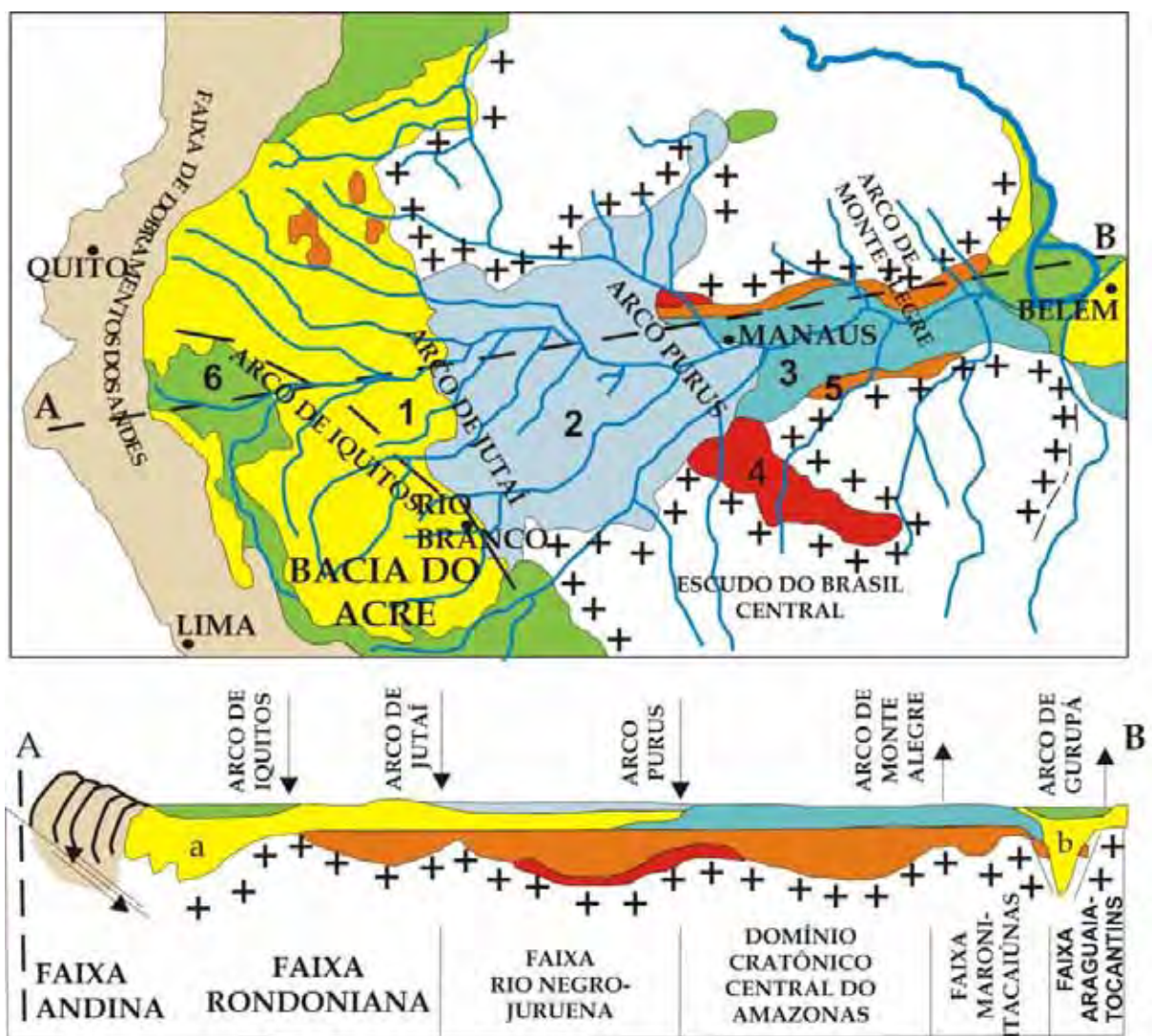


Figura 4. Localização da Bacia do Acre no contexto geotectônico amazônico. a) Formação Solimões. Adaptado de Bezerra (2003) citado por Cavalcante (2006)

A análise de feições sismoestratigráficas, em seções sísmicas realizadas pela Petrobrás das principais estruturas da bacia permite concluir que a sedimentação inicial deu-se por rifteamento intracontinental com possíveis incursões marinhas. Amaral (2007) relata que após o soerguimento do Andes, a deposição se deu em ambiente essencialmente intracontinental, com a presença de lagos e posteriormente, de megaleques aluviais, sendo que durante o Cretáceo houve momentos de incursões e regressões marinhas sucessivas, resultando na deposição do Grupo Acre.

De acordo com Cavalcante (2006) “o Arco de Iquitos (que separa a Bacia do Acre da Bacia do Solimões) funciona como área fonte de sedimentos nos momentos de sedimentação clástica regressiva (momentos de saída do mar)”.

Após o soerguimento dos Andes, o Arco de Iquitos é rebaixado e a Bacia do Acre torna-se intracontinental, com área-fonte vinda de oeste. Isso acarreta uma inversão no fluxo das drenagens principais, que se preserva até hoje (fluxo dos rios Solimões, Juruá e Purus de oeste para leste), sendo neste momento o início da deposição de sedimentos para a consolidação da Formação Solimões.

Maia et al. (1977) em função de análises de sondagens e perfurações, separa o material da base da então Formação Solimões em uma outra formação, a Ramon (constituída por material arenoso de ambiente oxidante). Porém, não foram encontrados registros no banco de dados do SIPAM/IBGE (2004) sobre a mesma.

De acordo com IBGE (1999) em seguida são alternados momentos de quietude (em que se dá instalação dos perfis lateríticos – coberturas detrito-lateríticas) com outros de movimentação tectônica. Essa nova tectônica gera reativações de antigas falhas, soerguendo e rebaixando blocos e sendo a responsável pela deposição do material holocênico, além de controlar a distribuição do relevo e da drenagem atuais.

Na Tabela 1 estão listadas as unidades mapeadas na escala de 1:250.000, que compreendem as feições estratigráficas da bacia do rio Acre (IBGE, 1999 citado por ACRE, 2006).

Já na Tabela 2 apresentam-se os resultados das ocorrências das unidades litoestratigráficas para a bacia do rio Acre, bem como observam-se as classes mapeadas na Figura 5. Ressalta-se que, infelizmente, estes resultados não estendem-se aos territórios da bacia, na Bolívia e no Peru.

Tabela 1. Feições estratigráficas das unidades aflorantes na bacia hidrográfica do rio Acre

Era	Período	Época	Formação	Características litológicas
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	Holoceno	Aluviões holocênicos	Depósitos grosseiros a conglomeráticos, representando residuais de canal, arenosos relativos a barra em pontal e pelíticos relacionados a transbordamentos.
			Terraços holocênicos	Depósitos de planície fluvial, cascalhos lenticulares de fundo de canal, areias de barra em pontal e siltes e argilas de transbordamento.
		Pleistoceno	Terraços Pleistocênicos	Terraços fluviais antigos. Argilas, silte e areias, localmente com intercalações lenticulares de argilitos e conglomerados.
			Coberturas detrítico-lateríticas	Material argilo-arenoso amarelado, caolinítico, alóctone e autóctone.
	TERCIÁRIO	Plioceno Mioceno	Formação Solimões	Sedimentos pelíticos fossilíferos (argilitos com intercalações de siltitos, arenitos, calcários e material carbonoso), de origem fluvial e flúvio-lacustre, com estratificações plano-paralelas e cruzadas tabulares e acanaladas.

Fonte: IBGE (1999)

Tabela 2. Unidades litoestratigráficas encontradas na bacia do rio Acre, apenas em território brasileiro

Unidades geológicas	Área (km <sup>2</sup> )	Ocupação (%)
Aluviões holocênicos	2.268,3	7,2
Formação Solimões	24.968,8	79,3
Terraços holocênicos	1.974,0	6,3
Terraços pleistocênicos	621,51	2,0
Cobertura detríticos-laterítica	1.638,9	5,2

Fonte: SIPAM/IBGE (2004)

Observa-se que aproximadamente 79% da bacia pertencem a uma única unidade litoestratigráfica, a Formação Solimões, sendo as primeiras referências ao estudo desta formação representados por trabalhos de Hartt (1870), Orton (1876) e Brown (1879).

De acordo com dados de Acre (2006) a Formação Solimões é a mais extensa das unidades litoestratigráficas do Acre, estendendo-se além-fronteira para os territórios Peruano e Boliviano. Encontram-se, em algumas partes no lado leste, encoberta pelas coberturas detrítico-lateríticas pleistocênicas, expondo-se nas áreas próximas aos vales.

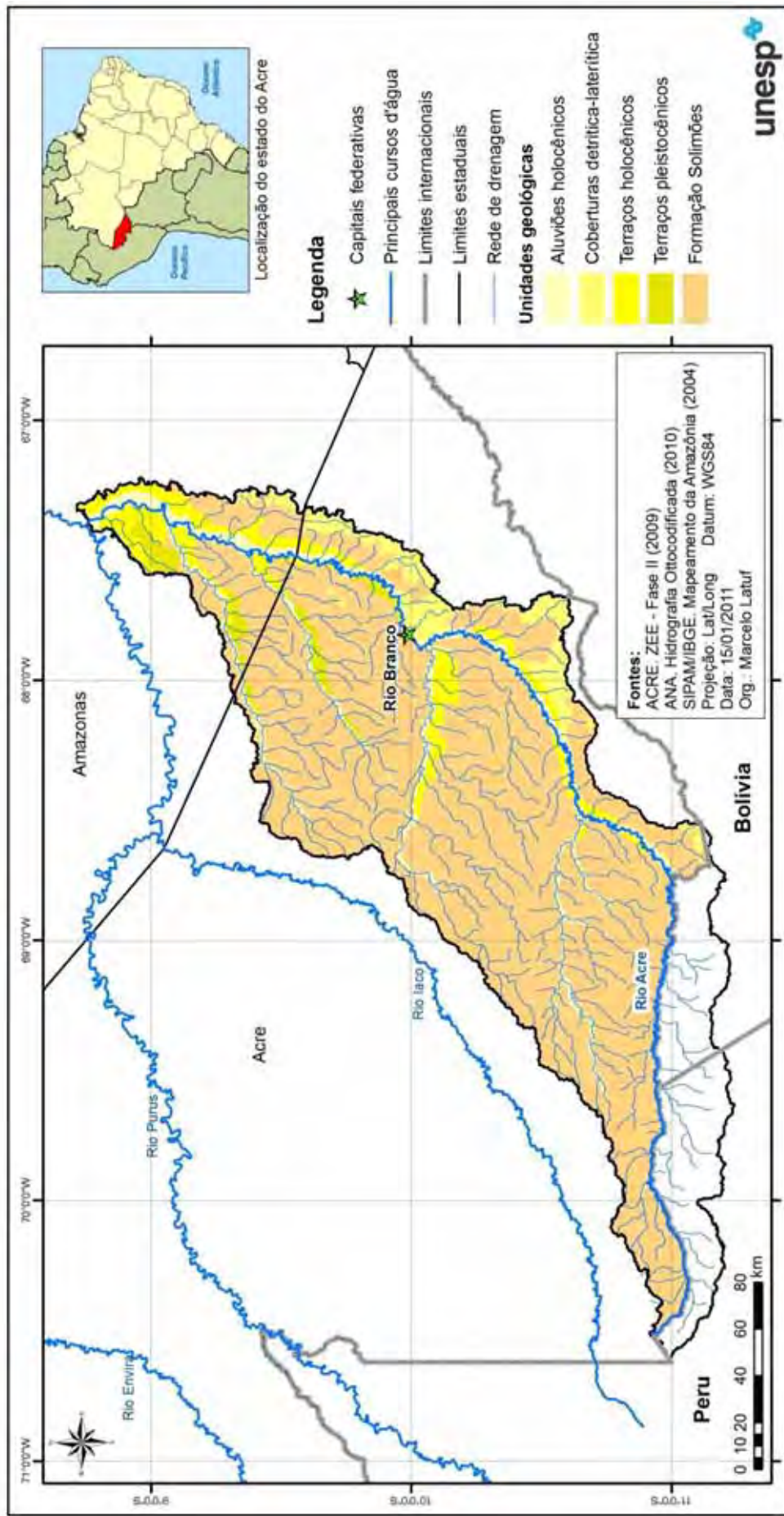


Figura 5. Unidades litoestratigráficas na bacia do rio Acre

A seqüência litológica constitui-se de argilitos silticos cinza a esverdeados; siltitos argilosos, localmente com concreções e lentes calcárias, concreções gipsíferas e limoníticas, e níveis ou lentes com matéria vegetal carbonizada (turfa e linhito) em geral fossilíferos. Intercalados ou sobrepostos aos pelitos ocorrem arenitos finos a grosseiros. Em determinadas áreas, predominam sobre os pelitos, permitindo sua individualização. Esses litotipos dispõem-se em seqüências cíclicas, típicas de ambiente continental fluvial e flúvio-lacustre, com fácies de leque aluvial (ACRE, 2006).

Maia et al. (1977), com base em seu conteúdo fossilífero, estabeleceram o intervalo de idade Mioceno-Plioceno. Latrubesse et al. (1994) admitiram para Formação Solimões um único ciclo deposicional contínuo, por meio de leques gigantes, durante o Mioceno Superior e o Plioceno (idade correlacionada à da fauna abundante e variada de mamíferos) (ACRE, 2006).

Segundo dados de Amaral (2007), a Formação Solimões teve como início a formação do Lago Amazonas, hipótese defendida por Frailey et al. (1998) “onde reforça a teoria, segundo a qual as condições geológicas, pedológicas e biológicas só podem ser bem entendidas a partir de um modelo de evolução da paisagem” (Figura 6).

Este modelo tenta responder o porquê da Formação Solimões ser expressivamente extensa na parte Ocidental da Amazônia. Amaral (2007) descreve a seguinte evolução da paisagem no estado do Acre:

- A. Fase I: Sedimentação da borda continental (Sanozama);
- B. Fase II: Compressão preliminar (transgressões marinhas);
- C. Fase III: Formação de Ilha em Arco (inversão do sentido geral da drenagem, com ocorrências de grandes lagos secundários e a formação do lago Amazonas);
- D. Fase IV: Clímax orogênico (Cordilheira dos Andes e Formação Solimões, paisagem atual).

Ainda segundo Amaral (2007)

“as evidências atuais da presença de gipsita ( $\text{CaSO}_4$ ) e concreções carbonáticas ( $\text{CaCO}_3$ ) nos solos (KRONBERG et al., 1989; AMARAL, et al., 2002), fósseis de grandes répteis (CUNHA, 1963; RANZI, 2000) e pequena profundidade do solum (AMARAL et al., 2000), confirmam a presença de um ambiente oriundo do esvaziamento de grandes lagos, que recebiam os sais solúveis trazidos pelos rios (BRASIL, 1976)”.

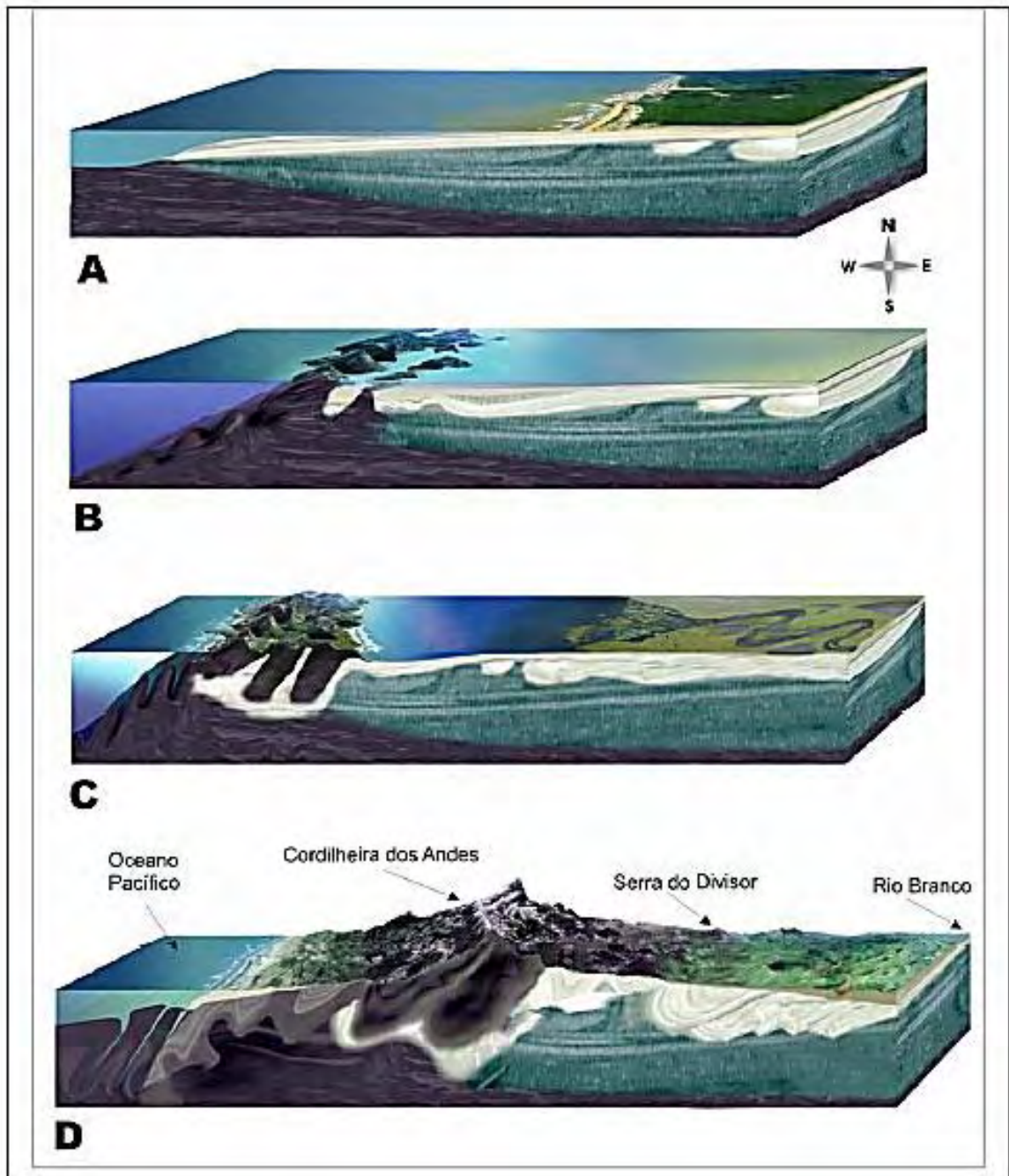


Figura 6. Hipótese de evolução da paisagem proposta por Amaral (2007) para o estado do Acre

Registros fora da bacia hidrográfica do rio Acre apontam que são conhecidas três variedades de gipsita: (a) a selenita, (b) a gipsita fibrosa (a mais freqüente e economicamente importante) e (c) o alabastro. A gipsita do Acre é do tipo selenita e ocorre predominantemente nos rios Purus, Chandless e Iaco, nas imediações de Sena Madureira/AC e Manoel Urbano/AC, além de ocorrências menores nas proximidades de Marechal Thaumaturgo/AC.

Nas descrições são destacadas pequenas espessuras de suas exposições e inibidas iniciativas exploratórias, entretanto, cabe ser ressaltado aqui os múltiplos usos desse mineral: a gipsita é consumida sob as formas bruta e beneficiada (ACRE, 2006).

Sob a forma bruta é utilizada pelos setores cimenteiro e agrícola. Sob a forma beneficiada, denominada gesso, é utilizada predominantemente pela indústria da construção civil na forma de pré-moldados, em revestimento de paredes e como elemento de decoração arquitetônica e, subordinadamente, pelos setores ceramista, odontológico, médico e de adereços (joalheria).

## 1.2. Clima

Com relação ao clima reinante na bacia, Guerra (1955) e Acre (2000) caracterizam-no segundo o sistema de classificação de Köppen, como sendo do tipo Am, ou seja, quente e úmido, possuindo uma curta estação seca e altos índices pluviométricos.

De acordo com o Atlas Geográfico e Ambiental do estado do Acre, citado por Carmo (2006), a precipitação anual em Rio Branco (único posto climatológico na região) varia entre 2.000 a 2.100 mm ano<sup>-1</sup>.

Em relação à bacia do rio Acre, apoiado em isoietas traçadas por meio das Normais Climatológicas para o Brasil (1961 a 1990), acessadas pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br) ou pelo SigWeb do Ministério do Meio Ambiente no endereço <http://mapas.mma.gov.br/>, a precipitação na bacia caracteriza-se pela média anual de 1.942,2 mm, atingindo valores superiores a 2.700 mm ano<sup>-1</sup> em regiões de cabeceiras, conforme pode ser visualizado na Figura 7.

Carmo (2006) cita que o clima da bacia do rio Acre é regido pela Massa Equatorial Continental (mEc), “a qual origina-se na Amazônia Ocidental, apresentando altas temperaturas e altos níveis de umidade”, aliado à ocorrência do fenômeno conhecido por Friagem, que é responsável por bruscas quedas de temperatura, advindo do terceiro ramo da Massa Polar Atlântica (mPa), amenizando as altas temperaturas do verão Amazônico na região.

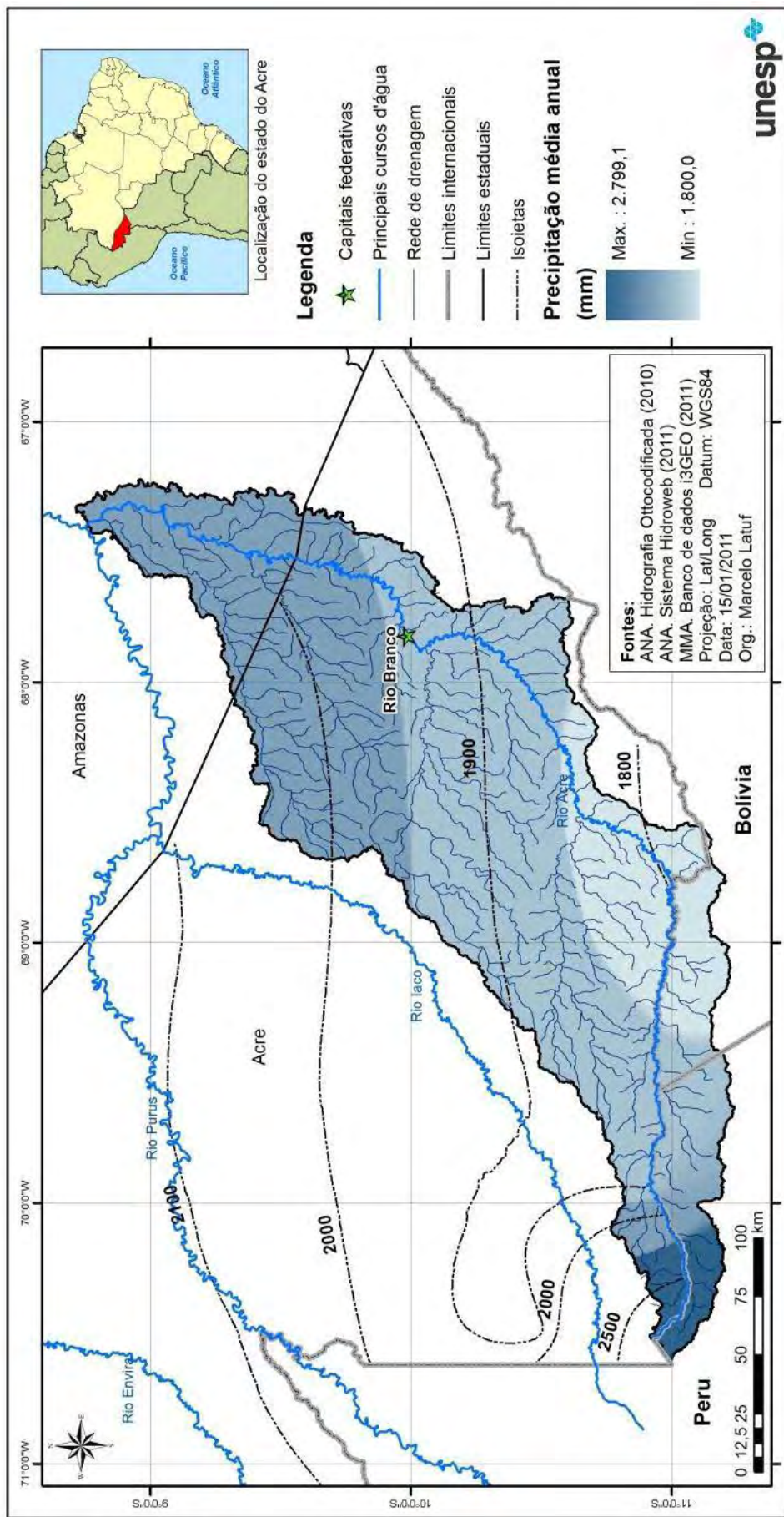


Figura 7. Precipitação média na bacia do rio Acre, de acordo com dados das Normais Climatológicas do INMET (1961 a 1990)

### 1.3. Rede hidrográfica

O rio Acre possui sua nascente em território peruano em cotas de aproximadamente 400 m e corre na direção Oeste-Leste, deixando-o na altura do município de Iñapari, e segue fazendo fronteira com Brasil e Bolívia (ACRE, 2006). Próximo à sua foz, na cidade amazonense de Boca do Acre/AM, o rio Acre adentra-se no Purus com vazão média anual de aproximadamente  $627,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , atingindo no período de vazante (verão amazônico) média de  $71,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e no período chuvoso (inverno amazônico) média de  $1.995,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

Seus principais afluentes, em território acreano estão localizados em sua margem direita, o rio Xapuri, com área física estimada em  $5.948 \text{ km}^2$  e o Riozinho do Rôla, com área física estimada de  $7.606 \text{ km}^2$ , que apresenta-se como o maior e mais importante afluente da bacia hidrográfica do rio Acre (ACRE, 2006).

A rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Acre é caracterizada por rios notadamente sinuosos e volumosos, com padrão de drenagem dendrítico, escoando suas águas no sentido sudoeste a nordeste e possui estreitas planícies fluviais de deposição de sedimentos retirados pela morfodinâmica de seu leito (ACRE, 2006).

A descarga do rio Acre medida em Rio Branco/AC, principal cidade na bacia, alcança média  $1.453,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  em épocas de índices pluviométricos elevados (inverno amazônico) e  $39,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  em épocas de pouca precipitação (verão amazônico), tendo uma descarga média anual de  $354,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

De acordo com dados da estação fluviométrica da Agência Nacional de Águas (ANA), de código 13600002 (Rio Branco), localizada na capital acreana, ao longo dos últimos 32 (trinta e dois) anos de registros diários consistidos do rio Acre, o mesmo já atingiu, em 2005, sua cota mínima 1,64 m, época da maior seca registrada na Amazônia, enquanto a sua cota máxima chegou a medir 17,11 m em 1988.

O regime hídrico desta bacia se alterna em períodos de cheias e de vazantes, originando, assim, o ciclo que regula e mantém a vida vegetal e animal e, conseqüentemente, as oportunidades de subsistência tanto por meio da caça, como da pesca. Após a vazante dos rios, o solo fica mais fértil e a bacia se torna mais abundante em alimentos silvestres e também agrícolas, enquanto que, nas cheias, há uma relativa escassez de alimentos e uma dispersão da fauna aquática (ACRE, 2006).

Quanto aos instrumentos de gestão dos recursos hídricos, o estado do Acre está recém estruturando-se para implantar sua política de gestão de recursos hídricos e iniciou o processo através da proposição de uma metodologia para elaboração do Plano Estadual de

Recursos Hídricos (PLERH), cuja elaboração foi coordenada pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA), com o apoio da GTZ (Cooperação Técnica Alemã).

Nesta proposta propõe-se a divisão da bacia do rio Acre, no estado do Acre, em seis Unidades de Gestão de Recursos Hídricos – UGRHs (Figura 8): (a) Alto Acre, (b) Baixo Acre, (c) Xapuri, (d) Riozinho do Rôla, (e) Andirá e (f) Antimary, consideradas como recortes espaciais de referência para o estabelecimento dos objetivos estratégicos de gestão de recursos hídricos.

Desta forma, de acordo com Acre (2006) cada UGRH deverá elaborar, futuramente, os Planos de Bacia ou de Desenvolvimento Estratégico, através de uma Agenda 21 da Bacia Hidrográfica, pelos respectivos Comitês de Bacias Hidrográficas, quando implantados, conforme metodologia também adotada na bacia do rio Doce em Minas Gerais.

De modo geral, a topografia da bacia do rio Acre caracteriza-se por apresentar valores de elevação, próximo às cabeceiras, de 400 m de altitude, chegando a aproximadamente 107 m próximo à foz, conforme observa-se na Figura 9.

A declividade média na bacia do rio Acre é de 3,9%, com desvio padrão de 3%, caracterizando-se por ser uma região classificada segundo Embrapa (2006) como plana a suavemente ondulada, porém setores a montante da bacia possuem declividades acima de 20%, chegando até 46%, conforme observa-se por meio da Figura 10.

Na Tabela 3 são apresentados alguns dos parâmetros morfométricos associados à bacia do rio Acre, bem como a bacia a montante da estação 13600002, localizada na cidade de Rio Branco.

Tabela 3. Características morfométricas da bacia do rio Acre e da bacia a montante da seção fluviométrica Rio Branco

<b>Características morfométricas</b>	<b>Bacia do rio Acre</b>	<b>Bacia a montante da estação Rio Branco</b>
Área (km <sup>2</sup> )	35.967,5	23.651,2
Perímetro (km)	1.577,7	1.136,9
Densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> )	0,71	0,70
Índice de compacidade (adimensional)	2,33	2,07
Comprimento do rio principal (km)	934,7	669,1
Altitude média (m)	225,9	251,7
Declividade média (%)	3,91	4,06

\* Dentro do território acreano foi utilizado o mapeamento da hidrografia na escala de 1:100.000, tendo sido utilizados, tanto no Peru, como na Bolívia e Amazonas, o mapeamento da ANA ao milionésimo.

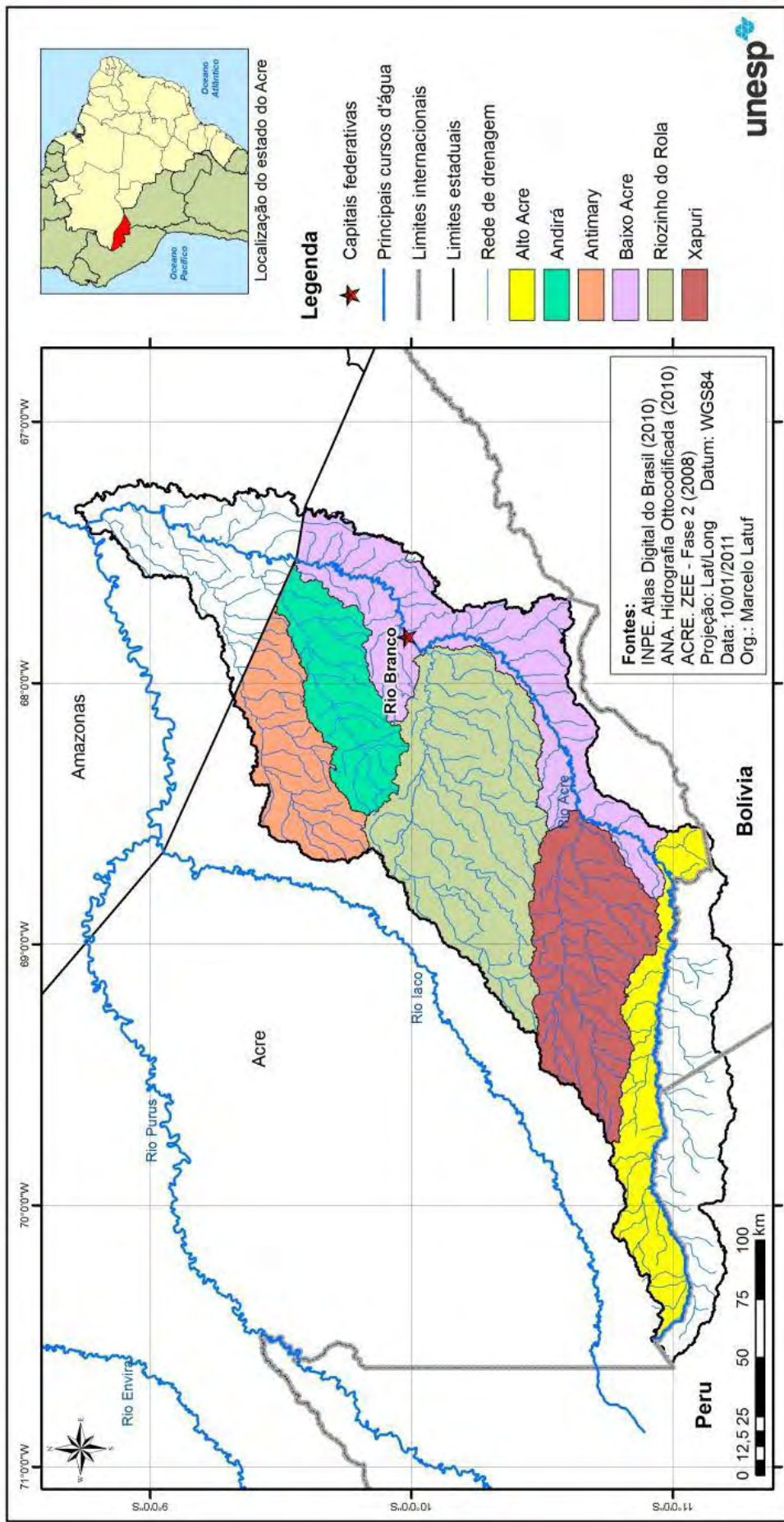


Figura 8. UGRHs definidas pelo PLERH para a bacia do rio Acre, no estado do Acre

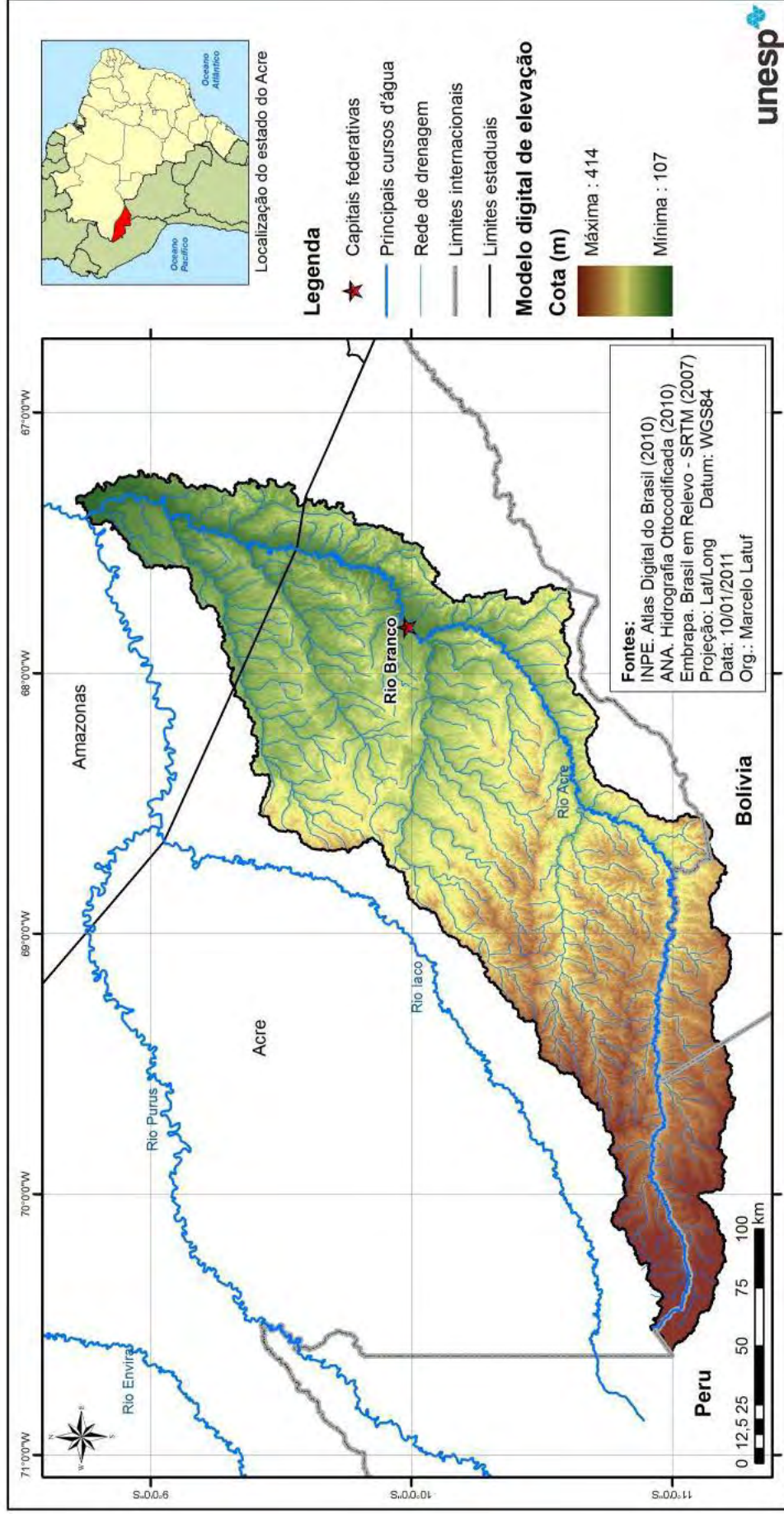


Figura 9. Modelo digital de elevação hidrológicamente consistente (MDEHC) da bacia do rio Acre

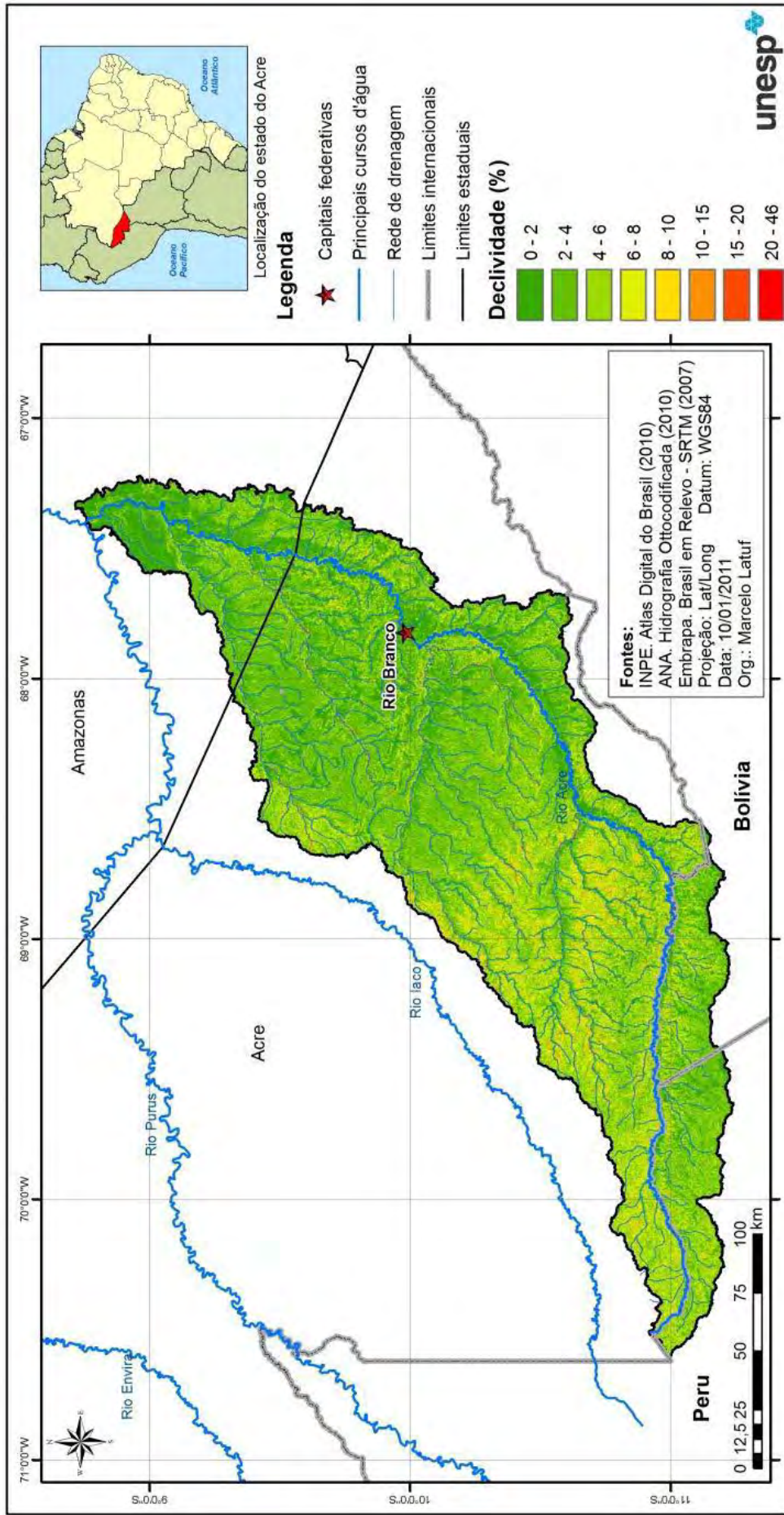


Figura 10. Mapa de declividades da bacia do rio Acre extraído do MDEHC

## 1.4. Geomorfologia

Influenciada pelo substrato geológico, a constituição da Geomorfologia da bacia do rio Acre segue a mesma tendência de homogeneidade espacial das feições, como observa-se na Figura 11.

Na Tabela 4 encontram-se os dados a respeito das ocorrências de unidades geomorfológicas, para a bacia do rio Acre, exceto para os territórios da Bolívia e Peru.

Observa-se que a unidade geomorfológica predominante caracteriza-se pela Depressão Rio Branco, com 11.899,4 km<sup>2</sup>; tendo a classe de solo Argissolo a maior ocorrência, com 72,6%.

Tabela 4. Unidades geomorfológicas encontradas na bacia do rio Acre, apenas em território brasileiro

<b>Unidades geológicas</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Ocupação (%)</b>
Planície aluvial	4.356,2	13,8
Depressão Rio Branco	11.899,4	41,0
Depressão Juruá-Iaco	2.163,3	6,9
Depressão Iaco-Acre	10.182,5	32,4
Depressão Endimari-Abunã	1.870,1	5,9

Fonte: Adaptado de SIPAM/IBGE (2004)

Assim, conforme levantamento de SIPAM/IBGE (2004) e Acre (2006) faz-se, neste momento, uma breve descrição de cada unidade geomorfológica, associando as ocorrências de solos nas mesmas.

### 1.4.1. Planície aluvial

O processo de formação da planície aluvial se dá por colmatagem de sedimentos em suspensão e construção de planícies e terraços orientada por ajustes tectônicos e acelerada por evolução de meandros. Os padrões de drenagem nela presentes são o meândrico e o anastomosado, indicando ajuste hidrodinâmico em áreas rebaixadas (ACRE, 2006).

É caracterizada por vários níveis de terraços e as várzeas recentes, contêm diques e paleocanais, lagos de meandro e de barramento, bacias de decantação, furos, canais anastomosados e trechos de talwegues retelinizados por fatores estruturais. O contato desta unidade com as demais é em geral gradual, mas com ressaltos nítidos nos contatos das planícies com as formas de dissecação mais intensas das unidades vizinhas.

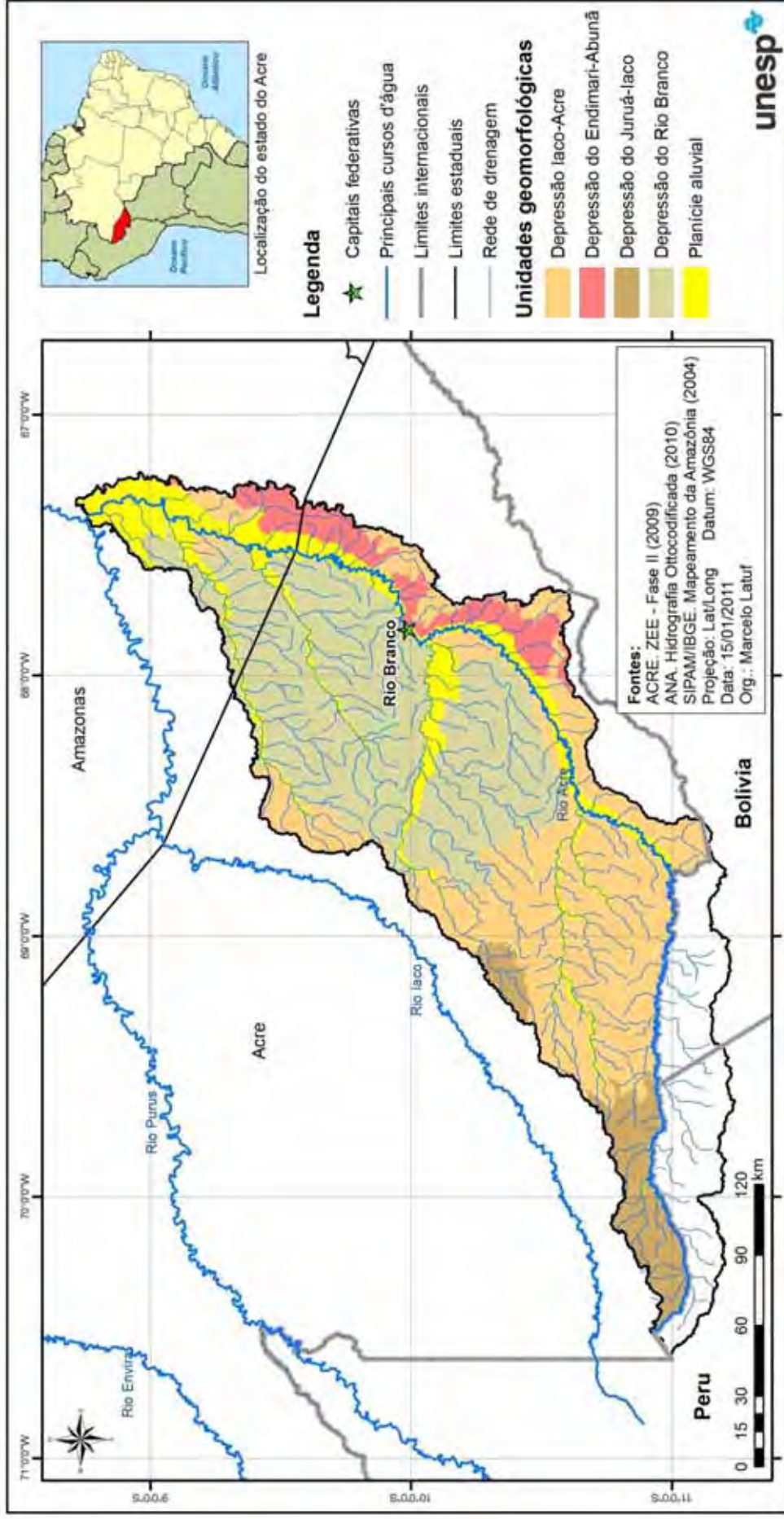


Figura 11. Unidades geomorfológicas na bacia do rio Acre. Adaptado de SIPAM/IBGE (2004)

Sua composição varia de argilas, siltes e areias muito finas a grosseiras, estratificadas, localmente intercaladas por concreções ferruginosas e concentrações orgânicas, resultando em Neossolos flúvicos, Luvisolos hipocrômicos, Gleissolos melânicos, Argissolos vermelho-amarelo e amarelo e Plintossolos háplicos (SIPAM/IBGE, 2004).

Apresenta-se, na área em questão, em quatro categorias distintas e dentro delas, há ainda uma compartimentação em função do grau de, são elas:

**Af:** acumulação em terraço fluvial: São acumulações de forma plana, apresentando ruptura de declive em relação ao leito do rio e às várzeas recentes situadas em nível inferior, entalhadas devido à variação do nível de base. Ocorrem nos vales contendo aluviões finos a grosseiros, pleistocênicos e holocênicos.

**Aptf:** acumulação em planícies e terraços fluviais: São áreas planas resultantes de diferentes acumulações fluviais, periódica ou permanentemente inundadas, comportando meandros abandonados e diques fluviais com diferentes orientações, ligadas com ou sem ruptura de declive a patamar mais elevado. Ocorrem nos vales com preenchimento aluvial contendo material fino a grosseiro, pleistocênicos e holocênicos.

**Af:** acumulação em planície fluvial: Áreas planas resultantes de acumulação fluvial sujeitas a inundações periódicas, incluindo as várzeas atuais, podendo conter lagos de meandros, furos e diques aluviais paralelos ao leito atual do rio. Ocorrem nos vales com preenchimento aluvial.

**Aptfl:** área plana resultante de processos de acumulação fluvial/lacustre: Podendo comportar canais anastomosados ou diques marginais, com ou sem ruptura de declive em relação à bacia do lago e às planícies flúvio-lacustres situadas em nível inferior. Ocorre em setores sob o efeito de processos de acumulação fluvial e lacustre, sujeitos ou não a inundações periódicas, com barramentos formando lagos e lagoas, e nos vales contendo bacias lacustres.

#### 1.4.2. Depressão do Endimari-Abunã

De acordo com SIPAM/IBGE (2004), esta unidade apresenta altitudes variando entre 160 e 240 m nivelada por pediplanação pós-terciária, posteriormente dissecada pela drenagem atual. Trata-se de superfície suavemente dissecada, com topos tabulares e algumas áreas planas.

Esta unidade caracteriza-se por formas de dissecação, descritas a seguir:

**Dc:** dissecação homogênea convexa: Gera formas de relevo de topos convexos, esculpidas em variadas litologias, às vezes denotando controle estrutural, definidas por vales pouco profundos, vertentes de declividade suave, entalhadas por sulcos e canais de primeira ordem.

**Dt:** dissecação homogênea tabular: Gera formas de relevo de topos tabulares, conformando feições de rampas suavemente inclinadas e lombas esculpidas em coberturas sedimentares inconsolidadas, denotando eventual controle estrutural.

Quanto ao modelado de aplanamento, distingue-se:

**Pri:** pediplano retocado inumado: Trata-se de superfície de aplanamento elaborada durante fases sucessivas de retomada dos processos de erosão, os quais geraram sistemas de planos inclinados, às vezes levemente côncavos. Aparece inumada por coberturas dentríticas e/ou de alteração.

#### 1.4.3. Depressão do Iaco-Acre

Unidade com altitude variando entre 160 e 350 m com padrão de drenagem dendrítico. Admite-se para sua formação um possível truncamento pela pediplanação pós-terciária, podendo ter sofrido tectônica de soerguimento relacionada à reativação do Arco de Iquitos. Posteriormente foi dissecada pela drenagem atual (ACRE, 2006).

Compreende uma superfície muito dissecada e com declives muito expressivos. As áreas de topo aguçado com declives fortes e as de topo convexo com declives medianos refletem a presença de fácies arenosa da Formação Solimões. No segmento mais setentrional, percebe-se uma nítida diferenciação na intensidade da dissecação sem, contudo, definir uma linha de ruptura entre uma unidade e outra (SIPAM/IBGE, 2004).

Os sedimentos da Formação Solimões geraram principalmente Argissolos com caráter plíntico. No segmento mais a noroeste, a fácies arenosa dessa formação deu origem a Plintossolos háplicos e Argissolos vermelho-amarelos. Suas formas de dissecação são a convexa e a tabular, descritas anteriormente (Dc e Dt) e a aguçada, a seguir, conforme dados do IBGE (1999):

**Da:** dissecação homogênea aguçada. Trata-se de um conjunto de formas de relevo de topos estreitos e alongados, esculpidas em sedimentos, denotando controle estrutural, definidas por vales encaixados.

#### 1.4.4. Depressão de Rio Branco

Unidade com padrão de drenagem angular, o que implica um controle estrutural. A tectônica parece ter um papel importante na área, provavelmente uma movimentação tardia no Arco de Iquitos provocou o soerguimento da unidade de relevo, que foi posteriormente dissecada pela drenagem atual (ACRE, 2006).

Caracteriza-se por um relevo muito dissecado, com topos convexos e densidade de drenagem muito alta, apresentam declives medianos na parte centro-norte, diminuindo para sul, onde se torna suave ondulado. O contato com outras unidades se dá de forma gradual. No entanto, com a Depressão do Iaco-Acre observa-se diferença na altitude e na intensidade da dissecção, porém, sem que se perceba a presença de uma linha nítida de ruptura topográfica (SIPAM/IBGE, 2004).

Os sedimentos da Formação Solimões presentes nessa unidade originaram predominantemente Argissolos vermelho-amarelos. As formas de dissecção relacionadas a essa unidade são a convexa e a tabular (descrições apresentadas anteriormente).

#### 1.4.5. Depressão do Juruá-Iaco

De acordo com IBGE (1999) esta unidade apresenta altitude variável entre 150 a 300 m. Trata-se de uma área nivelada por pediplanação pós-terciária e provavelmente afetada por neotectônica tardia. A erosão descaracterizou o aplainamento resultando em modelados de dissecção. Sua principal característica é a de apresentar-se como uma superfície dissecada com elevada densidade de drenagem de primeira ordem e padrão dendrítico.

Apresenta modelados de topos convexos, por vezes aguçados, com declives que variam de medianos a fortes. Seus contatos são graduais, de um modo geral, e por diferença altimétrica, mas sem gerar linha de ruptura marcante com as depressões do Purus - Juruá e do Iaco - Acre. Em termos sedimentológicos há domínio dos sedimentos siltico-argilo-arenosos, com presença de material carbonático da Formação Solimões. Nesses locais imprime caráter carbonático aos solos gerados (ACRE, 2006).

## 1.5. Solos na bacia do rio Acre

Na Tabela 5 encontram-se os dados a respeito das ocorrências das classes de solos, para a bacia do rio Acre, exceto para os territórios da Bolívia e Peru, podendo ser observada sua distribuição espacial na Figura 12.

A classe de solo predominante na bacia hidrográfica do rio Acre é o Argissolo, com a ocorrência em 72,6% da área de estudo, com extensões acima de 22.800 km<sup>2</sup>.

Tabela 5. Classes de solos encontrados na bacia do rio Acre, apenas em território brasileiro

Unidades geológicas	Área (km <sup>2</sup> )	Ocupação (%)
Argissolos	22.847,7	72,6
Gleissolos	2.276,2	7,2
Latosolos	1.242,1	3,9
Luvisolos	2.303,5	7,3
Plintossolos	2.802,0	8,9

Fonte: SIPAM/IBGE (2004)

### 1.5.1. Argissolos

São solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, podendo apresentar horizonte plíntico ou horizonte glei, desde que não satisfaça os requisitos para Plintossolos ou Gleissolos (EMBRAPA, 2006).

De acordo com Amaral et al. (2011) esta classe de solo “encontra-se distribuída em todas regionais do Estado, principalmente no Alto Acre (89%), Juruá (65,9%) e Baixo Acre (60,5%), e, em menor área, nas zonas do Purus (33%) e Tarauacá/Envira (2,7%)”.

Os Argissolos - em algumas regiões - apresentam drenagem interna naturalmente deficiente e baixa ou média fertilidade natural. Por ocorrerem muitas vezes em condições de relevo mais movimentado, são também bastante suscetíveis à erosão. A presença de caráter plíntico em parte destes solos evidencia problemas por deficiência de drenagem. As cores do horizonte Bt variam de acinzentadas a avermelhadas e as do horizonte A são sempre mais escurecidas. A profundidade dos solos é variável, mas em geral são pouco profundos e profundos (IBGE, 2005).

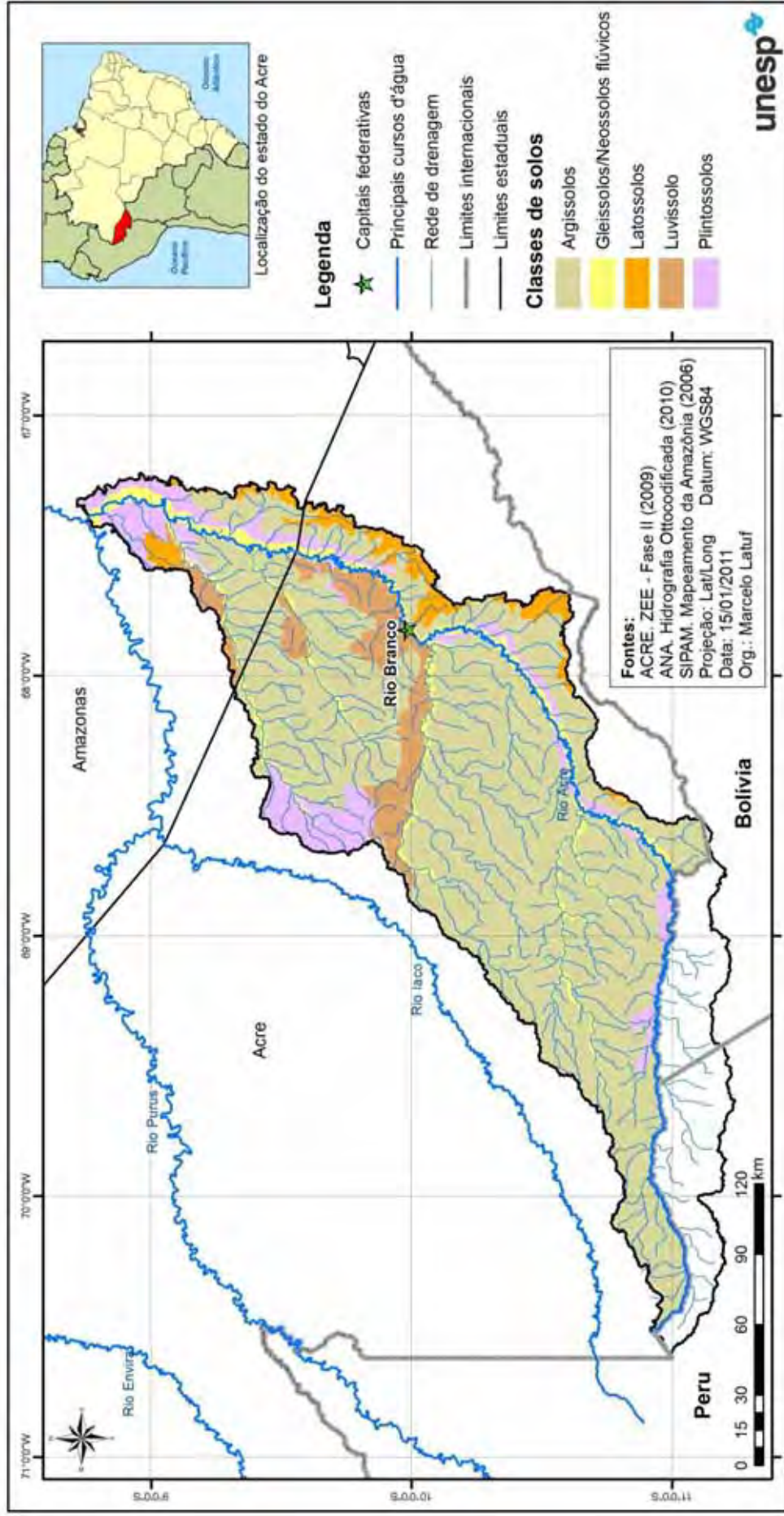


Figura 12. Classes de solos na bacia do rio Acre

Apresenta-se na Figura 13 o perfil modal dos Argissolos encontrados no estado do Acre, de acordo com Acre (2006).

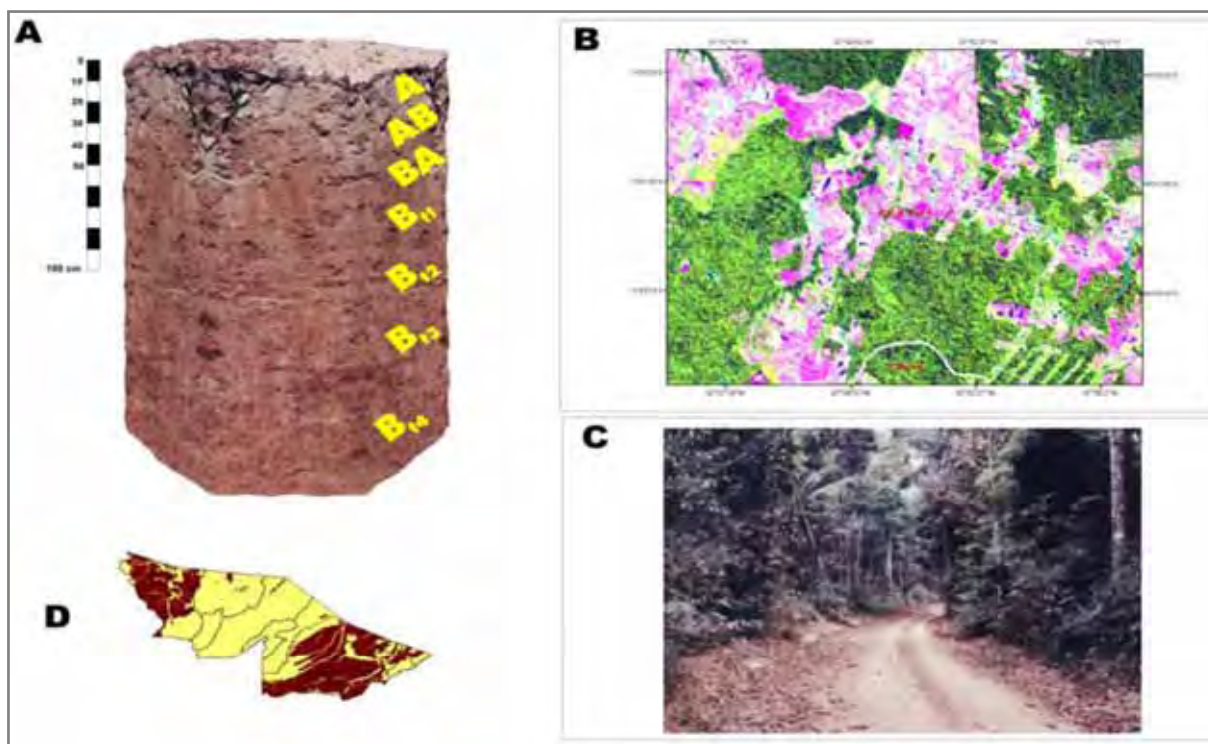


Figura 13. Perfil modal de Argissolos no estado do Acre. (A) Prisma pedológico, em escala e com a indicação dos horizontes. (B) Padrão fisiográfico na imagem de satélite LANDSAT TM 5. (C) Paisagem de ocorrência. (D) Localização no estado do Acre. Fonte: ACRE (2006).

#### 1.5.2. Plintossolos

São solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte plíntico, litoplíntico ou concrecionário, em uma das seguintes condições: começando dentro de 40 cm da superfície; ou começando dentro de 200 cm da superfície quando precedido de horizonte glei ou de horizonte A ou E ou de outro horizonte que apresente cores pálidas, variegadas ou com mosqueados em quantidade abundante. Quando precedidos de horizonte ou camada de coloração pálida (acinzentadas, pálidas ou amarelado claras), podendo ocorrer ou não mosqueados de coloração desde avermelhadas até amareladas (EMBRAPA, 2006).

A plintita, cuja ocorrência em quantidade expressiva caracteriza o horizonte plíntico, submetida a diversos ciclos de umedecimento e secagem e após o rebaixamento do lençol freático, desidrata irreversivelmente tornando-se extremamente dura (AMARAL et al., no prelo).

Ocorrem principalmente na região leste do Estado, no município de Rio Branco/AC, e no extremo oeste. São solos sujeitos a excesso de água (encharcamento) temporário,

apresentando drenagem imperfeitamente ou mal drenado. Isso resulta numa variabilidade morfológica e analítica, o que dificulta sua caracterização. Tendo horizonte plúntico de coloração variegada com cores acinzentadas, alternadas com cores avermelhadas e intermediárias entre elas (AMARAL et al., no prelo).

Os Plintossolos localizados em terraços de sedimentação recente (ambientes conservadores), têm o predomínio de cores mais claras no horizonte plúntico (2,5Y), o valor varia de 6 a 7 e o croma entre 1 e 2. Já em ambientes de menor sedimentação, ou seja, em níveis mais elevados na paisagem, estes solos apresentam cores mais avermelhadas com matizes 5 YR e 2,5 YR, o que indica um ambiente de maior oxidação e menor flutuação do lençol freático (AMARAL et al., no prelo; ACRE, 2006).

Apresenta-se na Figura 14 o perfil modal dos Plintossolos encontrados no estado do Acre, de acordo com Acre (2006).

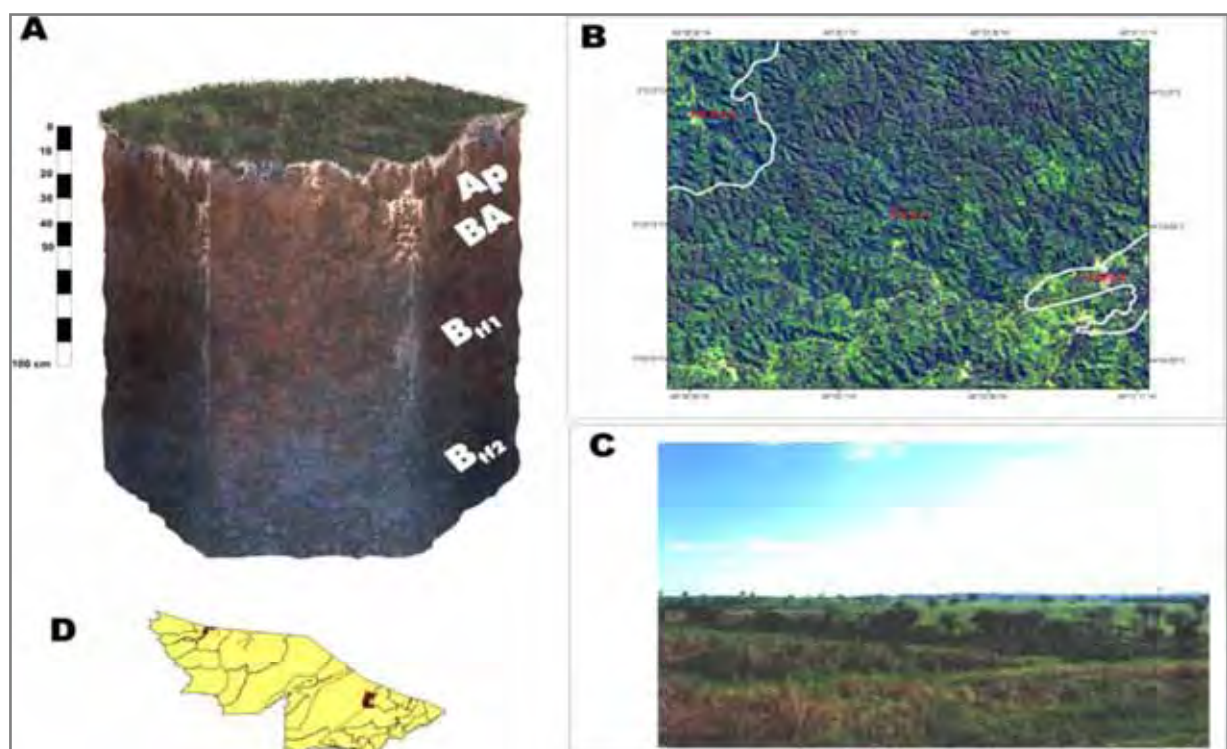


Figura 14. Perfil modal de Plintossolo no Estado do Acre. (A) Prisma pedológico, em escala e com a indicação dos horizontes. (B) Padrão fisiográfico na imagem de satélite LANDSAT TM 5. (C) Paisagem de ocorrência. (D) Localização no Estado do Acre. Fonte: ACRE (2006).

### 1.5.3. Luvisolos

São solos minerais de argila de atividade alta, alta saturação por bases e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A fraco, moderado ou proeminente ou horizonte E, e que satisfazem os seguintes requisitos: (a) horizontes plúntico, glei e plânico, se presentes, não satisfazem os critérios para Plintossolos, Gleissolos e Planossolos, respectivamente; não é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural; (b) horizonte glei, se ocorrer inicia-se após 50 cm de profundidade, não coincidindo com a parte superficial do horizonte B textural (EMBRAPA, 2006).

Os Luvisolos, normalmente associados a solos pouco profundos, ocorrem em áreas de relevo mais movimentado, o que lhes confere certo grau de susceptibilidade à erosão, o que, aliado ao fato de apresentarem drenagem deficiente, restringe seu uso agrícola, apesar da elevada fertilidade natural (AMARAL et al., 2006).

Apresenta-se na Figura 15 o perfil modal dos Luvisolos encontrados no estado do Acre, de acordo com Acre (2006).

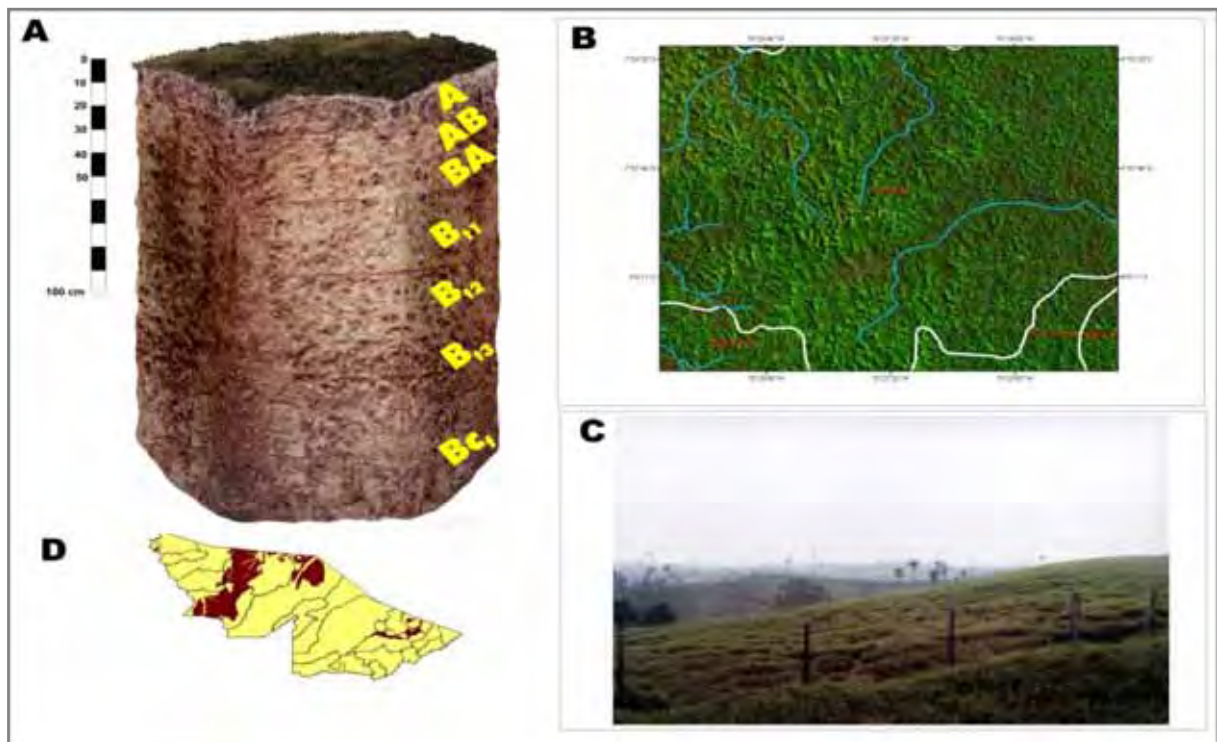


Figura 15. Perfil modal de Luvisolo no Estado do Acre. (A) Prisma pedológico, em escala e com a indicação dos horizontes. (B) Padrão fisiográfico na imagem de satélite LANDSAT TM 5. (C) Paisagem de ocorrência. (D) Localização no Estado do Acre. Fonte: ACRE (2006)

Os Luvisolos no Acre apresentam horizonte B textural ou B nítico, com argila de atividade alta e saturação de bases alta, imediatamente abaixo do horizonte A fraco ou moderado, ou horizonte E.

Os Luvisolos no Acre variam de bem a imperfeitamente drenados, normalmente pouco profundos (60 a 120 cm), com seqüência de horizontes A, Bt e C, e nítida diferenciação entre os horizontes A e Bt, devido ao contraste de textura, cor e/ou estrutura entre os mesmos. A transição do horizonte A para o B textural é clara ou abrupta, sendo que grande parte dos solos desta classe apresenta mudança textural abrupta, conforme definido em EMBRAPA (2006).

São solos moderadamente ácidos a ligeiramente alcalinos, com teores de alumínio extraível baixos ou nulos e com valores elevados de Ki no horizonte Bt, normalmente entre 2,4 e 4,0, denotando presença de argilominerais do tipo 2:1 (AMARAL et al., 2001).

Os valores de pH encontrados por Amaral et al. (2011), variam de 4,5 a 6,6 nos horizontes superficiais e de 4,6 a 7,5 evidenciando o que foi acima comentado com relação à acidez destes solos do Acre. Os teores de  $Al^{3+}$  são muito baixos em superfícies com valor máximo de  $0,6 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  e, em subsuperfície, apresenta teores mais elevados, com valores médios de  $4,3 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ .

#### 1.5.4. Gleissolos

São solos minerais com horizonte glei iniciando-se dentro de 150 cm da superfície, imediatamente abaixo de horizontes A ou E, ou de horizonte hístico com menos de 40 cm de espessura e não apresentando horizonte vértico ou horizonte B textural com mudança textural abrupta acima ou coincidente com horizonte glei, tampouco qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei, ou textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm da superfície do solo ou até um contato lítico. Horizonte plíntico se presente deve estar à profundidade superior a 200 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2006).

São característicos de áreas alagadas ou sujeitas a alagamento temporário (margens de rios, ilhas, grandes planícies, etc.). Apresentam cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, dentro de 50 cm da superfície. Podem ser de alta ou baixa fertilidade natural e têm nas condições de má drenagem a sua maior limitação de uso. Ocorrem em praticamente todas as regiões brasileiras, ocupando principalmente as planícies de inundação de rios e córregos (IBGE, 2005).

No Acre, ocorrem às margens dos principais rios e igarapés que compõe a bacia hidrográfica do Estado, onde estão permanentemente ou periodicamente saturados por água. Caracterizam-se pela forte gleização (cores acinzentadas), em decorrência do regime de umidade que favorece as condições redutoras do solo. Geralmente apresentam argilas de alta atividade e, embora caracterizados por elevados teores de alumínio trocável, não apresentam grandes problemas de fertilidade (AMARAL et al., 2001; AMARAL et al., 2006).

A ocorrência de Gleissolos (Figura 16) em áreas de aluviões pode ser explicada pela grande oscilação das cotas fluviométricas dos rios e igarapés entre o período de chuvas e estiagem (RESENDE e PEREIRA, 1988), o que faz com que grande parte desses solos permaneça em condições de anaerobiose por tempo prolongado. Este processo favorece a gênese de Plintossolos, Neossolos Flúvicos (Figura 16a) e outros.

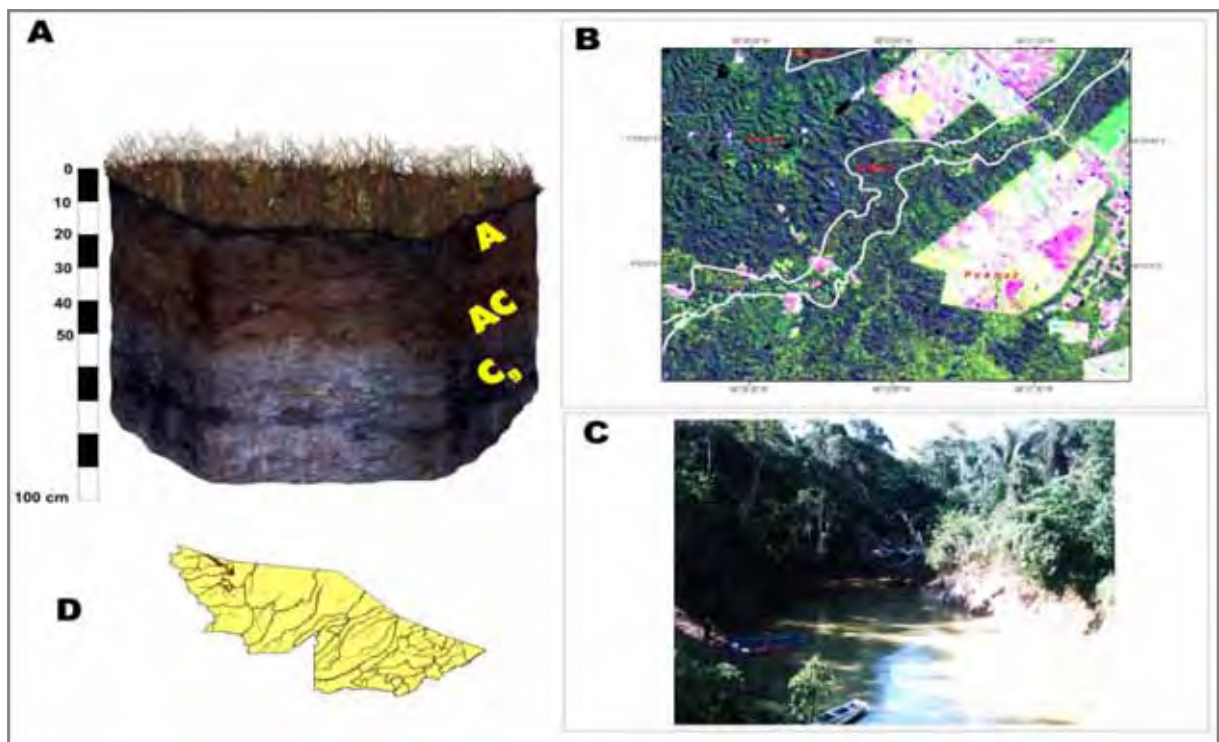


Figura 16. Perfil modal de Gleissolo no Estado do Acre. (A) Prisma pedológico, em escala e com a indicação dos horizontes. (B) Padrão fisiográfico na imagem de satélite LANDSAT TM 5. (C) Paisagem de ocorrência. (D) Localização no Estado do Acre. Fonte: ACRE (2006)

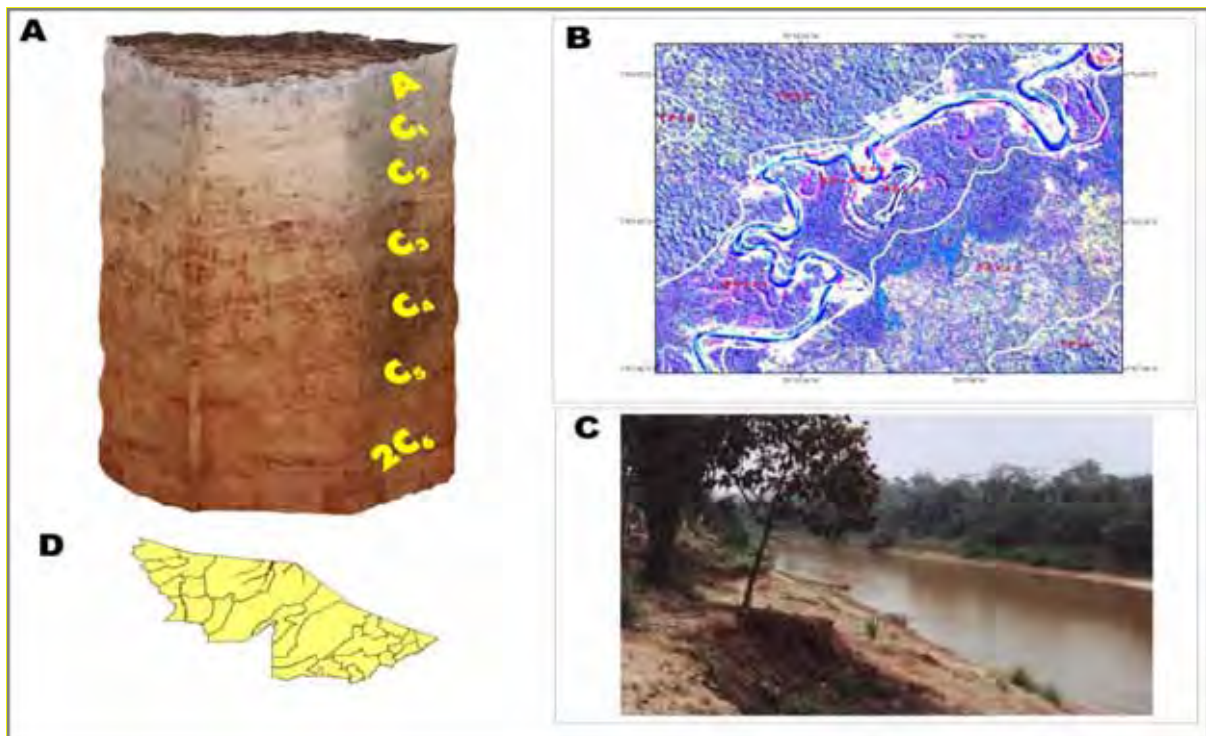


Figura 16a. Perfil modal de Neossolo Flúvico no Estado do Acre. (A) Prisma pedológico, em escala e com a indicação dos horizontes. (B) Padrão fisiográfico na imagem de satélite LANDSAT TM 5. (C) Paisagem de ocorrência. (D) Localização no Estado do Acre. Fonte: ACRE (2006)

#### 1.5.5. Latossolos

Solos minerais não hidromórficos, que apresentam horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura (EMBRAPA, 2006).

Amaral et al. (2011) destacam que

“no Acre são encontrados principalmente na região leste e em algumas áreas do extremo oeste, onde ocorrem em áreas de relevo plano a suave ondulado e correspondendo aos solos mais velhos da paisagem. Apresentam uniformidade de cor e textura ao longo do perfil, sendo em geral pobres quimicamente, profundos e bem drenados, além de possuir acidez elevada e baixos teores de cálcio, magnésio e potássio”.

São profundos, bem drenados com textura argilosa, muito argilosa ou média. Os solos de textura argilosa ou muito argilosa de constituição mais oxidada, possuem densidade do solo baixa ( $0,86$  a  $1,21$   $\text{g/cm}^3$ ) e porosidade total alta a muito alta ( $56$  a  $68\%$ ). Os solos de textura média normalmente possuem densidade aparente pouco maior e porosidade total média (AMARAL et al., no prelo).

Em termos de características químicas, são solos ácidos, com saturação de bases baixa (distróficos) por vezes alíticos. Apresenta-se na Figura 17 o perfil modal dos Latossolos encontrados no estado do Acre, de acordo com Acre (2006).

Como os Latossolos têm uma baixa CTC, têm-se valores mais baixos de matéria orgânica, principalmente em sub-superfície. Os teores de matéria orgânica (MO) são maiores em superfície, como já era de se esperar nos solos tropicais em geral.

As boas condições físicas inerentes dos Latossolos fazem com que esta classe de solos apresente bom potencial agrícola. No entanto, em virtude de suas condições químicas deficientes torna-se necessária a adoção de práticas de calagem e adubação sistemáticas para a obtenção de boas produtividades das culturas.

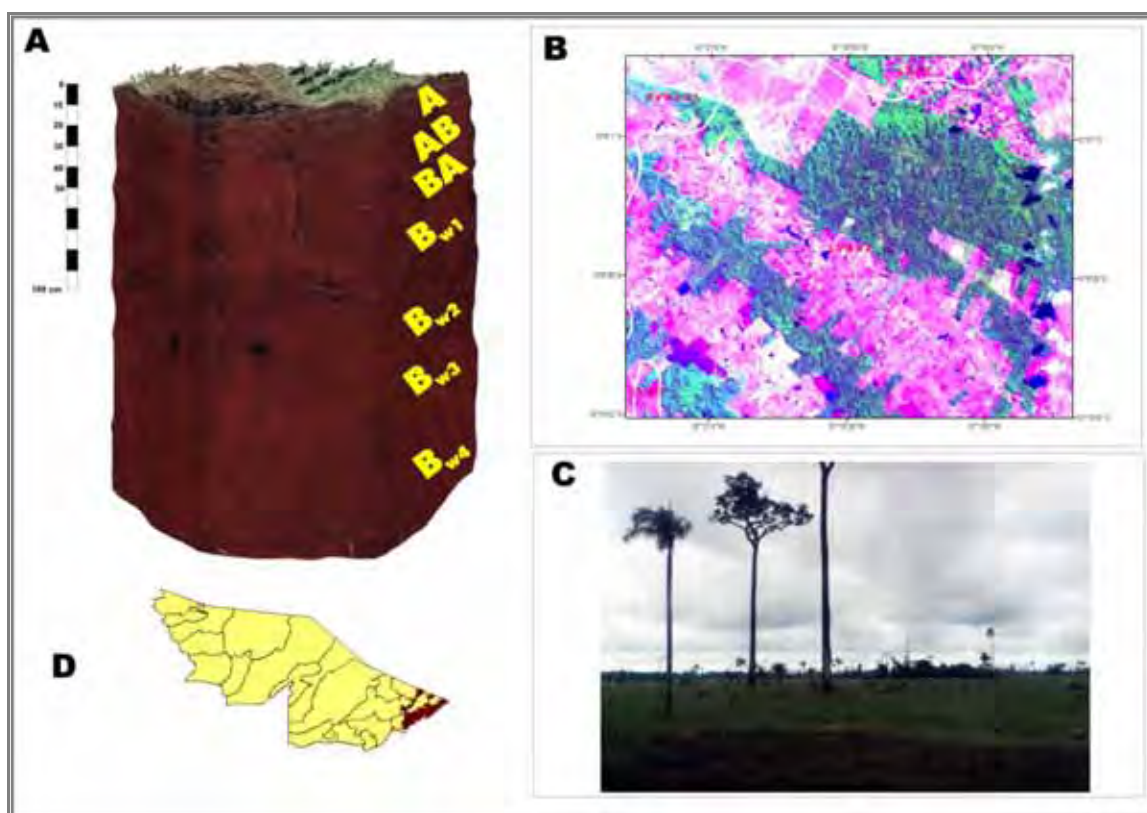


Figura 17. Perfil modal de Latossolo no Estado do Acre. (A) Prisma pedológico, em escala e com a indicação dos horizontes. (B) Padrão fisiográfico na imagem de satélite LANDSAT TM 5. (C) Paisagem de ocorrência. (D) Localização no Estado do Acre. Fonte: ACRE (2006)

## 1.6. Uso e ocupação do solo

Na bacia do rio Acre existem três Terras Indígenas (Figura 18), que ocupam 3,2% da área da bacia, seis Unidades de Conservação (Figura 19), entre as quais a Estação Ecológica do rio Acre, a Floresta Estadual do Antimary, a Reserva Extrativista Chico Mendes e três APAS, ocupando cerca de 30,8% da área da bacia (11.077 km<sup>2</sup>), tendo a Reserva Extrativista Chico Mendes a maior extensão em área na bacia (27%) (ACRE, 2006)

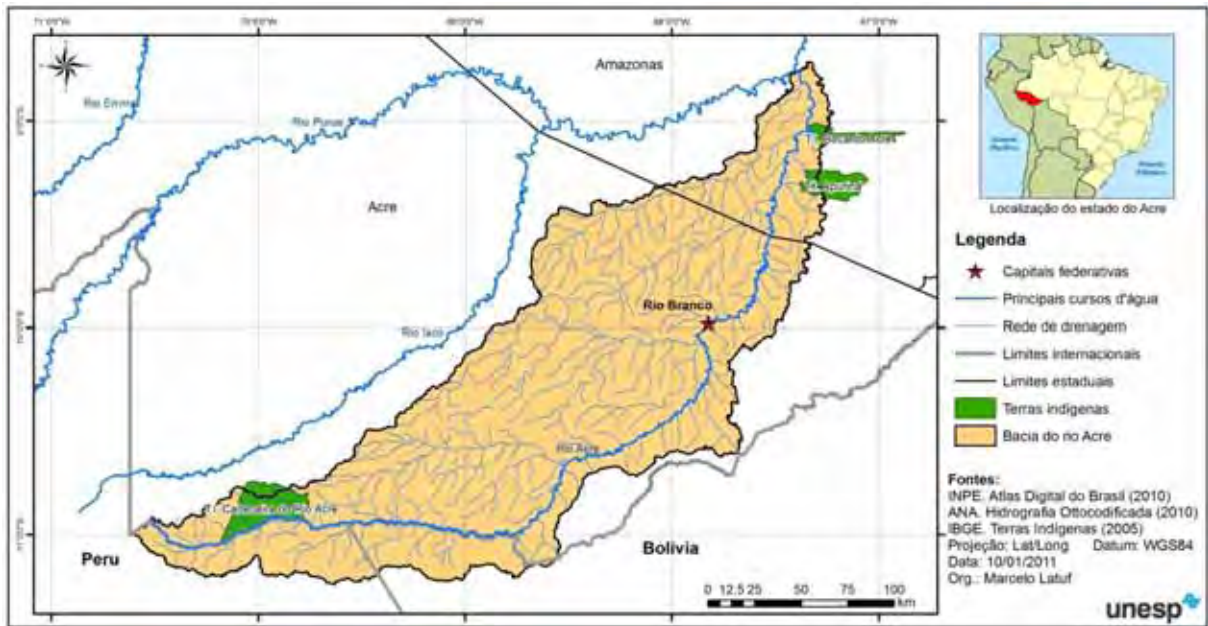


Figura 18. Localização de Terras Indígenas na bacia do rio Acre

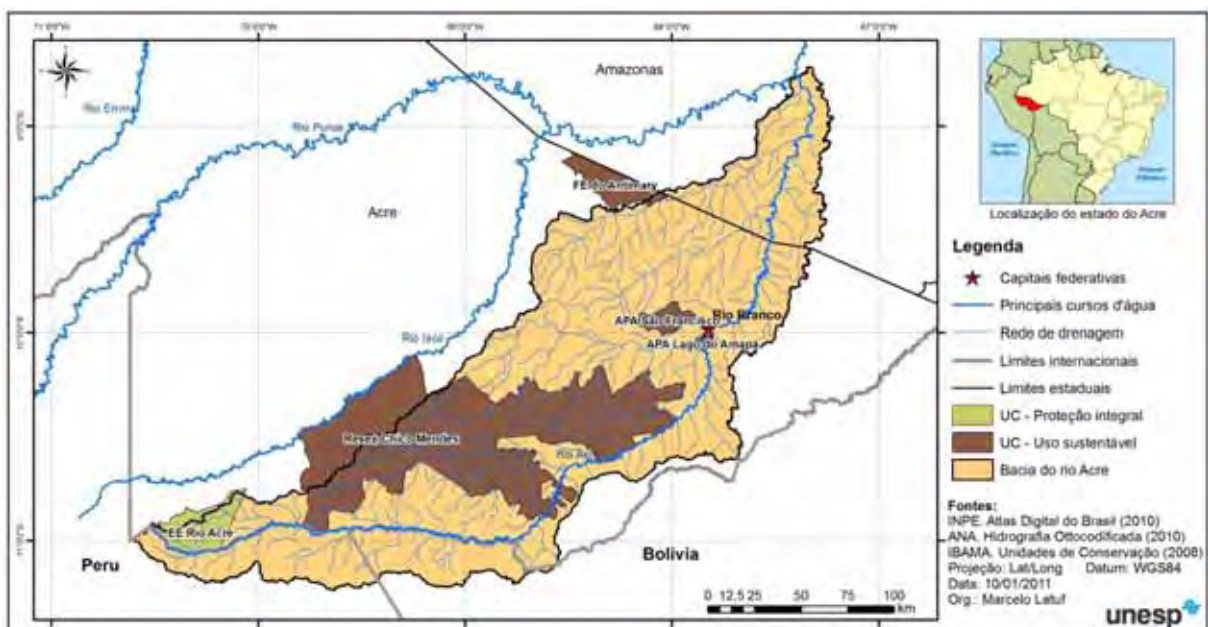


Figura 19. Localização de Unidades de Conservação na bacia do rio Acre

As propriedades particulares ocupam 33,7%, enquanto que Projetos de Assentamento (Figura 20) do Instituto Nacional para Reforma Agrária (INCRA) sejam estes Agropecuários (29), de Assentamento Dirigido (4), Agroextrativistas (7), de Colonização (3) ou Extrativistas (10), ocupam 16,3% (ACRE, 2006).

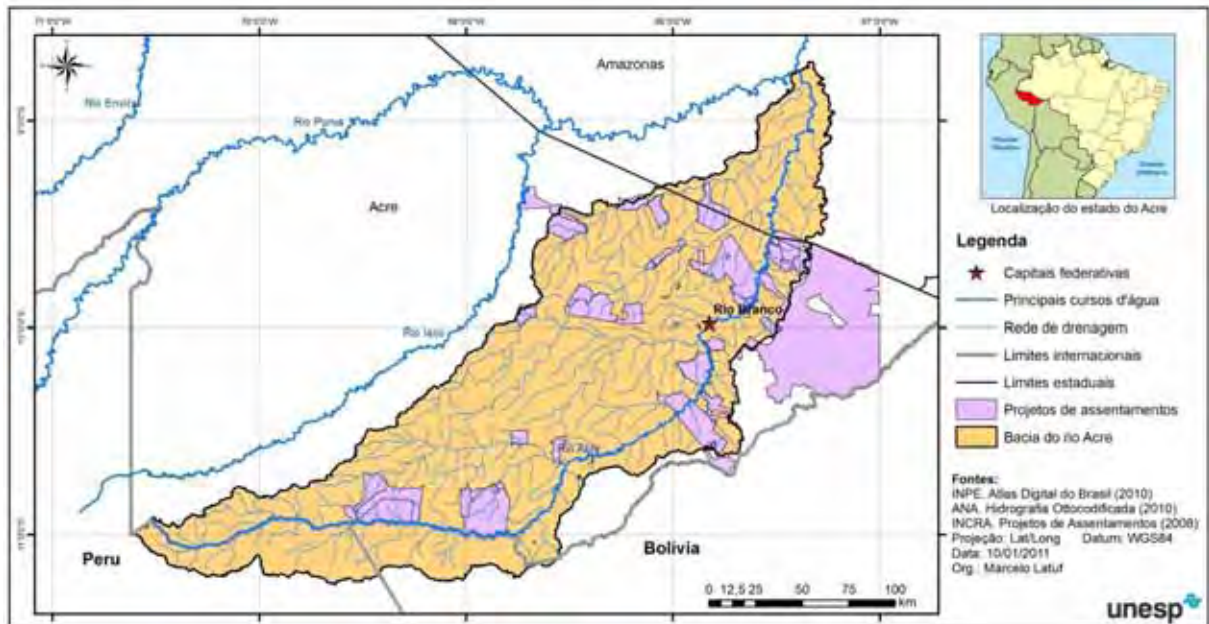


Figura 20. Localização de Projetos de Assentamentos do INCRA na bacia do rio Acre

## **CAPÍTULO II**

### **REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO**

## 2.1. A bacia hidrográfica como um sistema natural

Uma das questões que envolvem a problemática ambiental mundial diz respeito às reservas de água doce, em quantidade e qualidade, capazes de suprir a demanda crescente pelo uso da água.

Machado (1998) cita que desde os primeiros registros da humanidade o convívio com a água já se fazia presente, pois inicialmente eram em áreas próximas aos rios que a população começou a fixar-se. Posteriormente, com o início da compreensão a respeito do sistema hídrico, deu-se início a um rudimentar controle sobre a dinâmica hídrica.

Assim, com o passar dos tempos e apoiados, sobretudo, na evolução de técnicas e procedimentos metodológicos, o Homem delimitou territorialmente a observação e a compreensão a respeito da dinâmica hídrica, por meio da utilização do conceito de bacia hidrográfica.

Para Rocha (2002), a bacia hidrográfica pode ser considerada como um sistema *input-output*, onde a entrada (*input*) caracteriza-se pelo volume de água precipitado e as saídas (*outputs*) caracterizadas pela água escoada no exutório (superficial e subsuperficial), somada às saídas por evapotranspiração e percolação.

Em outra definição, Rodrigues e Adami (2005) apontam a bacia hidrográfica como um

“sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximo à superfície terrestre, delimitado interna e externamente por todos os processos que, a partir dos fornecimentos de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. Inclui, portanto, todos os espaços de circulação, armazenamento e de saídas da água e do material por ela transportado”.

A bacia hidrográfica pode ser considerada, deste ponto de vista, como um sistema natural organizado em diversos subsistemas e componentes, que possui uma estreita relação de interdependência entre os mesmos. De acordo com o critério funcional, os sistemas podem ser classificados em sistemas fechados e sistemas abertos.

Segundo Gregory (1992) um sistema é fechado quando apresenta limites bem definidos, através dos quais não ocorrem importação nem exportação de matéria. Um sistema fechado desenvolve-se a partir de um fornecimento inicial de energia (radiação solar ao ciclo

hidrológico planetário), ao passo que um sistema do tipo aberto requer suprimento contínuo de energia, funcionando pelo recebimento e pela perda contínua de energia.

Assim, a bacia hidrográfica pode ser considerada como um sistema localmente aberto, recebendo energia do clima reinante sobre a bacia e perdendo continuamente esta energia, por meio da evapotranspiração, percolação profunda e deflúvio.

De acordo com Braga (2009), todo sistema é um organismo autônomo, mas ao mesmo tempo componente de um sistema maior (bacia unitária, microbacia, macrobacia).

A bacia hidrográfica, como sistema aberto, pode ser descrita em termos de variáveis interdependentes, as quais oscilam ao longo de um padrão ou de uma média. Como tal, ela se encontra, mesmo quando não perturbada, em contínua flutuação, num estado de equilíbrio transacional ou dinâmico. Ou seja, a adição de energia e a perda da mesma pelo próprio sistema, encontram-se sempre em delicado balanço.

Como salienta Braga (2009), as entradas e saídas de energia, bem como a organização interna da bacia, são influenciadas pelas formas e processos atuantes e suas variações repercutem nas mesmas, ou seja, há uma interdependência entre os fatores na medida em que as mudanças em um destes têm o poder de influenciar os demais.

Isso ratifica o conceito de auto-ajuste, descrito por Gilbert (1877) citado por Gregory (1992) afirmando que “(...) um membro do sistema pode influenciar todos os demais, então, cada membro é influenciado por todos os outros, evidenciando uma interdependência por meio do sistema”. Ainda de acordo com Gregory (1992) foi Gilbert um dos primeiros autores que introduziu o conceito da teoria sistêmica em estudos geográficos.

Desta forma, tanto os processos nas vertentes repercutem na dinâmica fluvial, quanto as alterações no comportamento dos canais fluviais nas vertentes. Exemplo pode ser ilustrado por meio do desmatamento, que reduz a capacidade de infiltração e aumenta o escoamento superficial, aumentando a erosão hídrica, fornecendo maior volume de sedimentos para a calha fluvial o que pode resultar no assoreamento do leito e enchentes mais frequentes na planície de inundação. Por outro lado, o assoreamento pode alterar o regime do fluxo do escoamento na calha, alterando padrões de drenagem, refletindo mudanças em parâmetros morfométricos.

Este exemplo remete à teoria defendida por John Hack em 1960 a respeito do equilíbrio dinâmico dos meios e da noção mais dinâmica do referencial dos níveis de base locais.

De acordo com Christofolletti (1979)

“o equilíbrio de um sistema representa o ajustamento completo das suas variáveis internas às condições externas. Que controla a qualidade e a quantidade de matéria e energia a fluir pelo sistema”.

O estado de estabilidade (“*steady state*”) é atingido quando a importação e a exportação de matéria e energia forem equacionadas, por meio do ajustamento das formas do próprio sistema, permanecendo constantes enquanto não se alterarem as condições externas.

Desta forma, afirma Christofolletti (1979)

“em uma bacia hidrográfica, as condições climáticas, litológicas, biogeográficas e outras vão condicionar a estruturação de determinada rede de drenagem e de determinadas formas de relevo. A geometria da rede fluvial e da morfologia encontram-se em perfeito estado de equilíbrio e só sofrerão modificações se porventura houver alterações nas variáveis condicionantes”.

Desta maneira, a caracterização da bacia hidrográfica como um sistema articulado entre compostos de vários subsistemas e seus respectivos componentes, auxilia na compreensão dos padrões de comportamento hidrológico e suas possíveis respostas frente às modificações impostas.

Na análise do comportamento hidrológico decorrente de mudanças nas condições das bacias hidrográficas, Rocha (2002) relata que

“atualmente é reconhecido que o desflorestamento, as práticas de uso da terra agrícola e urbana, a utilização da água do lençol freático para abastecimento e irrigação, além da construção de grandes barramentos para abastecimento e principalmente para geração de energia, geram um efeito bola-de-neve e tem contribuído para alterações no ciclo hidrológico e conseqüentemente no regime hidrológicos dos rios”.

Segundo Costa et al. (2003), a troca de uma cobertura por outra altera o comportamento hidrológico na bacia hidrográfica, tendendo a alterar o comportamento das vazões.

Neste sentido, podem-se relatar alterações na intercepção da chuva pela cobertura vegetal, através da retirada da cobertura natural, causando uma maior exposição do solo a estes eventos, trazendo maior probabilidade de encrostamento superficial (causado pela ação

de compactação exercida pela energia cinética das gotas de chuvas) e conseqüente diminuição da taxa de infiltração e aumento do escoamento superficial.

Por isso, Mota (2003) ressalta que os programas de gestão dos recursos hídricos têm dispensado especial importância ao planejamento do uso do solo, ou seja, têm dado ênfase às medidas de caráter preventivo, mais eficientes e menos onerosas.

Desta forma, o planejamento da ocupação de uma bacia hidrográfica é uma necessidade de uma sociedade com usos crescentes por água, tendo em vista os conflitos sobre a disponibilidade deste recurso para atender ao aumento da demanda em quantidade e qualidade.

Neste sentido, adotar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão ambiental, bem como de recursos hídricos é de fundamental importância para a minimização destes impactos no comportamento hidrológico das mesmas.

Assim, há a necessidade de ações pautadas no planejamento e gestão voltados ao desenvolvimento econômico e social em harmonia com o ambiente, por meio de propostas técnicas e políticas, tendo foco no desenvolvimento harmônico, mitigando os impactos causados por ações de modificação do sistema e subsistemas da bacia hidrográfica.

## **2.2. Planejamento e gestão dos recursos hídricos**

De acordo com Setti et al. (2000) a água é “considerada um recurso finito, escasso e dotado de valor econômico”. Para fazer uso adequado deste recurso há que considerar aspectos ambientais, sociais e econômicos.

A expressão “recursos hídricos” trata da adoção da água (em quantidade e qualidade) como um bem dotado de valor econômico, ou seja, passa a ser considerada como um recurso que pode ser utilizado em determinado momento, por uma determinada população. Porém, este recurso possui em certas regiões do globo terrestre uma variabilidade espacial e temporal muito expressiva, causando problemas para os mais diversos fins de utilização do mesmo.

A maior parte dos problemas relacionados aos recursos hídricos tem como causas principais a sua má utilização e, destacadamente, a falta de planejamento e gestão (MACHADO, 1998).

Os recursos hídricos são bens de relevante valor para a promoção do bem-estar de uma sociedade, sendo a água um bem de consumo final ou intermediário na quase totalidade das atividades humanas.

A intensidade e variedade das demandas por recursos hídricos tornam cada vez mais evidente e necessário o seu gerenciamento, embora ainda prevaleça a falsa impressão de que esses recursos sejam ilimitados (MENDES, 1991). A utilização indevida dos recursos hídricos motivada, sobretudo, pelo mito de sua inesgotabilidade, aliada à falta de planejamento e gestão adequada gerou graves problemas econômicos e ambientais (MACHADO, 1998).

O planejamento e gestão em recursos hídricos têm o objetivo de impedir e/ou minimizar seus efeitos negativos, como os da poluição resultante do lançamento de efluentes *in natura* nos corpos d'água, produção de sedimentos, erosão, assoreamento, conflitos entre usuários, dentre outros, para cuja recuperação são mobilizados mais esforços econômicos e sociais do que para sua prevenção (MENDES, 1991).

De acordo com Setti et. al. (2000) “uma boa gestão da água se dá através de um adequado processo político, onde é necessário planejamento”. O planejamento é um conjunto de procedimentos organizados que visam o atendimento das demandas de água, considerada a disponibilidade restrita desse recurso.

Como todo planejamento, o planejamento de recursos hídricos possui o objetivo de compatibilizar as demandas atuais pelo uso da água, bem como prever demandas futuras pelos usos dos recursos hídricos. Este processo se dá por meio de um criterioso plano de ações e metas.

Há vários critérios adotados no planejamento de recursos hídricos, que são divididos de acordo com Setti et al. (2000) em: critérios econômicos e socioambientais.

Os planejamentos pautados em critérios econômicos dão maior enfoque aos processos de planos de crescimento de um dado estado, região ou município. Estes planos de crescimento possuem, na maioria dos casos, critérios baseados em dados econômicos, como por exemplo, aumento da produção agrícola e industrial, superávit da balança comercial, taxas de empregabilidade, dentre outros.

Historicamente, em diversos locais no território brasileiro, há exemplos impressos na paisagem de adoção deste tipo de planejamento, como por exemplo, os planos de desenvolvimento e expansão da fronteira agrícola para o Cerrado, que vêm causando uma série de problemas relacionados ao uso exacerbado da água para a promoção da irrigação, causando efeitos danosos a todo o sistema hídrico, devido a redução expressiva de vazões.

Já os planejamentos pautados em critérios socioambientais possuem como principal característica a adoção de conceitos holísticos, ou seja, um olhar integrador de todos os elementos que compõem aquela determinada paisagem.

Este “olhar” mais acurado é baseado em uma consciência mais reflexiva diante dos processos de planejamento de recursos hídricos, pois adotam a noção sistêmica ao longo de todo o processo, buscando para cada intervenção no sistema, ações que possam compatibilizar de forma sustentável quaisquer modificações ocorridas na paisagem, seja por aumento de pedidos de outorgas, modificação do uso do solo, dentre outras.

Neste sentido, esta visão de planejamento de recursos hídricos é baseada em conceitos de sustentabilidade (com visão de futuro) e de capacidade de suporte de ecossistemas. Desta forma, há a adoção do conceito de desenvolvimento sustentável em todas as etapas do processo de planejamento.

Porém, para que o planejamento de recursos hídricos possa se concretizar é preciso motivação política para sua efetiva implantação. Com ela será possível planejar o aproveitamento e controle dos recursos pautado em ações de curto, médio e longo prazo. A implantação de medidas e obras previstas no planejamento é o objetivo da administração dos recursos, incluindo instrumentos como a outorga do direito de uso, o controle e a fiscalização (SETTI et al., 2000).

Por outro lado, o gerenciamento de recursos hídricos é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver conflitos entre disponibilidade hídrica e demanda pelo uso, visando sua otimização em benefício da sociedade. Neste contexto, uma política para gestão dos recursos hídricos deve estar fundamentada em aspectos técnicos, normas jurídicas, planos e programas, envolvendo decisões compartilhadas entre governo e sociedade, definindo princípios e objetivos.

Assim, a administração de recursos hídricos é o conjunto de ações necessárias para tornar efetivo o planejamento, com suportes técnicos, jurídicos e administrativos. Deve ser instrumento de revisão permanente e dinâmico, permitindo ajuste de objetivos e metas (SETTI et al., 2000).

Para o planejamento e gerenciamento adequado dos recursos hídricos é fundamental o conhecimento do comportamento hidrológico de bacias hidrográficas e seus regimes de variação de vazões e, principalmente, suas relações com os agentes econômicos e socioambientais presentes ao longo de toda a área de contribuição.

Dentro de um contexto geral do gerenciamento de recursos hídricos, apresentam-se situações em que se torna necessário compatibilizar os volumes de água disponíveis com as necessidades específicas em um dado momento. Assim, o padrão qualitativo dos recursos hídricos, tanto quanto o quantitativo, deve ser objeto de consideração e de adequação das disponibilidades com as necessidades.

Para auxílio na gestão dos recursos hídricos, deve-se integrar a política de gestão da água com as políticas de ordenamento territorial, ambiental, econômico e social de cada estado pertencente à bacia, de modo a favorecer o desenvolvimento da região, bem como a promoção do bem-estar econômico e social sem, contudo, comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas (CUNHA, 2002).

O gerenciamento de um recurso natural, econômico ou sociocultural consiste na articulação do conjunto de ações dos diferentes agentes sociais, econômicos ou socioculturais, objetivando compatibilizar o uso, o controle e a proteção deste recurso ambiental, disciplinando as respectivas ações antrópicas (FREITAS, 2000).

Neste contexto, o ordenamento territorial estabelece a compatibilização entre a oferta e a demanda de uso dos recursos ambientais, evitando conflitos e promovendo a articulação das ações.

Entretanto, o crescimento das demandas localizadas, a degradação da qualidade da água e, conseqüentemente, o aumento desordenado dos processos de urbanização, aliado às transformações da economia refletiu, notavelmente, no uso de seus recursos hídricos. Ao longo da década de 1970 e, mais acentuadamente na de 1980, a sociedade começa mudar seu comportamento quanto ao uso da água. Comissões interministeriais foram instituídas para encontrar meios de aprimorar o sistema de uso e minimizar os riscos que já se começava a sentir (MORAES e JORDÃO, 2002).

Assim, em 08 de janeiro de 1997 foi publicada a “lei das águas”, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei n.º 9.433/97, e criou no Brasil, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tendo como preceitos básicos: a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, a consideração dos múltiplos usos da água, o reconhecimento da água como um bem finito, vulnerável e dotado de valor econômico e a necessidade da consideração da gestão descentralizada e participativa desse recurso (BRASIL, 1997).

Dentre os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, destaca-se o desenvolvimento sustentável, o qual visa assegurar à atual e às futuras gerações a disponibilidade da água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, bem como a utilização racional e integrada desses recursos (SETTI, 2000).

A “lei das águas”, que foi inspirada no modelo francês de gestão (SILVA e RAMOS, 2001), relata em seu Artigo 1º, inciso IV, que “a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas”. O Artigo 7º, sobre o planejamento de recursos, no inciso III, ressalta o seguinte objetivo mínimo do planejamento: “balanço entre

disponibilidades e demandas futuras dos recursos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais”.

A França é uma república com governo central enquanto o Brasil é uma república federativa, existindo constitucionalmente uma dupla jurisdição sobre a água: a federal e as dos estados da federação. Por isto a adaptação do modelo francês teve que ser realizada, exigindo uma maior complexificação, especialmente para introduzir as articulações necessárias entre os dois âmbitos jurisdicionais (TUCCI, 2009).

Os fundamentos dessa política e os instrumentos por ela estabelecidos constituem não apenas um desafio político, econômico, social, ambiental e cultural, mas também um desafio de conhecimentos. A implementação da política defronta-se com uma grande necessidade de conhecimentos científicos e tecnológicos em relação aos recursos hídricos (ANA, 2002).

Neste sentido, Marques (2006) evidencia que

“estudos recentes conduzidos pelo Centro Internacional de Desenvolvimento Sustentável - CIDS juntamente com a Fundação Getúlio Vargas - FGV, apontam a efetiva descentralização da gestão e a sustentabilidade econômica da gestão participativa como objetivos estratégicos para assegurar a sustentabilidade do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos em implantação no Brasil, garantindo a confiança mútua entre os atores envolvidos, poder público, usuários e sociedade civil”.

TUCCI (2009) lembra que a “lei das águas” criou instituições como a Agência Nacional das Águas (ANA) e o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), e alerta que esta construção institucional é a condição necessária, mas não suficiente, para obter o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos e do meio ambiente, pois o marco institucional é um processo e não o fim em si próprio.

Houve grandes avanços em direção à gestão integrada, como a criação de Comitês de Bacias; o sistema de investimento permanente em ciência e tecnologia (CT-HIDRO), com maior formação de pesquisadores e pesquisas no setor; e o significativo aumento da percepção por parte da sociedade com relação à gestão da água (TUCCI, 2009).

Porém, alguns desafios ainda permanecem, como por exemplo, o planejamento e a gestão integrada de bacias hidrográficas compartilhadas por entes federativos distintos (países, estados e municípios).

Neste sentido, há que se buscar soluções para que haja a evolução na efetivação das metas e ações, mesmo com as gestões fragmentadas em limites políticos-territoriais definidos. Assim, a questão da dominialidade, subjetivamente abordada em um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), quanto da adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial básica, necessita de maiores reflexões e ajustes.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos é sem dúvida a melhor opção técnica a ser sugerida. Porém, alguns detalhes ainda não foram bem elucidados, como por exemplo, como se darão as ações dos comitês e agências de bacias, como as entidades municipais farão o planejamento e gestão dos seus respectivos territórios administrativos, vinculados aos objetivos da PNRH, dentre outros.

Desta forma, criou-se a partir da publicação da Lei n.º 9.433/97 uma lacuna a ser preenchida, pois o comitê de bacias não possui um território administrativo sob a força de uma legislação. Assim, confrontam-se os planos diretores de bacias aos planos diretores municipais e aos zoneamentos ecológico-econômicos, um feito tendo como referencial a bacia hidrográfica e outro elaborado tendo como referência os limites municipais e regiões/estados, respectivamente.

Como não há coincidência entre os limites municipais e os limites de bacias e sub-bacias hidrográficas, na maioria dos casos, as ações de planejamento e gestão são desarticuladas. Entretanto, podem ser citados dois exemplos bem sucedidos com relação a esta temática, são eles: a bacia dos rios Capivari e Jundiá, no estado de São Paulo, e as bacias do estado do Ceará, de acordo com Setti et al. (2000).

Ambos possuem características comuns que, de uma forma ou de outra, ajudaram a consolidar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão, a escassez hídrica. A escassez hídrica no estado do Ceará fez com que o estado investisse na modernização das diversas etapas envolvidas no planejamento e gestão de recursos hídricos, uma delas no aumento da oferta de água.

Já no caso dos rios Capivari e Jundiá os principais focos abordados foram quanto a baixa qualidade da água nos mananciais, bem como a redução da oferta com relação à demanda crescente.

Desta forma, os comitês destas bacias estruturaram-se e deram suporte a criação de suas agências de água (órgão técnico que auxilia o comitê em decisões), bem como avançaram na prática de um dos instrumentos da PNRH, a outorga e cobrança pelo uso da água. Além destes comitês são exemplos também os comitês das bacias hidrográficas dos rios São Francisco e Paraíba do Sul.

Diante das dificuldades encontradas pelos organismos de gestão do território e das águas entre estados e municípios de um mesmo país, as dificuldades enfrentadas para o planejamento e gestão dos recursos hídricos compartilhados entre nações são maiores, devido às complexidades políticas e geopolíticas no uso dos recursos naturais.

Para Barth (1999), o duplo domínio da água em bacias hidrográficas de rios de domínio federal é a principal dificuldade que o sistema nacional de gerenciamento deverá enfrentar, exigindo ações coordenadas e harmônicas da União e dos Estados, como detentores de domínio das águas nas bacias hidrográficas, cujo rio principal é de domínio da União.

O princípio da administração das águas por trecho de rio, que fragmenta a bacia hidrográfica de acordo com a dominialidade de suas águas, embora em algumas situações, como para “regulação” de direitos de jusante sobre os de montante, tenha certa aplicabilidade, não é plenamente efetiva para gestão dos recursos hídricos, a qual deve considerar integralmente a área de drenagem formada pelo rio principal e seus afluentes, em suas variadas grandezas escalares (LIMA, 2003).

De igual dificuldade é quando esses rios são fronteira, posto que as águas não possuem fronteiras e o planejamento e a gestão dos recursos deverá necessariamente preceder de cooperação e compartilhamento entre os Estados vizinhos (PEREIRA et al., 2007)

Nesses casos, como salientado por Pereira et al. (2007)

“os acordos internacionais e as Conferências Internacionais, prevêm essa hipótese, a exemplo, da ECO 92, através da Agenda 21, quando no capítulo 18, item 18.10, estabelecendo: “No caso de recursos hídricos transfronteiriços, é necessário que os Estados ribeirinhos formulem estratégias relativas a esses recursos, preparem programas de ação relativos a esses recursos e levem em consideração quando apropriado, a harmonização dessas estratégias e programas de ação”.

Entretanto, experiências promissoras estão sendo desenvolvidas no âmbito do planejamento e gestão compartilhada, como é o caso da bacia do rio Acre, entre o estado do Acre e os Governos do Peru e Bolívia, criando mecanismos integrados de fiscalização ambiental e ordenamento territorial. Desta ação conjunta foi criada a região MAP, compreendida pelo Departamento Peruano de Madre de Dios (M), estado do Acre (A) e o Departamento Boliviano de Pando (P).

Porém, é válido ressaltar que todas as iniciativas para este compartilhamento de experiências e acordo multilaterais entre Estados, surgiram de pesquisadores de instituições

científicas e das sociedades brasileira, peruana e boliviana, preocupadas com as magnitudes das secas e cheias na bacia, bem como de suas ocorrências mais constantes.

### **2.3. Modelos hidrológicos: características, potenciais e limitações**

A Hidrologia é a ciência que trata dos fenômenos encontrados no ciclo hidrológico focado no estudo dos diversos componentes, como por exemplo, precipitação, infiltração, evaporação, escoamento, dentre outros.

A ciência hidrológica desenvolveu-se de uma ciência notadamente descritiva e qualitativa, para uma área de conhecimento aonde, cada vez mais, técnicas quantitativas vêm sendo exploradas, impulsionadas pelos avanços no processamento de grandes massas de dados.

A água e/ou o controle dela sempre possuiu um papel fundamental na evolução das civilizações, sendo que as primeiras cidades surgiram nos vales dos grandes rios. De acordo com Machado (1998), são exemplos as civilizações hidráulicas do Egito e da Mesopotâmia, que possuíam uma organização agrícola relativamente bem avançada, em função dos pulsos de inundação dos rios Nilo, Tigre e Eufrates, respectivamente.

O desenvolvimento das técnicas evoluiu também nos processos de aquisição de dados e, conseqüentemente, na elaboração de novas metodologias com o objetivo pautado no aproveitamento dos recursos hídricos, principalmente no quesito de obras hidráulicas, como por exemplo, na construção de barragens.

Porém, neste tipo de aproveitamento dos recursos hídricos muitos dos aspectos ambientais foram deixados de lado, em detrimento, de uma visão economicista, que necessitava, fundamentalmente, de crescimento econômico. Muitos problemas ambientais vieram a surgir como a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, desmatamentos, perdas de solo e água e, recentemente, indícios de modificações climáticas.

Neste sentido, Tucci (2005) salienta que a intensificação das ações antrópicas no planeta ficou marcante e que os processos não somente regionais, mas globais, ganhando novos contornos, seja pela intensificação ou pela mudança de padrões.

Desta forma, a ciência elaborou técnicas de investigação e previsão dos sistemas ambientais, dentre eles o ciclo hidrológico, com o objetivo de compreender os comportamentos dos sistemas, bem como auxiliar os gestores públicos em processos de decisão. Uma destas técnicas consiste na modelagem dos sistemas ambientais, sendo que no início da década de 1950 iniciaram-se as primeiras tentativas de modelagem hidrológica que

tentavam descrever o comportamento do sistema natural, apoiados, sobretudo, na teoria geral dos sistemas e nos avanços da microinformática.

De acordo com Christofolletti (1999), com o início dos procedimentos de quantificação dos processos nos sistemas naturais, diversas bacias foram equipadas e monitoradas a rigor. Com isto, deu-se início a uma nova era nos estudos em hidrologia, a necessidade de previsibilidade de fenômenos, tais como cheias, estiagens, dentre outros.

Assim, segundo Tucci (2005) em 1958 foi elaborado um dos primeiros modelos hidrológicos, desenvolvido por Rockwood (1958), para a descrição do processo chuva x vazão.

Moreira (2005) relata que

“no âmbito da hidrologia, modelar deve ser entendido como a representação de um sistema (hidrológico), que busca representar no todo ou em partes o comportamento de um processo hidrológico ou conjunto de processos, em um dado instante ou intervalo de tempo”.

De acordo com Tucci (2005), “o modelo é a representação de algum objeto ou sistema, numa linguagem ou forma de fácil acesso e uso, com o objetivo de entendê-lo e buscar suas respostas para diferentes entradas”.

O modelo é, pois, uma forma de representação reduzida do mundo real, utilizando-se de generalizações para a compreensão dos comportamentos dos sistemas, podendo ser replicável sua utilização em diferentes sistemas. Não há registros na literatura especializada de algum modelo que pudesse agregar todas as formas de relacionamentos, entre todos os componentes de um sistema.

Entretanto, Christofolletti (1999) afirma que

“o processo de modelagem pode ser considerado como instrumento entre os procedimentos metodológicos da pesquisa científica, e neste sentido, a modelagem constitui-se em importante instrumento para analisar as características e investigar mudanças nos sistemas ambientais”.

As características físicas e qualitativas da rede de drenagem em uma bacia hidrográfica configuram-se como resultante de processos naturais e antrópicos e, por estas características, o Homem deve procurar entender seu comportamento e suas respostas para assim poder adaptar-se a diferentes condições.

Neste sentido, os modelos hidrológicos, de acordo com Tucci (2005), são ferramentas desenvolvidas pelos pesquisadores para melhor compreender e representar os comportamentos do sistema de drenagem e prever condições diferentes das observadas.

Muitas são as críticas ao uso de modelos na pesquisa geográfica, pois muitos consideram como sendo uma fuga aos objetivos de análise do espaço geográfico. Porém, os modelos devem ser entendidos não pelo fim, mas sim pela forma ou meio de se alcançar determinados resultados e objetivos.

Desta maneira, Christofolletti (1999) afirma que “os modelos nunca podem substituir as observações de campo e os experimentos de laboratórios, mas podem aumentar a eficiência por meio de diversas maneiras”, sendo considerados uma ferramenta de apoio às pesquisas.

Os modelos possuem expressivas potencialidades, porém agregam algumas limitações à sua utilização. Uma destas limitações associadas aos modelos hidrológicos é com relação à quantidade e qualidade de dados das séries históricas utilizadas no processo de calibração e verificação.

O primeiro passo que deve-se ter em mente quando da opção pela utilização de modelos hidrológicos é quanto a escolha de um modelo apropriado ao atendimento dos objetivos do trabalho e/ou pesquisa, ou seja, deve estar sempre estreitamente alinhado com as necessidades da pesquisa a ser realizada.

De acordo com Tucci (2005) “o objetivo para qual o modelo é utilizado influencia na escolha do mesmo”, pois há diversos modelos hidrológicos citados na literatura especializada (modelos para previsão de vazão em tempo real, conversão chuva-vazão, hidrodinâmicos, dentre outros) e o momento da escolha do modelo poderá agilizar ou dificultar as etapas seguintes, como por exemplo, o ajuste e verificação do mesmo.

Outro fator que pode viabilizar e/ou inviabilizar a utilização do modelo hidrológico frente aos objetivos da pesquisa é com relação às características da bacia e/ou do rio. A variabilidade espacial de certas características são, em alguns casos, determinantes no momento da definição de qual modelo utilizar, como por exemplo, o uso e cobertura do solo, a geologia, solos, precipitação, dentre outros.

Desta forma, o fator escala deve ser um dos atributos a ser equacionado no momento da escolha do modelo hidrológico que melhor irá representar o sistema de interesse, bem como o objetivo de análise.

Assim, a disponibilidade de dados também é um fator que limita o uso de certos modelos hidrológicos. Segundo Tucci (2005) há modelos hidrológicos que necessitam de um conjunto maciço de dados de entrada e que, neste sentido, podem inviabilizar a utilização

deste ou daquele modelo. Da mesma forma, há que se prever os custos de aquisição de dados e se os mesmos caracterizam-se por altas sensibilidades no ajuste do modelo, ao passo que justifique sua coleta.

Tucci (2005) afirma ainda que o melhor modelo hidrológico “costuma ser aquele com que o usuário possui maior facilidade e sensibilidade de manuseio, dentre aqueles tecnicamente aplicáveis ao problema”.

Os modelos hidrológicos são classificados de acordo com Tucci (2005), como sendo: (a) contínuo e discreto, (b) concentrado e distribuído, (c) estocástico e determinístico e (d) conceitual e empírico.

Um modelo cujas características podem ser descritas como sendo contínuo é quando há continuidade dos fenômenos ao longo do tempo, enquanto um modelo discreto caracteriza-se quando as mudanças se dão ao longo de intervalos de tempo.

A escolha de um modelo contínuo ou discreto passa por algumas considerações, como por exemplo, a precisão da modelagem necessária e os custos operacionais para medição e tratamento dos dados. Exemplo disto é o registro dos níveis de água na seção transversal, por meio da metodologia utilizada na maior parte dos postos fluviométricos no Brasil (cota x vazão).

Tucci (2005) exemplifica que

“o registro de uma função contínua no tempo é o uso do linígrafo gráfico para registrar níveis. O registro discreto desta mesma variável é efetuado através de observadores, em determinadas horas do dia. A maioria dos sistemas hidrológicos é do tipo contínuo e é representado por modelos discretos”.

Para Christofolletti (1999)

“os modelos contínuos estabelecem a modelagem contínua dos processos que ocorrem (...). Todavia, em muitos modelos há a necessidade e vantagens em se fragmentar as informações espaciais e temporais, qualificando então os modelos discretos”.

Segundo Tucci (2005) “um modelo é dito concentrado quando não leva em conta a variabilidade espacial” dos dados de entrada, enquanto os modelos ditos distribuídos são quando os parâmetros dependem da relação espaço-temporal.

Exemplo de modelos hidrológicos que baseiam-se na lógica concentrado x distribuído é com relação ao parâmetro de entrada “precipitação”. Em um modelo

concentrado o valor da entrada da precipitação é a média para toda a bacia hidrográfica, ou seja, um valor único para toda a bacia. Já a entrada (precipitação) em modelos ditos distribuídos é caracterizada pela diferenciação da lâmina precipitada ao longo da bacia de drenagem.

De acordo com Tucci (2005) “na prática não existem modelos puramente distribuídos, já que são utilizadas discretizações numéricas, que de alguma forma, tornam o modelo distribuído em concentrado, numa pequena subdivisão”.

A opção pela utilização de modelos hidrológicos distribuídos está na qualidade do modelo avaliar a capacidade em representar de maneira mais coerente a variabilidade espacial do sistema.

Porém, Tucci (2005) ressalta que “um modelo concentrado pode apresentar resultados bem parecidos, graficamente, ou seja, valores de ajustes de dados observados e simulados, com os dos modelos distribuídos”. No entanto, somente os modelos distribuídos permitem detalhar a variabilidade do comportamento físico em diferentes partes do sistema.

A diferenciação entre modelos estocásticos e determinísticos é dada pela probabilidade de ocorrência das variáveis. De acordo com Chow (1964), citado por Tucci (2005), se “o conceito de probabilidade é introduzido na formulação do modelo, o processo e o modelo são ditos estocásticos”. Sob outro ponto de vista, se a probabilidade não estiver associada e/ou utilizada, o modelo e o processo são considerados determinísticos.

De acordo com Dooge (1973) citado por Tucci (2005)

“definiu que a diferença entre sistemas determinísticos e estocásticos é a seguinte: quando para uma mesma entrada, o sistema produz sempre a mesma saída, o sistema é dito determinístico, enquanto que o sistema estocástico quando o relacionamento entre a entrada e saída é estatístico”.

Moreira (2005) define como modelos empíricos quando os modelos

“(…) utilizam relações baseadas apenas em observações. Em geral, estes modelos são bastante simples e úteis no dia a dia. No entanto, são pouco robustos, uma vez que são específicos para aquela região para quais as relações foram estimadas. Além disso, os modelos empíricos não possibilitam fazer simulações de mudanças em condições para os quais o modelo não previu”.

Para Tucci (2005) o modelo é dito conceitual ou baseados em processos quando as “funções utilizadas na sua elaboração levam em consideração os processos físicos”. Neste

mesmo sentido, Moreira (2005) relata que estes modelos possuem maiores complexidades na descrição do fenômeno, quando comparados aos modelos ditos empíricos, além de sua aplicabilidade ser maior, em função da utilização de relações consagradas em Hidrologia.

A maioria dos modelos hidrológicos presentes na literatura são do tipo chuva-vazão, ou seja, tentam converter a entrada (chuva) em uma saída (vazão). Tucci (2005) os define como um conjunto de algoritmos capazes de integrar os diferentes subsistemas relacionados aos processos entre a precipitação e a vazão, dentro do sistema bacia hidrográfica.

Na Tabela 6 são apresentados os principais tipos de modelos, estruturas, características e usos, conforme Tucci (2005).

A estrutura dos modelos é caracterizada por três níveis de compreensão, que são: comportamento, otimização e planejamento.

Os modelos que se utilizam de estruturas tipo comportamento, de acordo com Tucci (2005), “são modelos utilizados para descrever um comportamento de um sistema”. Estes tipos de modelos são utilizados para a realização de prognósticos de um sistema sujeito a diferentes entradas ou devido a modificações em suas características.

Já os modelos que utilizam-se de estruturas de otimização possuem como objetivos a busca por melhores soluções, por meio de um sistema específico, como por ser exemplificada, como uma rede de abastecimento de água de um município (exemplo: modelo hidráulico).

Já em relação aos modelos que se utilizam de concepções voltadas ao planejamento, segundo Tucci (2005)

“simulam condições globais de um sistema maior. Normalmente, o modelo de planejamento envolve uma região ou uma bacia e busca não somente as soluções meramente hidráulicas, hidrológicas ou econômicas, mas engloba também a quantificação socioeconômica e ambiental”.

Escolhido o modelo que melhor adapta-se aos objetivos do trabalho, inicia-se a fase de calibração de parâmetros. Tucci (2005) ressalta que em modelagem hidrológica não mais do que 4 a 5 parâmetros mais representativos devam ser selecionados, caso contrário os modelos poderão ficar computacionalmente “pesados”, não trazendo grandes benefícios à modelagem.

Tabela 6. Modelos para o planejamento e gerenciamento de recursos hídricos

Nome	Tipo	Estrutura	Características	Usos	
Precipitação- Vazão	Determinístico, empírico e conceitual	Comportamento	Calcula a vazão de uma bacia a partir da precipitação	Dimensionamento, previsão em tempo atual, previsão de cenários, avaliação do uso da terra	
Vazão-Vazão	Determinístico, empírico, conceitual e estocástico		Calcula a vazão de uma seção a partir de um ponto a montante	Extensão de séries de vazões, dimensionamento, previsão de cheia	
Geração estocástica	Estocástico		Calcula a vazão com base em séries históricas	Dimensionamento de volume de reservatório	
Fluxo saturado	Determinístico		Determina o movimento, vazão de águas subterrâneas	Capacidade de bombeamento, nível do lençol freático, iteração rio-aquífero	
Hidrodinâmico	Determinístico		Sintetiza vazões em rios e rede de canais	Simulação de alteração do sistema e efeitos de escoamento de jusante	
Qualidade de água	Determinístico		Simula a concentração de parâmetros de qualidade da água	Impacto de efluentes, eutrofização de reservatórios e condições ambientais	
Rede de canais e condutos	Determinístico		Otimiza o diâmetro de condutos e verifica as condições de projeto	Rede de abastecimento de água e rede de irrigação	
Operação de reservatórios	Estocástico e determinístico		Comportamento e otimização	Determina a operação ótima de sistemas	Usos múltiplos
Planejamento e gestão de sistemas múltiplos	Estocástico e determinístico		Comportamento, otimização e planejamento	Simula condições de projeto e operação de sistemas	Reservatórios, canais, estações de tratamento, irrigação, navegação fluvial, etc.

Fonte: Tucci (2005)

A etapa de calibração dos modelos hidrológicos consiste de quatro métodos, a escolha do modelador, que são: (a) medida direta, (b) amostragem, (c) tentativa e erro e (d) otimização.

De acordo com Tucci (2005), no método por medida direta o modelador realiza uma série de medidas em campo (vazão, rugosidade, comprimento, etc.) e em laboratório (área de drenagem, densidade de drenagem, etc.), para o ajuste do modelo pretendido.

Já o ajuste pelo método de amostragem está associado à impossibilidade de espacialização plena dos parâmetros e, neste sentido, é utilizada segundo Tucci (2005) uma amostra representativa do comportamento do parâmetro. Exemplo disto é com relação à determinação da capacidade de infiltração de água no solo, condutividade hidráulica, dentre outros.

O terceiro método de ajustamento de modelos hidrológicos é por tentativa e erro. Ressalta Tucci (2005) que este procedimento

“envolve um grau significativo de subjetividade no ajuste dos parâmetros e depende do grau de familiaridade do usuário com o modelo e a experiência deste profissional com relação aos aspectos hidrológicos e de modelagem”.

Entretanto, existem vantagens que podem ser advindas deste procedimento, que são: o modelador transmite ao ajuste seu conhecimento sobre a bacia, características e comportamento; permite a verificação de erros grosseiros de saída; e fornecer melhor compreensão pelo modelador de todos os processos.

Já o quarto método de ajuste de modelos hidrológicos, método por otimização, baseia-se na diferença entre os valores observados e medidos, por meio de funções objetivas, ou seja, utilizando-se de algum algoritmo de ajustamento ótimo, com múltiplas iterações (TUCCI, 2005).

Há registros na literatura de Porto et al. (2008), Tucci (2009), dentre outros, de utilização de técnicas com funções objetivas para a calibração de parâmetros em modelos hidrológicos. A partir dos resultados obtidos por diversas funções objetivas escolhe-se a de melhor ajuste observando, é claro, se os parâmetros estão de acordo com os processos físicos padrões encontrados no sistema modelado.

As técnicas de ajuste de modelos apresentadas anteriormente são fortemente dependentes do estado ou condição do sistema, ou seja, se os mesmos são considerados estacionários ou não-estacionários, cabendo neste sentido, a realização de testes de

estacionariedade da série a ser utilizada pelo modelador, anteriormente à escolha do método de ajuste.

Assim, Klemes (1986) citado por Tucci (2005), apresenta, por meio da Tabela 7, quatro métodos de ajustamento de modelos hidrológicos, que são: amostra teste, bacia substituta, amostra teste diferencial e teste com bacia substituta.

Neste trabalho será apenas evidenciado o método por amostra teste, que representa a maior parte dos procedimentos adotados para ajustes de modelos hidrológicos, do tipo chuva-vazão.

Desta forma, como observado na Tabela 7, o método de ajuste por amostra teste seleciona uma parte da série histórica de uma determinada seção fluviométrica para calibrar o modelo hidrológico. Já a outra parte da série histórica será utilizada na verificação do grau de ajuste, entre os dados observados e estimados.

Porém, não há um consenso sobre qual o percentual mínimo que os modeladores devam basear-se para a realização do “corte” na série. Isto depende dos conhecimentos do modelador a respeito dos processos hidrológicos envolvidos no sistema a ser modelado. Porém, há um consenso que sempre a maior parte da série deverá estar disponível aos processos de ajuste, ficando a menor parte para o procedimento de verificação.

A necessidade de dividir a série está no quesito verificação, pois nenhum modelo hidrológico poderá ser ajustado utilizando-se de todos os dados observados disponíveis, pois caso contrário, não haverão dados observados suficientes para que o processo de verificação aconteça.

Caso o modelador verifique que o ajuste não alcançou um nível satisfatório, o processo reinicia-se a partir da mudança de parâmetros, dados de entrada ou na troca por outra função objetiva. Mas deve-se atentar-se aos critérios para isto, pois de acordo com Tucci (2005) muitos modelos ajustam-se muito bem quando apenas verificados os dados observados *versus* os estimados.

As estatísticas mais comumente utilizadas para a verificação entre dados observados *versus* estimados residem em tratamentos estatísticos, associados ao: erro padrão, coeficiente  $R^2$ , coeficiente de Nash e **S u t c l i f f e**, diferença ou variação de volumes e o fator da curva de permanência (TUCCI, 2005).

Tabela 7. Métodos adotados para o ajuste de modelos hidrológicos

Identificação	Condições do sistema	Tipo de informação utilizada no ajuste	Descrição
Amostra teste	Estacionário	O posto utilizado no ajuste é o mesmo onde haverá a previsão	Os dados disponíveis são separados em dois períodos: um para ajuste e outro para a verificação. Quando o período é pequeno a maior parte deve ficar com o ajuste.
Bacia substituta	Estacionário	Os postos de duas bacias com características semelhantes são utilizados para estimar os parâmetros da bacia desejada para a previsão	Nesta situação não existem dados no local desejado, bacia C. Duas bacias com dados são utilizadas (A e B). Inicialmente o modelo é ajustado na bacia A e verificado na bacia B.
Amostra teste diferencial	Não-estacionário	O posto utilizado no ajuste é o mesmo onde haverá a previsão	O período anterior às modificações na bacia é usado para ajuste. Os parâmetros são adaptados às alterações da bacia e verificados para o período com as mesmas.
Teste com bacia substituta diferencial	Não-estacionário	Dois postos em duas bacias com características semelhantes são utilizados para estimar os parâmetros na bacia de interesse	O modelo é ajustado na bacia A com condições semelhantes às condições prévias da bacia C. Os parâmetros são verificados na bacia B, também com características semelhantes à da bacia C, depois de alterada.

Fonte: Adaptado de Klemes (1986) citado por Tucci (2005)

## 2.4. O modelo IPH II de transformação chuva x vazão

O modelo hidrológico IPH II foi desenvolvido por Tucci et al. (1981), com o apoio do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O IPH II é considerado um modelo hidrológico do tipo chuva-vazão, determinístico e conceitual (baseado em processos).

De acordo com Bravo et al. (2006) “a base conceitual do modelo IPH II é o algoritmo de separação do escoamento desenvolvido por Berthelot (1970)”. O referido autor utiliza a equação da continuidade em combinação com a equação de infiltração de Horton (1939) e uma função empírica de percolação (BRAVO et al., 2007).

Tucci e Campana (1993) ampliaram o uso do modelo IPH II por meio de ajustes na estruturação do algoritmo de escoamento superficial, para a modelagem de eventos contínuos. Desta maneira, segundo Bravo et al. (2007) o modelo IPH II tem tido um aumento em sua utilização em “diversas bacias brasileiras apresentando bons resultados em diversos trabalhos”.

Para a utilização do IPH II foi desenvolvido o software WIN\_IPH2 (Bravo et al., 2006a) que acopla as versões do modelo IPH II para simulação de séries contínuas e eventos isolados a dois algoritmos de otimização. Bravo et al. (2006) desenvolveram o software WIN\_IPH2 “para facilitar a calibração do modelo IPH II aplicado a séries contínuas ou eventos isolados, além de contar com opções de calibração manual e automática”.

O modelo IPH II é composto pelo conjunto de três algoritmos, que são: (a) perdas por evaporação e interceptação, (b) separação do escoamento e (c) propagação dos escoamentos superficiais e subterrâneos, além de contar com o algoritmos de otimização de parâmetros na fase de calibração de parâmetros.

Destes algoritmos são ajustados os sete parâmetros associados ao IPH II, que podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 8. Parâmetros do modelo IPH II

<b>Parâmetro</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidades</b>
$I_0$	Capacidade inicial de infiltração de água no solo	$\text{mm h}^{-1}$
$I_b$	Capacidade mínima de infiltração de água no solo saturado	$\text{mm h}^{-1}$
$H$	Parâmetro empírico em função do tipo de solo	Adimensional
$K_s$	Coefficiente de recessão do escoamento superficial	h
$K_{\text{sub}}$	Coefficiente de recessão do escoamento subterrâneo	h
$R_{\text{max}}$	Capacidade máxima do reservatório de armazenamento	mm
Alfa	Parâmetro do modelo	Adimensional

Fonte: Bravo et al. (2006)

#### 2.4.1. Algoritmo de perdas por evaporação e interceptação

Da precipitação que incide sobre a superfície, parte é perdida por evaporação e parte é retida por interceptação. A interceptação é dada pela ação conjunta entre a cobertura vegetal e depressões do solo (microtopografia).

A precipitação interceptada é modelada por meio de um reservatório, que possui a capacidade máxima  $R_{max}$  (parâmetro do modelo), bem como uma variável de estado em função do tempo  $R_t$  (Figura 21). A precipitação restante, ou seja, a que extrapola o limite do parâmetro  $R_{max}$  é a utilizada pelo algoritmo de separação de escoamento.

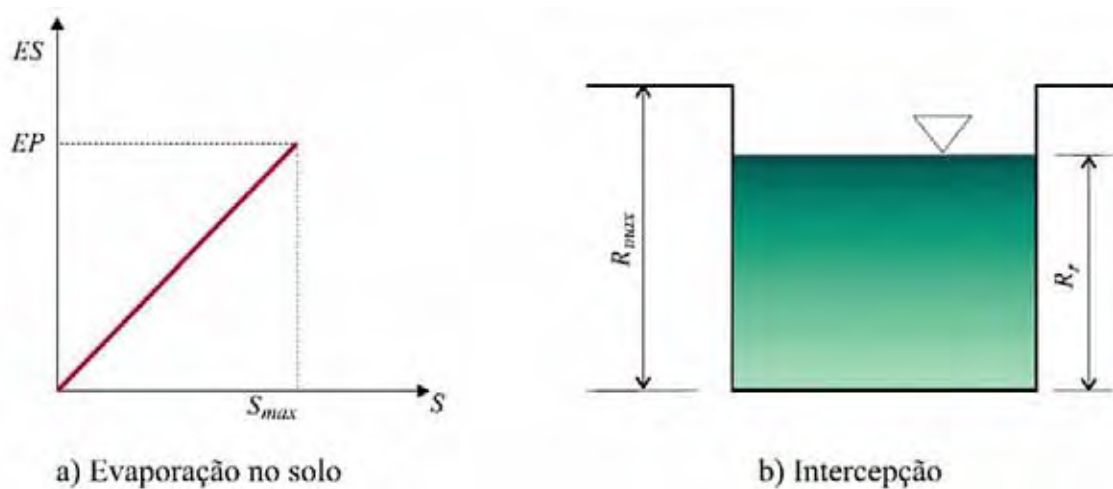


Figura 21. Algoritmo de perdas por evaporação e interceptação. Fonte: Mine (1998)

Bravo et al. (2006) relatam que, quando a precipitação não atende à evapotranspiração potencial, parte é atendida pelo reservatório de perdas, sendo o restante retirado do solo, conforme seu conteúdo de umidade. A retirada de umidade do solo é realizada por uma relação linear entre a porcentagem de evapotranspiração potencial e a umidade do solo através da equação 1.

$$E_t = \frac{EP_t \times S_t}{S_{max}} \quad (1)$$

onde:

$E_t$ : evapotranspiração potencial no tempo  $t$ ;

$EP_t$ : evapotranspiração potencial;

$S_t$ : estado de umidade da camada superior do solo;

$S_{max}$ : capacidade máxima de umidade da camada superior do solo.

#### 2.4.2. Algoritmo de separação do escoamento

A parcela da precipitação que não foi retida pelo reservatório de perdas é considerada como precipitação efetiva, ou seja, a parte da precipitação que gera o escoamento superficial. Porém, esta parcela da precipitação que caracteriza-se pela entrada de dados no algoritmo de separação de escoamento pode dar início não só ao escoamento superficial, mas também pode infiltrar-se no solo.

A parcela de precipitação que incide diretamente em áreas impermeáveis é automaticamente convertida em escoamento superficial, sem gerar infiltração. O parâmetro que indica a porcentagem de área impermeável na bacia é AIMP.

Bravo et al. (2006) indicam que a “a infiltração pode ser obtida pela equação de Horton (equação 2) e a percolação pela equação 3, proposta por Tucci (2005)”, como pode ser observado a seguir:

$$I_t = I_b + (I_0 - I_b) \cdot h^t \quad (2)$$

$$T_t = I_b(1 - h^t) \quad (3)$$

onde:

$I_t$ : capacidade de infiltração no tempo ( $\text{mm h}^{-1}$ );

$I_b$ : capacidade mínima de infiltração de água no solo saturado ( $\text{mm h}^{-1}$ );

$I_0$ : capacidade inicial de infiltração de água no solo quando a umidade é  $S_0$  ( $\text{mm h}^{-1}$ );

$k$ : parâmetro empírico relacionado ao tipo de solo (adimensional);

$e$ : base de logaritmos neperianos;

$h$ :  $e^{-k}$ ;

$T_t$ : percolação da camada superior do solo no tempo ( $\text{mm h}^{-1}$ ).

A equação da continuidade é aplicada à zona superior do solo, conforme equação 4 e Figura 22.

$$\frac{dS}{dt} = I_t - T_t \quad (4)$$

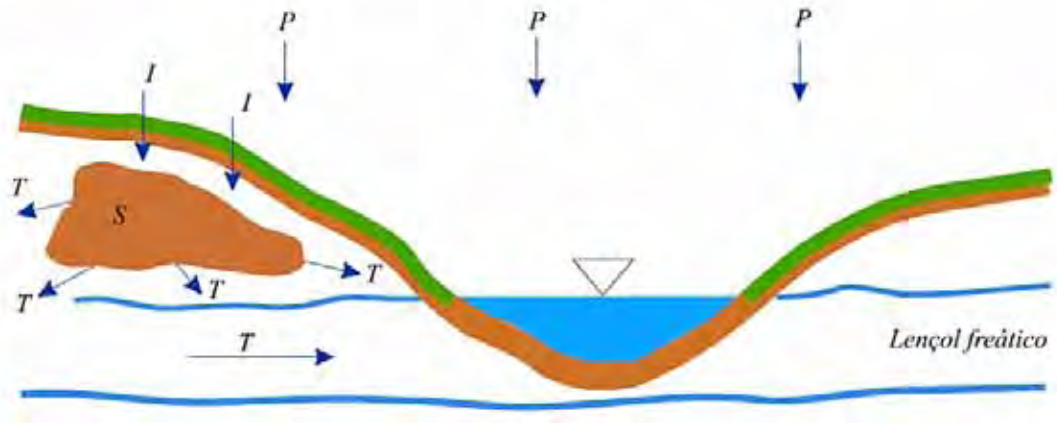


Figura 22. Aplicação da equação da continuidade na camada superior do solo. Fonte: Mine (1998)

Substituindo as equações (2) e (3) na equação (4) e integrando no intervalo  $t=0$  até  $t$ , resulta na equação 5:

$$S = S_0 + \left( \frac{I_0}{\ln h} \right) \cdot (h^t - 1) \quad (5)$$

onde:

$S$ : armazenamento (mm);

$S_0$ : estado de umidade no início da percolação (mm);

$I_0$ : capacidade de infiltração correspondente ( $\text{mm h}^{-1}$ ).

Isolando o termo  $h^t$  nas equações 2 e 3 e substituindo esse termo na equação 5, resultam as equações 6 e 7 para  $S_0 = 0$ , relacionando-se, respectivamente, o armazenamento com a infiltração e a percolação (Figura 23).

$$S_t = a_i + b_i \cdot I_t \quad (6)$$

$$S_t = a_i + b_i \cdot T_t \quad (7)$$

onde:

$$a_i = \frac{(-I_0^2)}{[\ln h \cdot (I_0 - I_b)]} \quad (8)$$

$$b_i = \frac{I_0}{[\ln h \cdot (I_0 - I_b)]} \quad (9)$$

$$\text{at } = 0 \quad (10)$$

$$b_t = \frac{(-I_0)}{[\ln h \cdot I_b]} \quad (11)$$

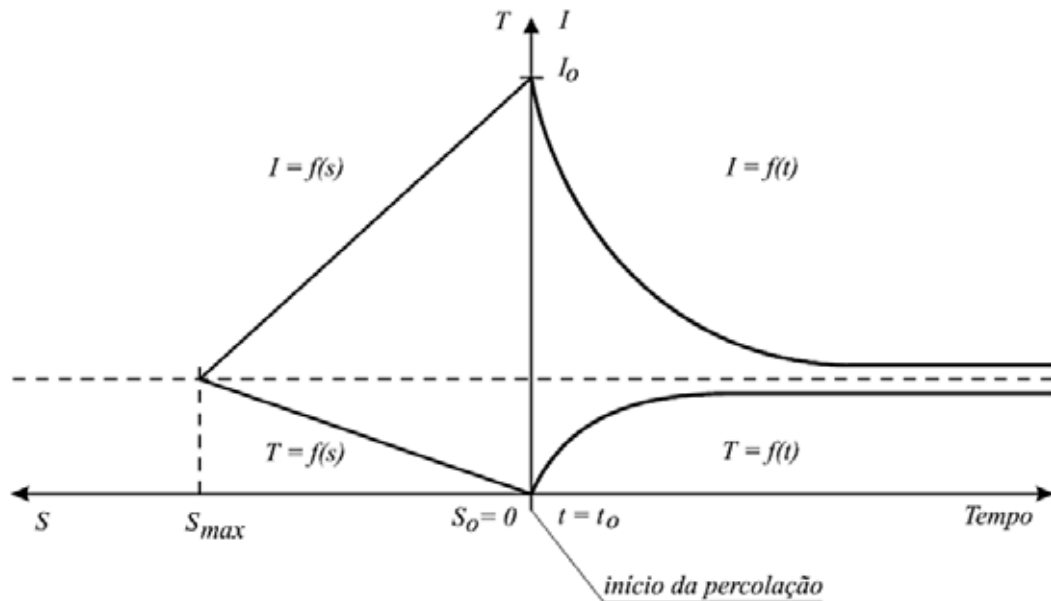


Figura 23. Representação das funções do algoritmo de separação do escoamento. Fonte: Mine (1998)

Porém, três situações podem ocorrer no cálculo dos volumes superficiais e percolados:

**Caso 1:** A precipitação ( $P_t$ ) que gera o escoamento superficial é maior do que a capacidade de infiltração do solo ( $I_t$ ), Figura 24a. Desta forma, como a precipitação é maior que a capacidade de infiltração do solo, a equação de Horton pode ser utilizada. O volume infiltrado é a integral, no intervalo de tempo  $[0, \Delta t]$  da equação de Horton, conforme equação 12 (BRAVO et al., 2006).

$$V_i = I_b \cdot \Delta t - (I_t - I_b) \cdot \frac{(h^{\Delta t} - 1)}{\ln h} \quad (12)$$

Já o volume de escoamento superficial é definido pela equação 13:

$$V_e = P_t \cdot \Delta t - V_i \quad (13)$$

O volume percolado obtido por meio da equação 14, sendo o armazenamento  $S_{t+1}$  obtido a partir de  $I_{t+1}$ , calculado pela equação de Horton (equação 2):

$$V_p = S_t - S_{t+1} + V_i \quad (14)$$

**Caso 2:** A precipitação  $P_t$  é menor que a capacidade de infiltração  $I_t$  e  $P_{t+1}$  é menor que  $I_{t+1}$ , (Figura 24b). O modelo IPH II em seu método original do algoritmo de separação de escoamento considera que todo volume infiltra e, desta maneira, a infiltração é substituída pela precipitação na equação de continuidade. Substituindo ainda a percolação  $T$  em função de  $S$  (equação 7) e resolvendo a equação diferencial da continuidade para o intervalo de tempo  $t, t+1$ , resulta a equação 15 (TUCCI, 2005 citado por BRAVO et al., 2006).

$$S_{t+1} = S_t \cdot e^{-\frac{\Delta t}{b_t}} + P_t \cdot b_t \cdot (1 - e^{-\frac{\Delta t}{b_t}}) \quad (15)$$

Tomando por base a equação 6 é possível determinar  $I_{t+1}$  por meio de  $S_{t+1}$  e verificar se a premissa é verdadeira ( $I_{t+1} > P_{t+1}$ ). Sendo verdadeira não haverá escoamento superficial e  $V_e = 0$ , enquanto que  $V_p$  pode ser determinado pela equação 14.

Bravo et al. (2006) relata que

“quando o modelo é utilizado para simulação de série contínua de eventos, este caso apresenta uma modificação ao método original. Assim, como as variáveis do modelo utilizam valores médios para a capacidade de infiltração, durante períodos de pequena precipitação ( $P < I$ ) pode existir escoamento superficial em alguns setores da bacia devido a variabilidade de  $I$ ”.

Para corrigir esta situação é aplicado o coeficiente  $Cr$ , representado pela equação 16, onde  $Cr$  é o coeficiente que representa a porcentagem de precipitação que escoar e  $\alpha$  é parâmetro do modelo.

$$Cr_t = \frac{\left(\frac{P_t}{I_t}\right)^2}{\left(\frac{P_t}{I_t} + \text{alfa}\right)} \quad (16)$$

Assim, pode ser obtida a equação 17, que representa o volume de escoamento superficial estimado.

$$V_e = P_t \times Cr_t \quad (17)$$

**Caso 3:** a precipitação  $P_t$  é menor que a capacidade de infiltração  $I_t$  e a  $P_{t+1}$ , porém maior do que  $I_{t+1}$ , (Figura 24c). Bravo et al. (2006) sintetiza que

“após o cálculo da capacidade de infiltração verifica-se que dentro do intervalo a curva de infiltração cruza a da precipitação criando duas situações diferentes. Para encontrar o ponto x da Figura 24c divide-se o intervalo de tempo em dois. No primeiro a equação de continuidade tem como entrada toda a precipitação (parcela que chega a este ponto), como na equação 15. Nesta equação o intervalo de tempo é  $\Delta t_x$ . No ponto x,  $S_x$  é determinado com base em que  $I = P$ , através da equação 16. O intervalo de tempo  $\Delta t$  é obtido da equação 15, resultando na equação 16. Conhecidos os intervalos  $[0, \Delta t_x]$  e  $[\Delta t_x, \Delta t]$ , o primeiro é tratado como o caso 2 e o segundo como no caso 1”.

$$\Delta t_x = \frac{2 \cdot b_t \cdot (S_x - S_t)}{(2 \cdot b_t \cdot P - S_x - S_t)} \quad (18)$$

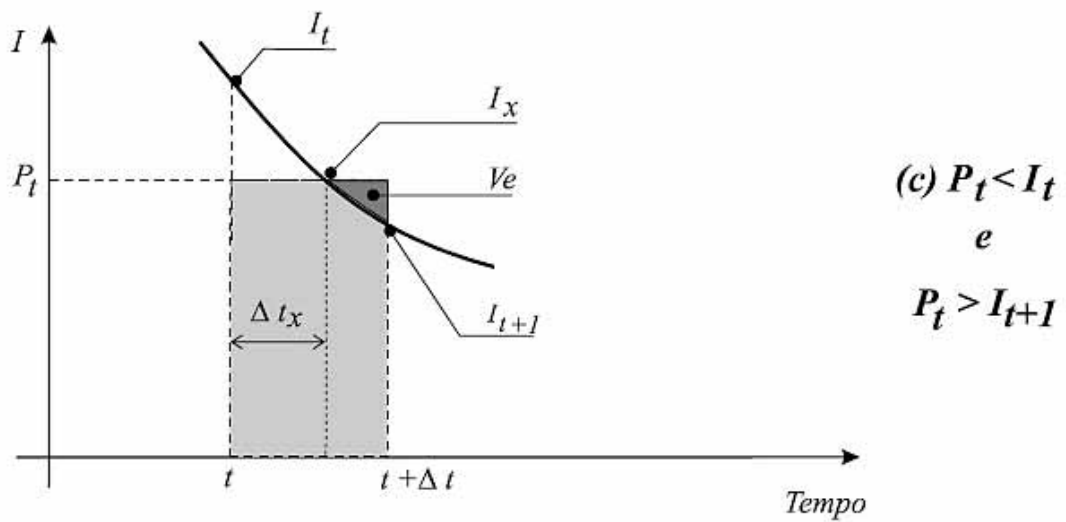
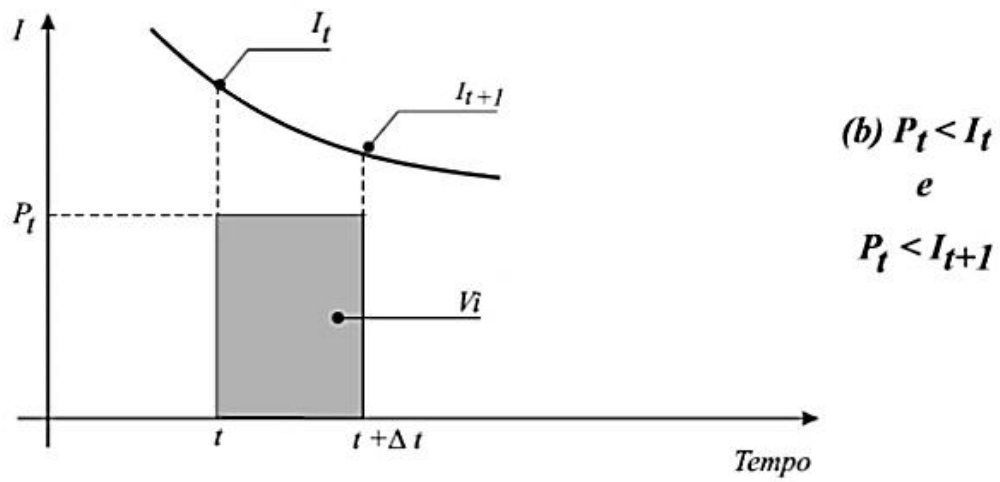
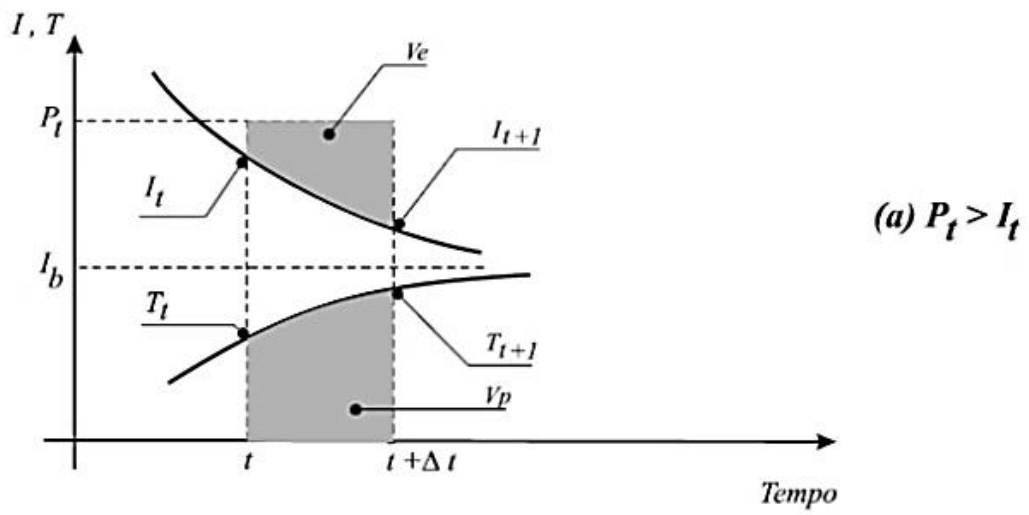


Figura 24. Situações contempladas pelo algoritmo de separação de escoamento

### 2.4.3. Algoritmo de propagação dos escoamentos superficiais e subterrâneos

A propagação do volume do escoamento superficial ( $V_e$ ), determinado pelo algoritmo anterior, é calculada com base no método de Clark (1945), o qual é uma combinação do histograma tempo-área (HTA), com um reservatório linear simples (RLS), (Figura 25). O HTA representa a translação do escoamento sobre a superfície da bacia, enquanto o RLS representa os efeitos de armazenamento da água em seu percurso até o ponto de saída (BRAVO et al., 2006).

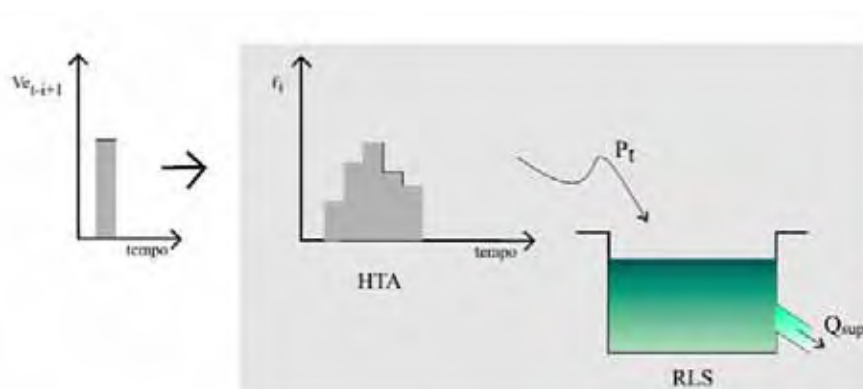


Figura 25. Histograma tempo-área pelo método de Clark (1945). Mine (1998)

Bravo et al. (2006) relata que para a obtenção do HTA, estima-se o tempo de concentração da sub-bacia ( $T_c$ ) e a posição das isócronas, que representam pontos com igual tempo de traslado até a seção de controle pela equação:

$$f_i = \frac{A_i}{A_t} \quad (19)$$

Onde,  $A_i$  é a área correspondente a duas isócronas adjacentes com tempo médio  $t_i$  de contribuição à seção de interesse, sendo o HTA representado pelas ordenadas  $f_i$ , para  $i=1,2,\dots,n$  onde o tempo  $t_n$  representa o tempo de concentração do escoamento superficial (BRAVO, et al., 2006).

Contudo, Germano et al. (1998) citado por Silva (2006) “afirmam que a determinação do HTA pode ser substituída, sem muito erro, pelo uso de um histograma tempo-área sintético, quando não se dispõe das informações necessárias para utilizar o HTA”, conforme apresentado pela Figura 26.

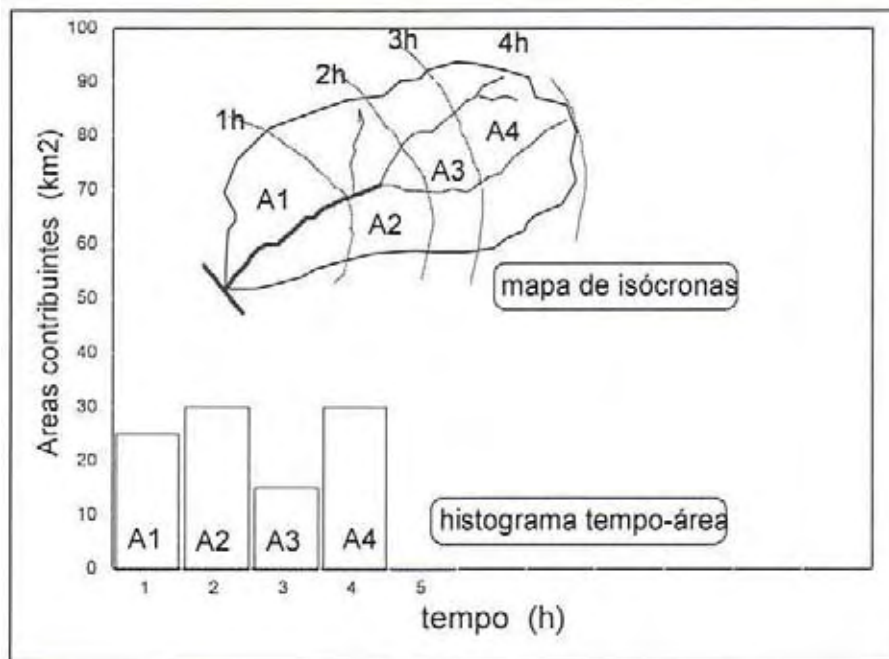


Figura 26. Isócronas e histograma tempo-área pelo método de Clark (1945). Bravo et al. (2006)

O modelo IPH II utiliza a representação do histograma sintético a partir das diretrizes do *Hydrologic Engineering Center* (HEC), Figura 27, no qual a área acumulada de contribuição ( $A_c$ ) é relacionada ao tempo de percurso, empregando-se as seguintes equações:

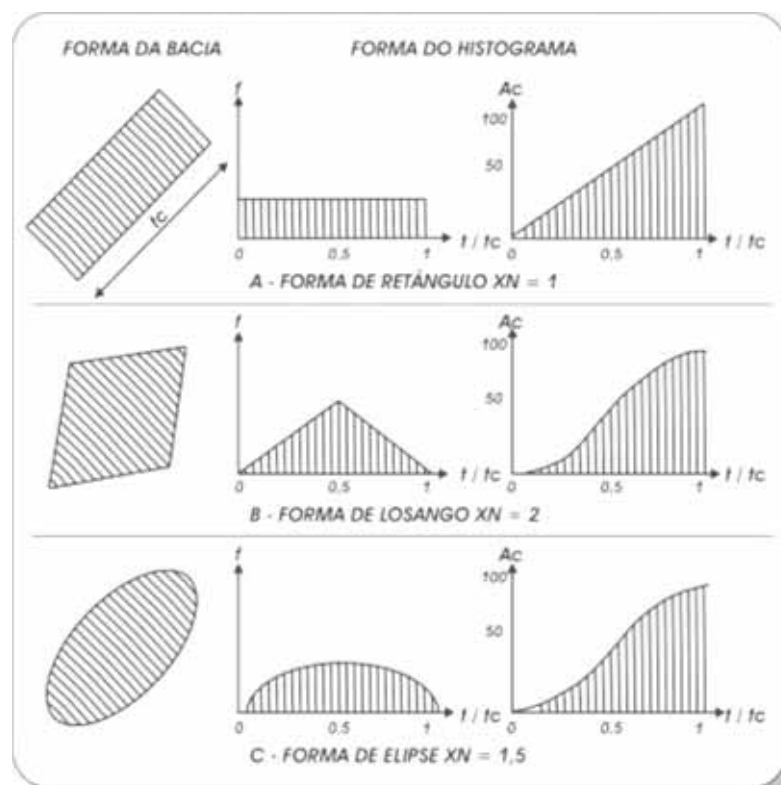


Figura 27. Formas do histograma sintético para diferentes valores de  $n$ . Silva (2006)

$$A_c = a.T^n \quad \text{para } 0 < T < T_c/2 \quad (20)$$

$$A_c = 1 - a.(1 - T)^n \quad \text{para } T_c/2 < T < T_c \quad (21)$$

$$a = (0,5)^n \quad (22)$$

Onde,  $A_c$  é a área acumulada expressa relativamente em área total;  $T$  é o tempo proporcional do tempo de concentração;  $T_c$  é o tempo de concentração da bacia; e  $n$  é o coeficiente que varia com a forma da bacia, conforme Figura 27 (SILVA, 2006).

A lâmina precipitada que gera escoamento é distribuída no tempo pelo HTA e filtrada pelo reservatório linear simples (RLS). O escoamento superficial é definido pelo método do RSL por meio da equação:

$$Q_{s_{t+1}} = Q_{s_t} \cdot e^{\frac{-\Delta t}{\Delta K_s}} + V_{s_{t+1}} \cdot (1 - e^{\frac{-\Delta t}{\Delta K_s}}) \quad (23)$$

Onde,  $Q_{s_t}$  é a vazão superficial no instante  $t$ ;  $K_s$  é o tempo médio de esvaziamento do reservatório (parâmetro do modelo) e  $V_s$  é definido por:

$$V_{s_t} = \sum_{i=r}^t V e_{t-i+1} \cdot f p_i + \sum_{i=r}^t P_{t-i+1} \cdot f m_i \quad (24)$$

Assim, a determinação da propagação do escoamento subterrâneo é obtida também pelo método do RSL, por meio da equação:

$$Q_{sub_{t+1}} = Q_{sub_t} \cdot e^{\frac{-\Delta t}{\Delta K_{sub}}} + V_{p_{t+1}} \cdot (1 - e^{\frac{-\Delta t}{\Delta K_{sub}}}) \quad (25)$$

Onde, conforme Bravo et. al. (2006),  $Q_{sub_t}$  é a vazão subterrânea no instante  $t$ ;  $K_{sub}$  é o tempo médio de esvaziamento do reservatório subterrâneo (parâmetro do modelo) e  $V_p$  é o volume percolado. Observa-se que o primeiro termo da equação 25 representa o esvaziamento do reservatório subterrâneo e o segundo termo a entrada da percolação.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIAL E MÉTODOS**

Para a realização deste trabalho a metodologia foi dividida em 3 (três) etapas, que são: (a) inventariação de dados hidrológicos, (b) calibração do modelo hidrológico IPH II e (c) simulação de cenários para o ano de 2030.

### 3.1. Inventariação de dados hidrológicos

A primeira etapa da metodologia consistiu na elaboração do inventário de dados hidrológicos, baseando-se na análise dos dados diários de precipitação e vazão, registrados pela rede hidrometeorológica pertencente à Agência Nacional de Águas (ANA), bem como do posto climatológico instalado na Universidade Federal do Acre (UFAC).

Desta forma, foram levantadas por meio de acesso ao banco de dados da ANA, através do sistema Hidroweb ([www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br)), a localização e a série de dados temporais diários das estações pluviométricas e fluviométricas.

A localização dos postos de monitoramento foi acessada por meio dos arquivos no formato KML, do software Google Earth, e posteriormente transformados para o formato *Shapefile*, compatíveis com o Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS 9.3. Nas Figuras 28 e 29 observam-se os postos de monitoramento hidrológico da ANA, na data de acesso ao banco, em 28 de novembro de 2010.

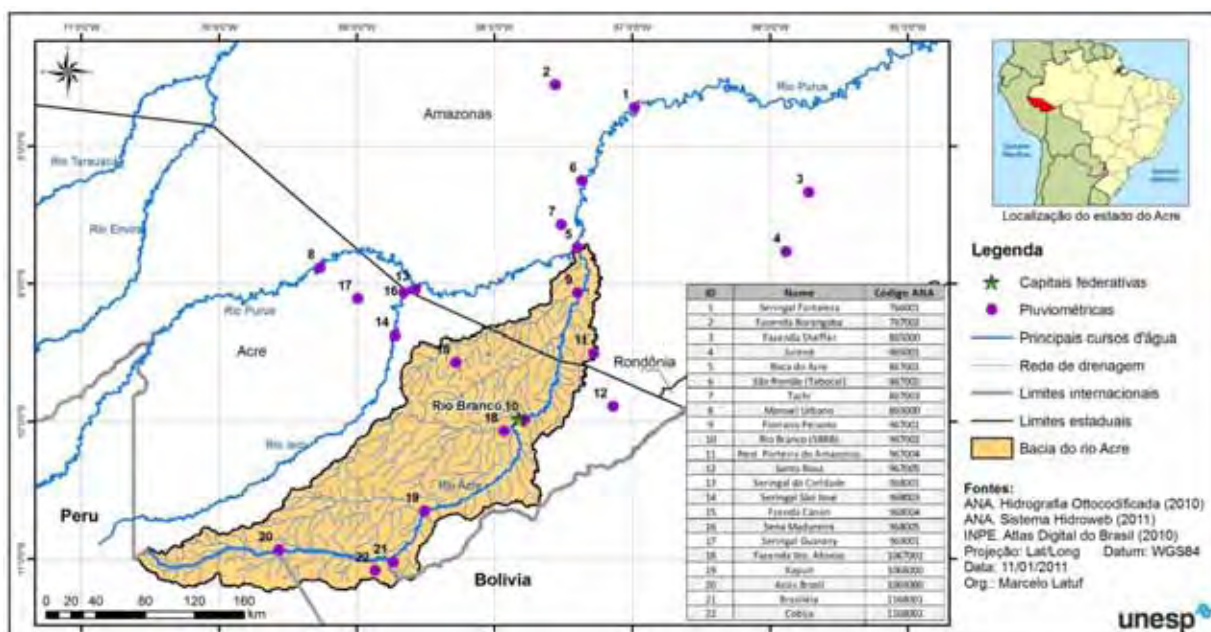


Figura 28. Rede de postos pluviométricos na bacia do rio Acre e arredores



Figura 29. Rede de postos fluviométricos na bacia do rio Acre

Cabe destacar que as análises foram efetuadas para as estações compreendidas dentro dos limites geográficos da bacia de contribuição da estação fluviométrica Rio Branco (13600002), pois seus dados foram objeto de análise e ajuste de modelo hidrológico.

### 3.1.1. Precipitação

Após todos os dados terem sido adquiridos por meio do sistema Hidroweb, utilizou-se o *software* Hidro 1.2 para a obtenção da lâmina total anual precipitada, sendo posteriormente definido como período-base para o estudo o período compreendido entre 1971 e 2005 devido, sobretudo, à maior extensão de série pareadas entre precipitações e vazões.

Devido à necessidade de caracterização da precipitação média para toda a bacia do rio Acre, optou-se por utilizar as isoietas das normais climatológicas (1961 a 1990), cedidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), por meio de acesso do site [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br), link geoprocessamento/i3Geo. A utilização desta fonte de dados justifica-se pelo fato de haver apenas uma estação climatológica com série histórica mínima necessária na bacia, localizada na UFAC.

No que tange à área de contribuição para o posto fluviométrico Rio Branco (13600002), as precipitações obtidas por meio das estações pluviométricas (Tabela 9) não foram espacializadas, pois as mesmas não possuem uma distribuição geográfica satisfatória ao longo de toda a área de drenagem, como observa-se na Figura 30.

Tabela 9. Lista de estações pluviométricas utilizadas

Código	Nome	Início de operação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
82915*	UFAC	1970	9° 57' 11''	67° 51' 54''	157
01069000	Assis Brasil	1980	10° 56' 0''	69° 34' 0''	263
01067001	Fazenda Santo Afonso	1989	10° 04' 0''	67° 56' 0''	152
01068000	Xapuri	1978	10° 38' 59''	68° 30' 24''	178
01168001	Brasiléia	1980	11° 01' 24''	68° 44' 06''	225
01168002	Cobija	1949	11° 05' 0''	68° 52' 0''	239

Fonte: Sistema HidroWeb, ANA (2010).\* Código da OMM, demais códigos referentes à ANA.

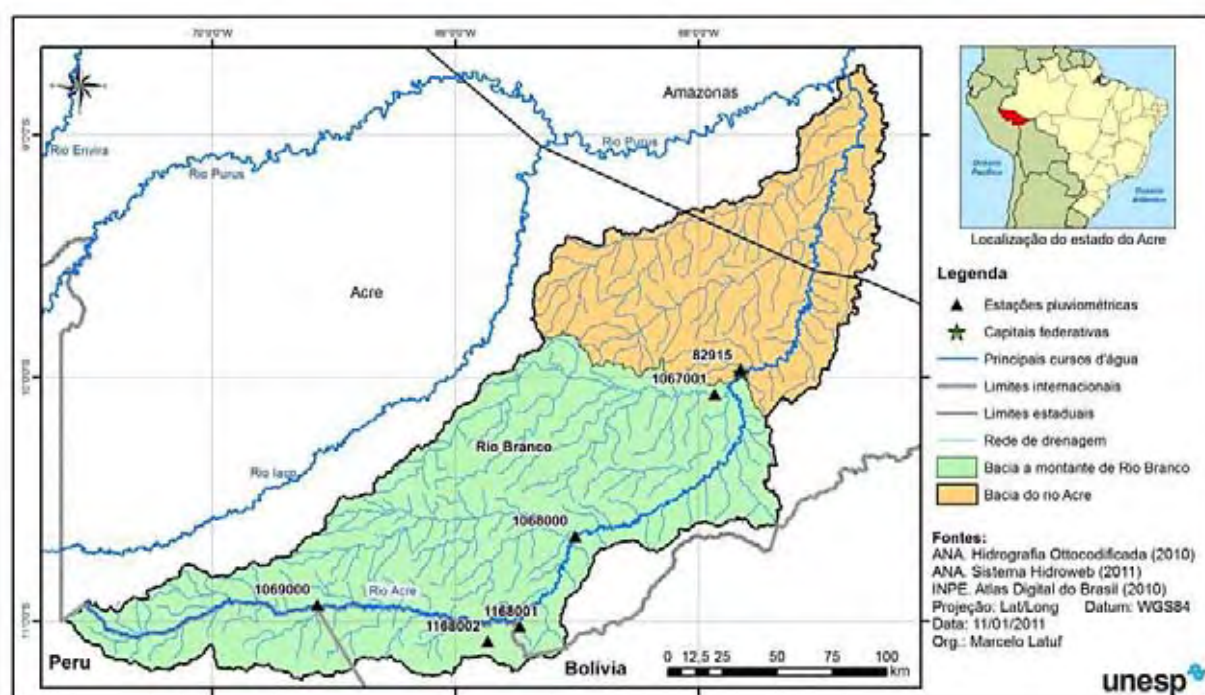


Figura 30. Localização das estações pluviométricas utilizadas

Neste sentido, optou-se pelo método de média aritmética para a obtenção dos índices anuais de precipitações na bacia, visto que a inferência geoestatística necessita de maiores pontos de amostragem, até mesmo fora da área de análise, o que contrasta com a atual realidade de monitoramento hidrometeorológico da Amazônia brasileira, com baixa densidade de postos, quando comparados a outros locais no Brasil (SANTOS et al., 2001).

De acordo com a Organização Meteorológica Mundial - OMM (2008), em seu Guia para Instrumentos Meteorológicos e Métodos de Observação, relata uma distância de 150 km<sup>2</sup> ao redor da estação, como tendo representatividade nas medições.

Diante do exposto, haveria conformidade técnica para a realização da interpolação de dados pluviométricos, porém os eventos de precipitação na região da bacia caracterizam-se

por chuvas do tipo convectivas, com reduzida área de ocorrência. Assim, poderia-se ter problemas quanto à ocorrência de precipitação em apenas alguns pontos monitorados.

Haveria, portanto, erros expressivos nas estimativas das lâminas precipitadas na bacia, o que iria comprometer a calibração do modelo hidrológico de conversão chuva-vazão (tipo concentrado).

Neste sentido, optou-se pela utilização conjunta de dados pluviométricos diários da metodologia Hidroestimador, adquiridos pelo FTP do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e processados no SIG ArcGIS 9.3. Estes dados são restritos ao público, sendo destinados apenas a pesquisadores e/ou gestores públicos, por meio de assinatura de um termo de responsabilidade.

A técnica Hidroestimador é um método automático que utiliza uma relação empírica exponencial entre a precipitação (estimada por radar) e a temperatura de brilho do topo das nuvens (extraídas do canal infravermelho do satélite GOES-12) (Scofield, 2001), ajustando-se a taxa de chuva atribuída a cada pixel, de acordo com as temperaturas próximas dos pixels.

Obtidos pelo satélite GOES-12, a cada 30 minutos, com resolução espacial de 4 km, as imagens do Hidroestimador estão disponíveis desde 2003.

Desta forma, estima-se uma melhora no ajuste do modelo hidrológico para as vazões máximas e mínimas, devido à maior densidade de pontos amostrais, pois cada pixel de 16 km<sup>2</sup> foi convertido no formato ponto, obtendo na bacia de interesse um total de 1.320 pontos.

Para a análise do comportamento das precipitações na bacia a montante da estação fluviométrica 13600002, no período de 1971 a 2005, foram utilizadas técnicas de estatísticas apoiadas em medidas de tendência central e dispersão, por meio dos parâmetros médias, valores máximos e mínimos, desvio padrão e correlação linear.

A estes parâmetros associaram-se, qualitativamente, as ocorrências de eventos de El Niño e La Niña, bem como suas magnitudes, obtidos por meio do site do CPTEC, <http://enos.cptec.inpe.br/>.

### 3.1.2. Vazões

As estimativas das vazões compreenderam três fases, que são: (a) aquisição de dados, (b) tratamento e seleção de período-base e (c) análise. Na Tabela 10 observam-se as estações fluviométricas em operação na bacia do rio Acre, bem como sua localização na Figura 31.

Tabela 10. Estações fluviométricas pré-selecionadas e período de observações

Estação	Nome	Rio	Município	Início*	Fim*
13450000	Assis Brasil	Rio Acre	Assis Brasil/AC	07/1982	12/2005
13470000	Brasiléia	Rio Acre	Brasiléia/AC	08/1982	12/2005
13550000	Xapuri	Rio Acre	Xapuri/AC	09/1967	08/2006
13580000	Faz. Santo Afonso	Riozinho do Rola	Rio Branco/AC	01/1998	12/2005
13600002	Rio Branco	Rio Acre	Rio Branco/AC	08/1967	12/2005
13650000	Boca do Acre	Rio Acre	Boca do Acre/AM	01/1967	12/2005

Fonte: ANA (2010). \* Apenas dados consistidos.

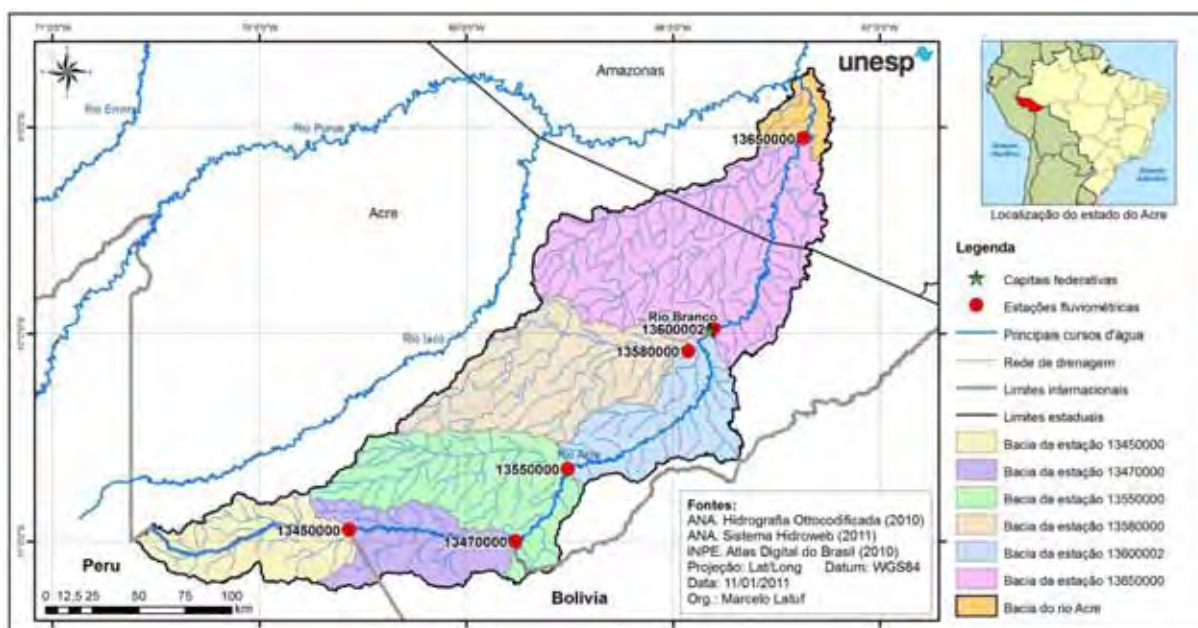


Figura 31. Estações pré-selecionadas para a bacia hidrográfica do rio Acre

Na calha do rio Acre estão instalados cinco pontos de monitoramento, sendo a estação Assis Brasil (13450000) mais a montante e a estação Boca do Acre (13650000) mais a jusante.

A obtenção dos dados diários realizou-se por meio do acesso ao banco de dados do sistema HidroWeb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>), efetuando-se os *downloads* dos registros sobre cotas e resumos de descarga para a estação 13600002 (Rio Branco), para posterior elaboração do gráfico da curva-chave.

Utilizando-se o *software* Sistema Computacional para Análises Hidrológicas (SisCAH 1.0), desenvolvido pela equipe do Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa, foram acessadas as séries históricas de vazões diárias, por meio do módulo “importar dados”.

Este módulo faz o acesso direto ao banco de dados da ANA e efetua a transferência de dados automaticamente, sem a necessidade de acessar o sistema HidroWeb, sendo apenas necessário a digitação do código da estação (Figuras 32 e 33).

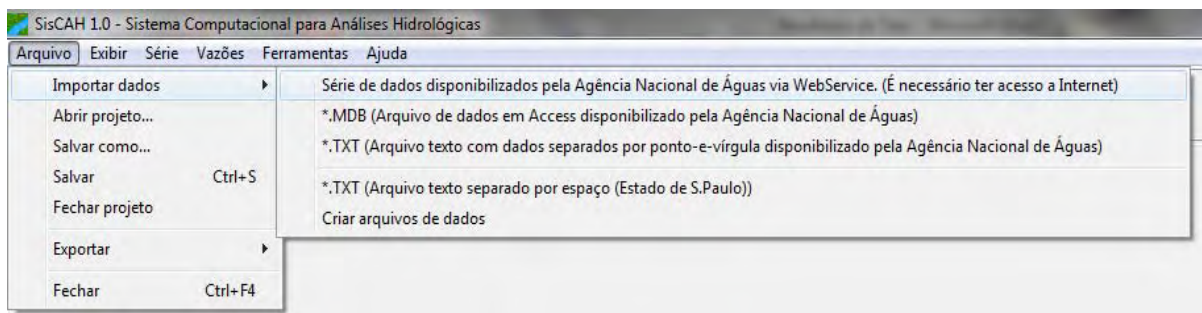


Figura 32. Método de obtenção de dados das estações fluviométricas (tela do SisCAH 1.0)

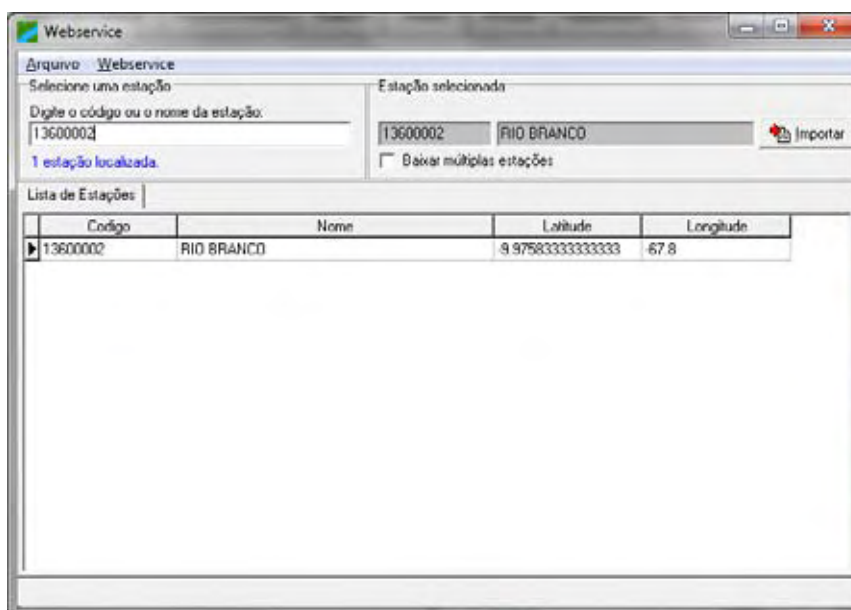


Figura 33. Importação de dados das estações fluviométricas (tela do SisCAH 1.0)

Cabe destacar que os registros diários importados via Webservice do SisCAH 1.0 limitam-se aos dados consistidos, ou seja, dados que passaram pelo processo de revisão e validação pela ANA, não sendo possível a importação de dados brutos por este meio.

Uma vez importados todos os registros iniciou-se a fase de tratamento e seleção do período-base. Adotaram-se para esta fase alguns critérios, que são: (a) verificação da existência e extensão de falhas, admitindo-se séries anuais com no máximo 5% de falhas, de acordo com Tucci (2009) e (b) verificação de estacionariedade com o objetivo da identificação de possíveis mudanças de tendências.

A análise de estacionariedade das séries de vazões foi realizada para verificar se as mesmas possuíam ou não mudanças significativas ao longo do período base escolhido. Este teste é realizado no próprio SisCAH 1.0 e consiste na análise estatística da média e variância, por meio do teste T (para as médias) e o teste F (para as variâncias). Há duas opções de probabilidades, 1 e 5%, sendo que neste trabalho testou-se ambas.

Já a etapa de análise dos dados focou na sistematização e discussão do comportamento das vazões médias, máximas e mínimas anuais, bem como em diferentes períodos de retorno das vazões máximas e mínimas ( $Q_7$ ), além das vazões associadas às diferentes permanências (consideradas para efeito de outorga), utilizando-se para isto os softwares SisCAH 1.0, Hidro 1.2 e Microsoft Excel, na construção de gráficos, ajustes de tendências e obtenção de parâmetros estatísticos.

Devido ao objetivo deste estudo focar na área a montante da estação Rio Branco, código 13600002, localizada no sítio urbano da cidade de Rio Branco/AC, optou-se por realizar o diagnóstico/inventário de vazões mais detalhados apenas para esta estação, pois a mesma sintetiza o comportamento hidrológico de toda a área de interesse.

Foram identificadas falhas na série hidrológica de dados diários, que superaram o limite estipulado de 5%, para os anos de 1967, 1968, 1969, 1970, 1994, 1995 e 1997. Desta forma, optou-se por tentar o preenchimento das mesmas por métodos estatísticos baseados em correlação, porém nenhuma série de dados das estações localizadas na bacia ajustou-se satisfatoriamente ( $R^2 > 0,70$ ), com a estação 13600002. Neste sentido, estipulou-se o período-base de 32 anos entre 1971 a 2005, excluindo os anos de 1994, 1995 e 1997.

Para a análise do comportamento das vazões máximas, médias e mínimas anuais na bacia a montante da estação 13600002, no período de 1971 a 2005, foram utilizadas técnicas de estatísticas apoiadas em medidas de tendência central e dispersão, por meio dos parâmetros médias, valores máximos e mínimos, desvio padrão e correlação linear.

A estes parâmetros associaram-se, qualitativamente, as ocorrências de eventos de El Niño e La Niña, bem como suas magnitudes, obtidos por meio do site do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), <http://enos.cptec.inpe.br/>.

## **3.2. Calibração do modelo hidrológico IPH II**

### **3.2.1. Entrada de dados**

Bravo et. al. (2006) elaboraram um software com base no sistema operacional Windows, denominado WIN\_IPH2, que possui o objetivo de facilitar o processo de alimentação, calibragem e simulação hidrológica do modelo IPH II. Desta forma, neste subcapítulo serão apresentados os passos de calibragem do modelo hidrológico IPH II, por meio do software WIN\_IPH2.

Primeiramente, estudou-se o modelo com o objetivo de conhecer os procedimentos internos de conversão chuva-vazão, aliado à necessidade de dados de entrada, ou seja, se

haveria a possibilidade de utilização do mesmo em virtude dos dados solicitados no início do processo de alimentação.

Porém, deve-se ressaltar a necessidade de conhecimento e validade dos dados de entrada, pois caso estes sejam duvidosos, todos os procedimentos de calibragem e simulação serão comprometidos. Por este motivo, optou-se apenas pela utilização de dados consistidos da ANA.

O primeiro passo foi preparar todos os dados necessários para a inserção no modelo. Há um módulo específico, alocado no menu Dados do software WIN\_IPH2, com o nome de “Dados da Simulação”, conforme é apresentado na Figura 34, onde se pode observar quais os dados de entrada e configurações que o modelador deve possuir antes de iniciar o processo de calibragem.

Neste passo são inseridos dados da sobre a área de interesse, no caso da bacia a montante da estação 13600002 (Rio Branco), que correspondem a 12 (doze) informações a serem preenchidas nos diversos campos observados na Figura 34.

A primeira etapa de preenchimento é com relação aos dados de precipitação diária (mm), evaporação diária (mm) e vazão diária ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ). Desta forma, utilizando-se o software Hidro 1.2 obteve-se a precipitação diária para 5 (cinco) estações pluviométricas, conforme Tabela 9. É válido ressaltar que a estação UFAC foi desconsiderada deste procedimento, pois não foram obtidos os dados diários desta estação, apenas dados de base mensal e anual.

Entretanto, conforme descrito anteriormente, são poucas as estações pluviométricas instaladas na bacia a montante de Rio Branco (BMRB), além do fato das precipitações nos meses do período chuvosos serem caracterizadas por chuvas convectivas, com dimensões territoriais reduzidas.

Assim, devido à arquitetura do modelo IPH II ser do tipo concentrado, a precipitação média diária para a BMRB foi a média diária dos 5 (cinco) pontos de monitoramento previamente selecionados. Optou-se por realizar a média aritmética dos dados para a obtenção da precipitação média diária, devido às expressivas distâncias entre as mesmas, bem como pela padronização de sua localização, por estar sempre perto da calha do rio Acre.

Desta forma, caso ocorra um evento de precipitação em apenas uma das estações, o resultado será representativo para toda bacia, como por exemplo, considerando apenas o evento de precipitação na estação 1069000 (Assis Brasil) de  $80 \text{ mm dia}^{-1}$ , irá gerar uma média de  $16 \text{ mm dia}^{-1}$  em toda a bacia, mesmo se as demais estações não tiverem registrado lâminas precipitadas. Neste exemplo, seria adotado o valor de  $16 \text{ mm}$  de lâmina em toda a extensão da área de interesse.

**DADOS DA SIMULAÇÃO**

**Arquivos de entrada**

C:\exemplos_WIN_IPH2\Model.	Precipitação
C:\exemplos_WIN_IPH2\Model.	Evaporação
C:\exemplos_WIN_IPH2\Model.	Vazões observadas

**Gerais**

Intervalo de tempo (min)	1440.00
Número de registros	731.00

**Dados da bacia**

Área da bacia (km <sup>2</sup> )	23392.80
Área impermeável (0 -- 100) %	0.12
Coefficiente de forma (n) do HTA	2.00
Tempo de concentração (em unidades de intervalo de tempo)	3.00

**Condição Inicial**

Percolação (m <sup>3</sup> /s)	13.25
Vazão subterrânea (m <sup>3</sup> /s)	354.60
Vazão Superficial (m <sup>3</sup> /s)	257.60

CONFIRMA      SAI

Figura 34. Módulo entrada de dados do software WIN\_IPH2

Este fato compromete a qualidade da informação de entrada, pois as alturas diárias de precipitação são uniformes para toda a bacia (modelo concentrado), podendo ocorrer uma superestimativa das vazões simuladas em função das vazões observadas.

Deste modo, para minimizar os efeitos pontuais das amostras por postos pluviométricos, optou-se pela utilização de um sensor orbital de detecção de lâminas precipitadas. O método utilizado foi o Hidroestimador, obtido por meio de imagens no canal infravermelho do satélite geostacionário GOES-12.

Neste sentido, foram testados três formas de entradas de dados de precipitação, que são: (a) a média diária monitorada pelos postos pluviométricos da ANA, (b) média diária monitorada pelas imagens do Hidroestimador e (c) pela média entre os dois métodos anteriores.

Na Figura 35 observa-se a grade de 4 x 4 km da precipitação do Hidroestimador para a bacia a montante de Rio Branco, sendo ao todo 1.320 pontos de observação.

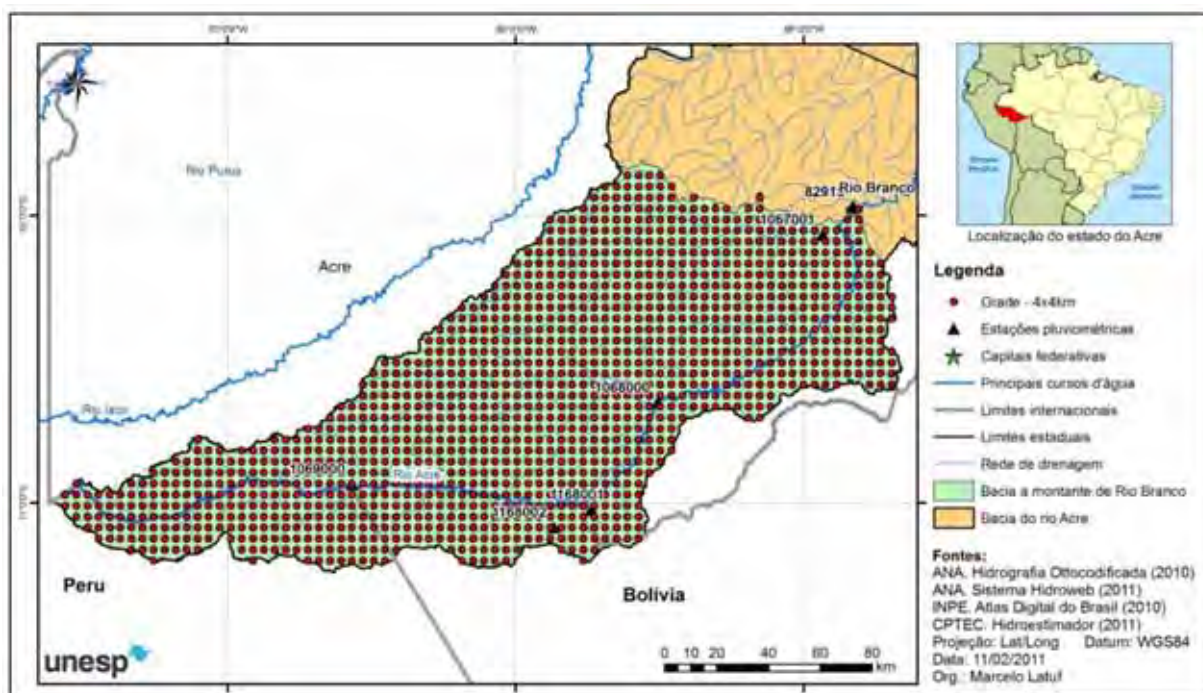


Figura 35. Grade de 4x4 km das imagens do Hidroestimador para área de interesse

Com relação aos dados de evaporação diária, infelizmente não se pôde contar com os dados diários medidos pela única estação climatológica na região, localizada na UFAC. Assim, como alternativa foram utilizados os dados mensais de evapotranspiração ( $\text{mm dia}^{-1}$ ), obtida pela equação de Penman-Monteith, por meio dos produtos do sensor Modis (MOD11 e MOD43), temperatura da superfície e albedo, respectivamente, com resolução de 1 km, abordo do satélite Terra, com as órbitas/ponto h11v09 e h11v10.

Os dados foram adquiridos por meio da extensão *Modis Tools*, disponível em <http://data.crwr.utexas.edu/blog/news/historical-evapotranspiration-data/>, que foi elaborado pelos pesquisadores Dr. Qiaozhen Mu e Dr. Steve Running, ambos da Universidade de Montana, nos Estados Unidos. Esta extensão é compatível com o SIG ArcGIS 10, tendo sua disponibilização de forma gratuita, porém com início apenas no ano de 2000 até o presente.

Nas Figuras 36 e 37 observam-se as estimativas de evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) para a BMRB, nos meses de janeiro e setembro de 2004, respectivamente. Nota-se que há a inversão de áreas onde há a maior evapotranspiração média mensal, pois em janeiro (auge do período chuvoso) os maiores registros são para áreas desmatadas (em tons de vermelho), porém em setembro (auge do período de estiagem) os maiores registros são para setores de

florestas, tendo as áreas desmatadas uma evapotranspiração muito baixa, sendo até possível sua identificação com expressiva precisão geométrica.

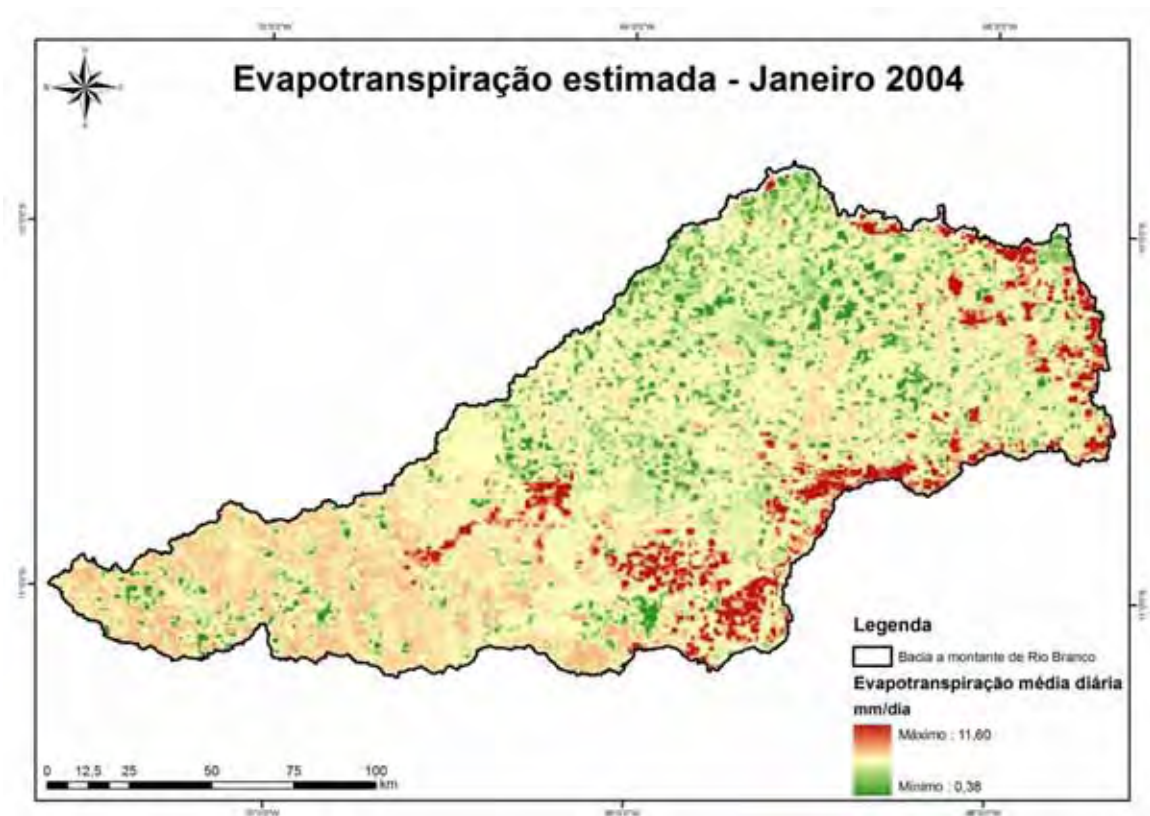


Figura 36. Estimativa de evapotranspiração real média diária - janeiro/2004

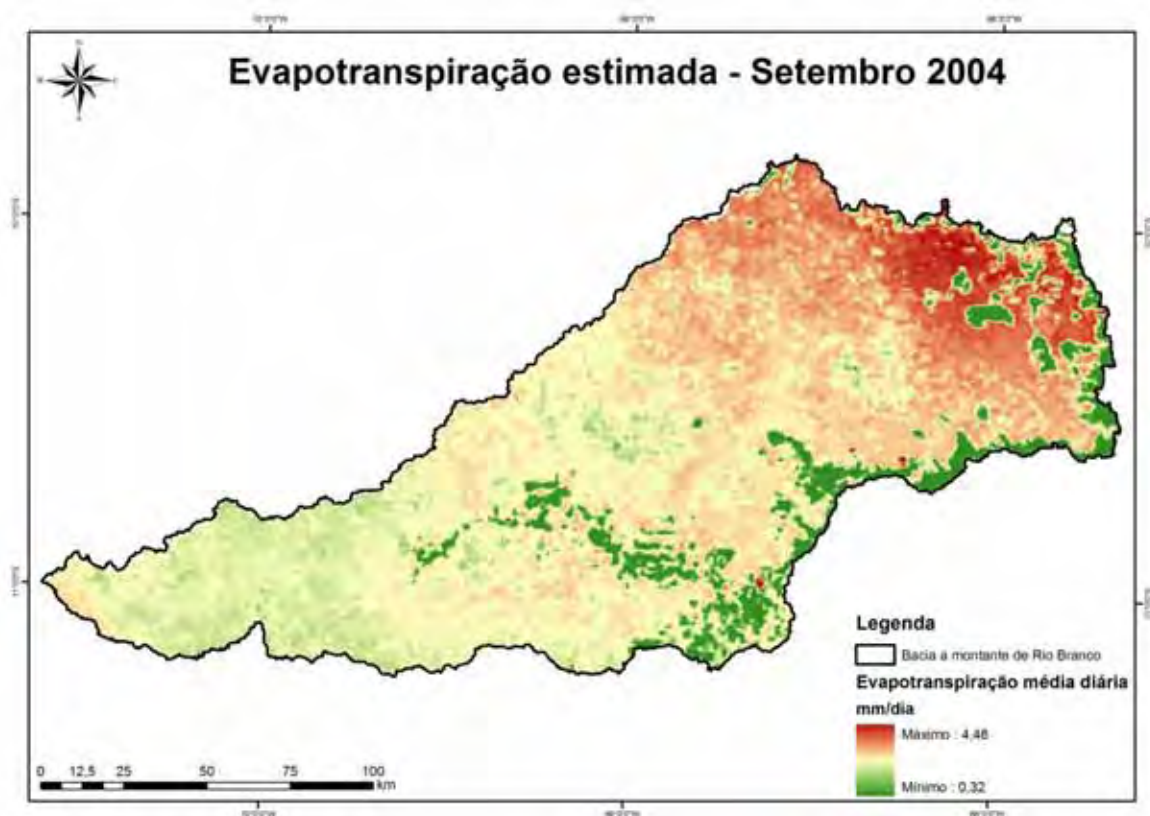


Figura 37. Estimativa de evapotranspiração real média diária - setembro/2004

No módulo de entrada de dados (Figura 34), para fins de calibração, o intervalo de tempo em minutos deve ser preenchido conforme os dados de entrada são organizados, por exemplo: caso os dados de entrada sejam diários o valor deverá ser 1.440, pois é o valor dos minutos de um dia; caso os valores de entrada sejam organizados de forma mensal, o valor deverá ser 43.200, e assim por diante.

Já o valor do número de registros significa a contagem dos dias dos dados de entrada, correspondendo a cada linha dos arquivos TXTs inseridos, ou seja, caso a calibragem seja executada para um ano, este valor deverá ser 365 (exceto para anos bissextos, cujo valor deverá ser 366) e assim por diante.

Na guia Dados da bacia, os dados solicitados são: (a) área da bacia (km<sup>2</sup>), (b) área impermeável (0 - 100%), (c) coeficiente de forma (n) do HTA (adimensional), (d) tempo de concentração (em unidade de intervalo de tempo - adimensional).

A área da bacia foi estimada pelo módulo *Spatial Analyst Tools* do software ArcGIS 9.3, por meio da calculadora matricial utilizando o comando *watershed*, associado ao ponto de localização da estação 13600002 (estação fluviométrica Rio Branco), utilizando o modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC) confeccionado da área, seguindo as metodologias propostas por Marques (2007) e Rennó (2009).

A área impermeável foi estimada com base no banco de dados espaciais das manchas urbanas, obtidos na Unidade Central de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto do estado do Acre (UCEGEO), na escala de 1:100.000 (ACRE, 2006)

O coeficiente de forma HTA (histograma tempo-área) é originado do método de Clark (1945), para a separação do escoamento. Segundo Bravo et al. (2006a) “o HTA representa a translação da chuva pelo deslocamento sobre a superfície da bacia”, representados por valores entre 1,0 e 2,0; sendo o mesmo estimado por meio da observação da forma da BMRB, utilizando o parâmetro *n*, descrito a partir das diretrizes do *Hydrologic Engineering Center* (HEC).

Já o tempo de concentração, em unidades de intervalo de tempo, foi calculado pelo emprego do método de determinação do tempo de concentração (Tc) proposto por Kirpich (1940) citado por Pruski et al. (2004), que relaciona o comprimento do curso d'água (km) e a diferença de cota (m) entre a nascente e a foz do curso d'água. Após a obtenção do Tc o resultado foi dividido pelo valor do tempo em horas.

A última etapa no processo de entrada de dados consistiu no preenchimento das condições iniciais de percolação (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>), vazão subterrânea (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>) e vazão superficial (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>).

Para a determinação destes valores, exceto para a percolação, foi adotado o método de separação de escoamento proposto por Tucci (2009), que avalia graficamente o início e o fim do escoamento superficial, pela mudança da linha da hidrógrafa, entre os pontos A e C da Figura 38. O valor de percolação foi adotado como sendo a menor vazão registrada no período de dados utilizados, conforme proposto por Marins (2004).

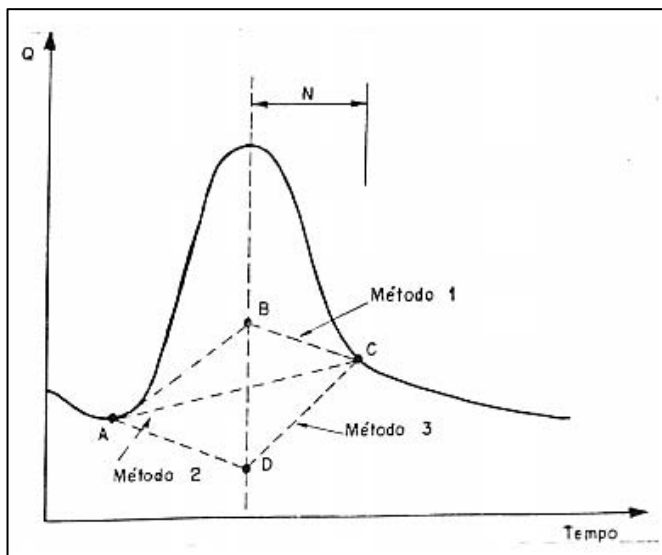


Figura 38. Métodos de separação de escoamento (superficial e subterrâneo). (Tucci, 2009)

No Gráfico 1 observa-se um trecho da separação de escoamentos (superficial e subterrâneo) realizado entre 01/01/2003 a 21/01/2004, onde a vazão subterrânea teve a contribuição, neste período, de 78,7% e a vazão superficial de 21,2%.

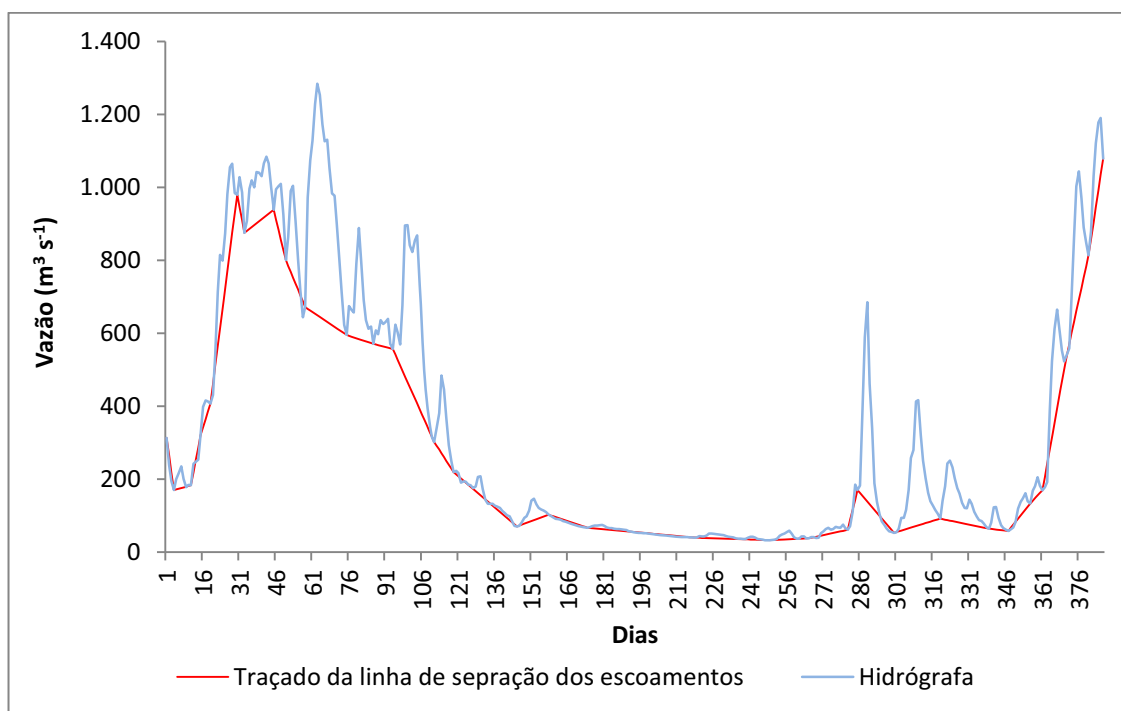


Gráfico 1. Separação de escoamentos entre 01/01/2003 a 21/01/2004

Para finalizar a etapa de entrada de dados foram adotados os valores dos limites (mínimo e máximo) para os sete parâmetros do modelo IPH II (Tabela 11), modo *default*, acessando o menu Calibração automática e clicando em Limite de parâmetros, e após em “Confirma”, conforme ilustra a Figura 39.

Tabela 11. Parâmetros a serem ajustados pela etapa de calibração

Parâmetro	Descrição	Unidades
$I_0$	Capacidade inicial de infiltração de água no solo	$\text{mm h}^{-1}$
$I_b$	Capacidade mínima de infiltração de água no solo saturado	$\text{mm h}^{-1}$
H	Parâmetro empírico em função do tipo de solo	Adimensional
$K_s$	Coefficiente de recessão do escoamento superficial	h
$K_{\text{sub}}$	Coefficiente de recessão do escoamento subterrâneo	h
$R_{\text{max}}$	Capacidade máxima do reservatório de armazenamento	mm
Alfa	Parâmetro do modelo	Adimensional

Fonte: Bravo et al. (2006)

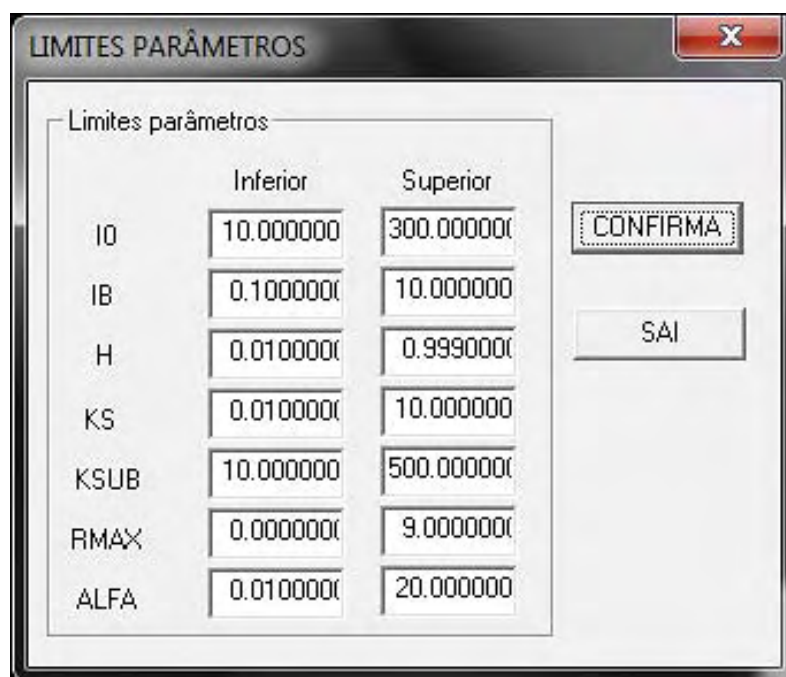


Figura 39. Módulo “Limites de Parâmetros” do software WIN\_IPH2

Na Tabela 12 apresenta-se um resumo dos dados de entrada para fins de calibração do IPH II.

Tabela 12. Dados de entrada para a realização dos testes de calibração

Dados de entrada	Descrição	Unidade
Precipitação	Precipitação diária registrada pelos três métodos testados.	mm dia <sup>-1</sup>
Evaporação	Evaporação média diária mensal obtida pela equação de Penman-Monteith, por meio dos produtos do sensor Modis (MOD11 e MOD43), respectivamente, temperatura da superfície e albedo ou pelo uso das Normais Climatológicas do INMET.	mm dia <sup>-1</sup>
Vazões observadas	Vazão diária registrada pela ANA para a estação 13600002.	m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
Intervalo de tempo	Intervalo de tempo mínimo de modelagem, representado pelo valor em minutos de 1 (um) dia.	minuto
Número de registros	Número de dias no qual a modelagem irá processar.	dia
Área da bacia	Valor da área da bacia de interesse.	km <sup>2</sup>
Área impermeável	Valor da área impermeável da bacia de interesse.	km <sup>2</sup>
Coeficiente de forma	Valor que representa a forma da bacia pelo método de separação de escoamento pelo método de Clark (1945).	1 a 2
Tempo de concentração	Relação entre o tempo de concentração em horas e sua duração.	Adimensional
Percolação	Valor de vazão percolada no início do processo de calibragem.	m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
Vazão subterrânea	Valor de vazão por contribuição subterrânea.	m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
Vazão superficial	Valor de vazão por contribuição superficial.	m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>

Desta forma, o procedimento de calibragem iniciou-se com a entrada de dados, bem como a confirmação dos limites dos parâmetros (modo *default*).

Entretanto, testaram-se calibrações efetuando mudanças nos dados de entrada de precipitações, sendo (a) o primeiro teste com dados médios diários das estações pluviométricas, (b) o segundo teste com dados médios diários da técnica utilizada pelo Hidroestimador e (c) o terceiro teste com dados médios de (a) e (b).

Optou-se pela calibração automática mono-objetivo, que consiste na técnica automatizada de procura por ótimos globais de ajuste do modelo, por meio de funções-objetivo (F.O.). No software WIN\_IPH2 é utilizado o algoritmo SCE-UA (*Shuffled Complex Evolution - University of Arizona*; Duan et al., 1992), conforme dados de Bravo et al. (2006), para execuções mono-objetivas.

As funções-objetivo (Figura 40) possuem a característica de testar o ajuste dos parâmetros do modelo, por meio de testes estatísticos iterativos. No software WIN\_IPH2 há

sete Funções Objetivo (F.O.) à escolha do usuário, que são: (a) desvio padrão, (b) desvio absoluto médio, (c) desvio quadrado relativo médio, (d) desvio padrão do inverso das vazões, (e) coeficiente de Nash e Sutcliffe, (f) desvio relativo médio e (g) erro de volume.

Nome	Equação
Desvio padrão *	$FO1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{NT} (Q_{o_i} - Q_{c_i})^2}{NT}}$
Desvio absoluto médio *	$FO2 = \frac{\sum_{i=1}^{NT}  Q_{o_i} - Q_{c_i} }{NT}$
Desvio quadrado relativo médio *	$FO3 = \frac{\sum_{i=1}^{NT} \frac{(Q_{o_i} - Q_{c_i})^2}{Q_{o_i}}}{NT}$
Desvio padrão do inverso das vazões *	$FO4 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{NT} \left(\frac{1}{Q_{o_i}} - \frac{1}{Q_{c_i}}\right)^2}{NT}}$
Coeficiente de Nash e Sutcliffe *	$FO5 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{NT} (Q_{o_i} - Q_{c_i})^2}{\sum_{i=1}^{NT} (Q_{o_i} - \bar{Q})^2}$
Desvio relativo médio *	$FO6 = \frac{\sum_{i=1}^{NT} \frac{ Q_{o_i} - Q_{c_i} }{Q_{o_i}}}{NT}$
Erro de volume *	$FO7 = \frac{\sum_{i=1}^{NT} Q_{c_i} - \sum_{i=1}^{NT} Q_{o_i}}{\sum_{i=1}^{NT} Q_{o_i}} * 100$

\*  $Q_{o_i}$  é o valor de vazão observada no intervalo de tempo  $i$ ,  $Q_{c_i}$  é o valor de vazão calculada no intervalo de tempo  $i$ ,  $NT$  é o número de intervalos de tempo da série analisada e  $\bar{Q}$  é a vazão média da série.

Figura 40. Funções objetivo disponíveis no software WIN\_IPH2 (Bravo et al., 2007)

Deste modo, testou-se para o conjunto de dados as diversas F.O. e seus respectivos índices e ajustes gráficos entre as hidrógrafas estimada e observada. Assim, os resultados das diversas calibrações para cada F.O. foram avaliados por meio do coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para os anos de 1988 e 2005 (*vazões observadas e vazões estimadas*), bem como a verificação gráfica (*inspeção visual*) da forma da hidrógrafa estimada em função da hidrógrafa observada.

Ressalta-se que todo o processo de calibração foi realizado para os biênios de 1987/1988 e 2004/2005, sendo que a verificação do ajuste do modelo IPH II foi realizado para 1988 e 2005, anos de maior e menor registro histórico de dados de vazão, respectivamente. Assim, a calibração iniciou-se um ano antes dos anos selecionados, para o que o modelo pudesse “rodar” e tentar ajustar-se previamente aos anos de interesse.

### 3.3. Simulação de cenários de comportamento para 2030

A realização de simulações para a previsão do comportamento hidrológico do rio Acre, para a estação 13600002 foi dividida em sete etapas:

- (a) obtenção do modelo digital de elevação (MDE) em maior resolução espacial para a área urbana do município de Rio Branco/AC;
- (b) elaboração do gráfico de curva-chave e obtenção da correlação entre as cotas altimétricas e linimétricas da estação 13600002;
- (c) aquisição dos polígonos da previsão de desmatamento para a Amazônia em 2030, elaborado por Soares Filho et al. (2008);
- (d) obtenção da previsão de mudança no comportamento das precipitações elaborado pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) em seu Relatório Técnico VI de 2008;
- (e) estimativa de evapotranspiração para 2030;
- (f) cálculo da estimativa do aumento populacional das cidades lindeiras ao rio Acre;
- (g) simulação pelo método de calibragem manual.

A primeira etapa consistiu na obtenção do MDE detalhado da área urbana do município, pois para a modelagem da cota altimétrica dos níveis registrados pelo rio Acre na enchente de 1988 (17,11 m) e posterior estimativa para 2030, não é possível utilizar o MDE obtido pelo SRTM, pois sua resolução espacial e vertical não é aconselhável em estudos de detalhe.

Desta maneira, foi necessária a obtenção do MDE da cidade de Rio Branco, gentilmente cedido pela empresa Vectra Engenharia Ltda.

O MDE elaborado pela empresa Vectra Engenharia Ltda., subsídio a um trabalho para o Governo do estado do Acre, possui resolução espacial de 5 m, tendo sido confeccionado com a realização de trabalhos topográficos de campo na calha do rio Acre, mapeando os taludes em curvas de nível a cada 1 metro, bem como realizando mapeando pelo método cinemático, pelas vias de acesso da cidade de Rio Branco, tendo sido coletados mais de 48.000 pontos de amostras fixados, para posterior interpolação de dados (Vectra, sem data).

A segunda etapa consistiu na obtenção da curva-chave (vazão x cota linimétrica) e correlação entre as cotas topográficas e cotas linimétricas. Para isto, realizou-se o *download* dos dados de “resumo de descarga” para a estação 13600002, pelo sistema Hidroweb, sendo

utilizado o software Microsoft Excel para o ajuste da curva de correlação entre vazão medida e cota observada.

Já a correlação entre as cotas topográficas e linimétricas foi realizada por meio da plotagem gráfica das réguas linimétricas no talude do rio Acre, entre os bairros Preventório e Cidade Nova, associando ao levantamento topográfico da calha a cada 1 metro. Desta maneira, obteve-se a cota altimétrica para cada régua linimétrica, sendo utilizado posteriormente o software Microsoft Excel para o ajuste de correlação.

Assim, por meio do ajuste de correlação entre as vazões e suas respectivas cotas linimétricas e altimétricas, pode-se obter a cota altimétrica para quaisquer níveis linimétricos registrados pela estação 13600002.

A terceira etapa consistiu na aquisição dos polígonos de desmatamento projetados para a Amazônia em 2030, elaborado por Soares Filho et al. (2008), sendo cedidos gentilmente pelo Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), sede Acre.

A quarta etapa consistiu na obtenção das estimativas de incremento de precipitação, sendo adotadas como referência as previsões do relatório técnico VI do IPCC, ([http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_technical\\_papers.shtml](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_technical_papers.shtml)) publicado em 2008, onde apontam que a região ocidental da Amazônia brasileira terá um acréscimo de aproximadamente 5% para os próximos 50 anos. Esta previsão foi realizada utilizando-se a média de 15 (quinze) modelos globais de previsão climática, do Instituto *Hadley Centre*, tendo sido obtida significância maior do que 80%.

Quanto à evapotranspiração adotouse como referência duas situações, sendo (a) a evapotranspiração média mensal das áreas desmatadas em 2004 e 2005 e (b) a evapotranspiração média mensal das áreas florestadas em 2004 e 2005.

Neste sentido, primeiramente foi necessário a obtenção dos polígonos acumulados de desmatamento do estado do Acre em 2004 e 2005, acessados na base cartográfica do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do estado do Acre (2009).

Desta forma, por meio dos polígonos de desmatamento acumulados para os anos de 2004 e 2005, obteve-se a média mensal de evapotranspiração para as áreas desmatadas, aplicando-se técnicas de geoprocessamento, por meio do SIG ArcGIS 9.3. O mesmo procedimento foi realizado para áreas consideradas não desmatadas.

Estas técnicas consistiram no recorte das imagens apenas nas áreas de interesse (floresta e desmatamento) e obtenção da média de comportamento mensal, por meio dos comandos *Extract by Mask* e *Zonal Statistics*, inclusos no módulo *Spatial Analyst Tools*. Posteriormente, os polígonos de desmatamento projetados para 2030 foram transformados

para o formato matricial, tendo sido criadas duas classes: 0 ou nulo (para áreas florestadas) e 1 (para áreas desmatadas).

Assim, utilizando a calculadora matricial inclusa no módulo *Spatial Analyst Tools*, aplicou-se o seguinte comando:  $\text{jan\_2029} = \text{con}(\text{isnull}([\text{jan\_s}]), [\text{jan\_2004}], [\text{jan\_s}])$ , onde o arquivo *jan\_2029* foi criado em uma relação condicional, pois onde no arquivo *jan\_s* (média da evapotranspiração em áreas desmatadas para o mês de interesse) for nulo, ou seja, áreas florestadas, retorne comportamento da evapotranspiração mapeada em 2004, caso contrário, retorne o valor médio da evapotranspiração para o mês de interesse (média da área desmatada para o mês).

Este procedimento só foi possível devido à expressiva correlação espacial entre as feições geométricas das áreas desmatadas, com áreas de baixa evapotranspiração (no mês de setembro), como pode ser observado pela Figura 41.

Quanto à estimativa de crescimento populacional da cidade de Rio Branco, adotou-se a metodologia de progresso aritmética, proposta por Von Sperling (2005). Para isto, foi necessário o acesso aos dados dos censos demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

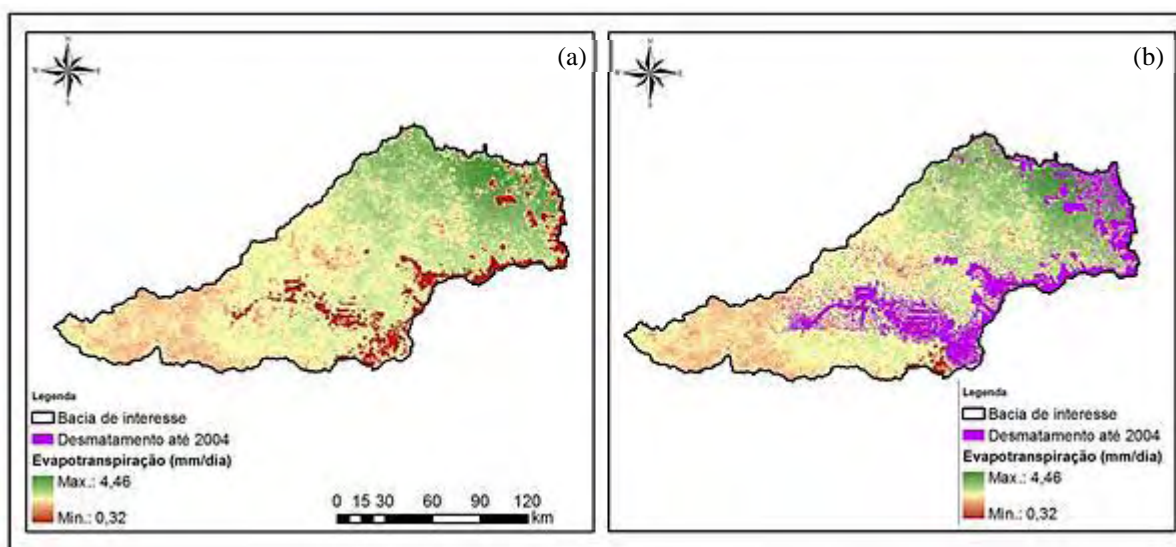


Figura 41. Evidência de alta correlação espacial entre áreas desmatadas (a) e evapotranspiração (b)

Neste sentido, optou-se por acessar o banco de dados GeoSNIC (Sistema de Geoprocessamento e Dados Cadastrais dos Municípios Brasileiros), desenvolvido pelo Ministério das Cidades, no endereço <http://geosnic.cidades.gov.br/src/php/app.php>, pois este banco funciona como um grande repositório de dados de diversas fontes, sobre os municípios brasileiros, com acesso rápido e gratuito. Assim, com as projeções populacionais relacionou-

se o consumo de água per capita, admitindo-se o consumo de 200 L hab. dia<sup>-1</sup>, conforme dados de Rebouças et. al. (1999).

Com relação ao procedimento de simulação do comportamento hidrológico em 2030, utilizou-se o processo de calibração manual disponível no software WIN\_IPH2, onde o usuário possui controle sobre os parâmetros de ajuste do modelo. Optou-se por este método, pois os modelos já estarão calibrados para as vazões máxima e mínima.

Finalmente, após a execução de todas as etapas anteriormente citadas, a espacialização e/ou simulação da mancha de inundação foi realizada por meio da utilização do SIG ArcGIS 9.3, módulo *3D Analyst Tools*, comando *Reclassify*.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

## 4.1. Inventário de dados hidrológicos a montante de Rio Branco

### 4.1.1. Precipitação

Observa-se na Figura 42 o mapa com a espacialização da precipitação média anual para a bacia hidrográfica do rio Acre. Nota-se que a montante, próximo à fronteira entre Brasil e Peru, caracteriza-se pela região que possui maiores índices pluviométricos anuais, chegando a valores superiores a 2.700 mm.

Entretanto, seguindo em direção a jusante nota-se uma redução nos índices pluviométricos, tendo como exemplo a cidade de Rio Branco/AC, localizada na faixa próxima à média de 1.900 mm anuais. Adentrando-se ao estado do Amazonas, em direção ao município de Boca do Acre/AM os índices pluviométricos tendem a aumentar, porém mantendo-se abaixo dos registrados na região de cabeceira.

Utilizando-se do software ArcGIS 9.3, módulo *Spatial Analyst*, obteve-se a média de precipitação anual para a bacia de 1.942,2 mm, por meio de inferência geoestatística, utilizando o interpolador Inverso do Quadrado da Distância (IDW).

A partir da análise dos dados das estações pluviométricas listadas na Tabela 9, obteve-se a precipitação média anual (1971 a 2005) para a bacia de contribuição da estação fluviométrica Rio Branco (13600002), como pode ser observado por meio do Gráfico 2.

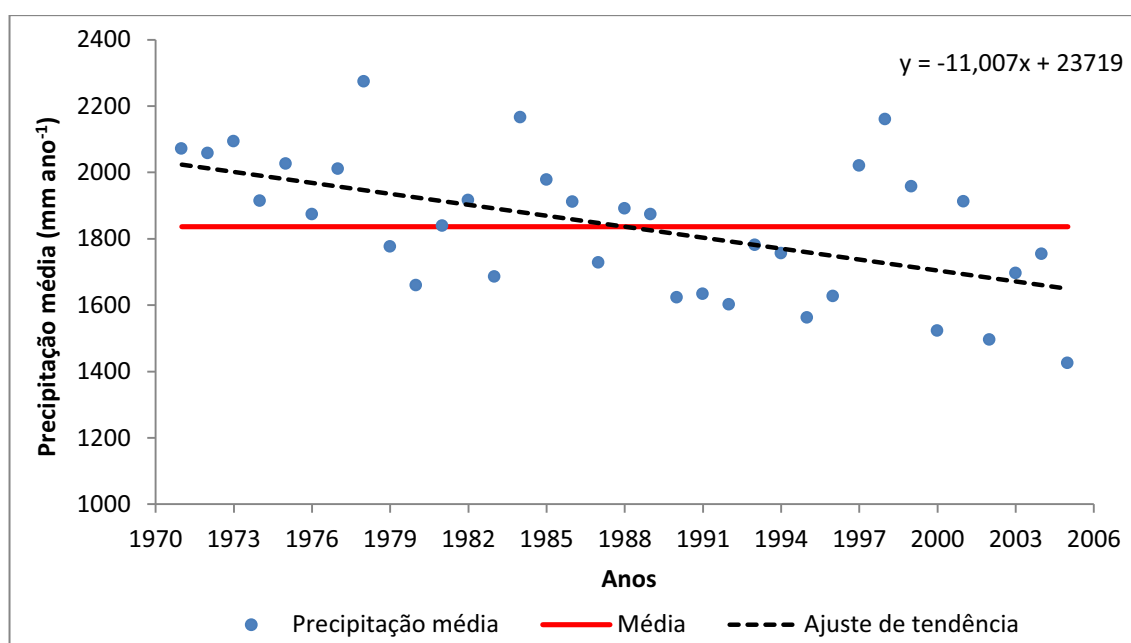


Gráfico 2. Precipitação média anual para a bacia do rio Acre a montante de Rio Branco

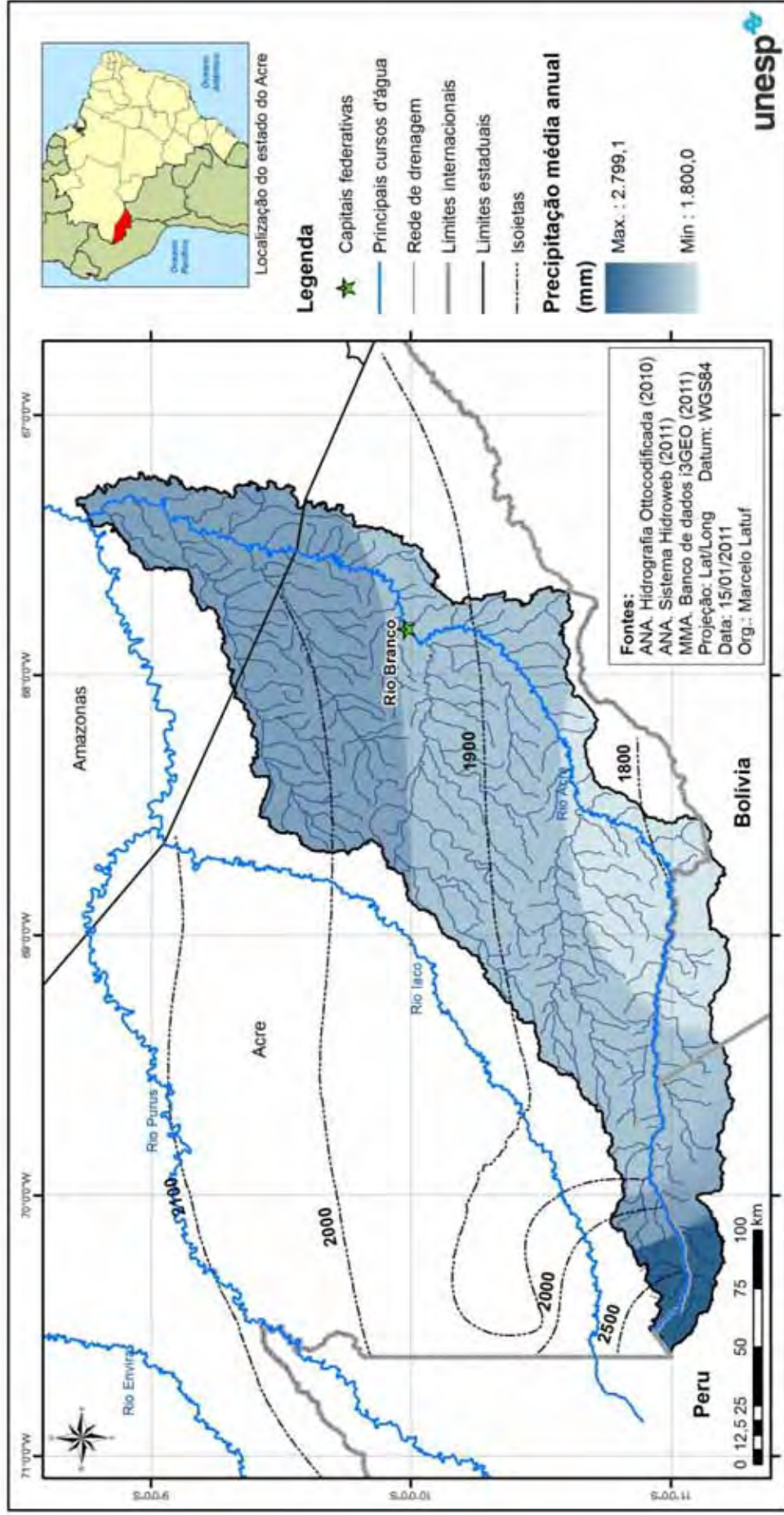


Figura 42. Precipitação média na bacia do rio Acre

Com média de 1.836,4 mm o regime de precipitação na bacia a montante de Rio Branco (BMRB) vem sofrendo redução, de acordo com a inclinação da reta de tendência ajustada para o período de 1971 a 2005. Esta redução é estimada pela constante  $\beta$  (beta) da regressão linear, que indica o valor de redução em aproximadamente 11 mm ano<sup>-1</sup>.

No período-base proposto o maior índice pluviométrico ocorreu no ano de 1978 com 2.273,5 mm. Já o ano que obteve o menor índice pluviométrico na bacia foi o ano da “grande seca”, ocorrida em 2005 (Figura 43), com 1.424,9 mm. Na Figura 43a observa-se o nível das águas do rio Acre, próximo à ponte de ferro no centro de Rio Branco, sendo que a Figura 43b ilustra o material particulado em suspensão neste período, devido às intensas queimadas.

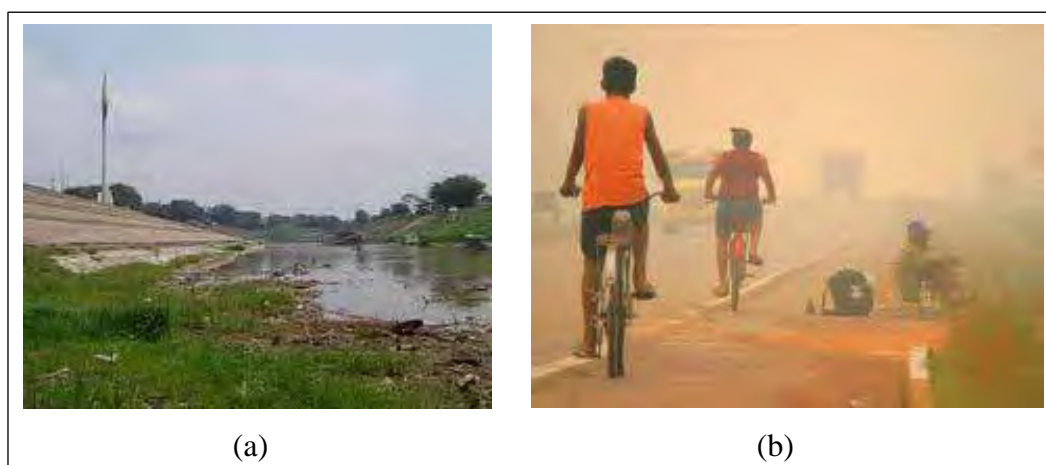


Figura 43. Imagens da “grande seca” de 2005. Fonte: Google imagens (2011)

Dos 35 anos de dados, 54% (19 ocorrências) foram acima da média histórica (1971 a 2005) e 46% (16 ocorrências) estiveram abaixo deste índice, sendo observada uma maior frequência de índices abaixo da média após 1988, conforme observa-se no Gráfico 3.

Percebe-se que os maiores desvios em relação à média histórica ocorreram em 1978, com o registro de 437,1 mm acima da média, sendo que a menor ocorrência foi registrada no ano de 2005, com 411,5 mm de déficit, caracterizando este ano como o da “grande seca”.

Utilizando-se de técnicas de estatística descritiva (medidas de tendência central e dispersão), elaborou-se o Gráfico 4, que evidencia a média e sua variação padrão, positiva ou negativa, adotando o desvio padrão como referência.

Deste modo, calculou-se a média do período, bem como o desvio padrão da série de dados. Admitindo-se que o desvio padrão representa a variação padrão dos dados em relação à média, a associação entre média e desvio foi feita da seguinte forma: (a) somando-se a média ao desvio padrão, obteve-se o limite superior da variação considerada como “esperada”; (b) diminuindo-se o desvio padrão da média histórica, obteve-se o limite inferior de variação “esperada”.

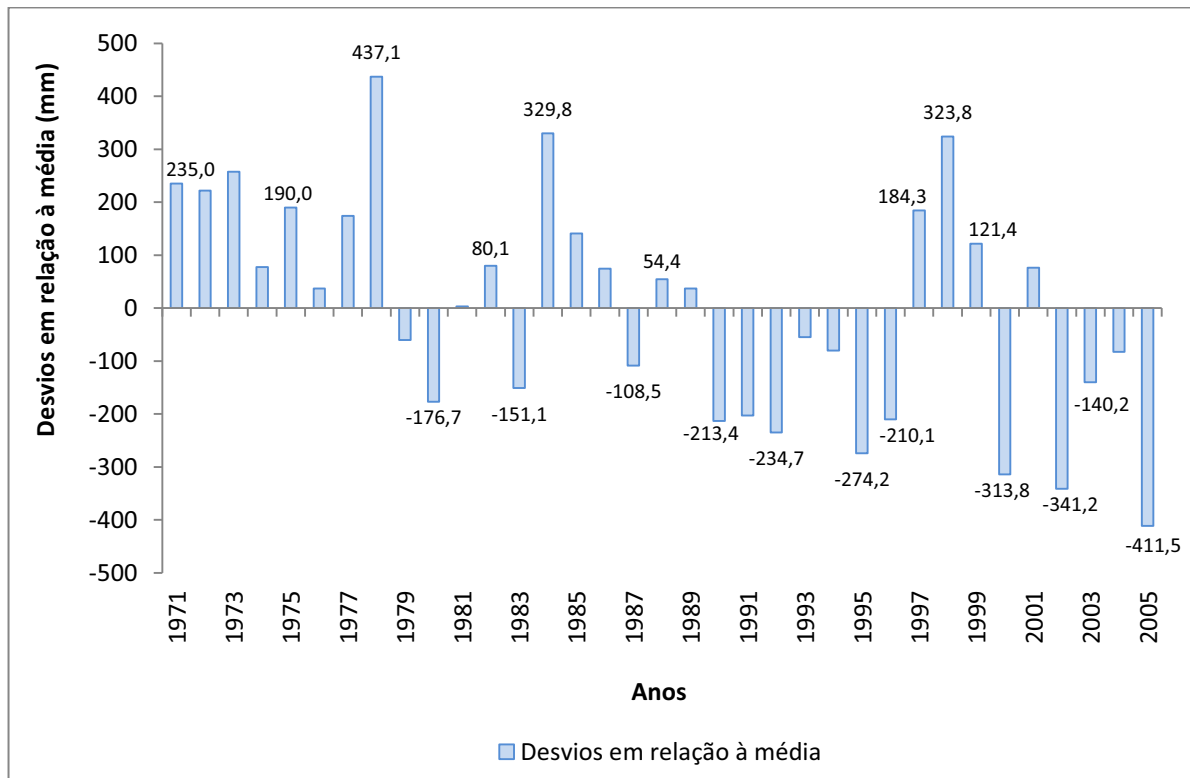


Gráfico 3. Desvios em relação à média histórica

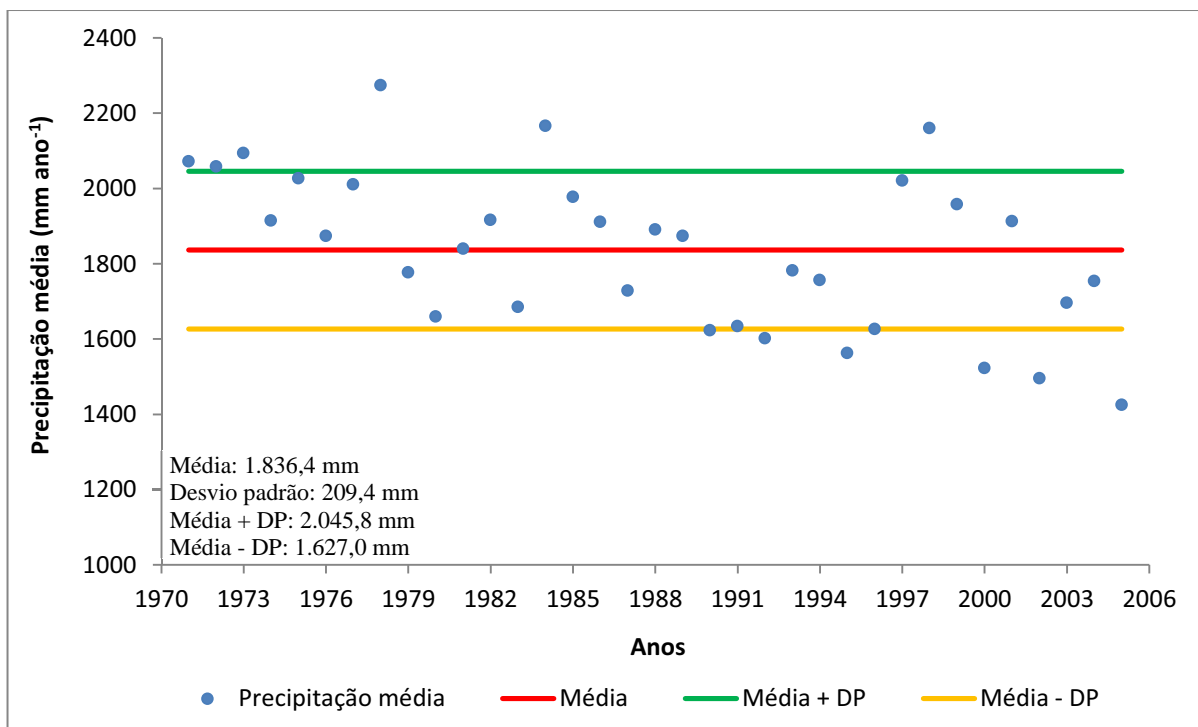


Gráfico 4. Variações da precipitação em torno da média

Desta forma, pode-se observar que a maioria dos registros históricos de precipitação na BMRB está dentro dos “limites esperados”, ou seja, abaixo do limite superior (2.045,8

mm) e acima do limite inferior (1.627,0 mm). Apenas 13 registros estão fora do padrão esperado, totalizando 37,1% dos casos, sendo 6 acima do limite superior (17,1%) e 7 abaixo do limite inferior (20%).

Alguns anos destacam-se, como por exemplo, 1978, 1984, 1998 e 2005. Os três primeiros caracterizam-se por serem anos com registros acima da média 437,1 mm, 329,8 mm e 323,8 mm, respectivamente, sendo o último ano com registros abaixo da média histórica em 411,5 mm.

Associando estas informações a dados de ocorrência e intensidades de El Niños e La Niñas, elaborado pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), representado pelas Tabelas 13 e 14, respectivamente, observa-se que em 1978 houve a ocorrência de El Niño de fraca intensidade; tendo em 1984 a ocorrência de La Niña também de fraca intensidade. Já em 1998 houve El Niño de fraca intensidade e La Niña com intensidade moderada.

Em 2005, ano da maior seca registrada na bacia do rio Acre, houve El Niño considerado de forte intensidade. Nesta análise pode-se incluir os anos de 1980 e 1990, com respectivas ocorrências de El Niño com fraca e forte intensidade.

Tabela 13. Ocorrência de El Niños no período-base selecionado

<b>Anos</b>	<b>Classificação</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Classificação</b>
1972 - 1973	Forte	1976 - 1977	Fraco
1977 - 1978	Fraco	1979 - 1980	Fraco
1982 - 1983	Forte	1986 - 1988	Moderado
1990 - 1993	Forte	1994 - 1995	Moderado
1997 - 1998	Forte	2002 - 2003	Moderado
2004 - 2005	Fraco		

Fonte: CPTEC (2011). <http://enos.cptec.inpe.br/> acesso em 10/02/2011.

Tabela 14. Ocorrência de La Niñas no período-base selecionado

<b>Anos</b>	<b>Classificação</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Classificação</b>
1973 - 1976	Moderado	1970 - 1971	Moderado
1984 - 1985	Fraco	1983 - 1984	Fraco
1995 - 1996	Fraco	1988 - 1989	Forte
		1998 - 2001	Moderado

Fonte: CPTEC (2011). <http://enos.cptec.inpe.br/> acesso em 10/02/2011.

Ressalta-se que nos anos anteriormente citados (1980, 1984, 1990 e 1998), exceto os anos de 1978 e 2005 (este último, pois caracteriza-se como o fim da série), estão associados à

mudanças de tendências no padrão de distribuição de precipitação na BMRB, conforme observa-se no Gráfico 5.

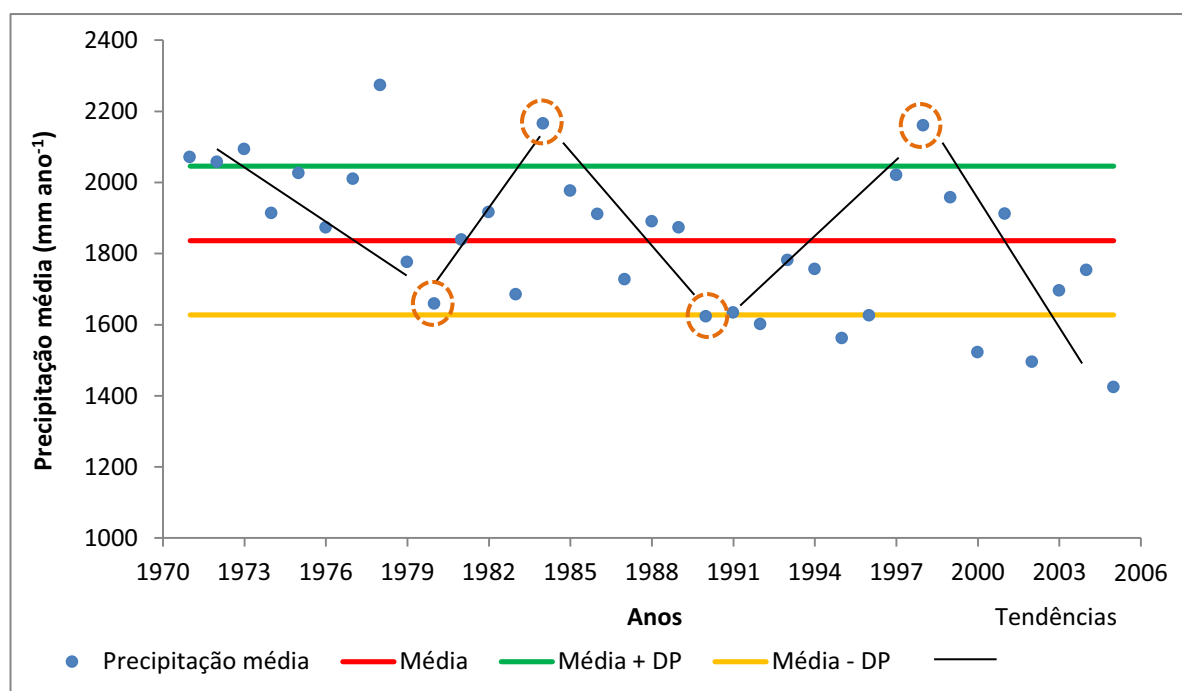


Gráfico 5. Mudanças de tendências associadas a eventos de El Niño e La Niña

Em relação à distribuição da precipitação ao longo dos doze meses do ano, a BMRB possui um comportamento típico de clima Tropical, ou seja, verões chuvosos e invernos secos.

Entretanto, na Amazônia brasileira o conhecimento popular “batizou” o período de chuvas como sendo o inverno amazônico (alta nebulosidade) e, por conseguinte, o período de estiagem como sendo o verão amazônico (baixa/média nebulosidade).

No Gráfico 6 apresenta-se o comportamento médio da precipitação mensal (1971 a 2005), configurando-se como o período de chuvas (inverno amazônico) de novembro a abril (06 meses) e o período entre maio a outubro (06 meses), como o período de estiagem (verão amazônico).

A média anual de precipitação mensal é de 146,6 mm, considerando-se o mês de janeiro como o mais chuvoso, com média de 257,5 mm, enquanto o mês de julho corresponde ao mês de maior estiagem, com média de 26,0 mm. No período chuvoso precipita uma lâmina média de 1.347,8 mm, correspondendo a 76,6%, sendo que no período de estiagem a precipitação média é de 411,0 mm, correspondendo a 23,4%.

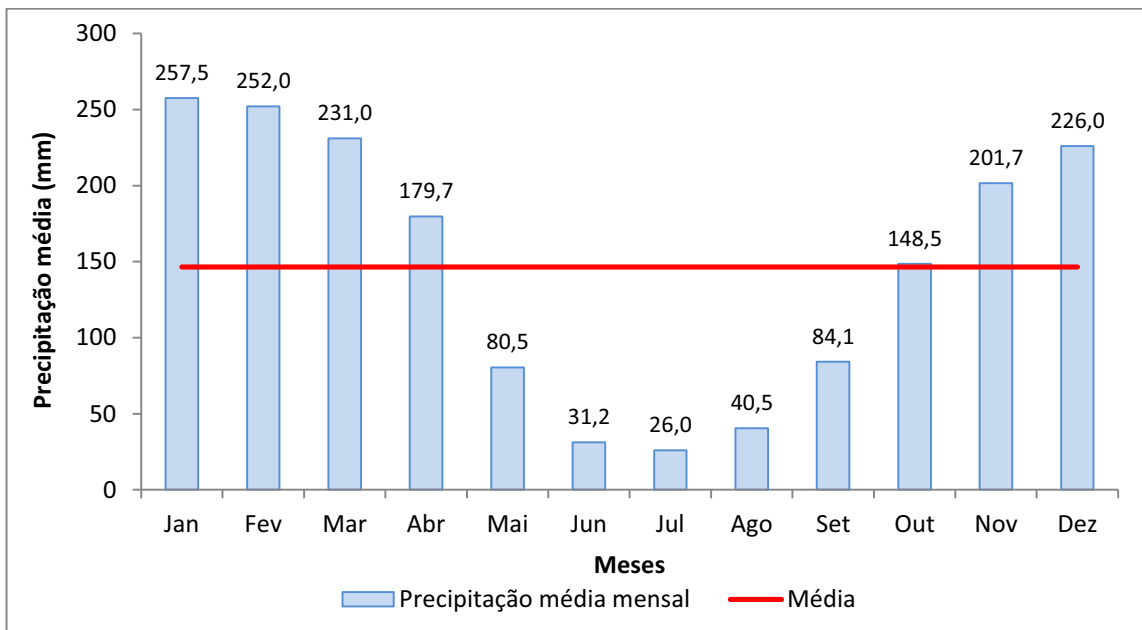


Gráfico 6. Distribuição anual de lâminas precipitadas médias mensais

Com o auxílio do Gráfico 7 observa-se a distinção entre meses chuvosos, também classificados como hidrológicamente úmidos (superiores à média histórica) e os meses de estiagem, classificados como hidrológicamente secos (inferiores à média histórica). Cabe ressaltar que mesmo o mês de outubro extrapolando em quase 2 mm a média mensal histórica, preferiu-se classificá-lo como mês seco, pois é apenas em uma parte da BMRB, em regiões de cabeceiras, que tal comportamento ocorre de forma mais pronunciada, conforme ilustrado pela Figura 42.

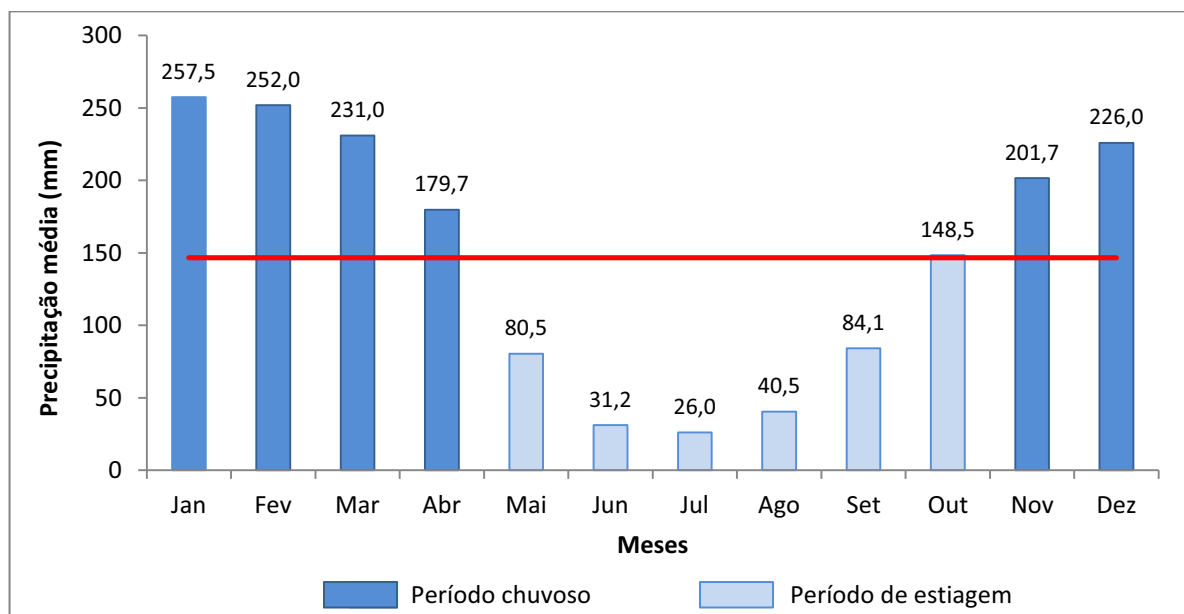


Gráfico 7. Identificação de meses chuvosos e secos

Detalhando-se a análise do comportamento das precipitações mensais e anuais para a BMRB, apresentam-se os resultados obtidos no processamento de dados das estações pluviométricas localizadas na bacia (Tabela 9), separadamente.

A estação pluviométrica Assis Brasil, com código 01069000, possui registros de dados consistidos de junho/1980 a fevereiro/2006, utilizando-se o período de 1981 a 2005 como referência. Esta estação localiza-se a montante da bacia de interesse, com média pluviométrica mensal de 132,8 mm.

A distribuição da precipitação média mensal revela que há dois períodos bem distintos, um período chuvoso definido pelos meses de novembro a abril e um período seco, indo de maio a outubro. O mês de janeiro caracteriza-se pelo mês de maior média pluviométrica mensal com 234,3 mm, sendo junho o mês que apresenta a menor média mensal, com 15,4 mm.

No período chuvoso concentram-se as maiores lâminas de precipitação, com um percentual de 78,5%, totalizando 1.250,2 mm; já no período de estiagem o percentual de precipitação é de 21,5%, totalizando uma lâmina de 342,9 mm. No Gráfico 8 observa-se a distribuição média mensal da precipitação na estação Assis Brasil.

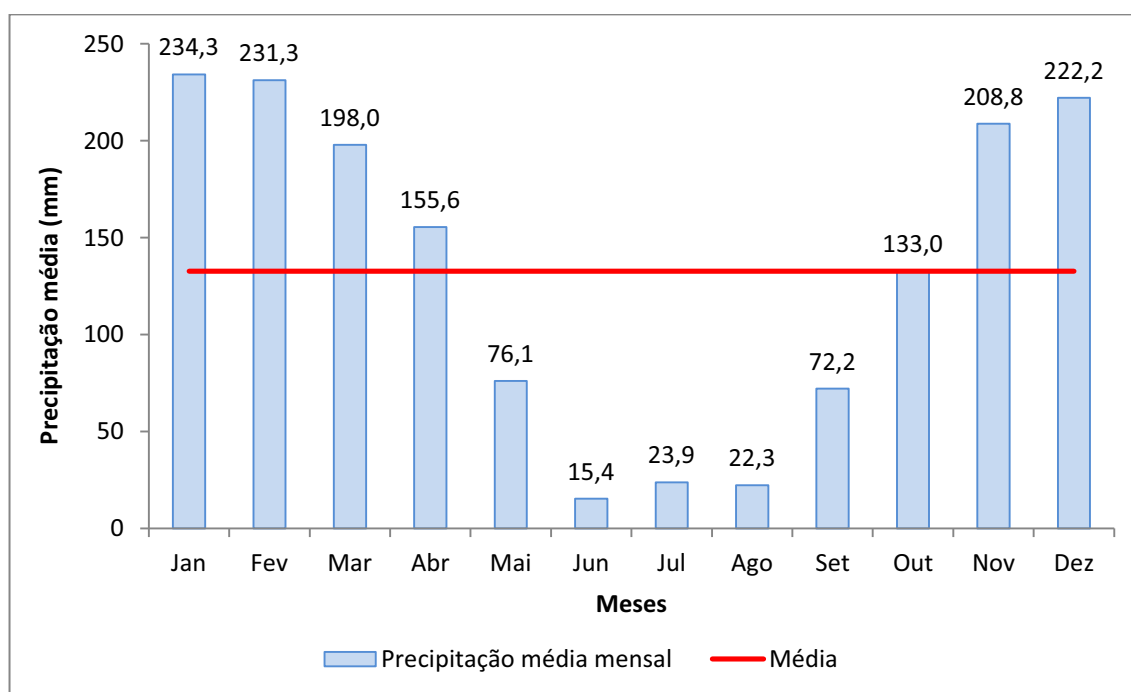


Gráfico 8. Distribuição média mensal da precipitação na estação Assis Brasil

Realizando-se a análise anual dos dados (Gráfico 9), percebe-se que pela inclinação da linha de tendência, que há uma redução da lâmina precipitada média no período entre 1981 a 2005, de aproximadamente  $7,8 \text{ mm ano}^{-1}$ , obtendo uma média anual de 1.599,7 mm.

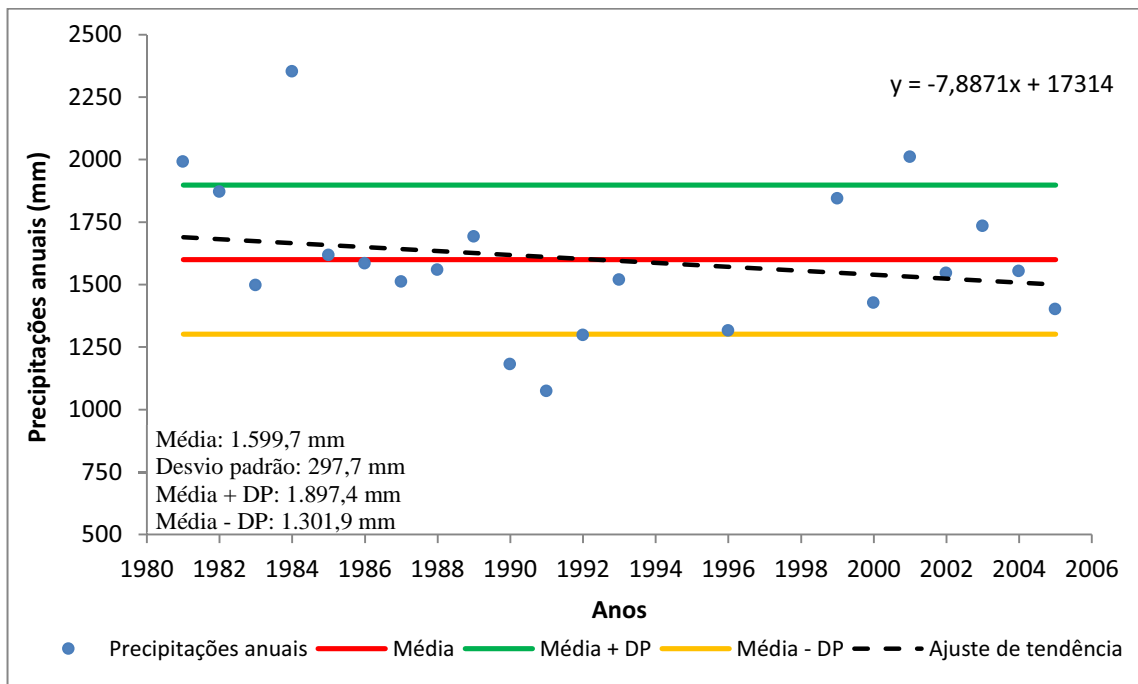


Gráfico 9. Variações da precipitação em torno da média (estação Assis Brasil)

O ano de maior precipitação registrada foi o de 1984, com um total anual 2.352,5 mm, caracterizando-se por ser um ano sob efeito de La Niña de fraca intensidade, de acordo com dados do CPTEC (2011), expostos na Tabela 14 (pag. 112). Já o ano com o menor índice pluviométrico anual foi o de 1991, com o registro de 1.074 mm, caracterizando-se por ser um ano de El Niño de forte intensidade.

Dentro do período analisado, em apenas 06 oportunidades (24%) as precipitações totais anuais estiveram fora dos padrões esperados de comportamento, tomando-se por base os limites superior e inferior, calculados em relação ao desvio padrão em torno da média.

Neste sentido, dos 06 registros fora dos padrões esperados de comportamento, 03 estão acima do limite superior, que são: 1981 (1.991,8 mm), 1984 (2.352,5 mm) e 2001 (2.010,7 mm) e 03 estão abaixo do limite inferior, que são: 1990 (1.182,0 mm), 1991 (1.074 mm) e 1992 (1.298,0 mm).

Há uma associação entre os eventos de El Niños e La Niñas e os comportamentos dos extremos da série de dados. Os registros de baixas precipitações totais anuais estão associados à ocorrência de El Niños de forte intensidade, no período de 1990 a 1993, conforme dados do CPTEC (2011).

Da mesma maneira, os anos com registros acima do comportamento histórico padrão estão associados a eventos de La Niña de fraca e moderada intensidade, respectivamente, 1984 e 2001.

Mas outro comportamento das precipitações totais anuais cabe salientar, pois quando observa-se o Gráfico 10, é nítida a inversão de tendências a partir de 1991. As diferenças de amplitudes dos extremos registradas antes e após este ano são expressivas, pois no período entre 1981 a 1991 (11 anos), a variação foi de 1.278,5 mm, quando no período entre 1991 e 2001 (11 anos) a variação foi de 936,7 mm, representando uma redução de 36,5 %.

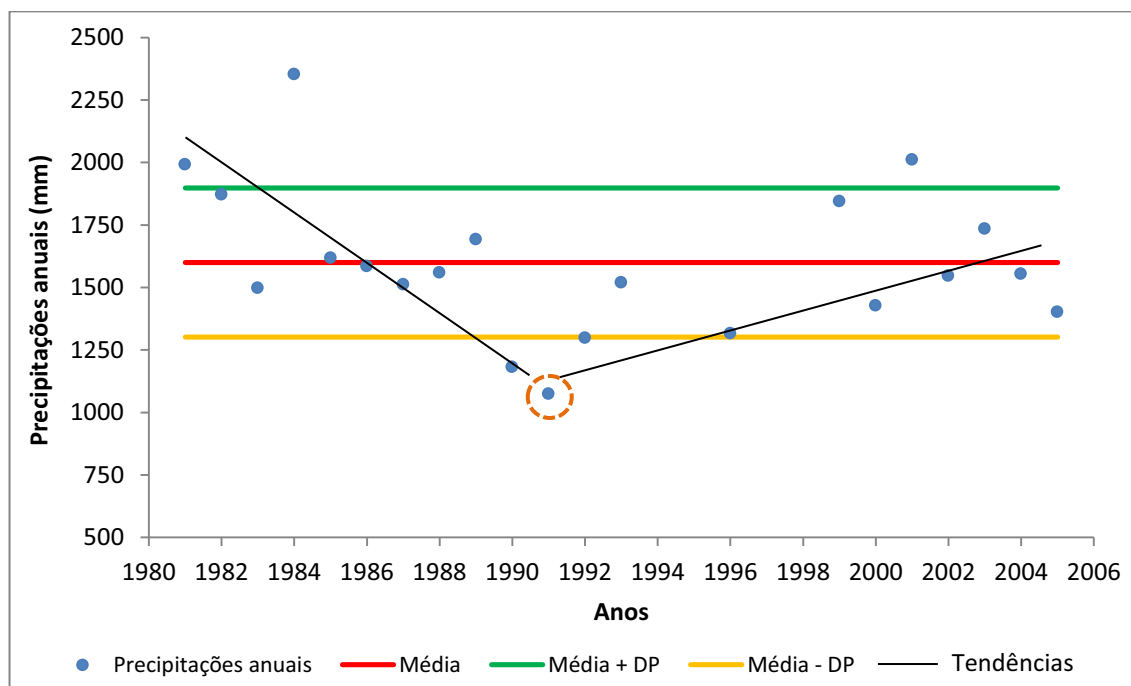


Gráfico 10. Tendências observadas (estação Assis Brasil)

Já os dados da estação pluviométrica Brasiléia, código 01168001, possui dados consistidos no período entre outubro/1980 a fevereiro/2006, sendo considerados neste estudo o período de 1981 a 2005. Esta estação localiza-se próximo a fronteira entre Brasil e Bolívia, com média pluviométrica mensal de 134,2 mm.

A distribuição da precipitação média mensal revela que há dois períodos bem distintos, um período chuvoso definido pelos meses de outubro a abril e um período seco, indo de maio a setembro. O mês de janeiro caracteriza-se pelo mês de maior média pluviométrica mensal com 248,4 mm, sendo julho o mês que apresenta a menor média mensal, com 21,8 mm.

No período chuvoso concentram-se as maiores lâminas de precipitação, com um percentual de 85,1%, totalizando 1.370,2 mm; já no período de estiagem o percentual de precipitação é de 14,9%, totalizando uma lâmina de 240,2 mm. No Gráfico 11 observa-se a distribuição média mensal da precipitação na estação Brasiléia.

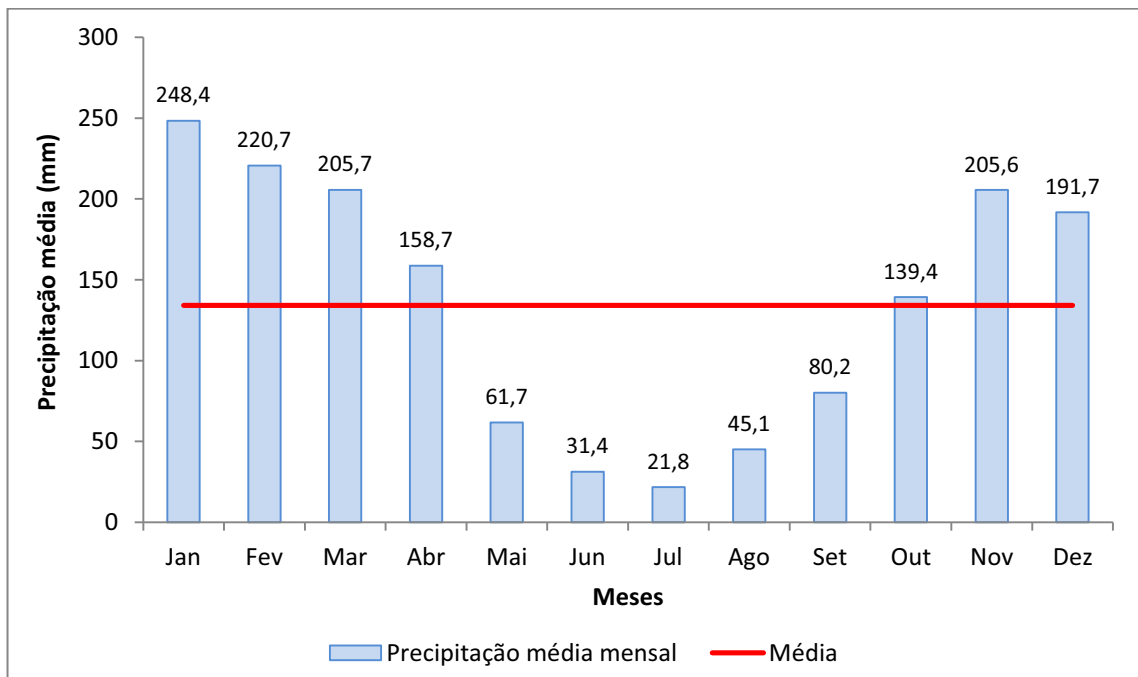


Gráfico 11. Distribuição média mensal da precipitação na estação Brasília

Tendo como base o comportamento anual no período de 1981 a 2005 observados no Gráfico 12, observa-se que pela inclinação da linha de tendência, que há uma redução da lâmina precipitada média, de aproximadamente  $7,3 \text{ mm ano}^{-1}$ , obtendo uma média anual de 1.611,7 mm.

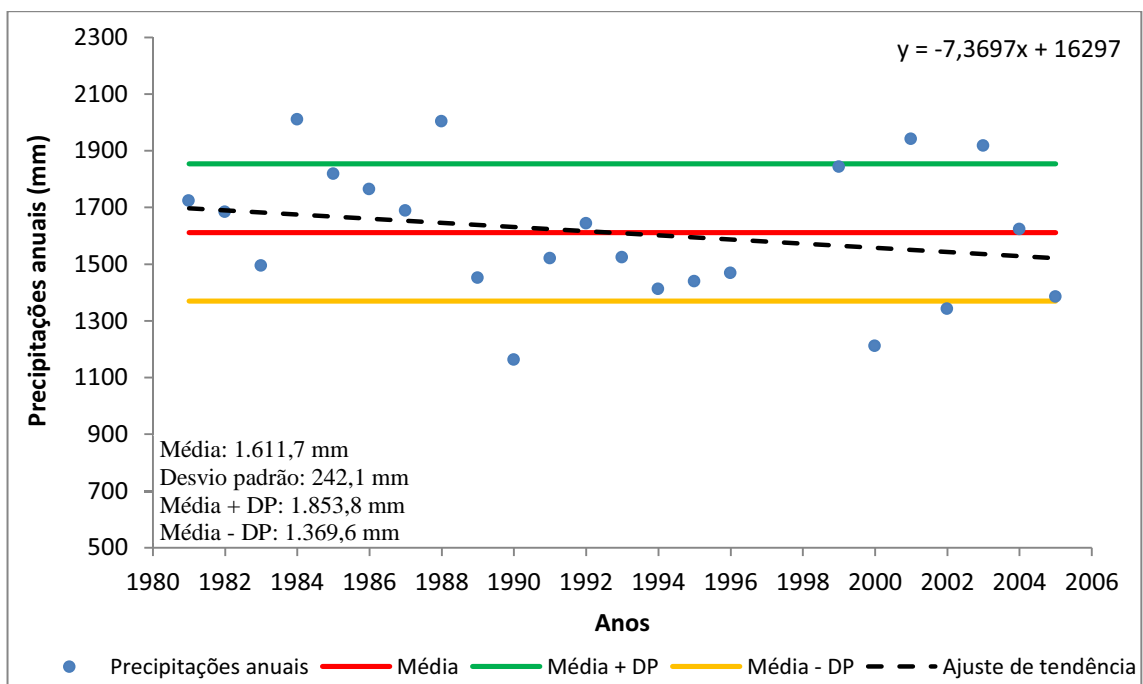


Gráfico 12. Variações da precipitação em torno da média (estação Brasília)

O ano de maior precipitação registrada foi o de 1984, com um total anual 2.009,7 mm, caracterizando-se por ser um ano sob efeito de La Niña de fraca intensidade, de acordo com dados do CPTEC (2011), expostos na Tabela 14 (pág. 112). Já o ano com o menor índice pluviométrico anual foi o de 1990, com o registro de 1.162,5 mm, caracterizando-se por ser um ano de El Niño de forte intensidade.

Dentro do período analisado, em apenas 07 oportunidades (28%) as precipitações totais anuais estiveram fora dos padrões esperados de comportamento, tomando-se por base os limites superior e inferior, calculados em relação ao desvio padrão em torno da média.

Desta forma, dos 07 registros fora dos padrões esperados de comportamento, 04 estão acima do limite superior, que são: 1984 (2.009,7 mm), 1988 (2.003 mm), 2001 (1.941,4 mm) e 2003 (1.917,1 mm); e 03 estando abaixo do limite inferior, que são: 1990 (1.162,5 mm), 2000 (1.1211,1 mm) e 2002 (1.342,2 mm).

Com relação aos dados da estação pluviométrica Cobija, código 01168002, a mesma não possui dados consistidos, porém possui dados brutos no período entre abril/1949 a setembro/2010, sendo considerado neste estudo o período entre 1950 a 2005. Esta estação localiza-se em território Boliviano, de acordo com dados da ANA – sistema HidroWeb – próximo a fronteira entre Brasil e Bolívia, com média pluviométrica mensal de 153,6 mm.

A distribuição da precipitação média mensal revela que há dois períodos bem distintos, um período chuvoso definido pelos meses de outubro a abril e um período seco, indo de maio a setembro. O mês de janeiro caracteriza-se pelo mês de maior média pluviométrica mensal com 258,6 mm, sendo julho o mês que apresenta a menor média mensal, com 24,1 mm.

No período chuvoso concentram-se as maiores lâminas de precipitação, com um percentual de 85%, totalizando 1.566,7 mm; já no período de estiagem o percentual de precipitação é de 15%, totalizando uma lâmina de 276,5 mm. No Gráfico 13 observa-se a distribuição média mensal da precipitação na estação Cobija.

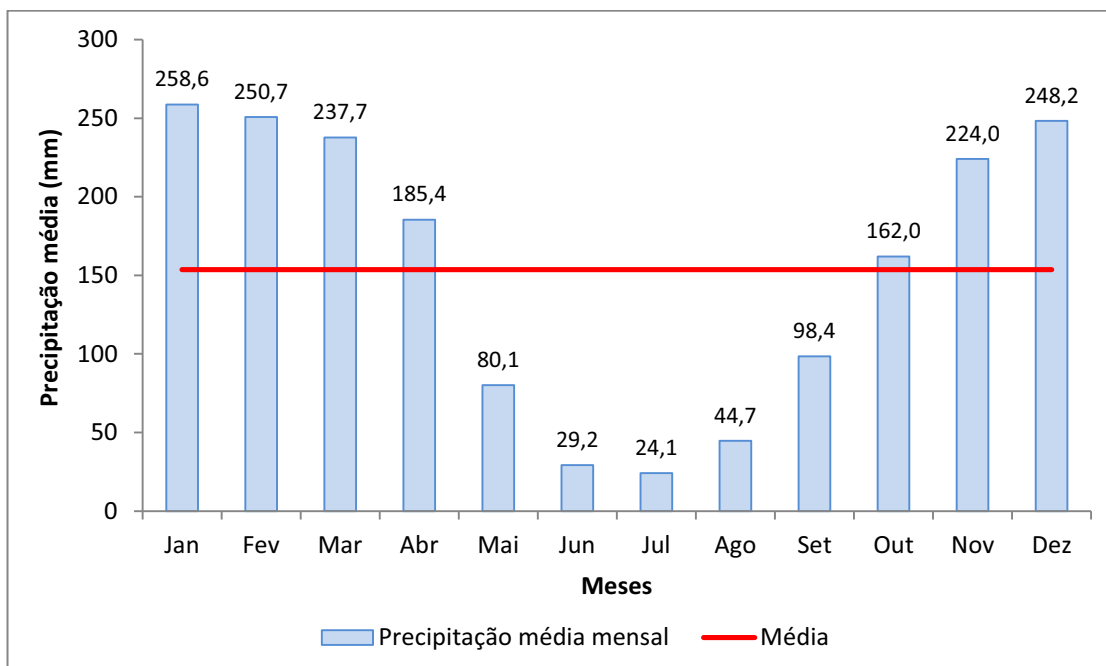


Gráfico 13. Distribuição média mensal da precipitação na estação Cobija

Tendo como base o comportamento anual no período de 1950 a 2005 observados no Gráfico 14, observa-se pela inclinação da linha de tendência, que há um acréscimo da lâmina precipitada média, de aproximadamente  $3,6 \text{ mm ano}^{-1}$ , obtendo uma média anual de 1.859,7 mm.

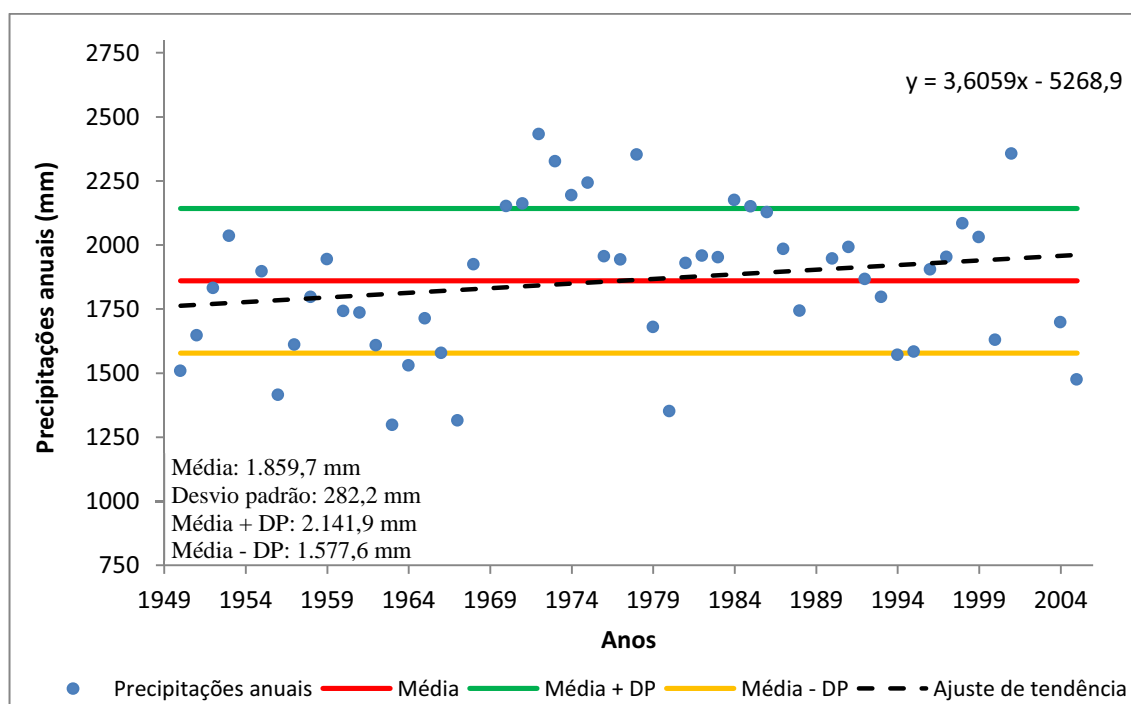


Gráfico 14. Variações da precipitação em torno da média (estação Cobija)

O ano de maior precipitação registrada foi o de 1972, com um total anual 2.433,1 mm, caracterizando-se por ser um ano sob efeito de El Niño de forte intensidade, de acordo com dados do CPTEC (2011), acessados em <http://enos.cptec.inpe.br/>. Já o ano com o menor índice pluviométrico anual foi o de 1963, com o registro de 1.298,2 mm, caracterizando-se por ser um ano de El Niño de fraca intensidade.

Quanto à variação em torno da média, houve 19 ocorrências (33,9%) de precipitações totais anuais que estiveram fora dos padrões esperados de comportamento, sendo que, dos 19 registros, 10 estão acima do limite superior, representando 17,9%, que são: 1970 (2.151,9 mm), 1971 (2.162,1 mm), 1972 (2.433,1 mm), 1973 (2.326,8 mm), 1974 (2.194,2 mm), 1975 (2.243,2 mm), 1978 (2.352,5 mm), 1984 (2.175,3 mm), 1985 (2.150,2 mm) e 2001 (2.356,5 mm); e 09 estando abaixo do limite inferior, representando 16 %, que são: 1950 (1.509,3 mm), 1956 (1.414,9 mm), 1963 (1.298,2 mm), 1964 (1.530,5 mm), 1966 (1.578,6 mm), 1967 (1.315,5 mm), 1980 (1.351,0 mm), 1994 (1.571,5 mm) e 2005 (1.474,7 mm).

Destaca-se, entretanto, que a partir do início da década de 1970 houve um incremento médio nos totais precipitados. A diferenciação entre o período anterior e posterior a 1970 pode-se observar por meio do Gráfico 15.

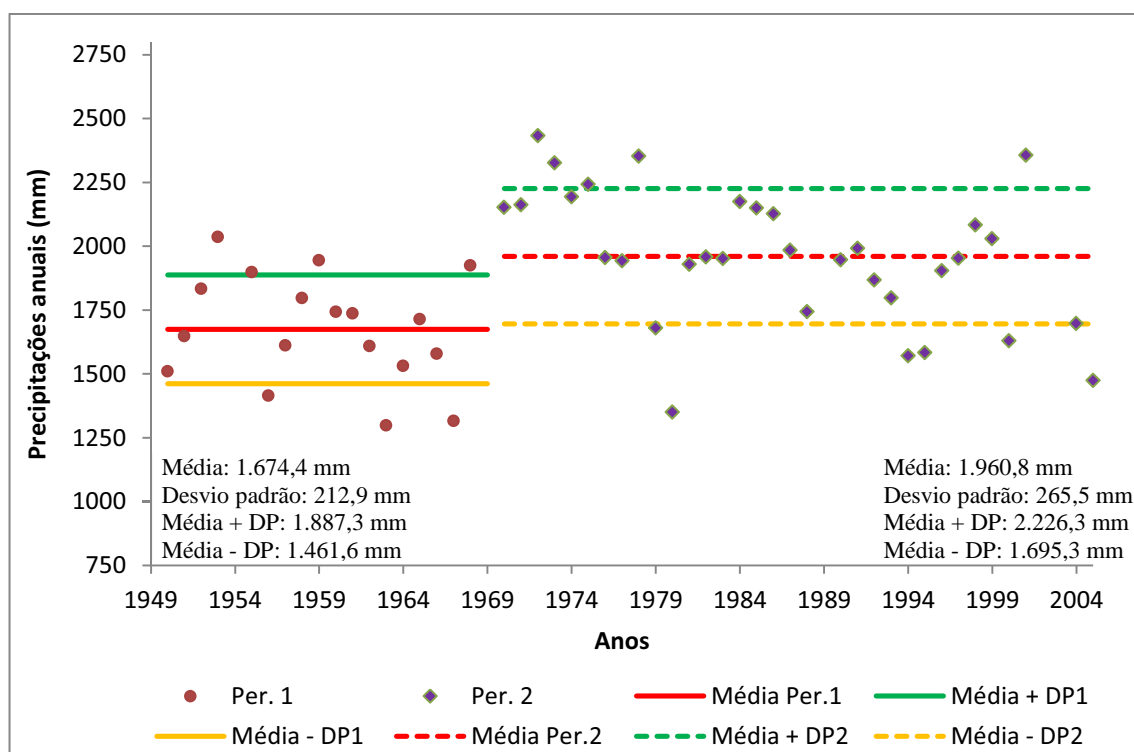


Gráfico 15. Variações da precipitação após 1970 (estação Cobija)

A média do período 1 (1950 a 1969) foi de 1.674,4 mm ano<sup>-1</sup>, enquanto a média do período 2 (1970 a 2005) foi de 1.960,8 mm, tendo um incremento de 286,4 mm ou 14 %, entre os dois períodos. Ressalta-se que a média do segundo período é maior do que o limite superior do primeiro período, assim como os eventos extremos registros em cada um dos períodos.

Quanto a isto, diversos autores apontam que a década de 1970 houve um aumento das precipitações no sul e oeste da Amazônia, Molion (2008) e Marengo e Valverde (2005), principalmente relacionados à Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), tendo alterado a frequência e intensidade de eventos ENOS (El Niño-Oscilação Sul).

De acordo com Marengo e Valverde (2005)

“a variação interdecadal na chuva na Amazônia do Sul, que mostra um aumento desde meados de 1970, parece ter alcançado um máximo até inícios da década de 1990, tendendo depois a diminuir e aparentemente terminando ao final do século XX”.

Relacionando-se este aumento da intensidade e frequência de eventos ENOS, pode-se observar que o segundo período possui um desvio padrão maior, quando comparado ao primeiro período, além do aumento das amplitudes entre os anos extremos.

Mas ajustando-se a curva de tendência para o tipo polinomial de ordem 2 (Gráfico 16), obtêm-se um novo comportamento, indo de encontro com a afirmação de Marengo e Valverde (2005), quando aponta uma tendência de aumento de precipitações no início da década de 1970 e sua posterior queda ao início de 2000, porém o ápice da curva para a estação Cobija está associado entre meados de 1977 a 1980.

Quanto à estação pluviométrica Xapuri, código 01068000, possui dados consistidos no período entre dezembro/1977 a fevereiro/2006, sendo considerado neste estudo o período entre 1978 a 2005. Esta estação possui uma média pluviométrica mensal de 141,8 mm.

A distribuição da precipitação média mensal revela que há dois períodos bem distintos, um período chuvoso definido pelos meses de novembro a abril e um período seco, indo de maio a outubro. O mês de janeiro caracteriza-se pelo mês de maior média pluviométrica mensal com 264,2 mm, sendo julho o mês que apresenta a menor média mensal, com 22,8 mm.

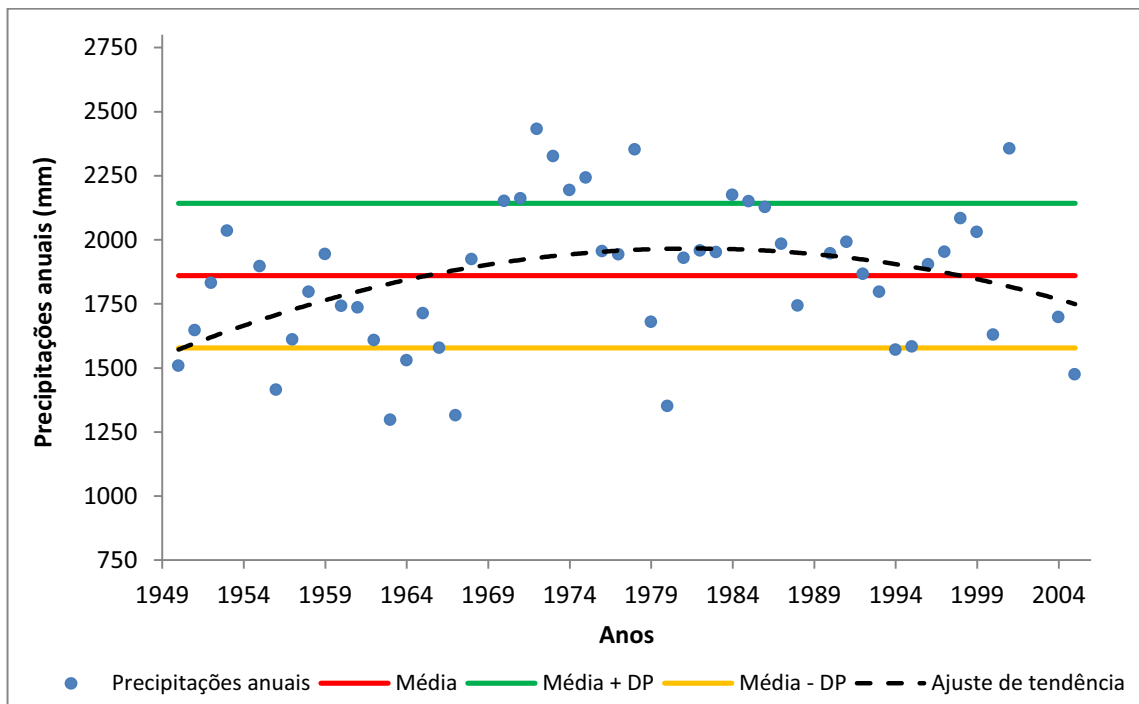


Gráfico 16. Tendência ajustada para a estação Cobija

No período chuvoso concentram-se as maiores lâminas de precipitação, com um percentual de 77,9%, totalizando 1.325,4 mm; já no período de estiagem o percentual de precipitação é de 22,1%, totalizando uma lâmina de 375,7 mm. No Gráfico 17 observa-se a distribuição média mensal da precipitação na estação Xapuri.

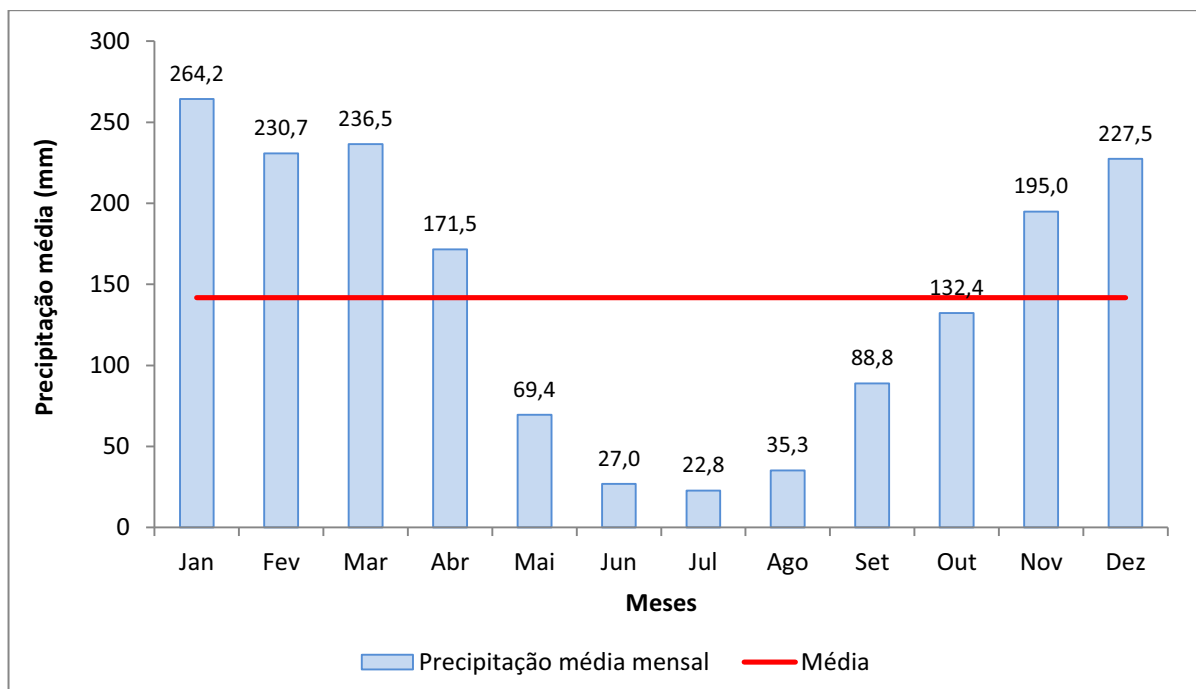


Gráfico 17. Distribuição média mensal da precipitação na estação Xapuri

Tendo como base o comportamento anual no período de 1978 a 2005 observados no Gráfico 18, observa-se pela inclinação da linha de tendência, que há um decréscimo da lâmina precipitada média, de aproximadamente 32 mm ano<sup>-1</sup>, caracterizando-se por ser a maior redução quando comparadas às demais estações deste trabalho.

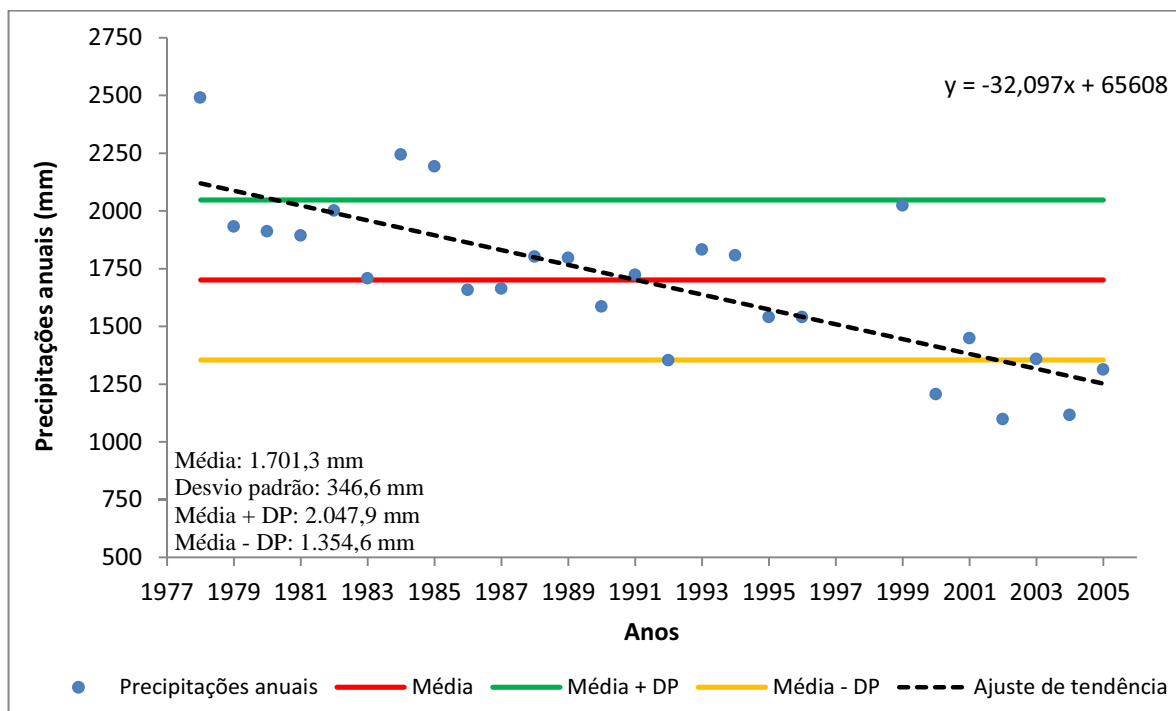


Gráfico 18. Variações da precipitação em torno da média (estação Xapuri)

A precipitação média anual é de 1.701,3 mm, obtendo seu valor máximo em 1978, com 2.489,5 mm e o menor índice registrado de 1.098,1 mm, em 2002.

No período de 1978 a 2005 houve 07 ocorrências que extrapolaram os valores dos limites superior e inferior esperados para a precipitação total anual, correspondendo a 25% dos registros.

Deste modo, os anos que superaram o valor do limite superior (2.047,9 mm) foram: 1978 (2.489,5 mm), 1984 (2.224,9 mm) e 1985 (2.192,1 mm), representando um percentual de 10,7%. Já os anos que registraram valores de precipitação total anual abaixo do limite inferior (1.354,6 mm) foram: 2000 (1.205,6 mm), 2002 (1.098,1 mm), 2004 (1.116,7 mm) e 2005 (1.313,4 mm), atingindo 14,3%.

Com relação à estação pluviométrica Fazenda Santo Afonso, código 01067001, possui dados consistidos no período entre abril/1988 a fevereiro/2006, sendo considerado neste estudo o período entre 1989 a 2005. Esta estação possui uma média pluviométrica mensal de 157 mm.

A distribuição da precipitação média mensal revela que há dois períodos bem distintos, um período chuvoso definido pelos meses de novembro a abril e um período seco, indo de maio a setembro. O mês de fevereiro caracteriza-se pelo mês de maior média pluviométrica mensal com 286 mm, sendo julho o mês que apresenta a menor média mensal, com 23,2 mm.

No período chuvoso concentram-se as maiores lâminas de precipitação, com um percentual de 84,3%, totalizando 1.588,5 mm; já no período de estiagem o percentual de precipitação é de 15,7%, totalizando uma lâmina de 295,6 mm. No Gráfico 19 observa-se a distribuição média mensal da precipitação na estação Fazenda Santo Afonso.

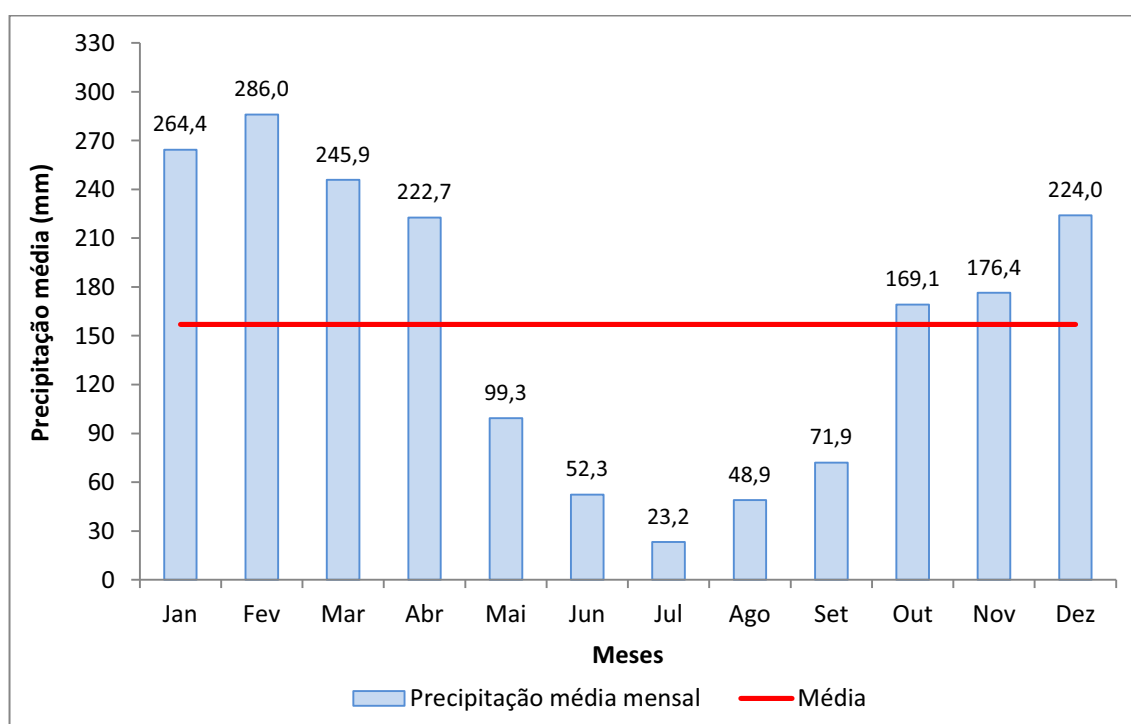


Gráfico 19. Distribuição média mensal da precipitação na estação Fazenda Santo Afonso

Tendo como base o comportamento anual no período de 1989 a 2005 observados no Gráfico 20, observa-se pela inclinação da linha de tendência, que há um decréscimo da lâmina precipitada média, de aproximadamente  $12 \text{ mm ano}^{-1}$ . A precipitação média anual é de 1.864,4 mm, obtendo seu valor máximo em 2004, com 2.525,8 mm e o menor índice registrado de 1.296,1 mm, em 2005.

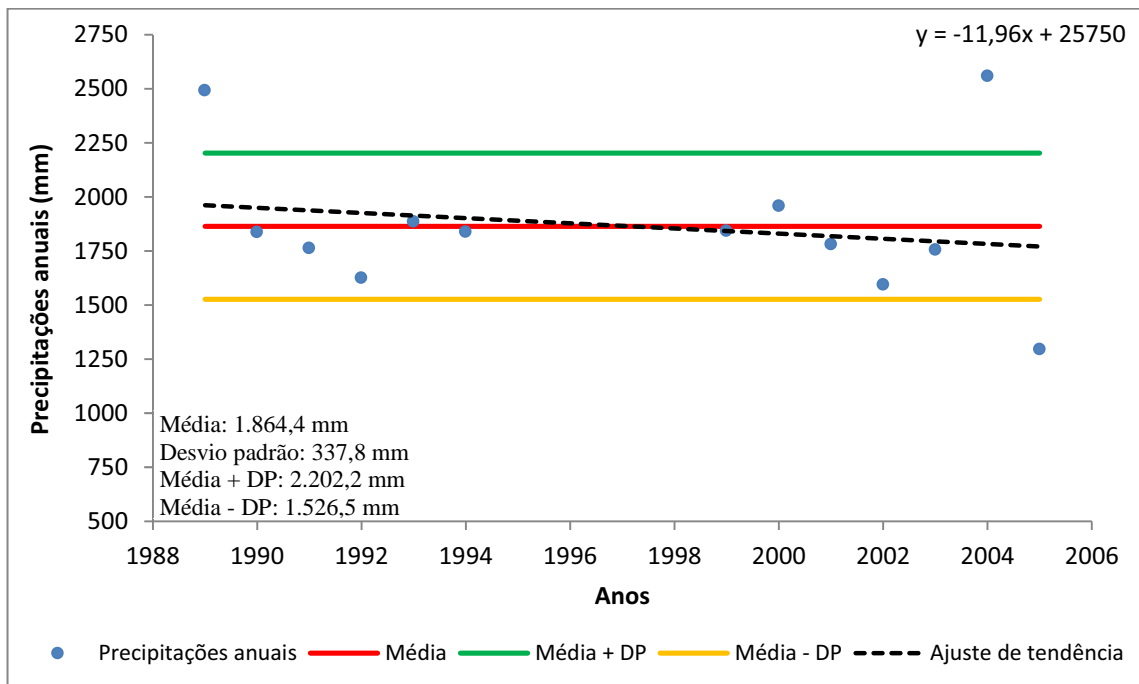


Gráfico 20. Variações da precipitação em torno da média (estação Fazenda Santo Afonso)

No período de 1989 a 2005 houve 03 ocorrências que extrapolaram os valores dos limites superior e inferior esperados para a precipitação total anual, sendo os anos de 1989 (2.492,2 mm) e 2004 (2.525,8 mm) os que superaram o valor do limite superior (2.202,2 mm). Já o único ano que registrou valor de precipitação total anual abaixo do limite inferior (1.526,5 mm) foi 2005, com 1.296,1 mm.

Quanto à estação pluviométrica localizada na Universidade Federal do Acre (UFAC), com código 82915, possui dados consistidos no período desde 1970 até o presente, sendo considerado neste estudo o período entre 1971 a 2005. Esta estação possui uma média pluviométrica mensal de 160,1 mm.

A distribuição da precipitação média mensal revela que há dois períodos bem distintos, um período chuvoso definido pelos meses de novembro a abril e um período seco, indo de maio a setembro. O mês de fevereiro caracteriza-se pelo mês de maior média pluviométrica mensal com 292,6 mm, sendo junho o mês que apresenta a menor média mensal, com 32,1 mm.

No período chuvoso concentram-se as maiores lâminas de precipitação, com um percentual de 75,8%, totalizando 1.456,5 mm; já no período de estiagem o percentual de precipitação é de 24,2%, totalizando uma lâmina de 464,2 mm. No Gráfico 21 observa-se a distribuição média mensal da precipitação na estação UFAC.

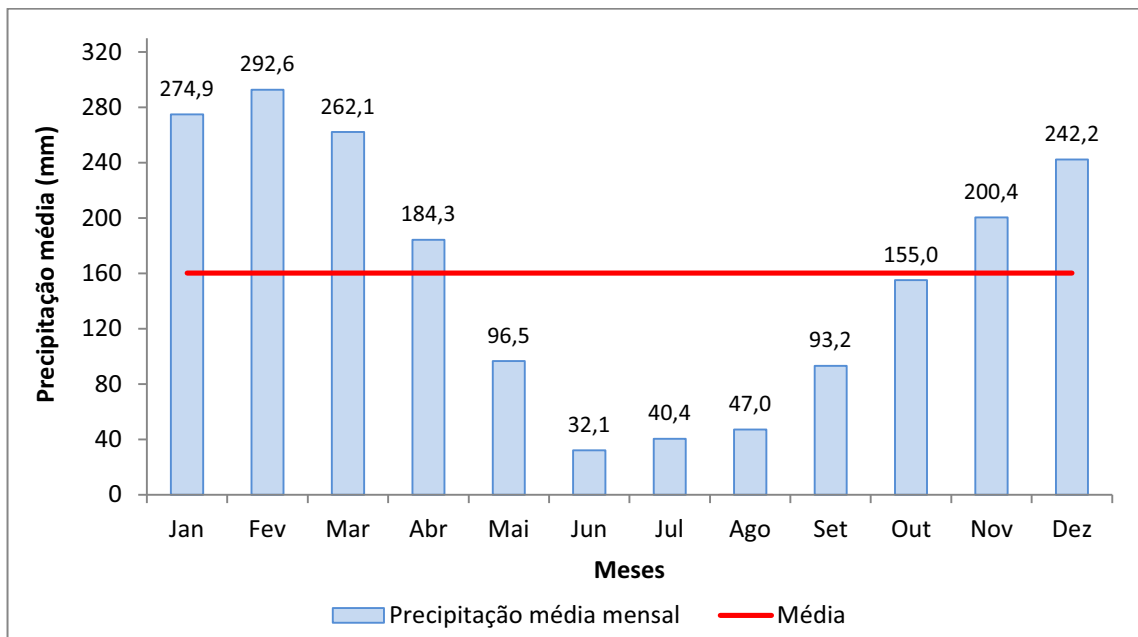


Gráfico 21. Distribuição média mensal da precipitação na estação UFAC

Tendo como base o comportamento anual no período de 1971 a 2005 observados no Gráfico 22, observa-se pela inclinação da linha de tendência, que há um acréscimo da lâmina precipitada média, de aproximadamente  $2,6 \text{ mm ano}^{-1}$ . A precipitação média anual é de 1.920,8 mm, obtendo seu valor máximo em 1986, com 2.420,6 mm e o menor índice registrado de 1.634 mm, em 1974.

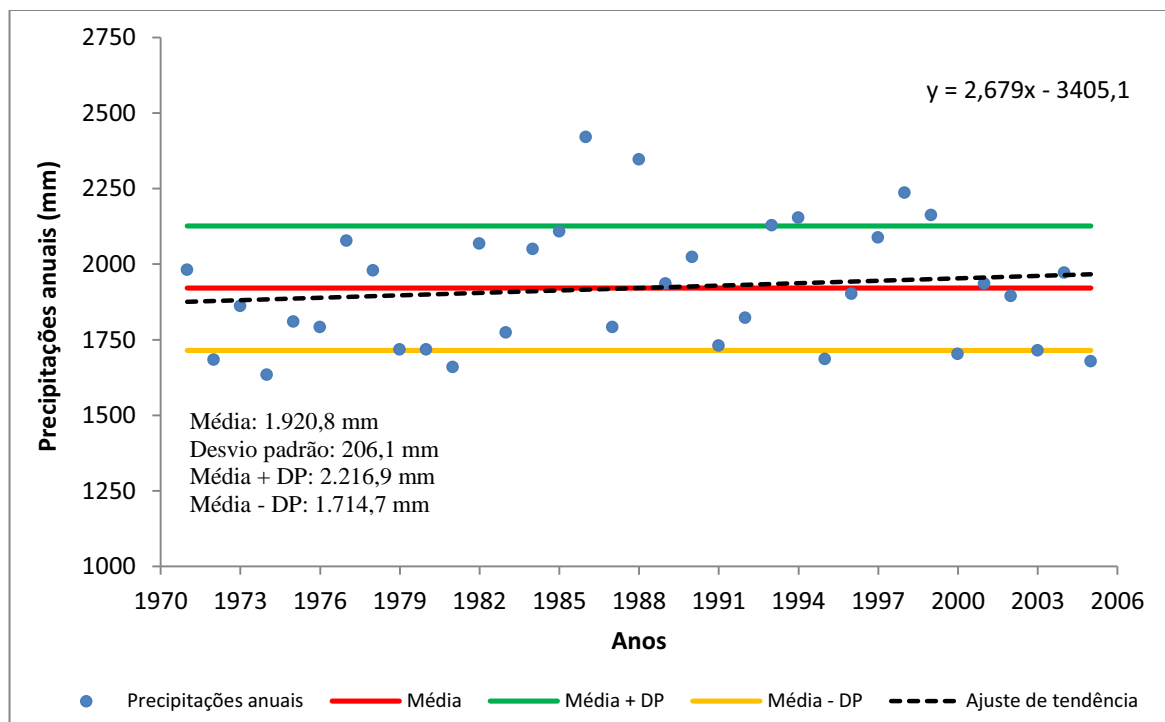


Gráfico 22. Variações da precipitação em torno da média (estação UFAC)

Quanto ao comportamento em relação à média houve 12 ocorrências (34,3%) que extrapolaram os valores dos limites superior e inferior esperados para a precipitação total anual, sendo que 07 ficaram abaixo da média menos o desvio padrão, representando 20% dos dados e 05 ficaram acima do limite superior, representando 14,3% dos dados.

De acordo com estudos de Duarte (2005) a precipitação em Rio Branco, tomando-se como base a estação da UFAC, possui uma tendência de aumento com início próximo a 1970, atingindo seu ápice em 1990, conforme Figura 44.

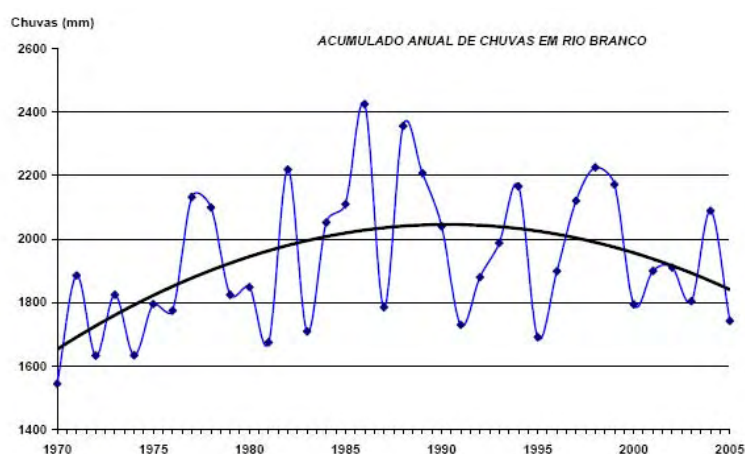


Figura 44. Comportamento da precipitação em Rio Branco (Duarte, 2005)

#### Segundo Duarte (2005)

“a análise dos dados de chuva de 1970 a 2003 mostram que existe uma ascensão e uma posterior diminuição, da quantidade de chuvas. Enquanto para 1970 a média diária das chuvas estava em torno de  $4,5 \text{ mm dia}^{-1}$ , para finais da década dos anos oitenta e início dos anos noventa esse valor alcançava um máximo próximo a  $6 \text{ mm dia}^{-1}$ ; seguidamente, no ano 2000, as chuvas diminuíram alcançando uma média diária de  $5,2 \text{ mm dia}^{-1}$ ”

Adotando-se como ajuste de tendência o tipo polinomial de ordem 2 (Gráfico 23), observa-se justamente o comportamento descrito por Duarte (2005), porém ressalta-se que o ano de 1986 marcou uma inversão de tendências, pois de 1971 a 1986 houve uma tendência positiva, enquanto para o período após 1986 até o fim da série (2005) registra-se uma tendência de redução da precipitação total anual.

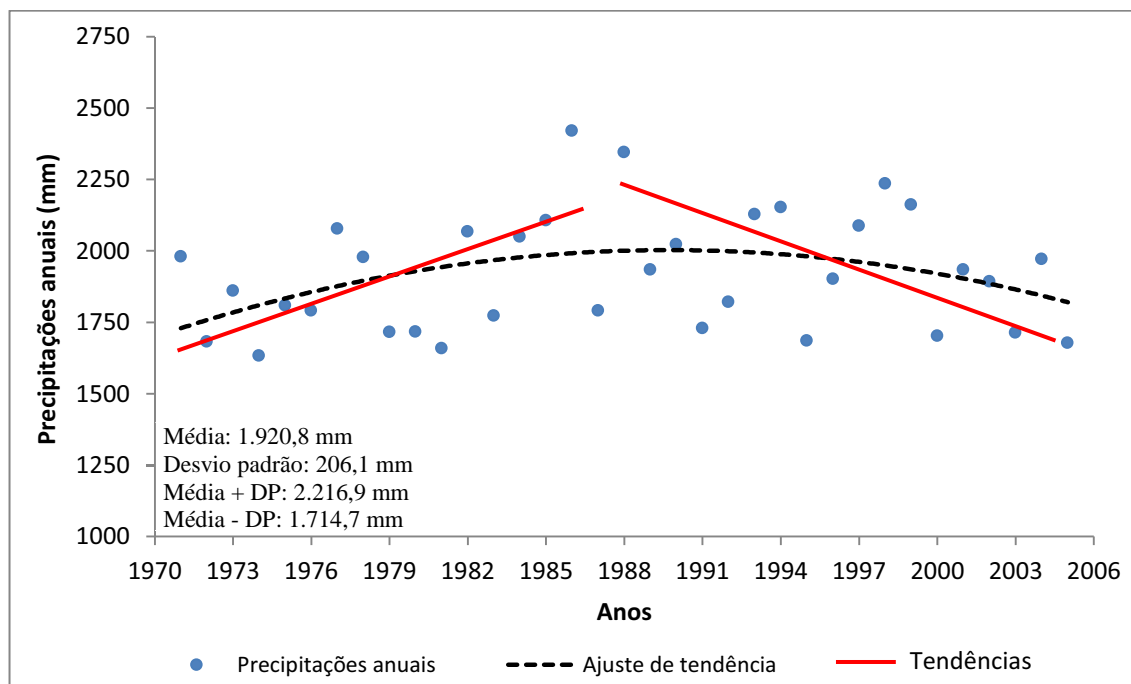


Gráfico 23. Ajuste de tendência para a estação UFAC

Duarte (2005) aponta que possíveis efeitos do desflorestamento podem estar atuando na redução da precipitação total anual, devido às alterações no ciclo hidrológico local relacionado ao balanço hídrico entre evapotranspiração, precipitação, fluxo de calor no solo, dentre outros, além do aumento da concentração de material particulado em épocas de estiagem, podendo causar alterações no canal de transporte de umidade entre os oceanos Pacífico e Atlântico, conforme descrito por Molion (2008).

#### 4.1.2. Vazões

##### 4.1.2.1. Vazões médias

Primeiramente, realizou-se o teste de estacionariedade para avaliar se a série de dados, no período-base selecionado, possui mudanças de tendências (Tabela 15).

Pode-se observar na Tabela 15 que a rotina do teste de estacionariedade segmenta a série em dois períodos, estabelecendo-se um período mínimo de cinco anos de dados, para a execução da rotina.

Assim, resultados demonstram que no período entre 1971 a 2005 não houve mudanças estatisticamente significativas, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste T, para as médias das vazões diárias anuais. Assim, iniciou-se o processamento dos dados para a obtenção das vazões médias mensais e anuais, bem como a análise de seu comportamento.

Tabela 15 - Teste de estacionariedade da série de vazões médias anuais

Período	H0 (Variância)	H0 (Média)	s <sup>2</sup> (Série A)	s <sup>2</sup> (Série B)	Xm (Série A)	Xm (Série B)
De 1971 a 1975 com 1976 a 2005	Aceita	Aceita	178037,04	119433,11	469,71	326,85
De 1971 a 1976 com 1977 a 2005	Aceita	Aceita	176591,36	117598,27	458,43	323,76
De 1971 a 1977 com 1978 a 2005	Aceita	Aceita	169599,07	116967,18	443,18	322,16
De 1971 a 1978 com 1979 a 2005	Aceita	Aceita	180781,28	111932,29	450,99	315,40
De 1971 a 1979 com 1980 a 2005	Aceita	Aceita	175263,76	110943,93	440,82	313,23
De 1971 a 1980 com 1981 a 2005	Aceita	Aceita	161016,82	113606,54	415,94	317,25
De 1971 a 1981 com 1982 a 2005	Aceita	Aceita	155270,66	114043,56	406,53	317,05
De 1971 a 1982 com 1983 a 2005	Aceita	Aceita	153851,43	112879,21	403,54	314,47
De 1971 a 1983 com 1984 a 2005	Aceita	Aceita	146687,24	115021,98	391,63	317,04
De 1971 a 1984 com 1985 a 2005	Aceita	Aceita	150763,90	110788,89	395,88	310,55
De 1971 a 1985 com 1986 a 2005	Aceita	Aceita	154288,20	106088,08	399,55	303,35
De 1971 a 1986 com 1987 a 2005	Aceita	Aceita	156322,11	101715,38	401,57	296,32
De 1971 a 1987 com 1988 a 2005	Aceita	Aceita	150536,43	103948,56	392,26	298,90
De 1971 a 1988 com 1989 a 2005	Aceita	Aceita	149499,66	102138,39	390,63	294,80
De 1971 a 1989 com 1990 a 2005	Aceita	Aceita	148680,51	99963,95	389,32	289,98
De 1971 a 1990 com 1991 a 2005	Aceita	Aceita	148887,60	96203,14	389,39	282,78
De 1971 a 1991 com 1992 a 2005	Aceita	Aceita	148115,79	93337,89	388,19	276,44
De 1971 a 1992 com 1993 a 2005	Aceita	Aceita	145522,10	93312,03	384,27	273,97
De 1971 a 1993 com 1994 a 2005	Aceita	Aceita	146175,82	87258,21	384,98	262,52
De 1971 a 1994 com 1995 a 2005	Aceita	Aceita	139820,35	95984,03	368,24	288,78
De 1971 a 1995 com 1996 a 2005	Aceita	Aceita	133994,50	106648,92	352,90	320,86
De 1971 a 1996 com 1997 a 2005	Aceita	Aceita	133880,83	103585,96	353,27	315,70
De 1971 a 1997 com 1998 a 2005	Aceita	Aceita	128731,57	118383,96	339,68	360,80
De 1971 a 1998 com 1999 a 2005	Aceita	Aceita	127765,10	121008,46	338,97	367,54
De 1971 a 1999 com 2000 a 2005	Aceita	Aceita	130609,79	103726,86	343,13	349,96
De 1971 a 2000 com 2001 a 2005	Aceita	Aceita	128278,97	113904,55	339,95	374,70

\* Aceita a 5% de probabilidade do teste de homogeneidade.

H0 (Variância): Homogeneidade da variância; s<sup>2</sup>: Variância da série. H0 (Média): Homogeneidade da média; Xm: Média da série

No Gráfico 24 observa-se o comportamento das vazões médias mensais, sendo o mês de maior vazão média (março) com  $882,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ; já o mês de setembro apresentou o menor registro médio de vazões com o  $51,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

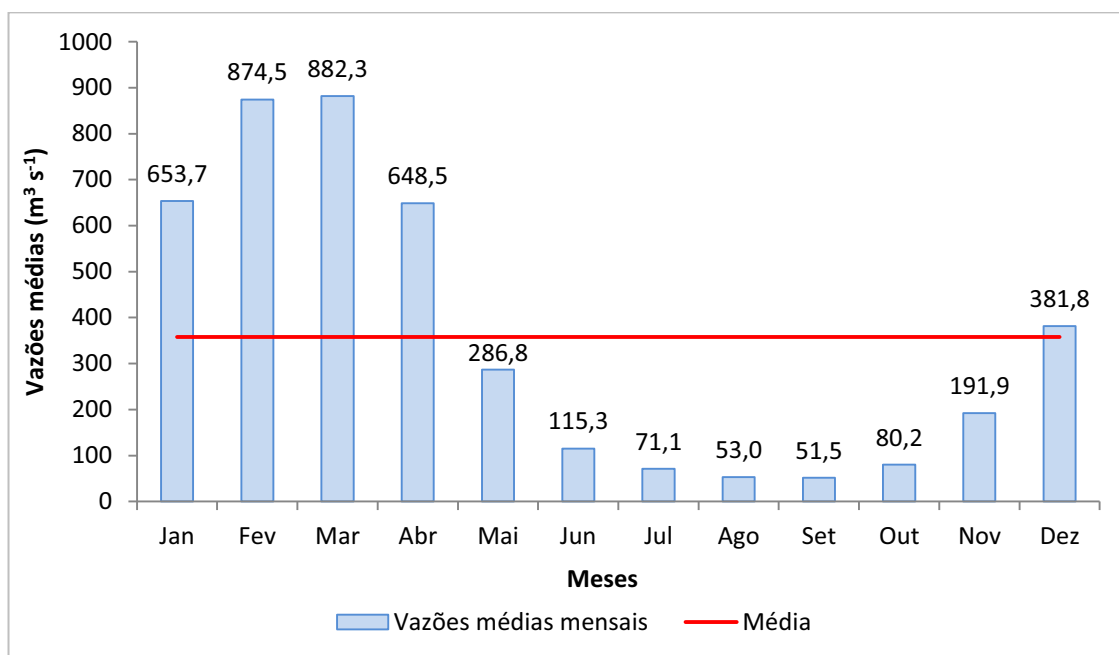


Gráfico 24. Distribuição média mensal da vazão na estação 13600002 (Rio Branco)

A vazão média mensal foi de  $357,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , apresentando 05 (cinco) meses acima da média, que são: janeiro ( $653,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ), fevereiro ( $874,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ), março ( $882,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ), abril ( $648,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) e dezembro ( $381,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ).

A expressiva variação anual da vazão média no rio Acre é reflexo do tipo climático reinante, Tropical Af (Köppen), além da má distribuição mensal de lâminas precipitadas médias na bacia de drenagem, pois 76,6% das precipitações concentram-se no período de novembro a abril, bem como das características geológicas e fisiológicas do substrato e vegetação reinante, respectivamente.

Com o auxílio do Gráfico 25 observa-se o comportamento das vazões médias interanuais, que registra um valor médio interanual de  $354,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , com desvio padrão de  $68,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Desta forma, nota-se que em alguns anos os registros ultrapassaram os limites inferior (média menos desvio padrão) e superior (média mais desvio padrão), representando vazões anuais atípicas, para o período-base selecionado.

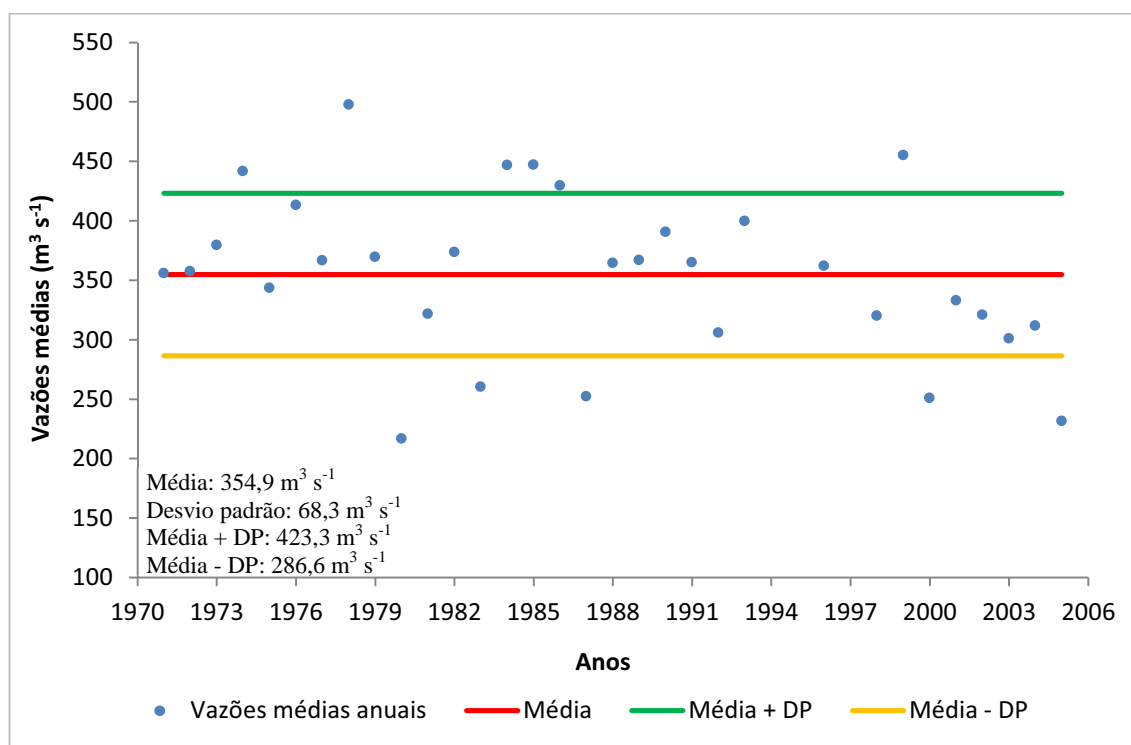


Gráfico 25. Variações das vazões médias anuais em torno da média (estação 13600002)

Desta forma, em onze oportunidades houve a extrapolação dos limites superior ou inferior, representando vazões médias anuais fora do padrão esperado, com o percentual de 34,4%; destes, seis valores extrapolaram o limite superior, representando 18,8% dos casos; e quanto ao limite inferior houve cinco ocorrências, representando 15,6%.

Os anos de 1978, com vazão média anual de  $497,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , e 1980 com  $216,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , configuram-se como os anos extremos, ficando acima e abaixo dos limites estipulados como a normalidade, respectivamente.

Cabe ressaltar que os eventos extremos da série de dados estão associados a ocorrências dos fenômenos El Niño e La Niña, porém não há um correlacionamento perfeito entre a ocorrência de El Niño e secas, nem muito menos com La Niñas e estações muito mais chuvosas na bacia de contribuição da estação 13600002, conforme dados do CPTEC (2011).

Com o auxílio do Gráfico 26 visualiza-se com melhor acuidade os desvios das vazões médias anuais em relação à média histórica do período-base. Desta forma, observa-se que o ano de 1978 houve a extrapolação em  $143,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ; tendo o ano de 1980 a extrapolação em  $138 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Cabe ressaltar que o ano da maior estiagem já registrada na Amazônia, segundo INPE (2011) foi o ano de 2005, porém com relação às vazões médias, este não configurou-se como o pior dos registros para a estação 13600002.

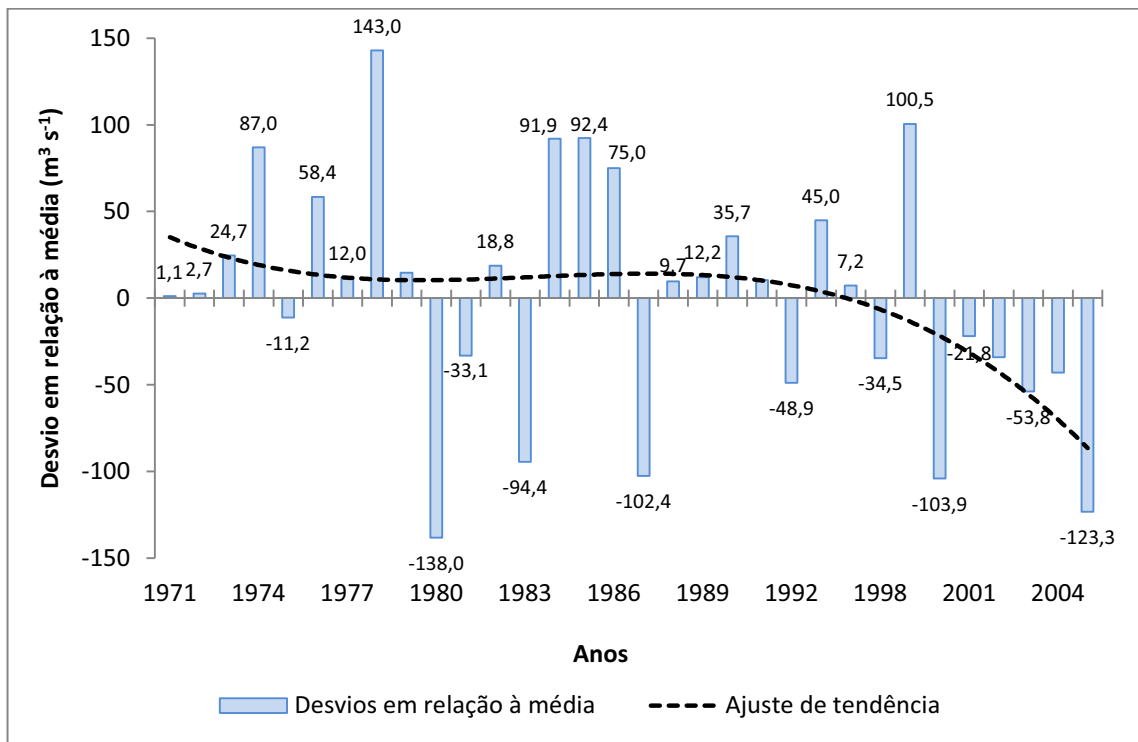
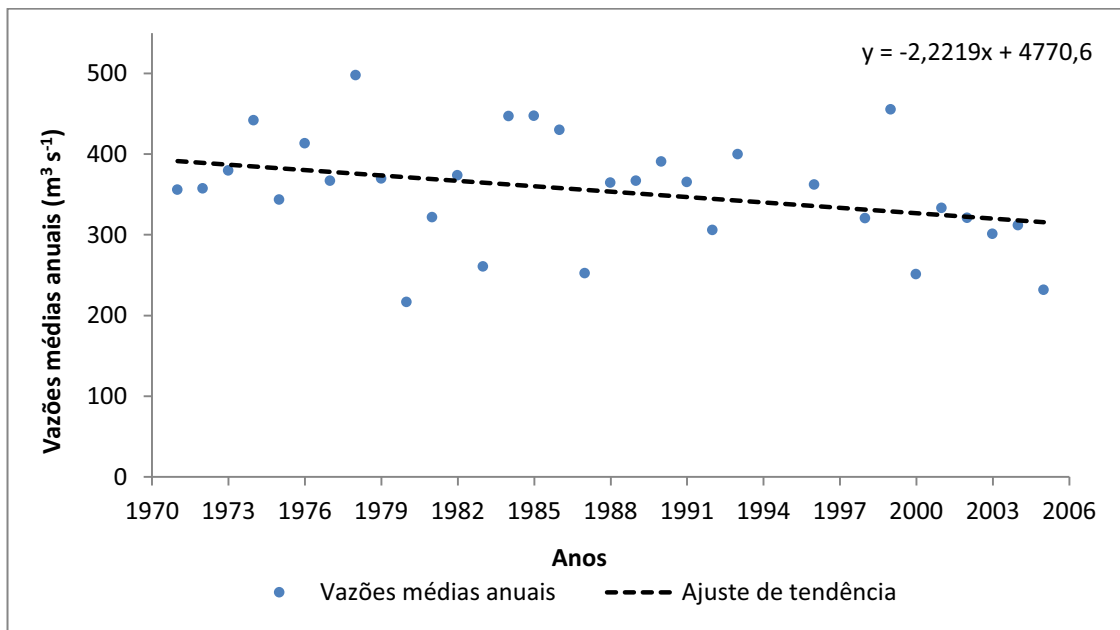


Gráfico 26. Desvios em relação à média histórica de vazões médias (estação 13600002)

Entretanto, analisando-se a linha de tendência pelo método polinomial de ordem 2, com relação aos desvios negativos e positivos, nota-se que a partir do início da década de 1990, há um sensível incremento nas reduções das vazões médias anuais, sendo este comportamento similar aos encontrados nos estudos de Duarte (2005) sobre a dinâmica da precipitação.

O comportamento da tendência ajustada por meio de regressão linear para o período-base selecionado, Gráfico 27, reflete a redução das vazões médias anuais em aproximadamente  $2,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Mas dividindo-se a série em dois períodos distintos (Gráfico 28), o primeiro de 1971 a 1987 e o segundo de 1988 a 2005, observa-se que a redução das vazões no segundo período é mais evidente ( $5,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), quando comparado ao primeiro ( $1,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ).



Além da diferenciação no ritmo da redução das vazões médias anuais, evidencia-se o achatamento/redução das amplitudes entre os períodos, por meio da comparação entre os desvios padrão, com aproximadamente 32% entre o segundo e primeiro período; bem como a redução da média em  $30,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  entre os períodos de aproximadamente 9%.

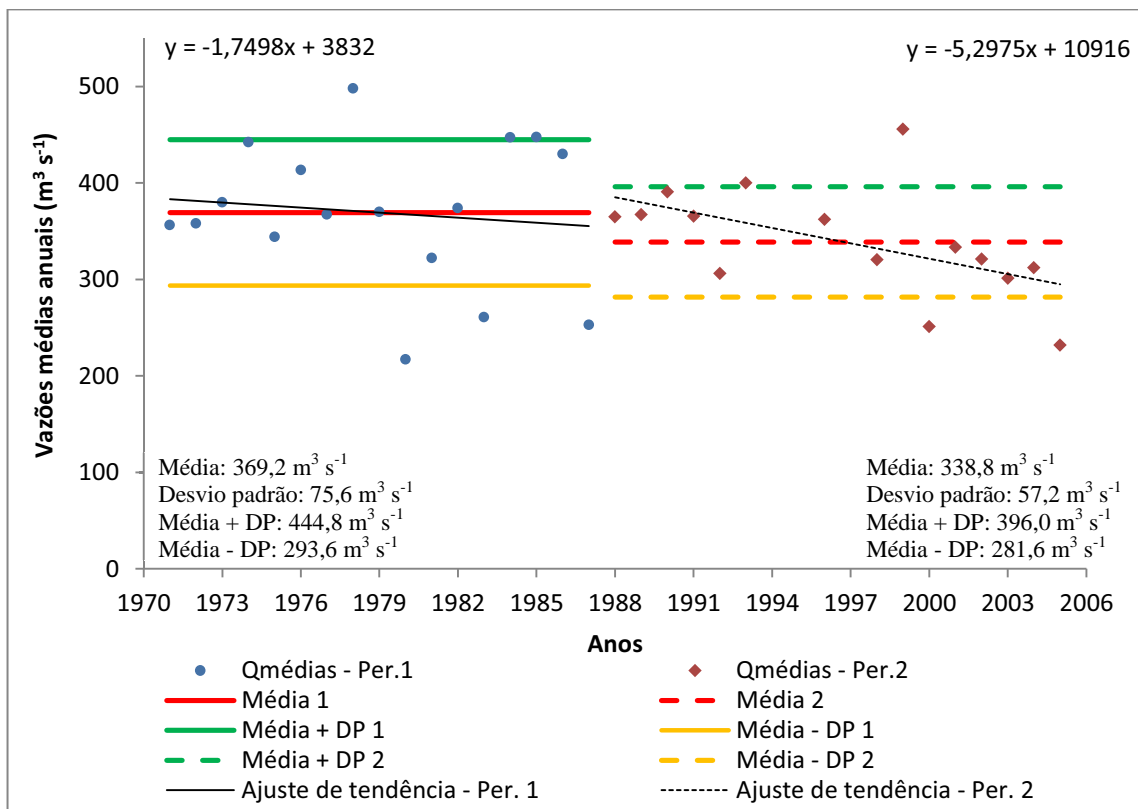


Gráfico 28. Variações de média e desvio padrão entre 1971/1987 e 1988/2005 (estação 13600002)

#### 4.1.2.2. Vazões máximas

Realizou-se o teste de estacionariedade para avaliar mudanças de tendências na série de dados de vazões máximas anuais, no período-base selecionado. Este teste foi realizado seguindo a mesma metodologia das vazões médias e resultado pode ser observado na Tabela 16.

Evidencia-se a partir dos testes da média e da variância que não há mudanças de tendências significativas, ao nível de 5% de probabilidade pelos testes T e F, respectivamente, para os registros de vazões máximas anuais, para a estação 13600002, no período-base selecionado. Desta maneira, admitindo-se a série como estacionária, foi dado início às etapas de processamento de dados.

Com o auxílio do Gráfico 29 observa-se a frequência mensal de ocorrência das vazões máximas ao longo dos meses do ano, sendo os meses de março e abril os de maiores frequências, sendo ambos com 34,3% dos registros, seguidos pelo mês de abril, com 14,2%, e janeiro, com 11,4%. Apenas em 5,8% dos casos houve ocorrências de vazões máximas mensais fora deste padrão, representado pela legenda “Demais”.

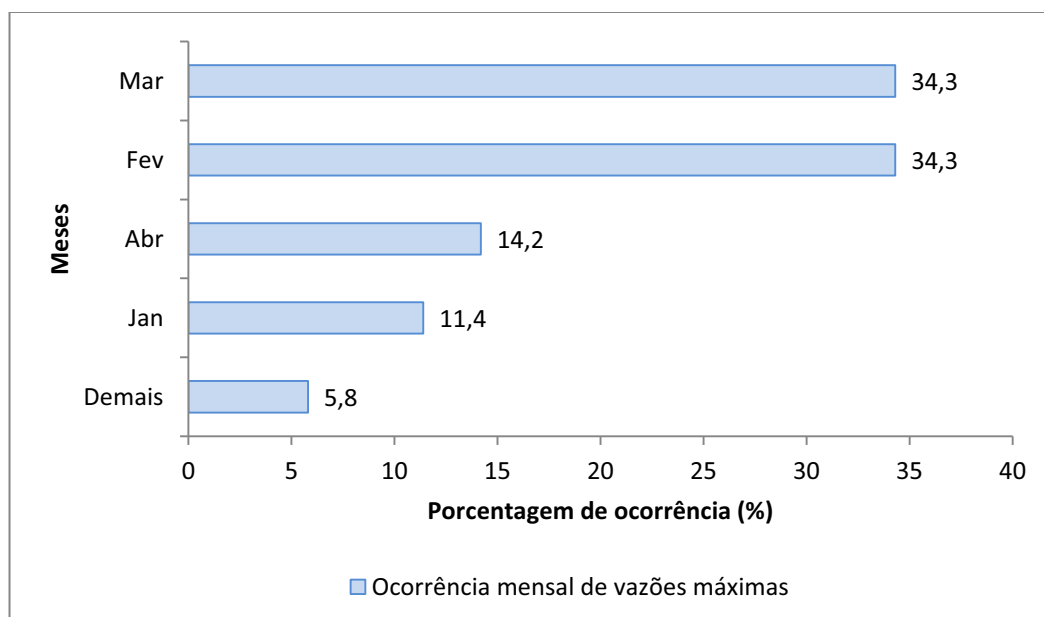


Gráfico 29. Ocorrência de vazões máximas (estação 13600002)

Quanto aos registros de vazões máximas anuais, o Gráfico 30 apresenta a variação em torno da média no período de 1971 a 2005, sendo registrada uma média anual de  $1.453,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e desvio padrão de  $232,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

Tabela 16 - Teste de estacionariedade da série de vazões máximas anuais

Período	H0 (Variância)	H0 (Média)	s <sup>2</sup> (Série A)	s <sup>2</sup> (Série B)	Xm (Série A)	Xm (Série B)
De 1971 a 1975 com 1976 a 2005	Aceita	Aceita	3084599,0	2189827,8	1949,4	1488,9
De 1971 a 1976 com 1977 a 2005	Aceita	Aceita	2922709,2	2186414,9	1861,2	1488,2
De 1971 a 1977 com 1978 a 2005	Aceita	Aceita	2801625,2	2186007,0	1798,0	1488,4
De 1971 a 1978 com 1979 a 2005	Aceita	Aceita	2857486,5	2142239,7	1796,4	1475,4
De 1971 a 1979 com 1980 a 2005	Aceita	Aceita	2857456,9	2109739,3	1783,1	1465,7
De 1971 a 1980 com 1981 a 2005	Aceita	Aceita	2620277,2	2175782,1	1679,5	1495,0
De 1971 a 1981 com 1982 a 2005	Aceita	Aceita	2539571,9	2193910,0	1646,2	1502,4
De 1971 a 1982 com 1983 a 2005	Aceita	Aceita	2526378,7	2183355,4	1637,2	1500,0
De 1971 a 1983 com 1984 a 2005	Aceita	Aceita	2435443,5	2224922,1	1600,6	1516,8
De 1971 a 1984 com 1985 a 2005	Aceita	Aceita	2456677,8	2196300,5	1604,1	1509,2
De 1971 a 1985 com 1986 a 2005	Aceita	Aceita	2425818,2	2207029,0	1591,2	1514,6
De 1971 a 1986 com 1987 a 2005	Aceita	Aceita	2428968,4	2189292,9	1590,0	1510,7
De 1971 a 1987 com 1988 a 2005	Aceita	Aceita	2340334,7	2273468,8	1553,4	1546,8
De 1971 a 1988 com 1989 a 2005	Aceita	Aceita	2398638,6	2192081,8	1569,4	1525,4
De 1971 a 1989 com 1990 a 2005	Aceita	Aceita	2359200,5	2234025,9	1554,4	1544,2
De 1971 a 1990 com 1991 a 2005	Aceita	Aceita	2341289,9	2253582,8	1547,4	1555,4
De 1971 a 1991 com 1992 a 2005	Aceita	Aceita	2361713,4	2203965,1	1552,9	1545,1
De 1971 a 1992 com 1993 a 2005	Aceita	Aceita	2322730,0	2277398,9	1538,1	1578,8
De 1971 a 1993 com 1996 a 2005	Aceita	Aceita	2312193,0	2300709,2	1533,9	1595,4
De 1971 a 1996 com 1998 a 2005	Aceita	Aceita	2297104,4	2348645,5	1528,2	1623,0
De 1971 a 1998 com 1999 a 2005	Aceita	Aceita	2278594,4	2431275,5	1521,2	1666,7
De 1971 a 1999 com 2000 a 2005	Aceita	Aceita	2314269,2	2283437,6	1531,6	1643,9
De 1971 a 2000 com 2001 a 2005	Aceita	Aceita	2267208,4	2581625,0	1512,9	1793,7

\* Aceita a 5% de probabilidade do teste de homogeneidade

H0 (Variância): Homogeneidade da variância; s<sup>2</sup>: Variância da série

H0 (Média): Homogeneidade da média; Xm: Média da série

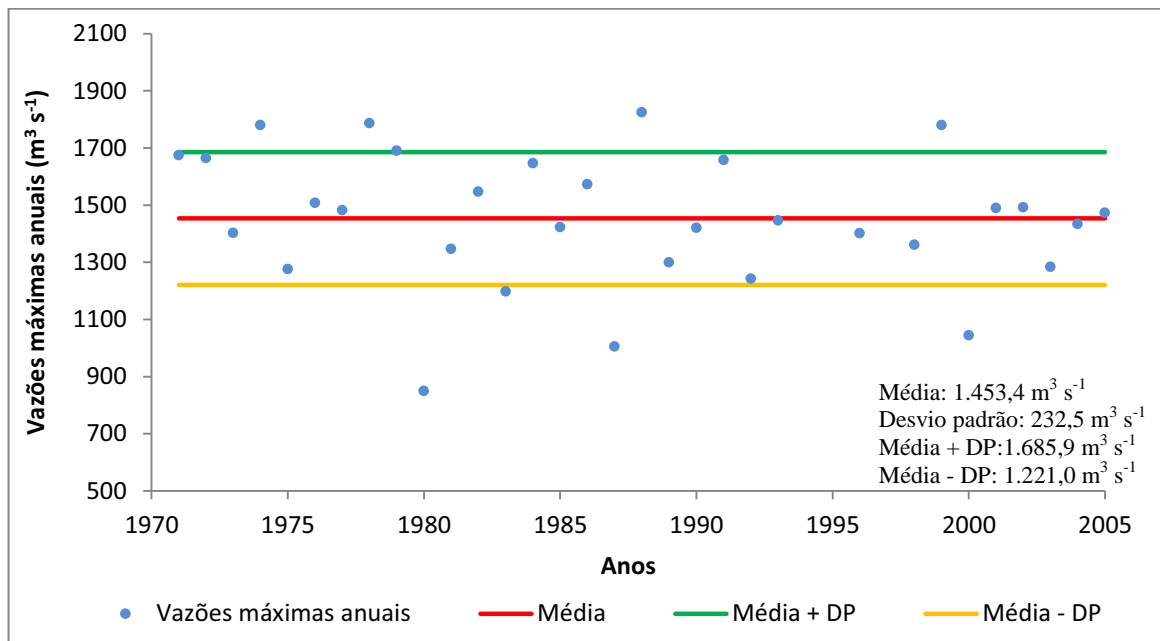


Gráfico 30. Variações das vazões máximas anuais em torno da média (estação 13600002)

Já com relação à tendência ao longo do período-base selecionado, foi identificada uma redução de 4 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, de acordo com o Gráfico 31, notando-se novamente, a proximidade entre os eventos extremos, citando como por exemplo, 1978/1980, 1987/1988 e 1999/2000.

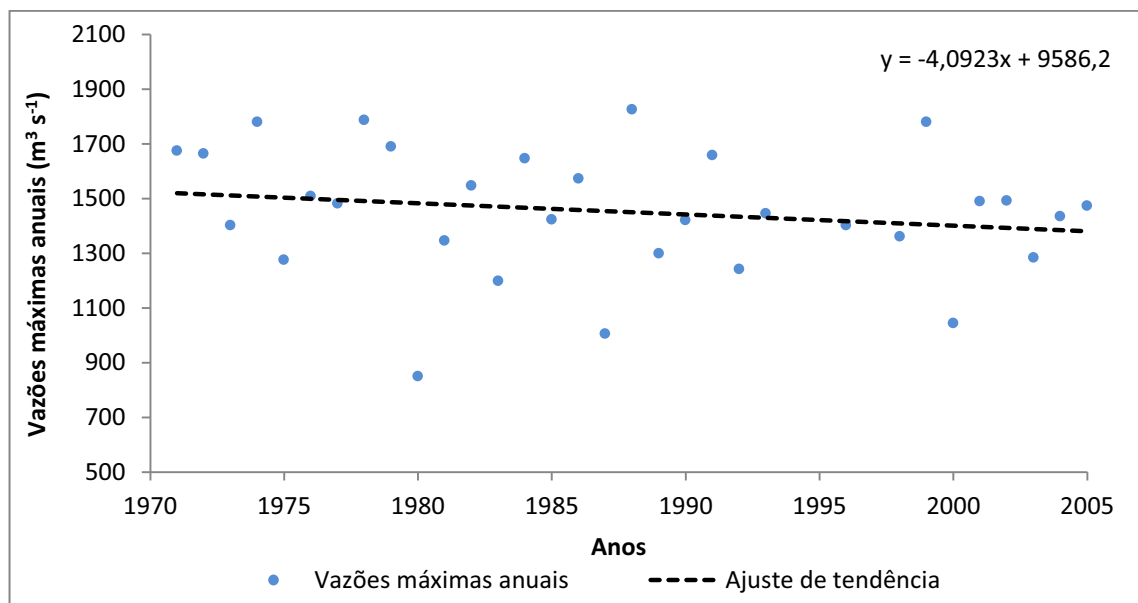


Gráfico 31. Ajuste de tendência no período 1971 a 2005 - Qmáxima (estação 13600002)

Após o ano de 1978 destaca-se a recorrência próxima a cada 10 ou 11 anos das vazões máximas que extrapolam o limite superior estabelecido (com exceção feita a 1979),

servindo de parâmetro as ocorrências dos anos: 1978, 1988 e 1999. Caso este padrão volte a se repetir, esperaria-se em meados de 2009 uma nova vazão de enchente.

Neste sentido, obtendo os dados brutos da estação 13600002 observou-se que em 2009 houve a vazão máxima foi de  $1.858,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , vazão esta que supera todas as demais. Entretanto, ressalta-se também que em 2006 houve o registro da maior vazão máxima da série histórica da estação 13600002, com  $1.940 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , o que remete à proximidade dos eventos extremos na bacia, sendo que em 2005 foi considerada a pior seca registrada. Em 2010 registrou-se uma vazão máxima de  $1.857,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

Deste modo, foi elaborado outro ajuste de tendências para as vazões máximas (Gráfico 32), salientando que neste novo ajuste utilizou-se dados brutos (1971 a 2010) ao invés de consistidos.

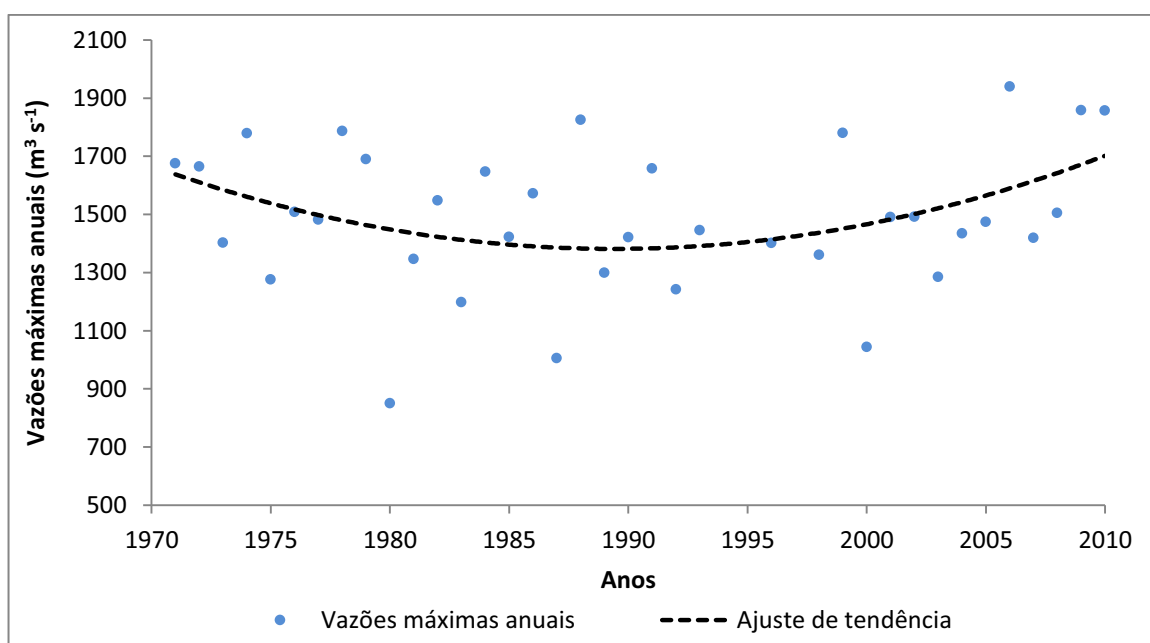


Gráfico 32. Ajuste de tendência no período 1971 a 2010 -  $Q_{máxima}$  (estação 13600002)

Observa-se que a partir de 2000 as vazões máximas têm aumentado expressivamente, atingindo os maiores registros da série histórica de dados em 2006, 2009 e 2010. Como as vazões máximas são controladas pelo uso e cobertura do solo, fatores geológicos-geomorfológicos, pela altura de lâmina precipitada diária, mas principalmente pela intensidade dos eventos, hipotetiza-se que pode estar ocorrendo um aumento da intensidade de chuvas ou alteração referente ao número de dias chuvosos (NDC), pois de acordo com os Gráficos 3 e 4, que representam os desvios em relação à média, bem como as lâminas médias precipitadas a montante de Rio Branco, respectivamente, nota-se que após 1998 há claramente uma tendência de redução.

Diante da impossibilidade de consultas a dados pluviográficos, realizou-se uma relação baseada nos registros de NDCs (fornecidos pela ANA), que podem ser observados pelo Gráfico 33, evidenciando um aumento do NDCs para após o ano 2000, o que explica de certo ponto de vista o aumento dos índices de vazões máximas, assumindo-se que a maior representatividade de solos da bacia são de Argissolos (com horizontes B textural e pouca profundidade - dificultando o processo de infiltração e percolação), além do aumento de áreas sendo convertidas em pastagens.

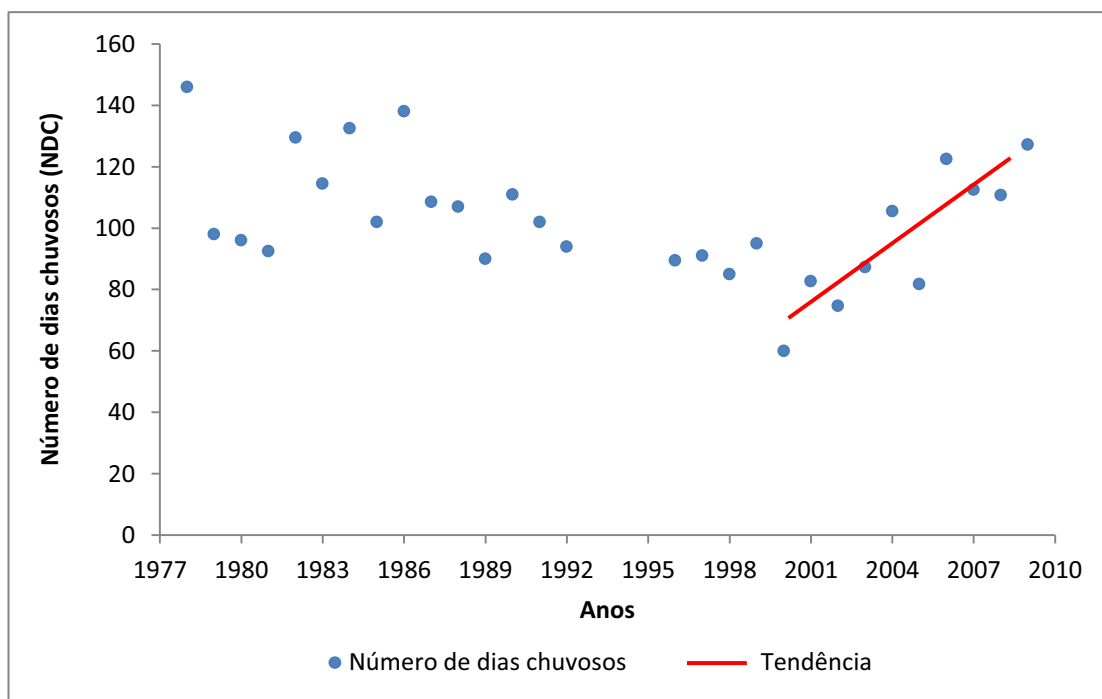


Gráfico 33. Número de dias chuvosos no período 1971 a 2010 para a BMRB

Mas tratando-se de desvios em relação à média histórica de dados consistidos (1971 a 2005), nota-se no Gráfico 34 que o maior desvio positivo, ou seja, que superou o limite superior estabelecido pela soma da média mais desvio padrão, foi em 1988 (ano da maior cheia registrada), com  $371,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Mas se for considerada a série histórica de dados brutos o maior desvio foi em 2006, com  $486,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

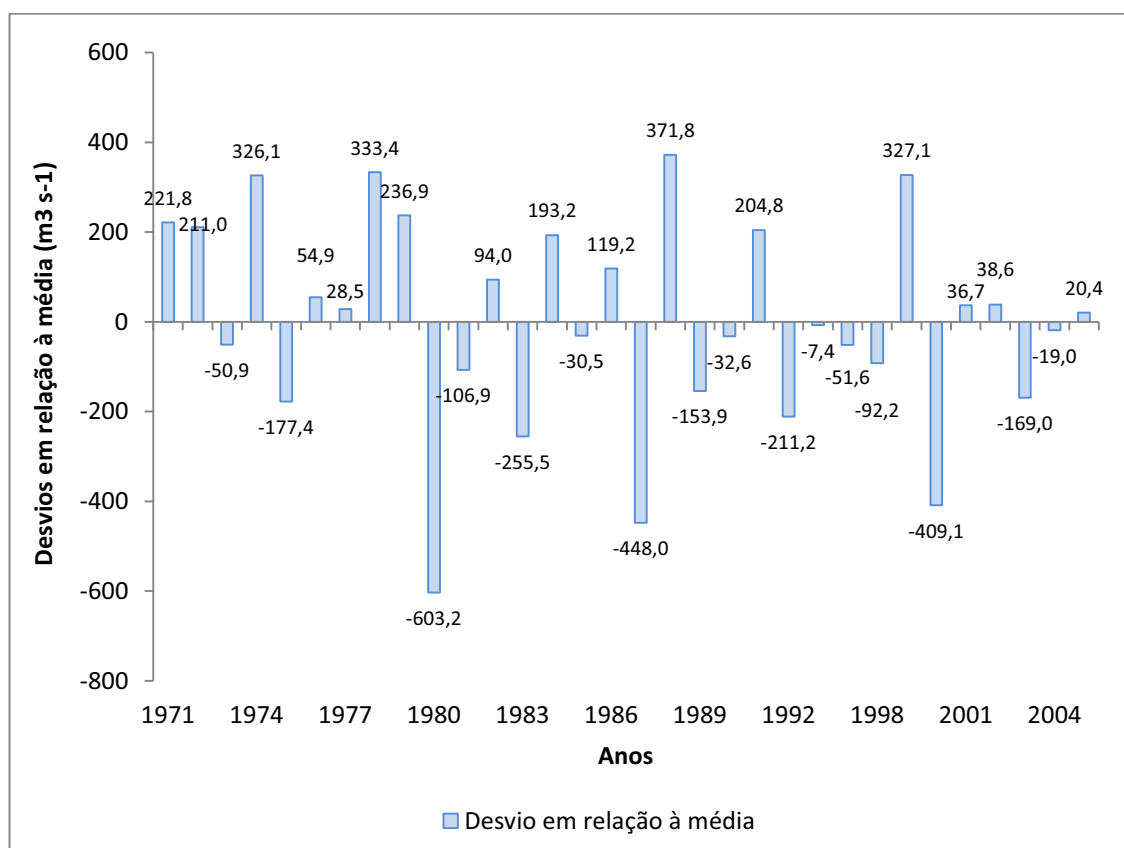


Gráfico 34. Desvios em relação à média histórica de vazões máximas (estação 13600002)

Outro ponto a ser ressaltado é quanto às amplitudes dos desvios entre os valores acima e abaixo da média histórica, como pode ser observado na Tabela 17, fica evidente a redução dos extremos, no período entre 1971 a 2005. Quando comparado ao primeiro par de eventos extremos (1978/1980), há uma redução em 14,2% para o par 1987/1988 e 27,2% para o par 1999/2000, ou seja, as amplitudes registradas das vazões máximas possuem um padrão de redução para o período.

Tabela 17. Amplitudes entre os valores registrados de vazões máximas (1971 a 2005)

Anos	Vazão máxima registrada (m³ s⁻¹)	Amplitude* (m³ s⁻¹)	Varição** (%)
1978	1.786,8	936,6	---
1980	850,2		
1987	1.005,4	819,8	- 14,24
1988	1.825,2		
1999	1.780,6	736,2	- 27,22
2000	1.044,4		

\* Dados em módulo.

\*\* Variação percentual em relação aos anos 1978/1980

--- Sem registro

Mas para que haja o planejamento por parte dos poderes públicos municipais e estadual, caso os eventos extremos de cheias venham a ocorrer ou para a construção de obras hidráulicas, estimou-se por meio do ajuste estatístico associado a uma distribuição probabilística as vazões máximas com os períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos (Tabela 18).

Tabela 18. Vazões máximas anuais associadas aos períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos

Distribuição	Períodos de retorno					
	10		20		30	
	Evento	Amplitude*	Evento	Amplitude*	Evento	Amplitude*
Gumbel	1.809,06	371,47	1.958,56	474,32	2.044,56	534,5
Pearson 3	1.727,20	156,92	1.782,33	197,09	1.808,68	230,1
Logpearson 3	1.800,70	435,58	1.979,61	597,46	2.088,21	702,3
Lognormal 2	1.759,45	263,9	1.864,08	311,61	1.920,96	338,6
Lognormal 3	-	-	-	-	-	-

\* Amplitude representa a variação do intervalo de confiança, a 5% de probabilidade pelo teste T.

- Não obteve ajuste.

A distribuição probabilística que melhor ajustou-se aos dados do período-base selecionado foi a Pearson 3, pois obteve sempre as menores amplitudes do intervalo de confiança.

#### 4.1.2.3. Vazões mínimas

As vazões mínimas adotadas foram: (a) vazão mínima absoluta, (b) vazão mínima de sete dias consecutivos ( $Q_7$ ) e (c) vazões obtidas da curva de permanência no tempo.

Primeiramente realizou-se o teste de estacionariedade para avaliar se houve mudanças de tendências na série de dados de vazões mínimas anuais, seguindo a mesma metodologia utilizada anteriormente nas vazões médias e máximas, sendo os resultados apresentados na Tabela 19.

Evidencia-se a partir dos testes da média e variância, que não há mudanças de tendências significativas para os registros de vazões mínimas anuais, no período-base selecionado, ao nível de 5% de probabilidade pelos testes T e F. Desta maneira, admitindo-se a série como estacionária, foi dado início às etapas de processamento de dados.

Tabela 19 - Teste de estacionariedade da série de vazões mínimas anuais

Período	H0 (Variância)	H0 (Média)	s <sup>2</sup> (Série A)	s <sup>2</sup> (Série B)	Xm (Série A)	Xm (Série B)
De 1971 a 1975 com 1976 a 2005	Aceita	Aceita	1697,93	1825,35	45,20	41,72
De 1971 a 1976 com 1977 a 2005	Aceita	Aceita	1784,68	1813,10	45,40	41,54
De 1971 a 1977 com 1978 a 2005	Aceita	Aceita	1649,47	1848,09	43,03	41,97
De 1971 a 1978 com 1979 a 2005	Aceita	Aceita	1778,88	1817,34	44,10	41,60
De 1971 a 1979 com 1980 a 2005	Aceita	Aceita	1910,16	1771,35	45,24	41,07
De 1971 a 1980 com 1981 a 2005	Aceita	Aceita	1856,94	1787,55	44,42	41,22
De 1971 a 1981 com 1982 a 2005	Aceita	Aceita	1816,10	1804,50	43,78	41,38
De 1971 a 1982 com 1983 a 2005	Aceita	Aceita	1849,18	1784,74	44,05	41,10
De 1971 a 1983 com 1984 a 2005	Aceita	Aceita	1757,19	1842,48	42,65	41,87
De 1971 a 1984 com 1985 a 2005	Aceita	Aceita	1846,33	1779,34	43,52	41,16
De 1971 a 1985 com 1986 a 2005	Aceita	Aceita	2037,01	1608,30	45,21	39,53
De 1971 a 1986 com 1987 a 2005	Aceita	Aceita	2020,10	1596,63	45,02	39,35
De 1971 a 1987 com 1988 a 2005	Aceita	Aceita	1921,06	1679,57	43,51	40,67
De 1971 a 1988 com 1989 a 2005	Aceita	Aceita	1903,78	1683,59	43,32	40,69
De 1971 a 1989 com 1990 a 2005	Aceita	Aceita	1914,20	1649,62	43,45	40,28
De 1971 a 1990 com 1991 a 2005	Aceita	Aceita	1920,84	1614,10	43,54	39,83
De 1971 a 1991 com 1992 a 2005	Aceita	Aceita	1904,63	1615,83	43,37	39,82
De 1971 a 1992 com 1993 a 2005	Aceita	Aceita	1895,55	1604,92	43,27	39,64
De 1971 a 1993 com 1996 a 2005	Aceita	Aceita	1990,55	1307,36	44,17	36,71
De 1971 a 1996 com 1998 a 2005	Aceita	Aceita	2005,18	1161,69	44,35	35,06
De 1971 a 1998 com 1999 a 2005	Aceita	Aceita	1942,50	1271,82	43,44	37,17
De 1971 a 1999 com 2000 a 2005	Aceita	Aceita	1934,96	1175,40	43,37	36,23
De 1971 a 2000 com 2001 a 2005	Aceita	Aceita	1892,37	1262,33	42,81	38,09

\* Aceita a 5% de probabilidade do teste de homogeneidade

H0 (Variância): Homogeneidade da variância; s<sup>2</sup>: Variância da série

H0 (Média): Homogeneidade da média; Xm: Média da série

Com o auxílio do Gráfico 35 observa-se a frequência mensal de ocorrência das vazões mínimas, sendo os meses de setembro e agosto os de maiores frequências de ocorrências com 45% e 32% dos registros, respectivamente, seguidos pelo mês de outubro com 23%.

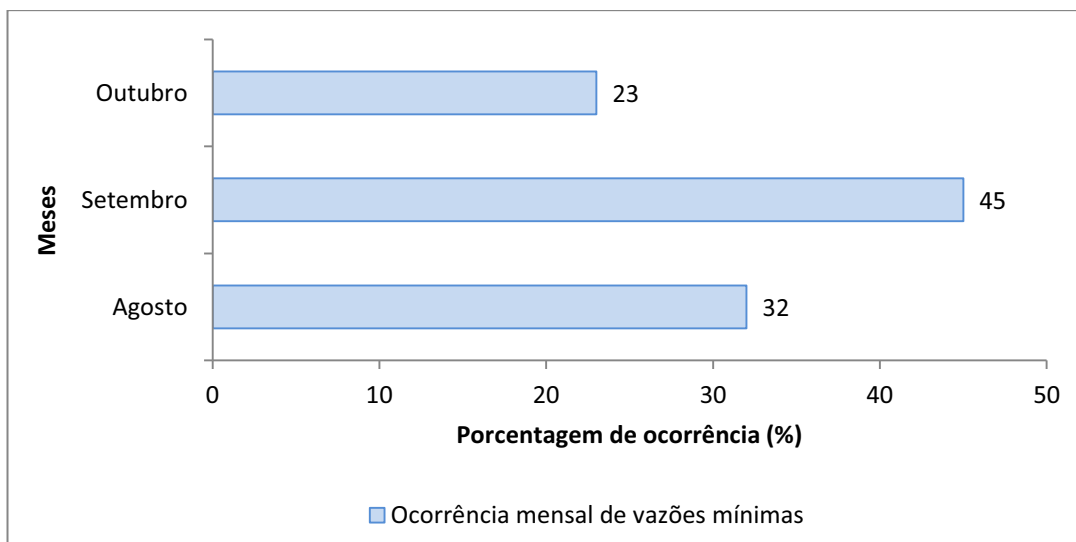


Gráfico 35. Ocorrência de vazões mínimas (estação 13600002)

Quanto aos registros de vazões mínimas anuais, no Gráfico 36 é apresentada a variação em torno da média no período de 1971 a 2005, sendo registrada uma média anual de  $39,55 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e desvio padrão de  $11,65 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

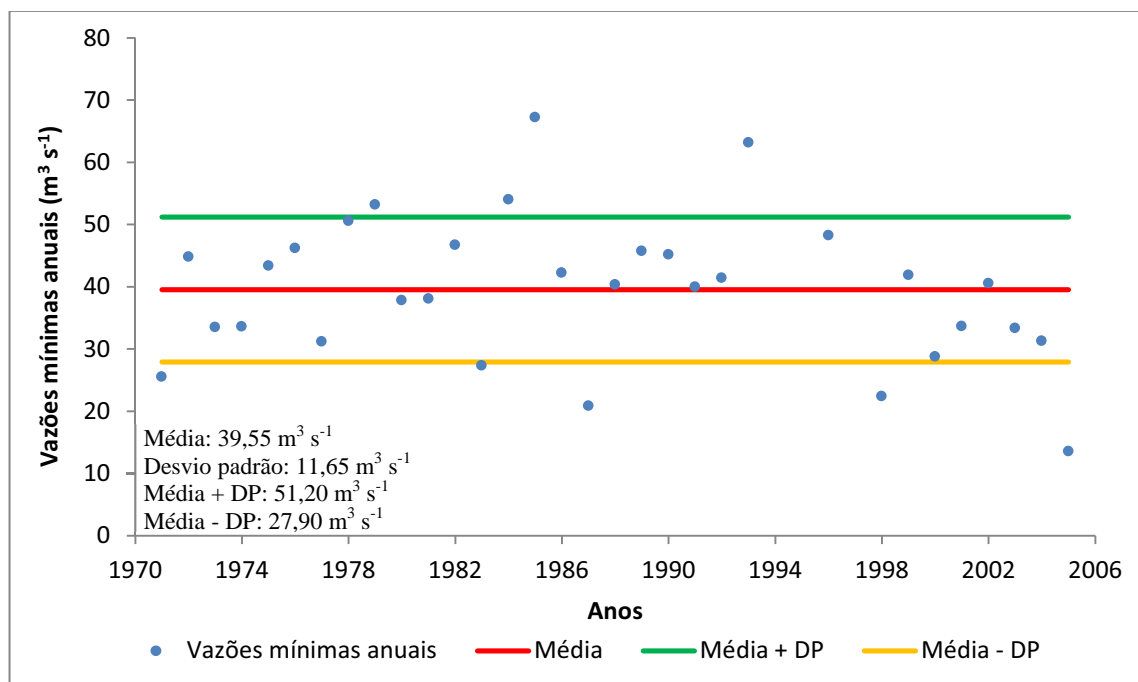


Gráfico 36. Variações das vazões mínimas anuais em torno da média (estação 13600002)

Desta forma, calcularam-se os limites inferior e superior, sendo observado que em 71,9% dos casos os registros estiveram dentro do intervalo padrão esperado, porém 28,1% (9 ocorrências) dos registros extrapolaram os limites estabelecidos.

Destes, 15,6% (5 ocorrências) excederam o limite inferior de  $27,90 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e 12,5% (4 ocorrências) excederam o limite superior de  $51,20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Destacam-se os anos de 2005 como sendo a maior estiagem histórica da série de dados disponíveis (no período de 1971 a 2005), com  $13,56 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e, em 1985, com a maior mínima absoluta histórica com  $67,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

Já com relação à tendência ao longo do período-base, foi identificada uma redução de  $0,24 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , de acordo com o Gráfico 37. Entretanto, observa-se que há dois períodos distintos ao longo dos trinta e dois anos analisados, tendo o primeiro período início em 1971 indo até 1987 (17 anos) e o segundo período iniciando em 1988 e finalizando no ano de 2005 (18 anos). Os dois períodos citados podem ser observados por meio do Gráfico 38.

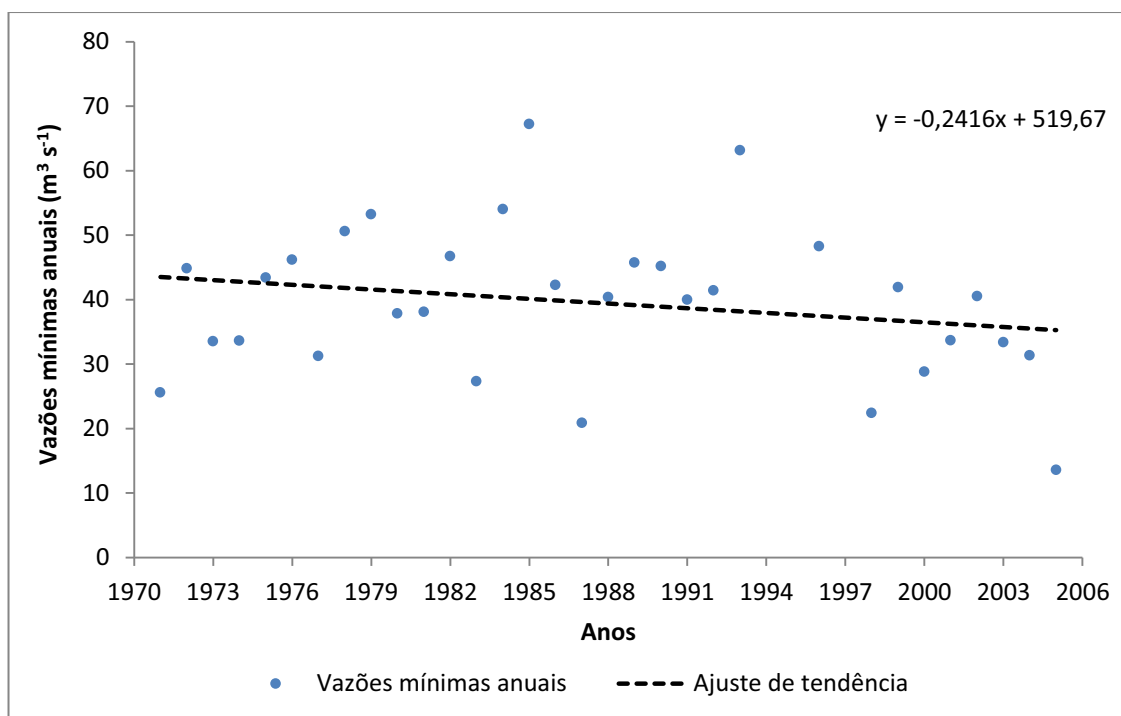


Gráfico 37. Ajuste de tendência no período 1971 a 2005 - Qmínima (estação 13600002)

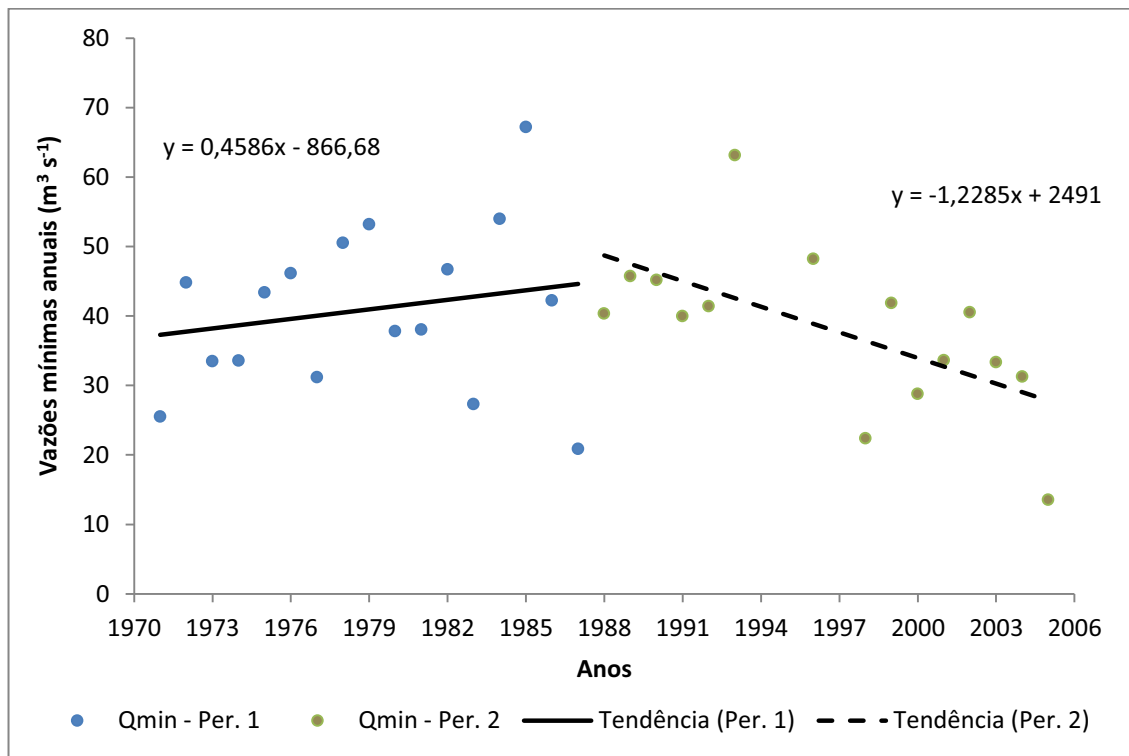


Gráfico 38. Variações de tendências das vazões mínimas (estação 13600002)

Nota-se que há uma “tímida” tendência de aumento das vazões mínimas no período 1 (1971 a 1987) em  $0,45 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , sendo justificada pelo aumento das precipitações no início da década de 1970, de acordo com dados de Marengo e Valverde (2005). Já no segundo período entre 1988 a 2005, observa-se uma tendência de redução mais pronunciada de  $1,23 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

A redução neste período tem como possíveis causas: (a) o aumento populacional dos municípios banhados pelo rio Acre, (b) o aumento do desmatamento na bacia contribuinte à estação 13600002 e (c) além de influências climáticas, visto que neste período há a tendência de redução das precipitações (Gráfico 4).

Mas outro ponto que chama a atenção é com relação aos desvios em relação à média histórica de dados, apresentada no Gráfico 39. Nota-se que os desvios negativos, ou seja, os desvios abaixo do limite inferior estipulado (média menos desvio padrão), possui uma tendência de incremento, pois a série inicia-se com  $14,01 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  abaixo da média em 1971, atinge  $18,68 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  em 1987 e chega a  $25,99 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  em 2005.

Porém, no comportamento global houve a tendência de aumento das vazões mínimas anuais até meados de 1985 (ano de maior registro), iniciando-se o declínio desde então, até atingir o índice mínimo em 2005.

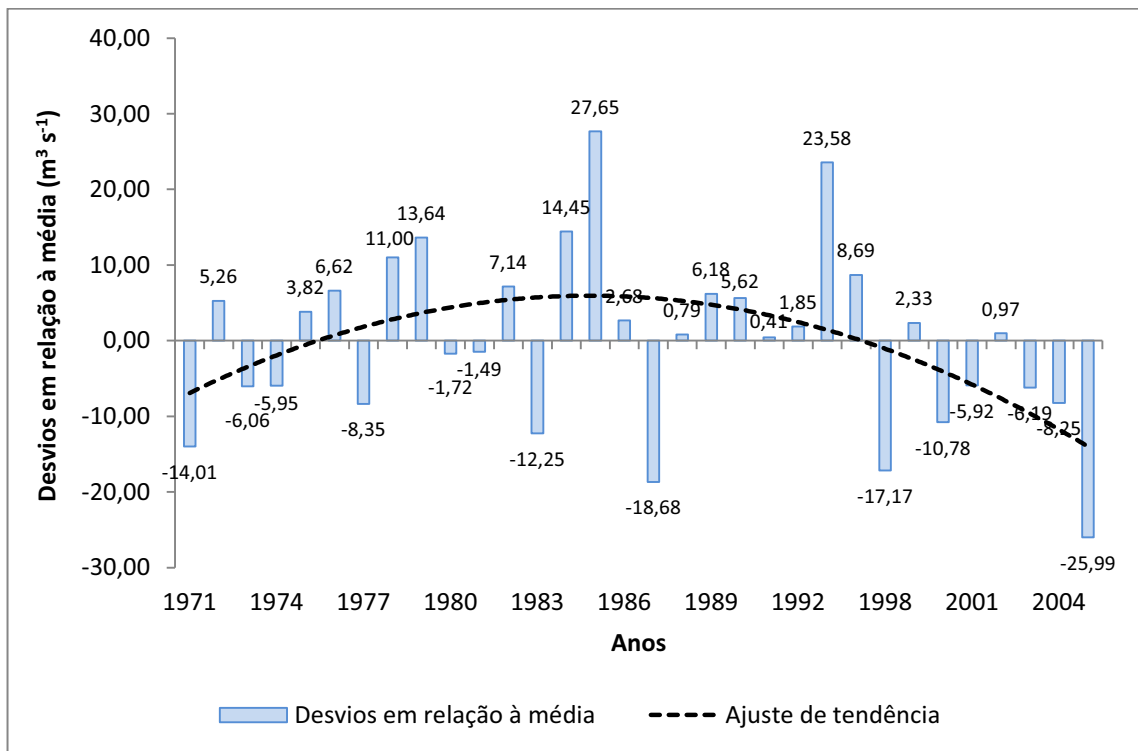


Gráfico 39. Desvios em relação à média histórica de vazões mínimas (estação 13600002)

Estimou-se por meio do ajuste estatístico associado a uma distribuição probabilística, as vazões mínimas com sete dias de duração ( $Q_7$ ) associadas aos períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos (Tabela 20), tomando por base o período entre 1971 a 2005.

Tabela 20. Vazões mínimas  $Q_7$  associadas aos períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos

Distribuição	Períodos de retorno					
	10		20		30	
	Evento	Amplitude*	Evento	Amplitude*	Evento	Amplitude*
Weibull	24,62	9,68	20,95	11,22	19,18	12,50
Pearson 3	24,84	10,26	20,96	12,37	18,97	13,90
Logpearson 3	26,02	5,99	24,16	6,17	23,33	6,28
Lognormal 2	26,21	8,49	23,60	9,54	22,35	10,10
Lognormal 3	24,78	10,51	20,79	12,72	18,74	14,28

\* Amplitude representa a variação do intervalo de confiança, a 5% de probabilidade pelo teste T.

A distribuição probabilística que melhor ajustou-se aos dados do período-base selecionado foi a Logpearson 3, pois obteve sempre as menores amplitudes do intervalo de confiança.

#### 4.1.2.4. Vazões obtidas da curva de permanência

A curva de permanência é utilizada no diagnóstico de bacias, pois relaciona a vazão à probabilidade de ocorrência ao longo do tempo. Deste modo, a curva de permanência ou curva de duração, relaciona a vazão do rio e sua permanência no tempo.

A curva de permanência apresenta grande importância na determinação dos volumes de regularização na operação e dimensionamento de reservatórios, bem como no diagnóstico de disponibilidades hídricas superficiais de bacias hidrográficas e configura-se como sendo a vazão escolhida pela Agência Nacional de Águas, como a vazão referência aos processos de outorgas em rios com jurisdição federal.

As curvas de permanência podem possuir diversos formatos, o que facilita no processo de diagnóstico, na compreensão se a bacia possui ou não, boa regularização de suas vazões. Na Figura 45 apresenta-se dois exemplos de curvas de permanência, um associado a bacias com dificuldades de regularização natural (linha vermelha) e associados a bacias com facilidade de regularização de suas vazões (linha preta tracejada).

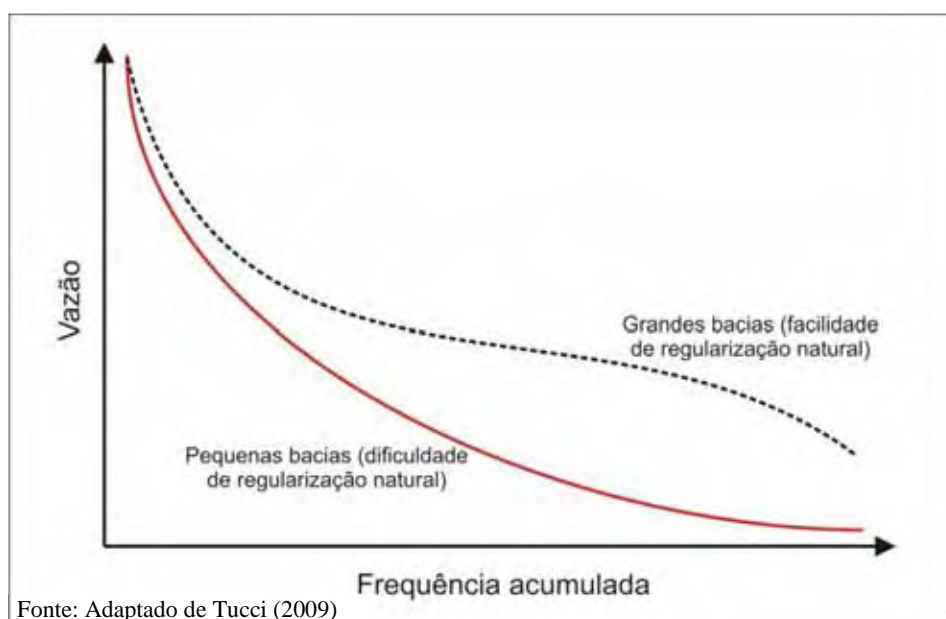


Figura 45. Variações do traçado de curvas de permanência

Como critério de outorga no Brasil, a Agência Nacional de Águas, estipulou uma porcentagem da vazão de permanência associada a 95% do tempo ( $Q_{95}$ ). Desta forma, adotou-se o valor de 70% da  $Q_{95}$  como sendo o limite máximo permissível para outorgas em rios de águas federais, conforme deliberação da ANA.

Cada estado da federação pode, por meio do plano estadual de recursos hídricos, definir seus critérios, porém para apenas os rios de jurisdição dos próprios estados, ou seja,

que possuam suas nascentes e foz dentro do próprio território e que não façam divisas com demais estados da federação.

Marques (2006) elaborou um mapa contendo os critérios de outorga para diversos estados da federação (Figura 46). Neste ainda não havia um critério de outorga definido para o estado do Acre, pois naquele momento, o plano estadual de recursos hídricos ainda era discutido. Destaca-se que houveram mudanças em alguns estados, como por exemplo, na Bahia o órgão responsável atualmente é o INEMA e no Espírito Santo a vazão de outorgas mudou para a  $Q_{90}$ , mantendo-se o mesmo valor de retirada de 50%.

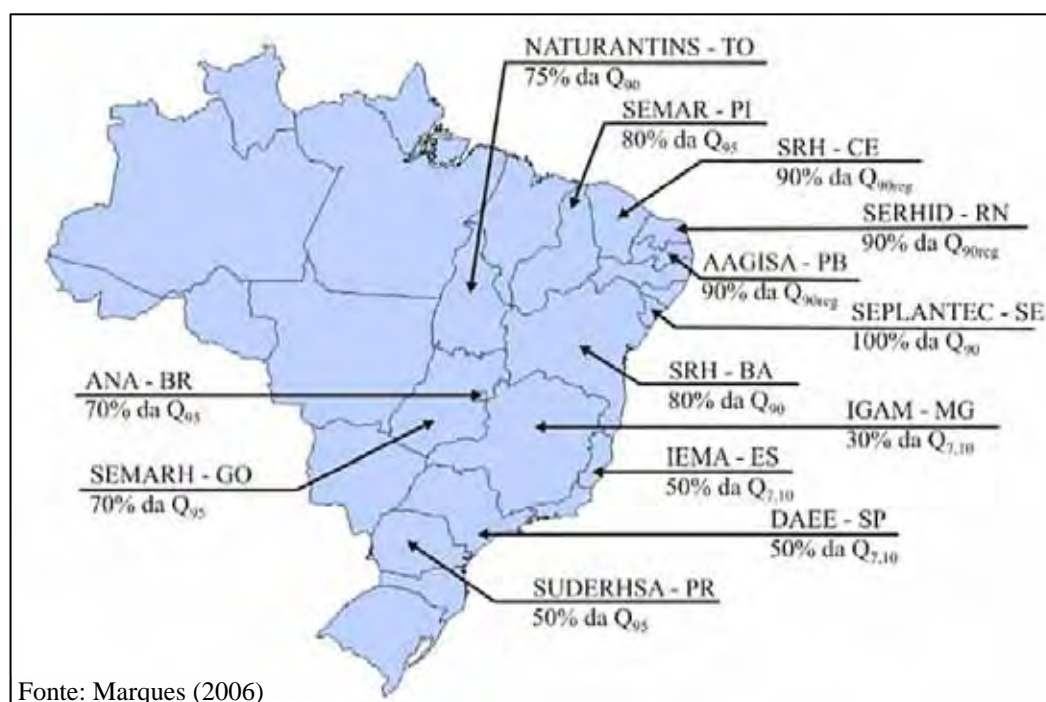


Figura 46. Critérios de outorga nos estados da federação em 2006. (Marques, 2006)

Entretanto, segundo matéria veiculada no site da Agência de Notícias, acessado em 15/07/2011, relata que no dia 06/06/2011 houve a aprovação do prognóstico e plano de ações do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) do estado do Acre, [http://www.agencia.ac.gov.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=15840&Itemid=26](http://www.agencia.ac.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=15840&Itemid=26). Neste sentido, o PERH do estado do Acre ainda continua em tramitação na Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA).

Por meio da utilização do software SisCAH 1.0 obteve-se as vazões associadas às permanências de 50 a 95% do tempo, sendo possível a visualização dos valores por meio da Tabela 21, bem como através do Gráfico 40.

Tabela 21. Vazões de permanência para a estação 13600002

<b>Permanência (%)</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>)</b>
95	37,44
90	46,07
85	52,92
80	60,37
75	68,24
70	78,33
65	90,22
60	208,88
55	132,10
50	170,20

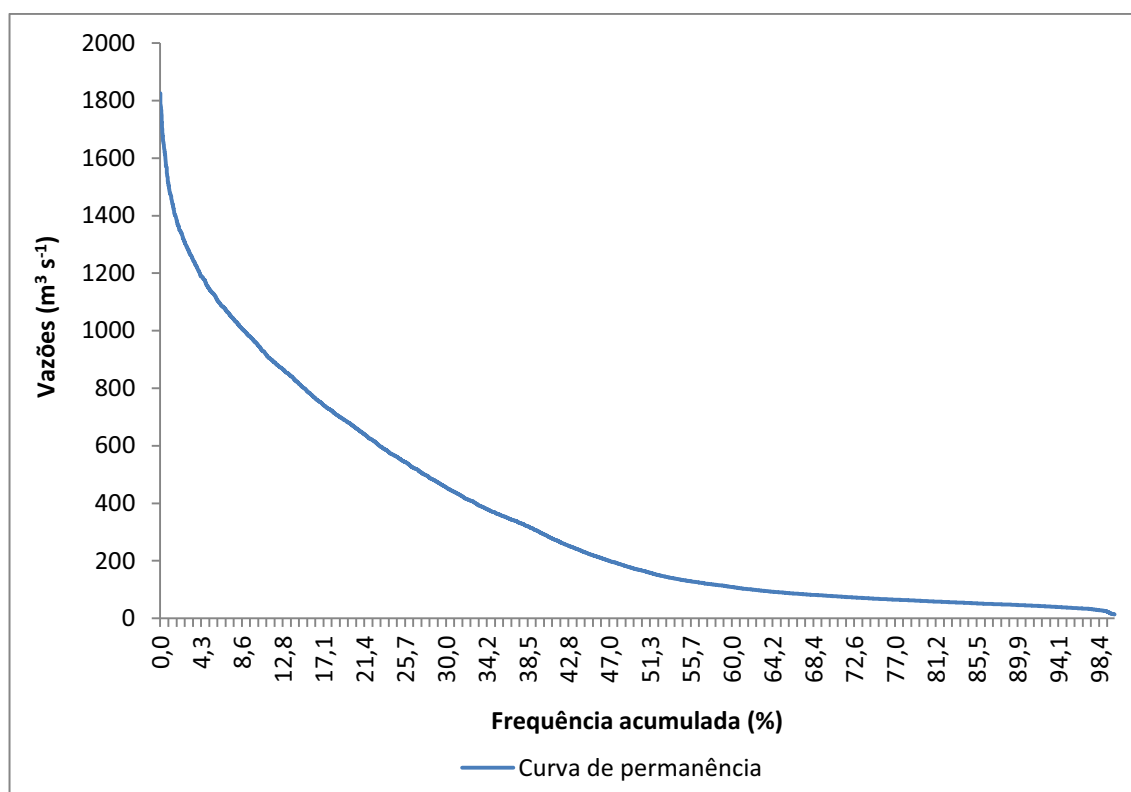


Gráfico 40. Curva de permanência obtida para a estação 13600002

Na seção onde encontra-se a estação Rio Branco (13600002) a  $Q_{95}$  é de  $37,44 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , ou seja, em 95% do tempo há vazões iguais ou superiores a  $37,44 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Neste sentido, apoiado nos critérios de outorgas da ANA (70% da  $Q_{95}$ ), pode-se retirar do rio Acre, neste local, até  $26,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , sendo que deve ser mantida no rio uma vazão mínima remanescente de  $11,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

## 4.2. Calibração de modelo chuva-vazão IPH II

Para o biênio 1987/1988 iniciou-se o processo com a alimentação do modelo, por meio das precipitações médias diárias de três estações pluviométricas, dados médios diários de evapotranspiração e registros diários de vazões.

Os dados de precipitações diárias foram expressivamente prejudicados, pois em 1987 e 1988 apenas três estações registraram dados consistidos na bacia a montante de Rio Branco (Tabela 22), sendo a área de drenagem de aproximadamente 23.392,8 km<sup>2</sup>, representando uma média de 7.797,6 km<sup>2</sup> por estação. Optou-se pela utilização das mesmas, pois não haviam outros registros históricos disponíveis para a região.

Tabela 22. Lista de estações pluviométricas utilizadas na calibração do biênio 1987/1988

Código	Nome	Início de operação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1069000	Assis Brasil	1980	10° 56' 0''	69° 34' 0''	263
1068000	Xapuri	1978	10° 38' 59''	68° 30' 24''	178
1168001	Brasiléia	1980	11° 01' 24''	68° 44' 06''	225

Fonte: Sistema HidroWeb (2011)

Já os dados de evapotranspiração adotou-se o valor médio mensal, obtido das Normais Climatológicas de 1961 a 1990 publicadas por INMET (2010), para a estação climatológica da UFAC. Desta forma, dividiram-se os valores médios mensais pelo número de dias do mês correspondente, para se obter os valores médios diários, conforme pode ser visualizado por meio da Tabela 23.

Tabela 23. Evapotranspiração média mensal na cidade de Rio Branco

Mês	mm mês <sup>-1</sup>	mm dia <sup>-1</sup>	Mês	mm mês <sup>-1</sup>	mm dia <sup>-1</sup>
Jan	31,9	1,03	Jul	69,9	2,25
Fev	20,8	0,74	Ago	37,8	1,22
Mar	31,7	1,02	Set	74,7	2,49
Abr	31,3	1,04	Out	48,7	1,57
Mai	40,4	1,30	Nov	37,7	1,26
Jun	52,0	1,73	Dez	37,6	1,21

Fonte: INMET (2010)

Com relação aos dados consistidos de vazões diárias, os mesmos foram obtidos da base de dados da ANA, por meio do software SisCAH 1.0.

Assim, após todos estes dados inseridos no software WIN\_IPH2 houve a necessidade de estimar as condições iniciais, que são: (a) percolação ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ), (b) vazão subterrânea ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) e vazão superficial ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ). Desta forma, utilizou-se a metodologia de separação de escoamentos proposta por Tucci (2009), com os respectivos dados:  $20,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ,  $347,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e  $50,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , respectivamente.

Na Tabela 24 apresentam-se os resultados obtidos no processo de calibração para o biênio de 1987/1988.

Tabela 24. Resultados das calibrações por funções-objetivo (anos 1987/1988)

<b>Funções-objetivo</b>	<b>Teste 1</b>
Desvio padrão	191,54
Desvio absoluto médio	119,09
Desvio quadrado relativo médio	126,38
Desvio padrão do inverso das vazões	0,0055
Coefficiente de Nash e Sutcliffe	0,7254
Desvio relativo médio	0,4872
Erro de volume	#

Teste 1: Dados de precipitação por pluviômetros. # Sem ajuste.

Os resultados não são comparáveis entre si, pois advém de funções-objetivo distintas e desta forma, adotou-se o valor de correlação ( $R^2$ ) e checagem visual das hidrógrafas como critérios de escolha da melhor F.O. na representação do comportamento hidrológico.

Neste sentido, o Gráfico 41 apresenta-se o ietograma do resultado da F.O. Desvio absoluto médio para as vazões diárias do biênio 1987/1988.

Esta F.O. apresentou melhores resultados tanto no processo de inspeção visual entre a hidrógrafa observada e estimada, quanto na correlação entre as vazões observadas e estimadas, que registrou  $R^2$  de 0,6967 para o ano de 1988, de acordo com dados do Gráfico 42.

Além disto, a F.O. Desvio absoluto médio apresentou a menor variação, cerca de  $17,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , com relação ao valor de vazão máxima no ano de 1988 (maior cheia registrada nos dados da ANA), estando em  $1.842,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (vazão simulada) *versus*  $1.825,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (vazão observada), com +0,96% de variação.

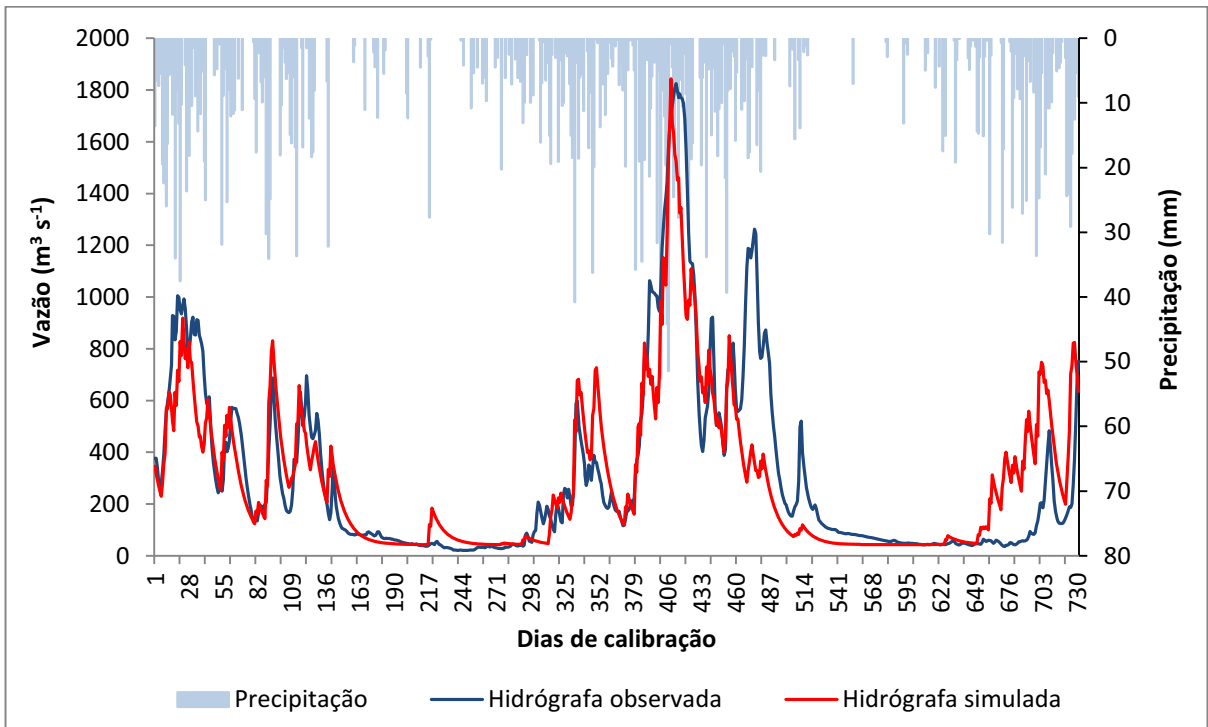


Gráfico 41. Calibração do biênio 1987/1988 adotando F.O. Desvio absoluto médio

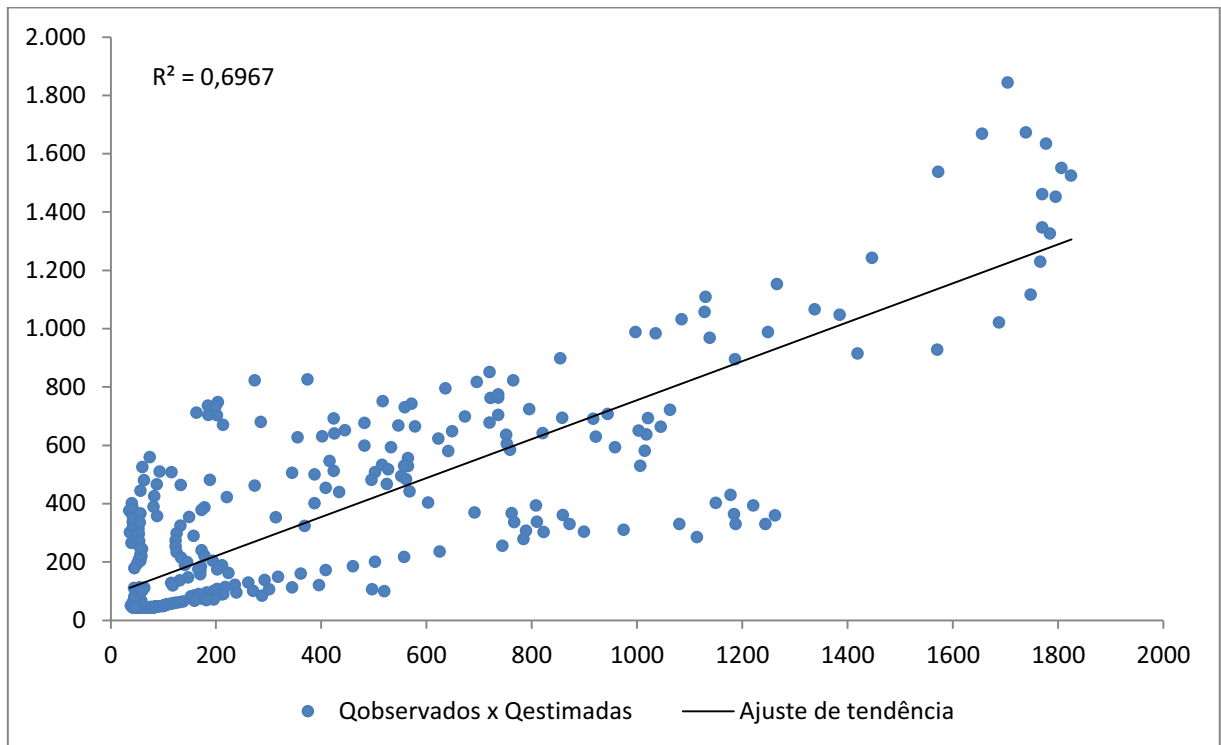


Gráfico 42. Correlação entre vazões observadas e estimadas (1988) - F.O. Desvio absoluto médio

Mesmo a F.O. Desvio absoluto médio sendo a de melhor desempenho deve-se ressaltar que a calibração para o ano de 1988 não pode ser considerada um “sucesso

completo”, pois se por um lado esta função-objetivo conseguiu estimar com relativo grau de precisão o valor de vazão máxima; não foi capaz de estimar outros momentos, como por exemplo, os valores entre os dias 460 a 514, representando o início do ano hidrológico de 1989.

Outro ponto que deve ser ressaltado é que esta função não foi capaz de estimar com precisão a vazão mínima registrada no ano, pois o valor de vazão mínima observada ficou em  $20,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , sendo a estimativa de  $42,42 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , ou seja, uma superestimativa em 108%.

Além da estimativa da vazão mínima não ter sido bem representada, as mudanças de inclinação da hidrógrafa, principalmente entre os dias 649 a 703, também deixaram a desejar.

Isto reflete que o modelo ajustado para as vazões máximas requer aprimoramentos futuros, com a introdução de novas técnicas e dados, ou até mesmo a mudança do ano-referência de vazões máximas para 2006, onde de acordo com dados brutos da estação 13600002, ocorreu o maior evento registrado nesta seção.

Porém, deve-se destacar que este processo de calibragem utilizou apenas 3 (três) estações pluviométricas e dados médios de evapotranspiração, do período 1961 a 1990, muito diferente do calibrado.

Desta forma, associando tecnologias orbitais mais recentes de previsão e registro de lâminas precipitadas (Hidroestimador, TRMM, CMORPH, dentre outros), em conjunto com a densificação da rede hidrometeorológica da ANA e do Governo do estado do Acre, bem como o acesso aos dados climatológicos da estação UFAC e/ou com a troca por um modelo hidrológico mais robusto, do tipo chuva-vazão distribuído, a estimativa do comportamento das vazões máximas certamente terão melhores resultados.

Porém, destacando a capacidade do modelo IPH II estimar, com expressiva precisão, o valor do registro máximo observado, o mesmo será utilizado para a elaboração de cenários de comportamento hidrológico das vazões máximas, associando a eventos extremos, com o incremento do desmatamento na bacia a montante, bem como a alteração climática prevista pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) e o comportamento previsto da evapotranspiração para 2030.

Já a F.O. Desvio relativo médio obteve a pior calibração entre todas as demais, com  $R^2$  de 0,6662 (Gráfico 43), entre dados observados e estimados para o ano de 1988, bem como um insatisfatório comportamento entre a hidrógrafa observada e estimada, tanto para as baixas quanto para as altas magnitudes (Gráfico 44).

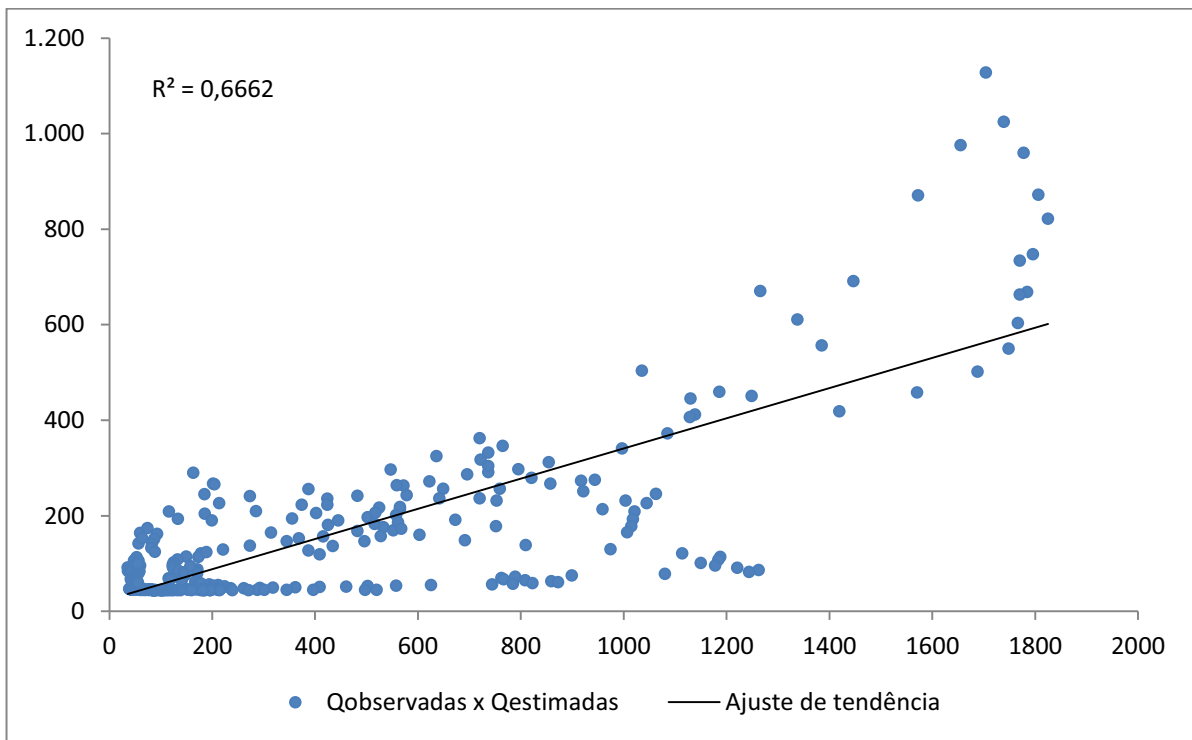


Gráfico 43. Correlação entre vazões observadas e estimadas (1988) - F.O. Desvio relativo médio

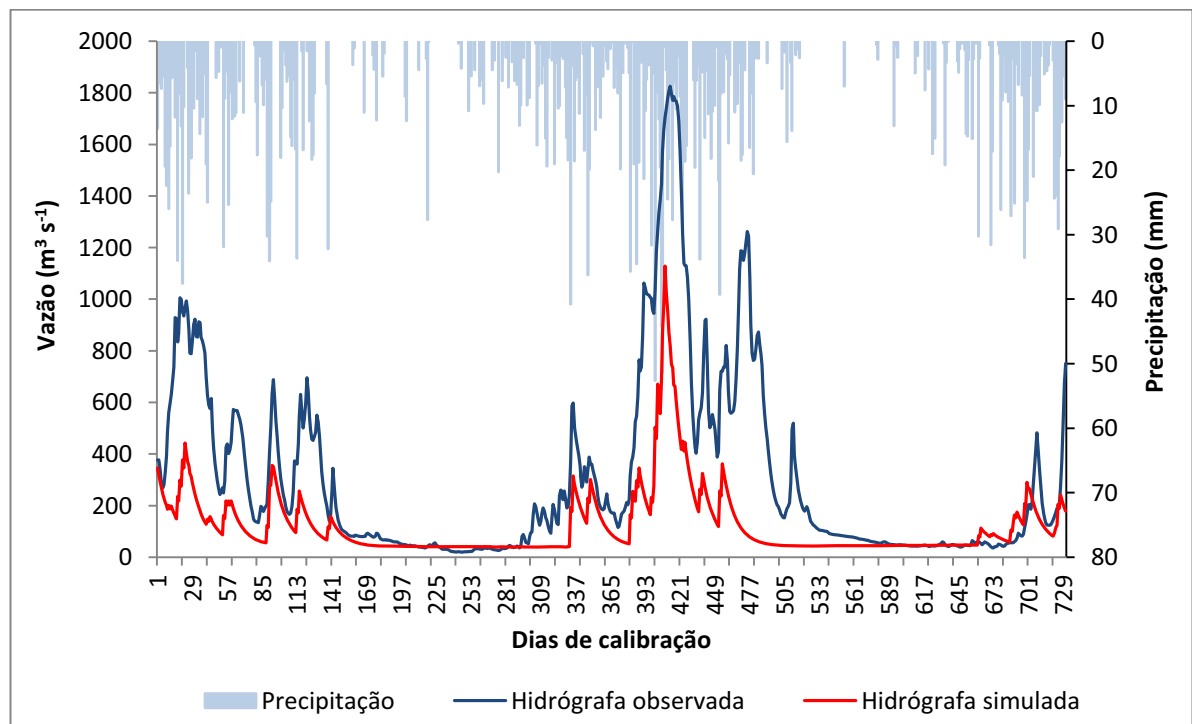


Gráfico 44. Calibração do biênio 1987/1988 adotando F.O. Desvio relativo médio

Já para o biênio 2004/2005 o processo de alimentação do modelo hidrológico dividiu-se em 3 (três) partes: (a) Teste 1: dados de precipitação média diária advinda de estações pluviométricas da rede hidrometeorológica da ANA, (b) Teste 2: dados de

precipitação média diária advinda de imagens da metodologia Hidroestimador, cedidos pelo CPTEC e (c) Teste 3: média dos dados de precipitação média diária dos Testes 1 e 2.

Com isto procurou-se testar qual metodologia de obtenção de dados de precipitações possui melhor ajuste no processo de calibração do modelo hidrológico IPH II, para uma determinada parte da região amazônica, sem contar com um número satisfatório de postos de monitoramento.

Exceto para a variação dos dados de entrada “precipitação”, os demais permaneceram inalterados durante todos os Testes, sendo os valores destes visualizados na Tabela 25.

Tabela 25. Dados e valores de entrada utilizados na calibração do biênio 2004/2005

<b>Dados de entrada</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Intervalo de tempo	1.440	min
Número de registros	731	dias
Área da bacia	23.392,8	km <sup>2</sup>
Área impermeável	0,12	%
Coefficiente de forma (HTA)	2,00	Adimensional
Tempo de concentração	3,00	Adimensional
Percolação	13,25	m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
Vazão subterrânea	354,60	m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
Vazão superficial	257,60	m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>

Quanto aos dados de evapotranspiração adotou-se o valor médio mensal, obtido das imagens do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), produto MOD16A, dos anos de 2004 e 2005, para as órbitas/ponto h11v09 e h11v10, com resolução de 1 km.

Após a aquisição deste produto houve a necessidade de correção de sua projeção, de Sinusoidal para Geográficas, bem como a realização de mosaico e posterior recorte para a área de interesse. Todas estas etapas de correção da imagem Modis foram realizadas por meio do SIG ArcGIS 9.3 instalados no Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal da Bahia, campus Barreiras, e seus resultados podem ser visualizados por meio da Tabela 26.

Tabela 26. Evapotranspiração média diária e mensal estimada pelo produto MOD16A

Meses	Evapotranspiração mm dia <sup>-1</sup>		Evapotranspiração mm mês <sup>-1</sup>	
	Anos		Anos	
	2004	2005	2004	2005
Jan	3,96	4,41	122,76	136,71
Fev	4,41	4,14	123,54	115,92
Mar	3,30	3,47	102,3	107,57
Abr	3,71	3,95	111,3	118,5
Mai	4,40	4,30	136,4	133,3
Jun	4,13	4,38	123,9	131,4
Jul	4,19	4,27	129,89	132,37
Ago	3,53	3,64	109,43	112,84
Set	2,14	2,45	64,2	73,5
Out	3,12	3,15	96,72	97,65
Nov	4,41	4,04	132,3	121,2
Dez	4,09	3,51	126,79	108,81
<b>Soma</b>	-	-	<b>1.379,53</b>	<b>1.389,77</b>
<b>Média</b>	<b>3,78</b>	<b>3,81</b>	<b>114,96</b>	<b>115,81</b>

Com relação aos dados consistidos de vazões diárias, os mesmos foram obtidos da base de dados da ANA, por meio do software SisCAH 1.0. Cabe ressaltar que serão apresentados os melhores resultados dos ajustes realizados para cada um dos Testes.

Desta forma, para o Teste 1 (precipitação obtida por pluviômetros) utilizou-se dados diários de 4 (quatro) estações pluviométricas listadas na Tabela 27, sendo realizado por meio de média aritmética o cálculo da precipitação média diária para a bacia contribuinte da estação 13600002 (Rio Branco). A estação 01168002 (Cobija) foi excluída deste procedimento por apresentar, para o ano de 2004, muitos dados estimados e duvidosos.

Tabela 27. Lista de estações pluviométricas utilizadas na calibração do biênio 2004/2005

Código	Nome	Início de operação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1069000	Assis Brasil	1980	10° 56' 0''	69° 34' 0''	263
1067001	Fazenda Santo Afonso	1989	10° 04' 0''	67° 56' 0''	152
1068000	Xapuri	1978	10° 38' 59''	68° 30' 24''	178
1168001	Brasiléia	1980	11° 01' 24''	68° 44' 06''	225

Fonte: Sistema HidroWeb (2011)

Na Tabela 28 são apresentados os resultados obtidos pelo processo de calibração automática, modo mono-objetivo, utilizando dados pluviométricos de postos da Agência Nacional de Águas (ANA).

Tabela 28. Resultados das calibrações por funções-objetivo para o Teste 1 (anos 2004/2005)

Funções-objetivo	Teste 1	R <sup>2</sup>
Desvio padrão	165,58	0,7532
Desvio absoluto médio	93,75	0,7567
Desvio quadrado relativo médio	40,67	0,4381
Desvio padrão do inverso das vazões	0,0052	0,4065
Coefficiente de Nash e Sutcliffe	0,7491	0,7532
Desvio relativo médio	0,2676	0,7607
Erro de volume	#	#

Teste 1: Dados de precipitação por pluviômetros. # Sem ajuste.

Exceto a função-objetivo *Erro de volume*, que não foi capaz de ajustar os dados de entrada ao comportamento hidrológico das vazões observadas, todas as demais conseguiram ajustar os parâmetros e modelar as vazões estimadas *versus* as vazões observadas.

Os ajustes de calibração foram avaliados conforme metodologia exposta na calibração para o biênio 1987/1988, utilizando-se como critérios o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) para o ano-foco, neste caso 2005, e a inspeção visual entre os formatos das hidrógrafas estimada e observada.

Desta maneira, observa-se na Tabela 28 que a função-objetivo na qual se obteve melhor desempenho na correlação entre as vazões observadas e estimadas foi a F.O. 6 (Desvio relativo médio), sendo que o Gráfico 45 mostra o resultado desta correlação.

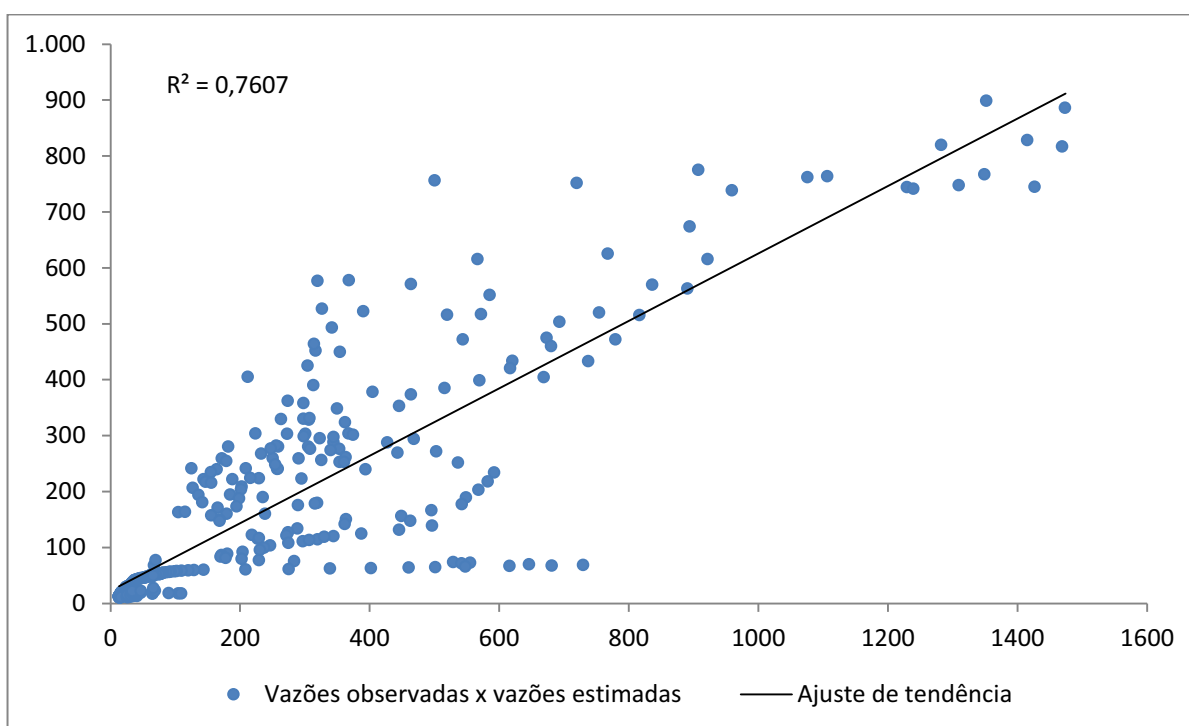


Gráfico 45. Correlação entre vazões observadas e estimadas (2005) - F.O. Desvio relativo médio

Já no Gráfico 46 observa-se o ajuste entre as hidrógrafas observadas e estimadas, utilizando a F.O. Desvio relativo médio, por meio de dados pluviométricos das estações da rede hidrometeorológica da ANA.

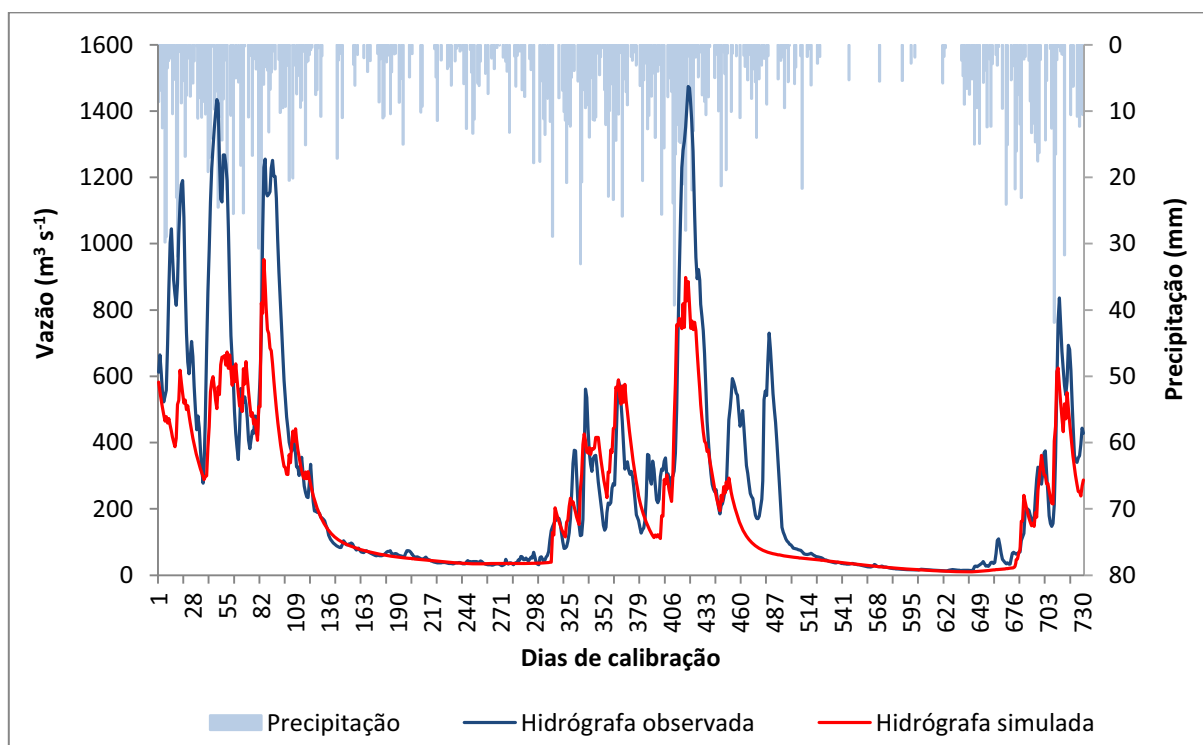


Gráfico 46. Calibração do biênio 2004/2005 adotando F.O. Desvio relativo médio

Cabe ressaltar que esta F.O. não foi capaz, utilizando dados da rede da ANA, de calibrar de modo satisfatório a hidrógrafa de vazões estimadas à hidrógrafa de vazão observada.

Visualmente os principais erros estão associados às vazões de pico, registradas nos períodos chuvosos de 2004 e 2005, respectivamente entre os dias 1 a 100 e 406 a 487, originadas, evidentemente, pela concentração e altura de lâminas precipitadas na bacia de drenagem.

Acredita-se que tal comportamento seja decorrente da incipiente rede de monitoramento de precipitações utilizadas/disponíveis, pois estes não registraram eventos chuvosos que foram suficientemente capazes de alterar a vazão na seção transversal da estação 13600002 e conseqüentemente, alterando o formato da hidrógrafa.

Quanto à estimativa dos eventos extremos, registrou-se a vazão máxima de  $952,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , enquanto o valor observado foi de  $1.473,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , representando uma subestimativa de 35,4%. Entretanto, a variação da vazão mínima foi menor, porém não menos expressiva, com

valor estimado em  $10,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , enquanto o valor observado foi de  $13,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , representando uma superestimativa de 24,2%.

Deste modo, evidencia-se que para a dimensão territorial da bacia de interesse ( $\sim 23.400 \text{ km}^2$ ) e à baixa densidade de postos de monitoramento, os resultados de calibração do modelo hidrológico IPH II, utilizando-se apenas dados de precipitação dos postos da ANA, não apresentou resultados satisfatórios, inviabilizando sua utilização. Porém, este fato pode não ocorrer em regiões mais instrumentalizadas, com maiores densidades de postos de monitoramento, como por exemplo, em estudos de Bravo et. al. (2006), Collischonn e Tucci (2003), Moreira (2005), Marins (2004), dentre outros.

Quanto ao Teste 2, utilizando dados pluviométricos diários do Hidroestimador, adquiridos pelo FTP do CPTEC e processados no SIG ArcGIS 9.3, estima-se uma melhora no ajuste das vazões máximas e mínimas, devido à maior densidade de pontos amostrais, pois cada pixel de  $16 \text{ km}^2$  foi convertido no formato de ponto, obtendo na bacia de interesse 1.320 pontos.

Na Figura 47 observa-se, como exemplo, uma amostra de precipitação do Hidroestimador já processada para a bacia do rio Acre, tendo sido registrado em 10 de fevereiro de 2005 uma altura média da lâmina precipitada de 14,5 mm, tendo o registro máximo de 66,1 mm.

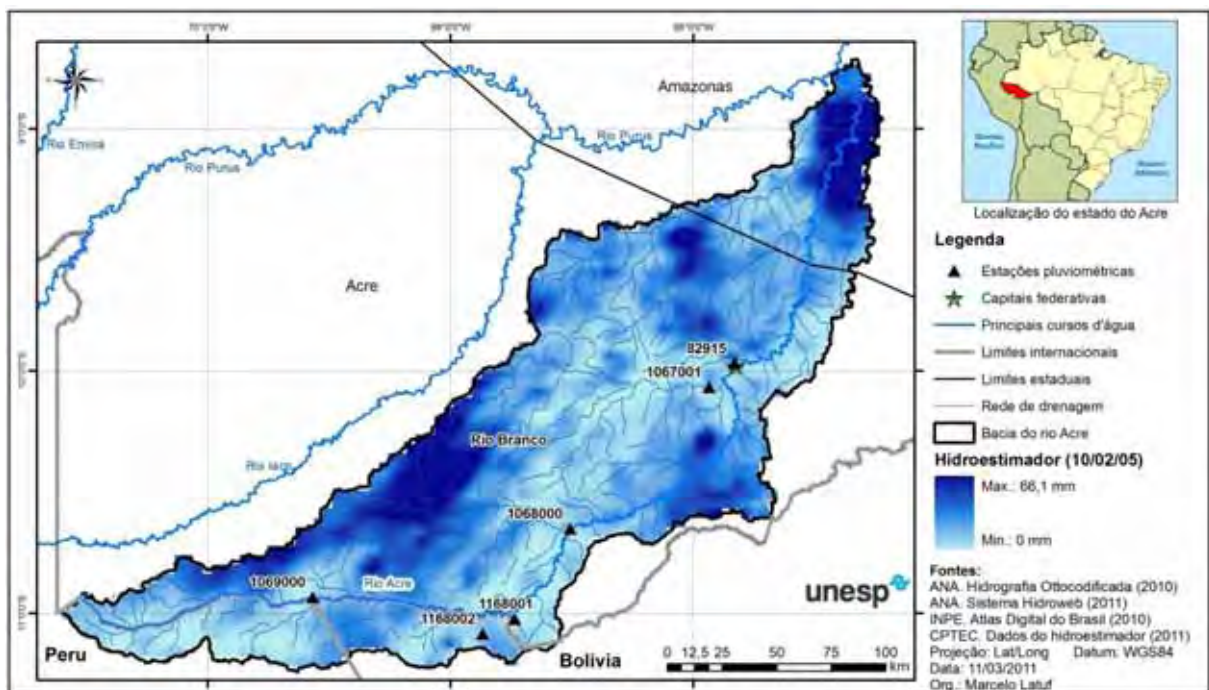


Figura 47. Amostra do campo de precipitação do Hidroestimador em 10/02/2005 para a bacia do rio Acre

Na Tabela 29 são apresentados os resultados obtidos pelo processo de calibração automática, modo mono-objetivo, utilizando dados do Hidroestimador, bem como o valor de determinação  $R^2$  para o ano de 2005.

Tabela 29. Resultados das calibrações por funções-objetivo para o Teste 2 (anos 2004/2005)

Funções-objetivo	Teste 2	$R^2$
Desvio padrão	166,86	0,6182
Desvio absoluto médio	96,47	0,6106
Desvio quadrado relativo médio	91,76	0,5914
Desvio padrão do inverso das vazões	0,0061	0,6965
Coefficiente de Nash e Sutcliffe	0,7452	0,6184
Desvio relativo médio	0,4658	0,3961
Erro de volume	#	#

Teste 2: Dados de precipitação pelo Hidroestimador. # Sem ajuste.

Observa-se que a F.O. que obteve o melhor desempenho na correlação entre as vazões observadas e estimadas para 2005 foi a F.O. Desvio padrão do inverso das vazões. Porém, realizando a inspeção visual entre as hidrógrafas estimada e observada, esta F.O. não obteve desempenho satisfatório, conforme observa-se por meio do Gráfico 47, superestimando expressivamente todas as vazões dos períodos chuvosos de 2004 e 2005.

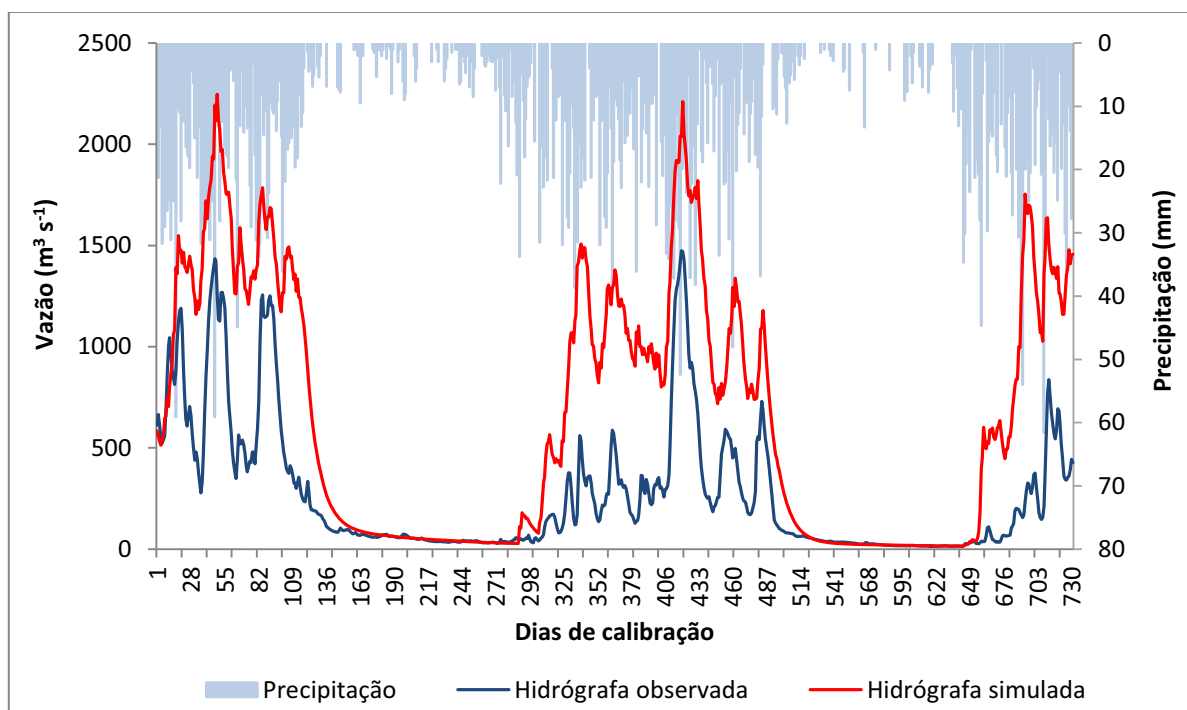


Gráfico 47. Calibração do biênio 2004/2005 adotando F.O. Desvio padrão o inverso das vazões

Assim, optou-se na avaliação da F.O. que obteve o segundo maior coeficiente de determinação, a F.O. do Coeficiente de Nash e Sutcliffe com  $R^2$  de 0,6184, conforme visualiza-se no Gráfico 48, bem como no Gráfico 49 o ajuste entre as hidrógrafas.

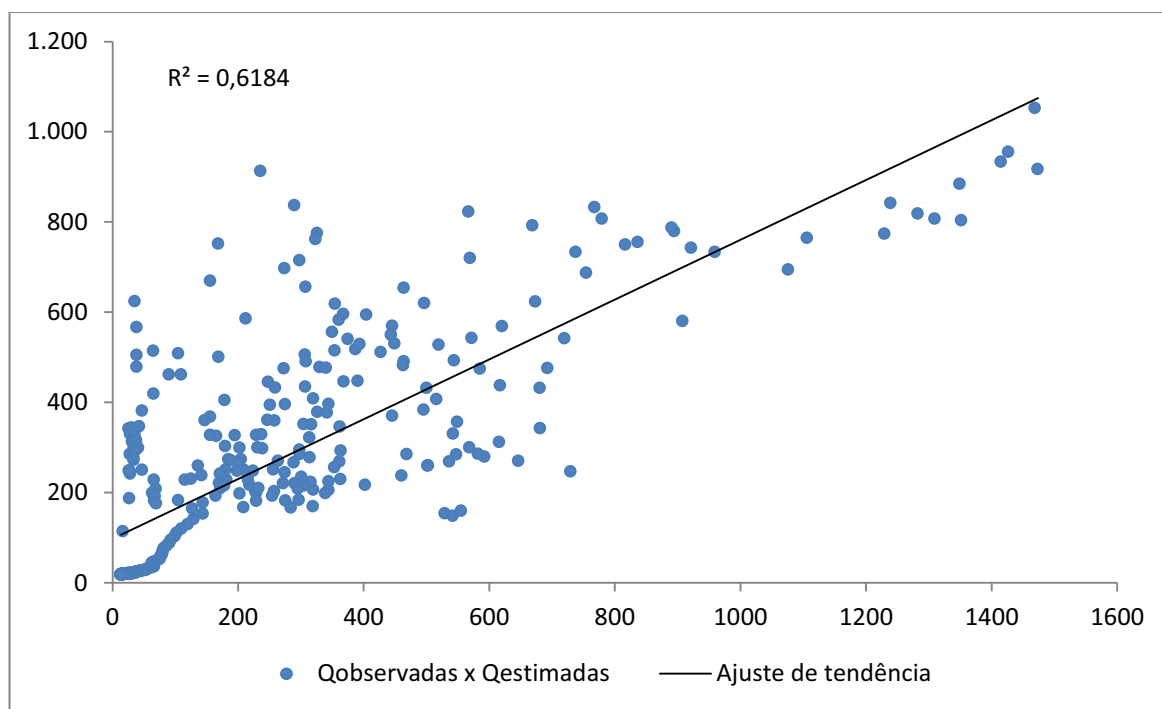


Gráfico 48. Correlação entre vazões observadas e estimadas (2005) - F.O. Coef. Nash e Sutcliffe

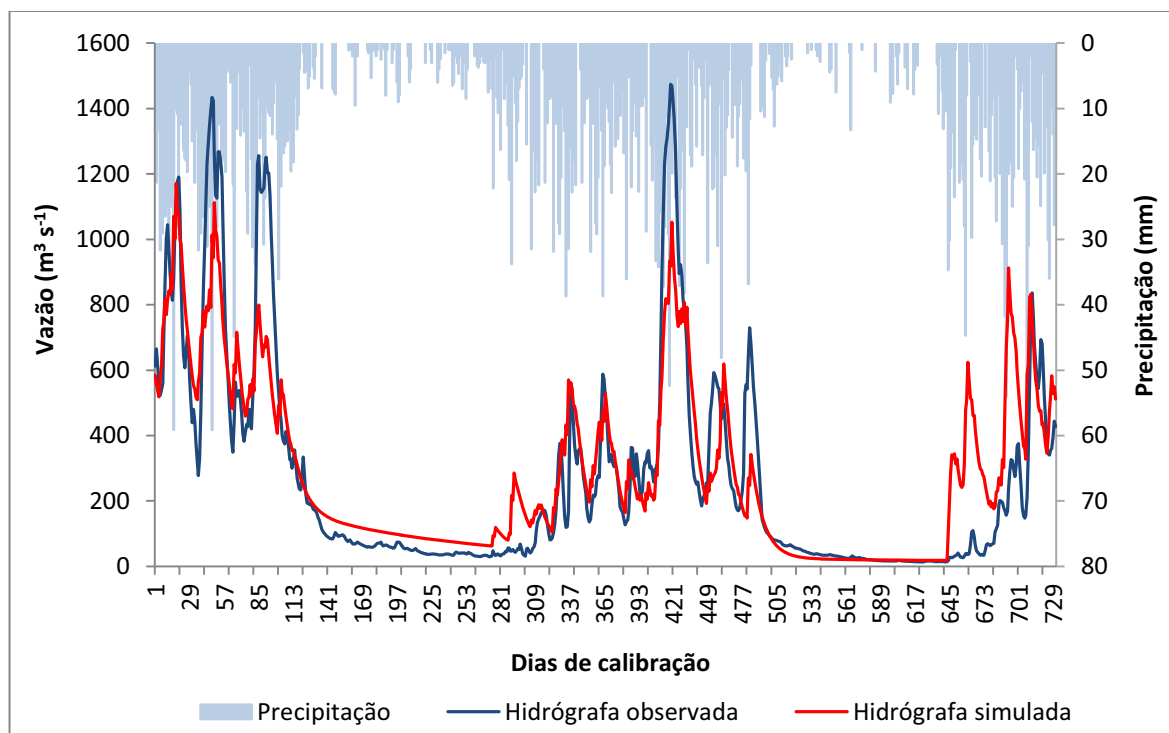


Gráfico 49. Calibração do biênio 2004/2005 adotando F.O. Coef. Nash e Sutcliffe

A correlação entre as vazões observadas e estimadas alcançou um índice considerado insatisfatório, ficando visivelmente expresso no ajuste da hidrógrafa estimada no Gráfico 49.

Nota-se no ano de 2004 uma superestimativa das vazões mínimas, em todo o período de recessão da hidrógrafa (entre os dias 130 a 309). Já em 2005, a F.O. Coef. Nash e Sutcliffe iniciou satisfatoriamente, porém houve subestimativa expressiva da ocorrência da vazão máxima próximo ao dia 421 em 25,9%, representando uma variação de  $303,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

Entretanto, a variação da vazão mínima foi menor, porém não menos expressiva, com valor estimado em  $18,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , enquanto o valor observado foi de  $13,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , representando uma superestimativa de 37,1%.

Cabe ressaltar também, que entre os dias 645 a 701 houve superestimativa de vazões de pico, mas chama atenção o fato da forma da hidrógrafa na detecção do início do período chuvoso ser muito abrupta, não acompanhando o comportamento hidrológico das vazões diárias coerentemente.

Contudo, esperava-se que com o uso dos dados diários do Hidroestimador os ajustes entre as vazões observadas e estimadas pudessem ser melhores. Porém, estima-se uma baixa correlação entre os valores diários entre os dados do Hidroestimador e dos postos pluviométricos.

Saldanha et al. (2007) realizaram estudo comparativo entre as precipitações diárias do Hidroestimador e dos postos pluviométricos na bacia do rio Grande, na divisa entre os estados de Minas Gerais e São Paulo, e constataram baixa correlação diária entre os dados dos 2 (dois) métodos, conforme Figura 48.

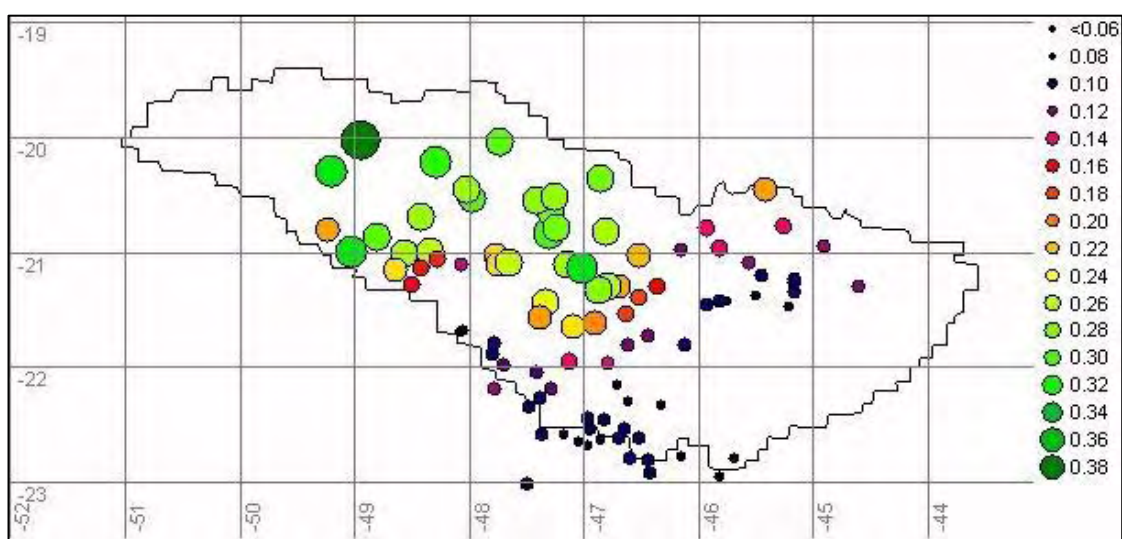


Figura 48. Correlação diária entre postos pluviométricos e dados do Hidroestimador Fonte: Saldanha et al. (2007)

Porém, no mesmo trabalho, Saldanha et. al. (2007) evidenciaram que os dados do Hidroestimador alcançam resultados satisfatórios de correlação quando acumulados em determinados períodos de tempo. Estes mesmos autores realizaram testes acumulando dados semanais e mensais, obtendo correlações satisfatórias de 0,80 e 0,96, respectivamente.

Quanto aos resultados do Teste 3, relacionado com a média dados pluviométricos diários entre o Teste 1 (estações pluviométricas) e Teste 2 (Hidroestimador), os mesmos podem ser visualizados por meio da Tabela 30.

Tabela 30. Resultados das calibrações por funções-objetivo para o Teste 3 (anos 2004/2005)

Funções-objetivo	Teste 3	R <sup>2</sup>
Desvio padrão	154,94	0,6949
Desvio absoluto médio	89,86	0,6995
Desvio quadrado relativo médio	54,36	0,8814
Desvio padrão do inverso das vazões	0,0043	0,8240
Coefficiente de Nash e Sutcliffe	0,7803	0,6948
Desvio relativo médio*	0,3076	0,8778
Erro de volume	#	#

Teste 3: Dados da média entre os testes 1 e 2. # Sem ajuste.

Observa-se que a F.O. que obteve o melhor desempenho, no processo de calibração adotando-se o critério do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), foi a função Desvio quadrado relativo médio, com um índice de 0,8814, conforme pode ser visualizado no Gráfico 50.

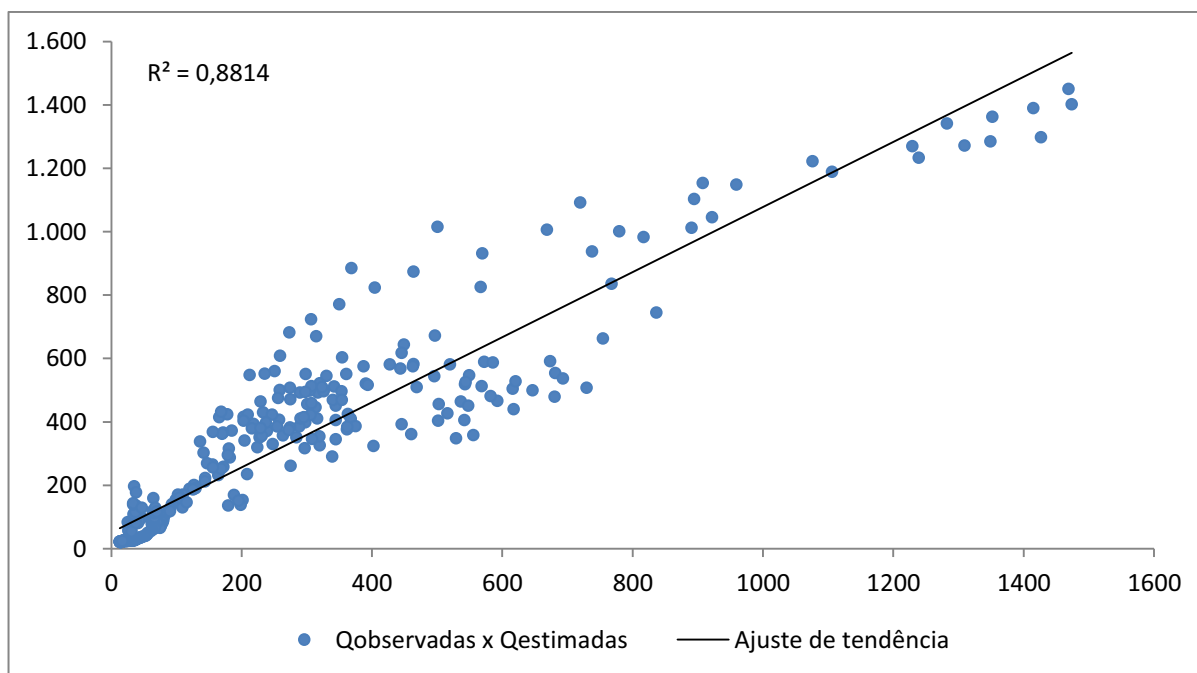


Gráfico 50. Correlação entre vazões observadas e estimadas (2005) - F.O. Desvio quadrado relativo médio

Acredita-se que este bom desempenho do processo de calibragem, foi influenciado pela atenuação dos extremos de ambos os dados de entrada de precipitação dos Testes anteriores, adotando a média dos valores estimados pelo Hidroestimador (especializados) e dos valores das estações.

Observa-se no Gráfico 51 o ajuste entre as hidrógrafas observada e estimada para o biênio 2004/2005, podendo-se perceber que o melhor ajuste estatístico refletiu na estimativa das vazões diárias, quando correlacionadas.

Porém, mesmo sendo o melhor ajuste encontrado para o biênio 2004/2005, nota-se que ainda há problemas no início do processo de calibragem (período chuvoso de 2004), entre os dias 1 a 109, bem como em 2005, entre os dias 430 a 490 e entre 676 a 703.

Com base em observações empíricas, nota-se que no início do processo de calibragem há um desajuste maior entre os dados observados e estimados. Acredita-se que esta variação corresponda a um “determinado tempo” que o modelo necessita para tentar buscar o ótimo global das funções-objetivo, de acordo com Collischonn e Tucci (2003).

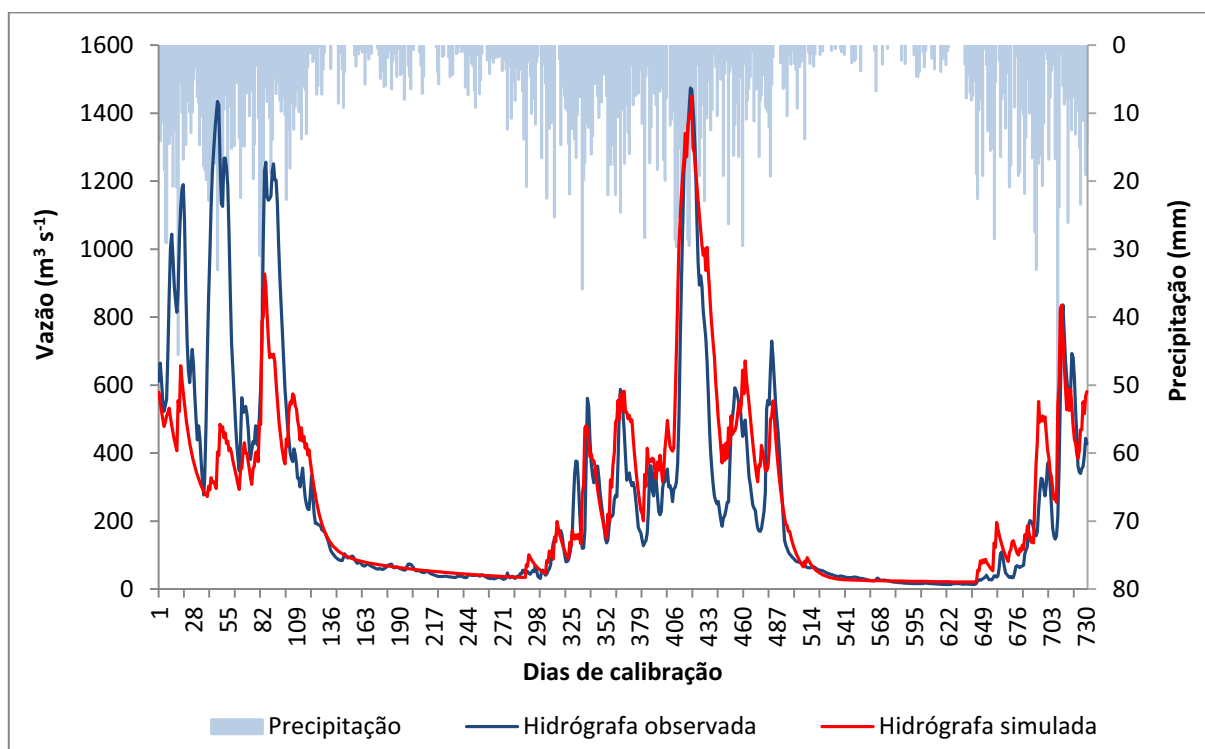


Gráfico 51. Calibração do biênio 2004/2005 adotando F.O. Desvio quadrado relativo médio

Outro ponto interessante é que após os reservatórios do modelo IPH II estarem “vazios”, devido ao período de estiagem (de ~136 a 300 dias), as precipitações que incidiram na área de contribuição passaram pelo processo de conversão, já calibrado. Assim, após o dia

300 do biênio 2004/2005, observa-se que as vazões estimadas estão, graficamente, bem ajustadas às vazões observadas.

Cabe ressaltar que ambas as curvas de recessão da hidrógrafa estimada, para os anos de 2004 e 2005 estão representando, com relativa precisão, o comportamento hidrológico de vazante do rio Acre, na seção da estação 13600002, na cidade de Rio Branco.

Neste sentido, observa-se na Tabela 31 um teste comparativo entre os dados extremos observados em 2005, para a estimativa do erro, e nota-se que a variação percentual entre a vazão máxima e mínima, observada e estimada, ficou em -1,63% e +3,78%, respectivamente. Isto mostra que o processo de calibragem foi eficiente.

Tabela 31. Dados comparativos entre as vazões máxima e mínima de 2005 (dados observados x dados estimados)

Vazão	Vazão observada (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Vazão estimada (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Varição (%)
Máxima	1.473,8	1.449,7	-1,63
Mínima	13,2	13,7	+3,78

As calibrações dos biênios 1987/1988 e 2004/2005 trouxeram resultados satisfatórios, no que tange à estimativa de eventos extremos, de vazões máxima (1988) e mínima (2005), com erros associados a +0,96% para vazões máximas e +3,78% para as vazões mínimas, respectivamente.

Desta forma, apresentam-se nas Tabelas 32 e 33 os parâmetros ajustados para as duas F.O. que obtiveram os melhores desempenhos nas estimativas dos biênios 1987/1988 e 2004/2005, respectivamente.

Tabela 32. Parâmetros ajustados\* para o biênio 1987/1988

Parâmetro	Unidades	Valor
I <sub>0</sub>	mm h <sup>-1</sup>	10,0526
I <sub>b</sub>	mm h <sup>-1</sup>	1,2742
H	Adimensional	0,9989998937
K <sub>s</sub>	h	10,0000
K <sub>sub</sub>	h	499,6798
R <sub>max</sub>	mm	8,9999
Alfa	Adimensional	0,0101

\* F.O. 2 - Desvio absoluto médio.

Tabela 33. Parâmetros ajustados\* para o biênio 2004/2005

Parâmetro	Unidades	Valor
I <sub>0</sub>	mm h <sup>-1</sup>	41,9753
I <sub>b</sub>	mm h <sup>-1</sup>	0,1000
H	Adimensional	0,9559978247
K <sub>s</sub>	h	8,4231
K <sub>sub</sub>	h	90,5969
R <sub>max</sub>	mm	3,7544
Alfa	Adimensional	0,0100

\* F.O. 3 - Desvio quadrado relativo médio.

Cabe ressaltar que o modelo hidrológico IPH II possui um módulo intitulado “Calibração manual”, onde por meio da inserção dos parâmetros ajustados se pode obter o comportamento hidrológico da hidrógrafa em virtude, por exemplo, da alteração da capacidade de infiltração de água no solo (I<sub>0</sub>) ou a estimativa de vazões de permanência, dentre outros.

Desta maneira, para o biênio 2004/2005 obteve-se por meio do módulo “Calibração Manual” as vazões de permanência associadas a 90% e 95% do tempo, conforme dados da Tabela 34.

Tabela 34. Comparação entre as vazões de permanência observada e estimada para 2004/2005

Vazão de permanência	Vazão observada (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Vazão estimada (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Variação (%)
Q <sub>90</sub>	24,78	24,38	- 1,61
Q <sub>95</sub>	16,20	22,42	+ 38,4

#### 4.3. Simulação de comportamentos hidrológicos

Neste trabalho, optou-se por calibrar os anos de ocorrências de extremos hidrológicos, ou seja, o ano de maior vazão registrada pela série de dados consistidos da ANA (1988), bem como do ano de maior estiagem (2005).

Resultados demonstraram que no processo de calibração do ano de maior cheia registrada (1988) a função-objetivo que obteve melhor desempenho foi a Desvio absoluto médio, com erro estimado de 0,96%, utilizando-se de dados de precipitação média diária dos postos da ANA, bem como da média diária de evapotranspiração adotando como referência as Normais Climatológicas do INMET.

Já para o comportamento do ano de maior estiagem, a função-objetivo que apresentou melhor desempenho foi a Desvio quadrado relativo médio, com um erro de 3,78%, utilizando-se dados da média de precipitação dos postos da ANA e dos dados do Hidroestimador, bem como da utilização das estimativas da evapotranspiração pelo sensor Modis.

Neste sentido, com os dois modelos calibrados e testados, deu-se início ao processo de elaboração de cenários. A técnica de elaboração de cenários consistiu na adoção de estimativas de incremento do desmatamento, elaboradas por Soares Filho et. al. (2008) para o bioma Amazônico para o ano de 2030; das mudanças no regime de precipitação elaborado pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) em seu Relatório Técnico VI de 2008; bem como do aumento populacional das cidades lindeiras ao rio Acre.

#### 4.3.1. Simulação da mancha de inundação ocorrida em 1988

De acordo com dados da CEDEC (2006), citado por Santos (2006), na enchente de 1988 (a maior que se possui registros históricos de dados consistidos na base da ANA), o número de desabrigados chegou a 34.193 habitantes, conforme podem ser visualizados por meio da Tabela 35, além de atingir a 28 (vinte oito) bairros da capital acreana.

Tabela 35. Desabrigados na enchente do rio Acre em 1988

<b>Dia</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Desabrigados (habitantes)</b>
06/fev	13,34	114
07/fev	13,82	874
08/fev	14,20	1.613
09/fev	14,50	2.380
10/fev	14,92	3.554
11/fev	15,58	4.373
12/fev	16,10	5.866
13/fev	16,40	6.019
14/fev	16,58	7.321
15/fev	16,80	9.714
16/fev	16,96	13.098
17/fev	17,11	18.520
18/fev	17,00	26.370
19/fev	16,78	30.063
20/fev	16,90	31.819
21/fev	16,80	32.748
22/fev	16,80	34.193

(continua)

<b>Dia</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Desabrigados (habitantes)</b>
23/fev	16,72	31.263
24/fev	16,48	31.213
25/fev	15,90	22.135
26/fev	15,20	11.096
27/fev	14,20	6.936
28/fev	13,22	2.496
01/mar	13,12	396
02/mar	12,94	0

Fonte: CEDEC (2006) citado por Santos (2006)

Para a modelagem da cota altimétrica dos níveis registrados pelo rio Acre na enchente de 1988 (17,11 m), não foi possível utilizar o modelo digital de elevação (MDE) obtido pelo SRTM (Figura 49), pois sua resolução espacial e vertical não são aconselháveis a estudos de detalhe. Desta maneira, foi necessária a obtenção do MDE da cidade de Rio Branco, gentilmente cedido pela empresa Vectra Engenharia Ltda.

O MDE elaborado pela empresa Vectra Engenharia (Figura 50), como subsídio a um trabalho do Governo do estado do Acre, possui resolução espacial de 5 m, tendo sido confeccionado com a realização de trabalhos topográficos de campo na calha do rio Acre, mapeando os taludes em curvas de nível a cada 1 metro, bem como realizando mapeando pelo método cinemático, pelas vias de acesso da cidade de Rio Branco, tendo sido coletados mais de 48.000 pontos de amostra, para posterior interpolação de dados (Vectra, sem data).

Associando-se as cotas das réguas linimétricas às cotas altimétricas, determinou-se com o apoio do Instituto de Mudanças Climáticas do estado do Acre (IMC/AC) a cota de alerta em 13,50 m, sendo a cota de 14,00 m considerada a cota de transbordamento do rio Acre em Rio Branco. Segundo o Governo do estado do Acre, por meio de trabalhos topográficos de campo, a cota altimétrica referente à cota de alerta é 128,5 m, porém adotou-se neste trabalho, por precaução, a cota de 128 m.

A Figura 51 mostra o resultado do levantamento topográfico na seção da estação 1360002 (Rio Branco), realizado em 2005 pela empresa Vectra Engenharia Ltda., com apoio do Neput (Núcleo de Estudo e Planejamento do Uso da Terra), vinculado à Universidade Federal da Viçosa (UFV).

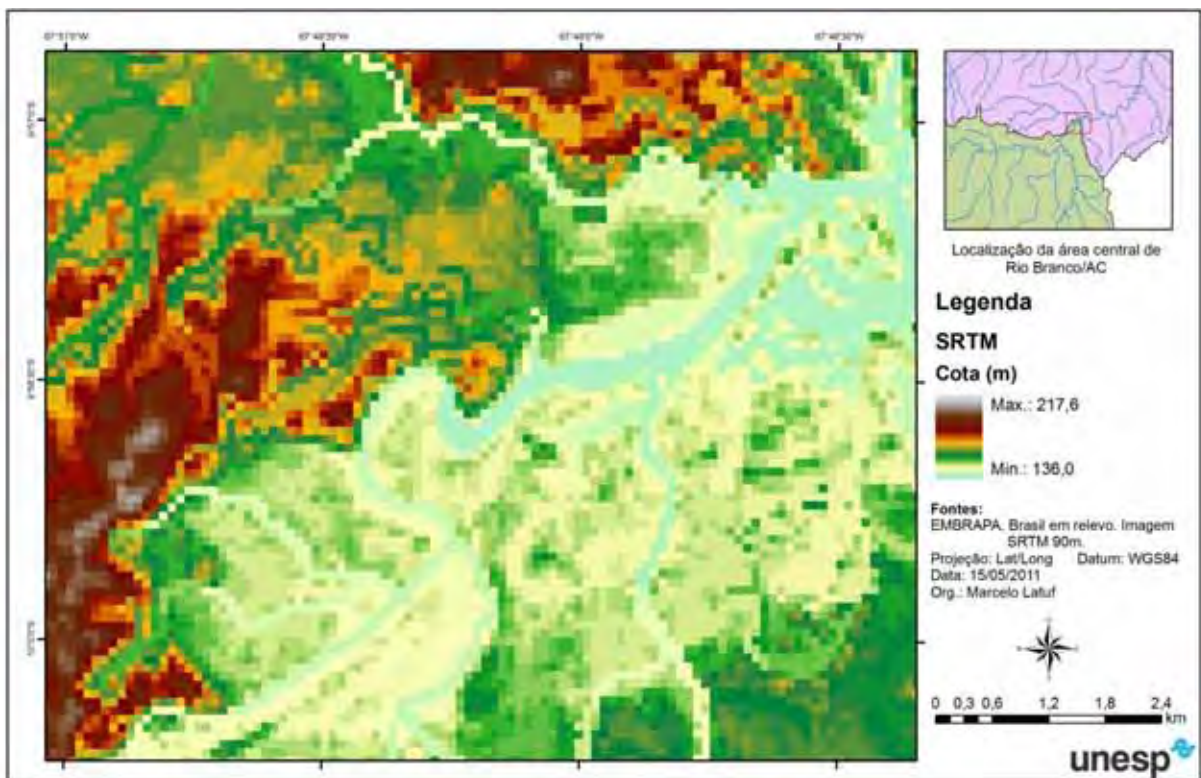


Figura 49. MDE obtido pelo sensor SRTM

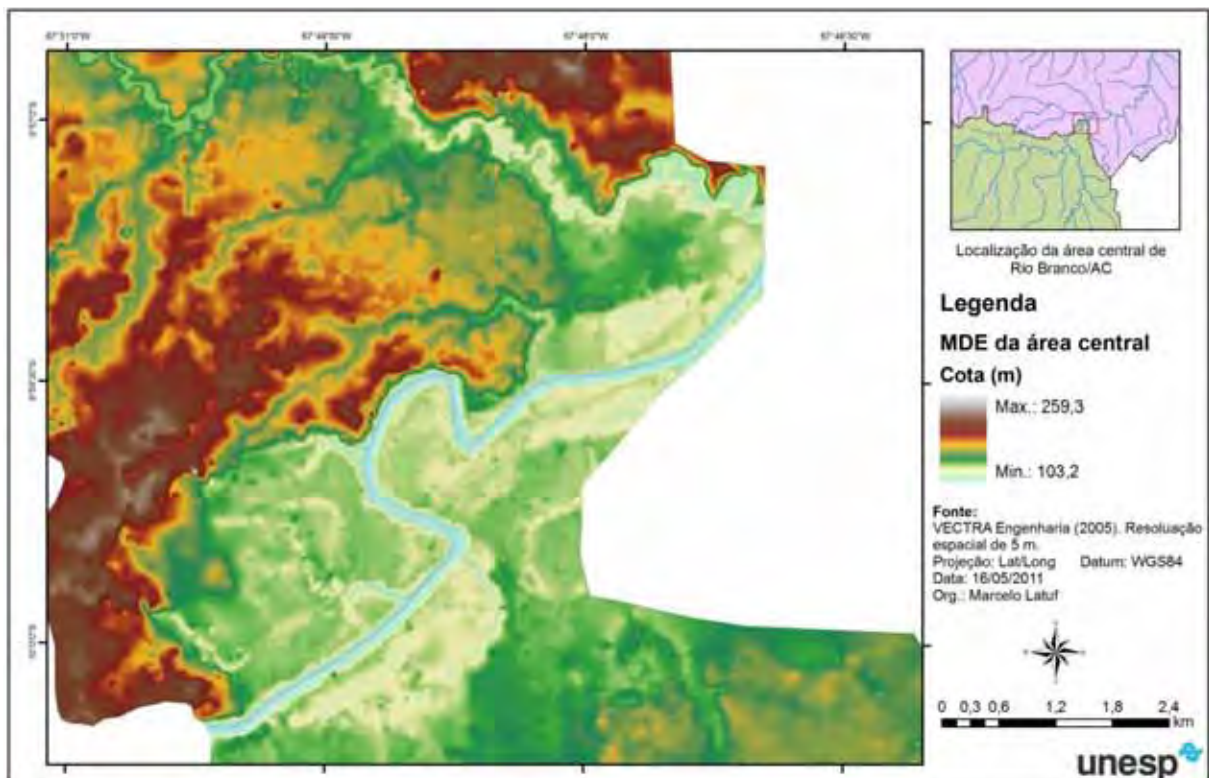


Figura 50. MDE com resolução espacial de 5 m do centro da capital acreana

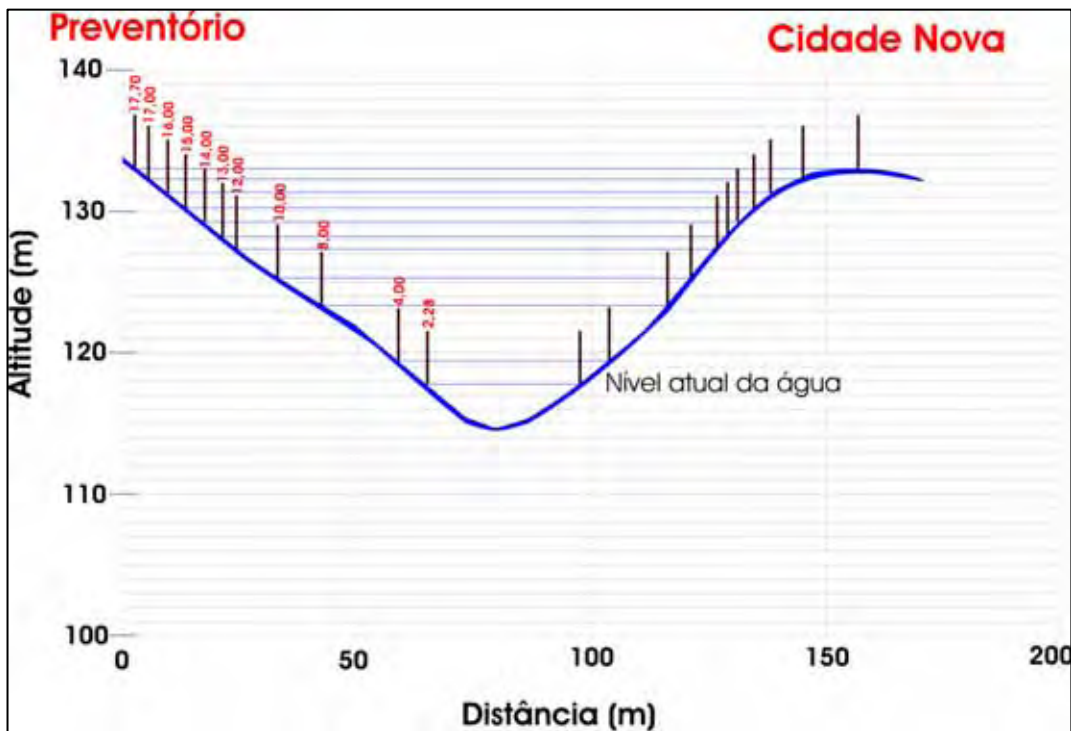


Figura 51. Relações altimétricas e cotas do rio Acre - estação 13600002 (Vectra, sem data)

Porém, anteriormente à simulação da mancha de inundação ocorrida em 1988, necessitou-se de ajustar a correlação entre as altitudes, estimadas por topografia (Vectra, sem data), para cada uma das régua linimétricas da estação 13600002. Desta maneira, observa-se por meio do Gráfico 52 o expressivo ajuste entre os parâmetros anteriormente citados possibilitando, assim, a espacialização e/ou simulação da mancha de inundação, por meio da utilização do SIG ArcGIS 9.3 (módulo 3D *Analyst Tools*).

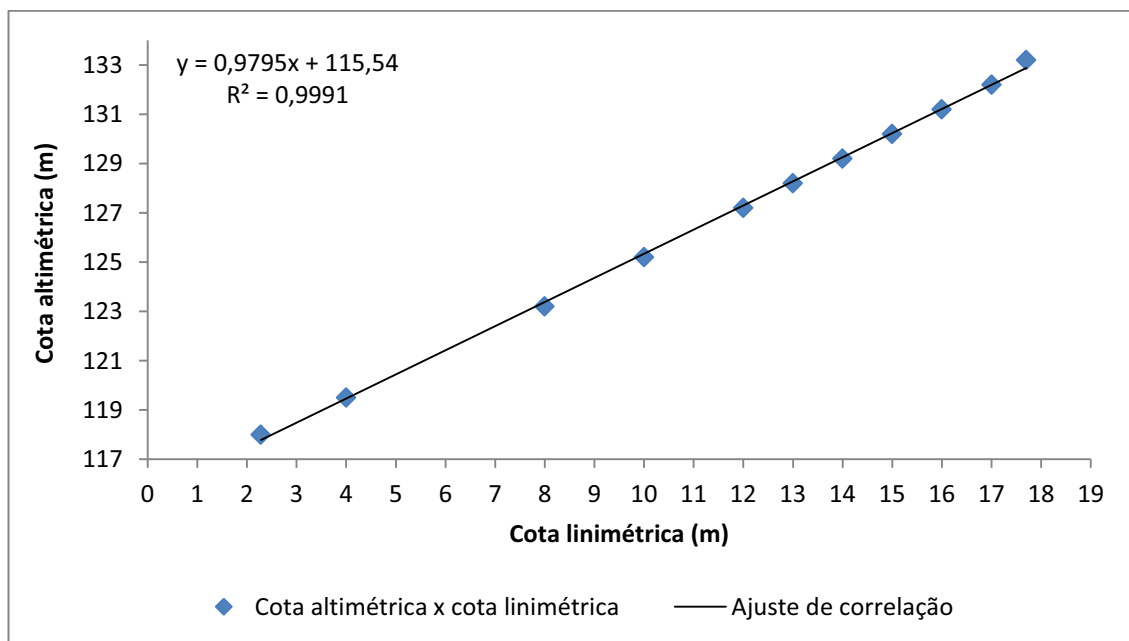


Gráfico 52. Correlação entre cota altimétrica e cota linimétrica da estação 13600002

Assim, por meio da equação de ajuste do Gráfico 52 obteve-se para a cota linimétrica de 17,11 m, a cota altimétrica de 132,30 m, representada na Figura 52. Cabe ressaltar que para a definição espacial da mancha de inundação foi utilizado o comando *Reclassify*, inserido no módulo *3D Analyst Tools* do SIG ArcGIS 9.3.

Já a Figura 53 evidencia a mancha de inundação sob o levantamento aéreo da cidade de Rio Branco, datado de 2006, com área total de 511,4 hectares. Já as Figuras 54 e 55 mostram detalhes do traçado da mancha de inundação, evidenciando diversas áreas residenciais e comerciais que seriam atingidas pelo alagamento, caso ocorresse nos dias atuais vazões de enchente desta mesma magnitude. Na Figura 56 observa-se a região da Gameleira (2° distrito), em estado de alerta, visto a proximidade da cota de transbordamento.

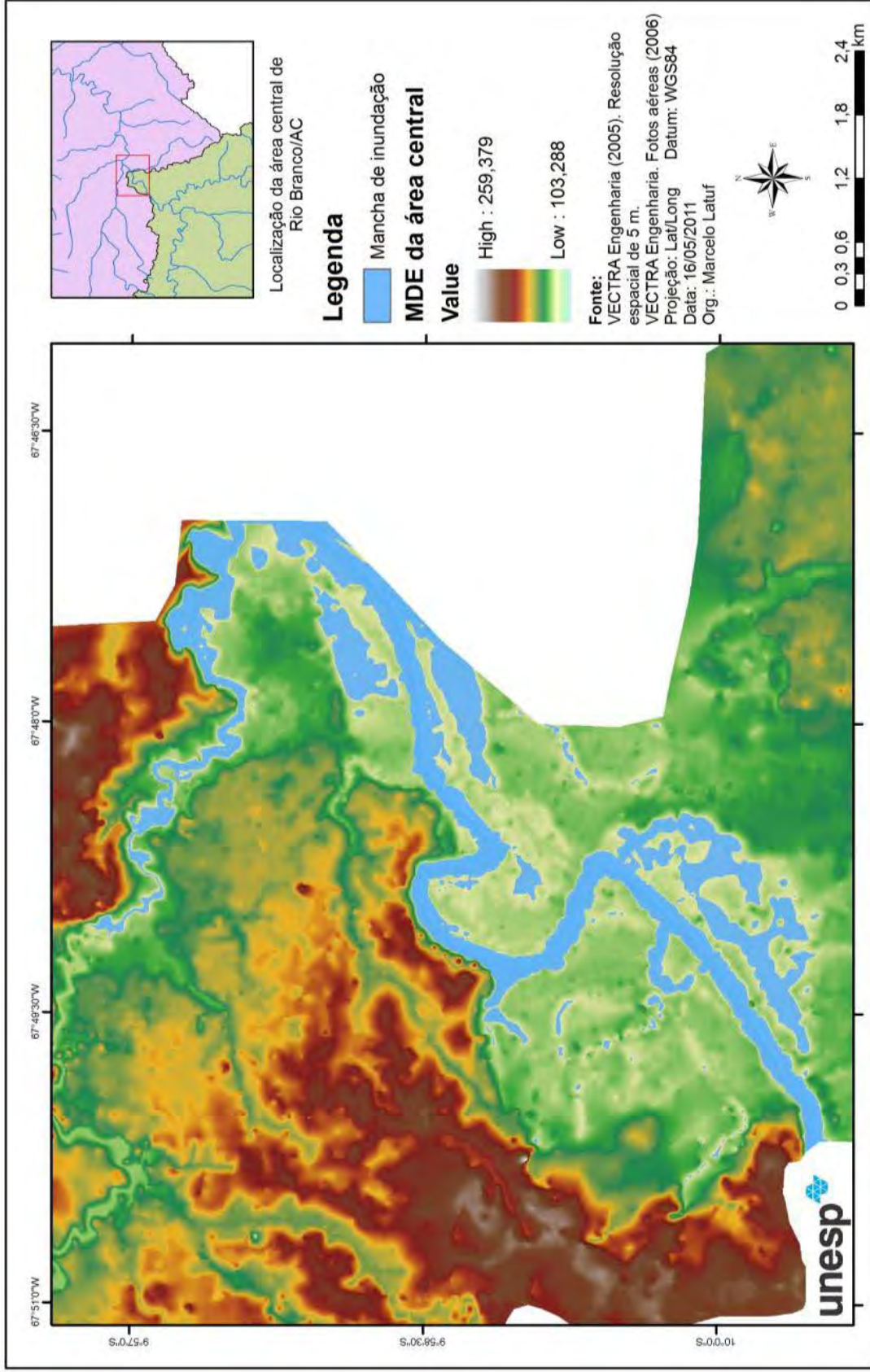


Figura 52. Mancha de inundação registrada em 1988 (cota linimétrica 17,11 m)

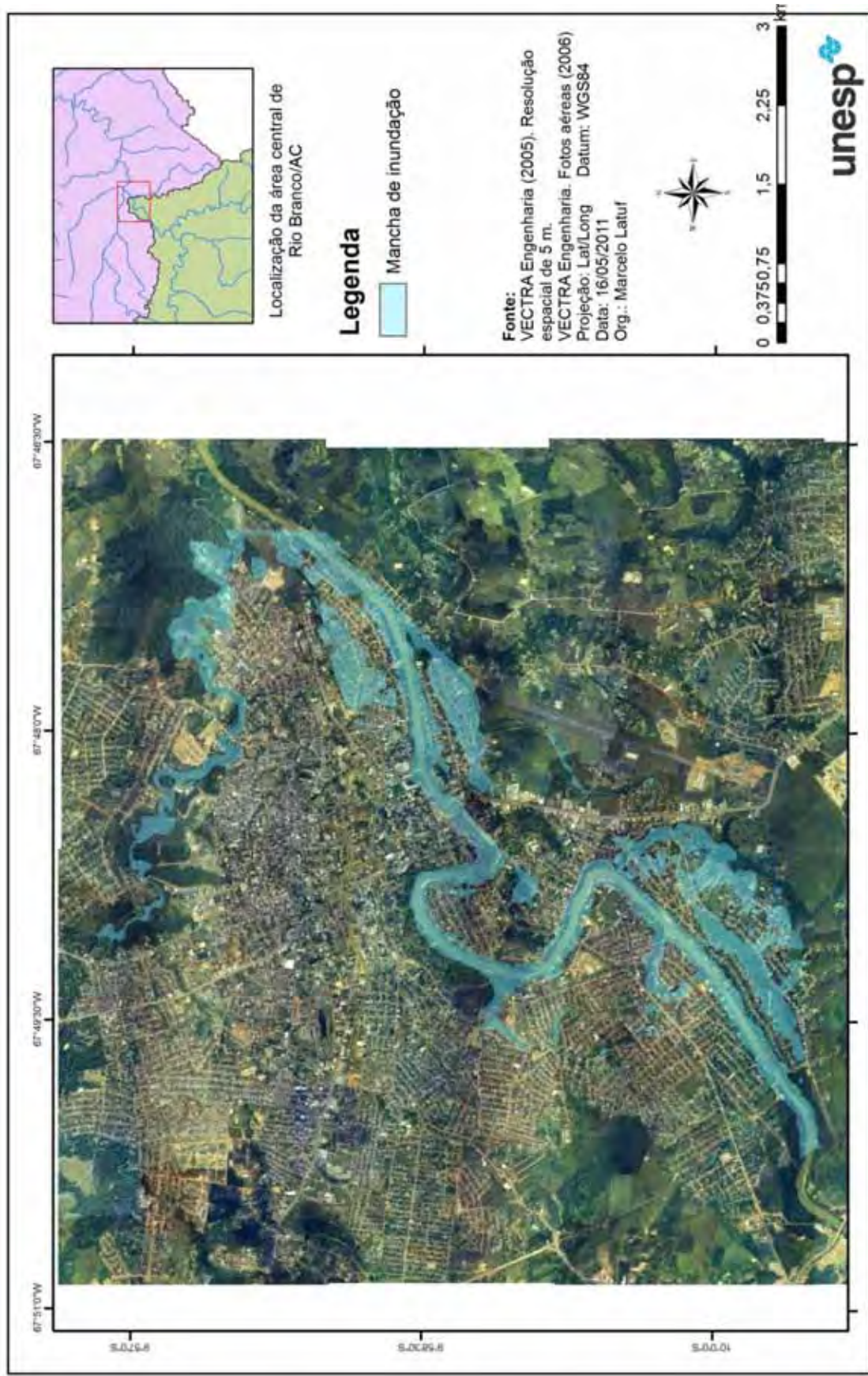


Figura 53. Mancha de inundação registrada em 1988 (cota linimétrica 17,11 m), sob fotos aéreas de 2006.

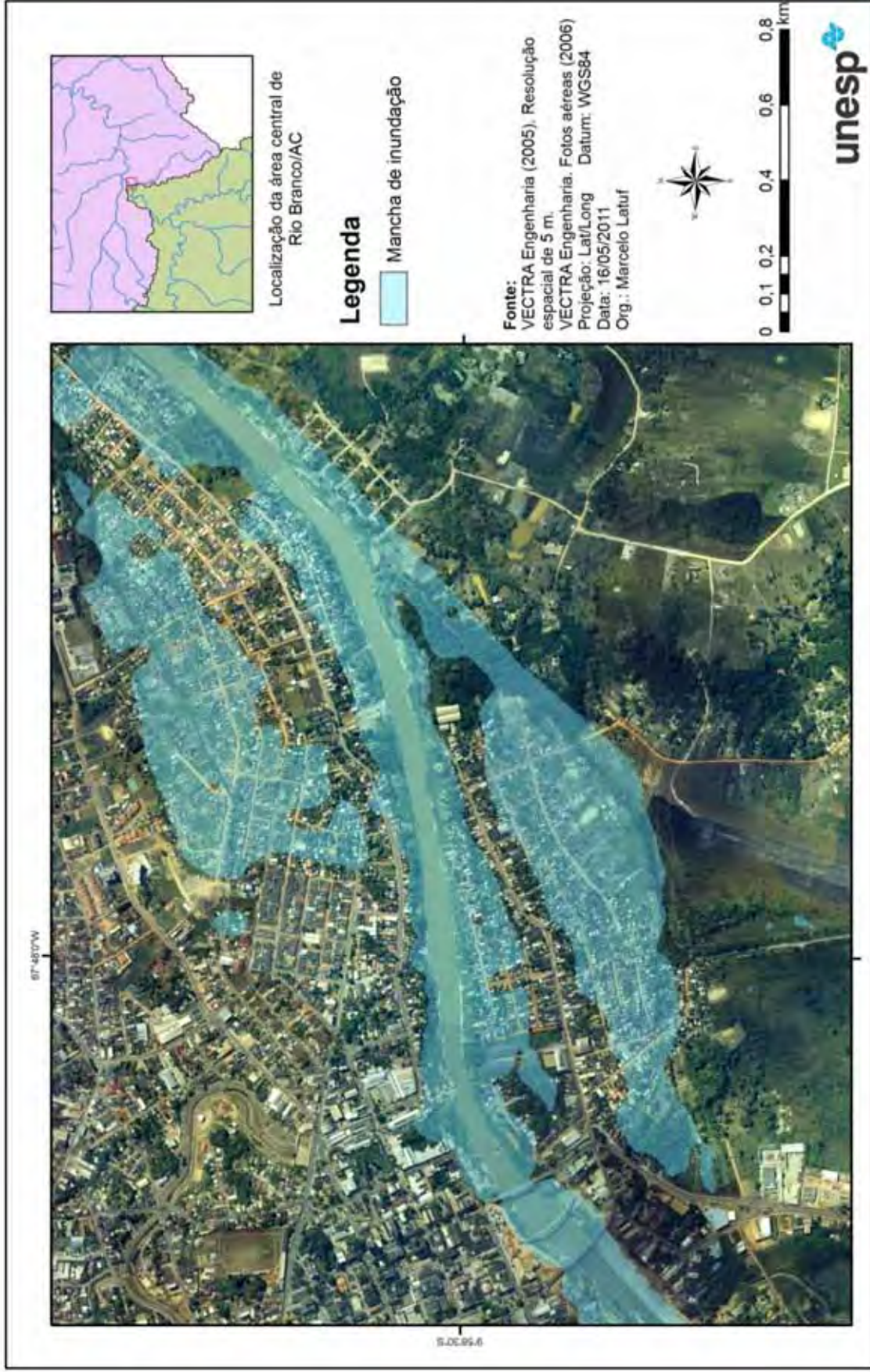


Figura 54. Mancha de inundação registrada em 1988 (cota linimétrica 17,11 m), sob fotos aéreas de 2006 (detalhe 1)

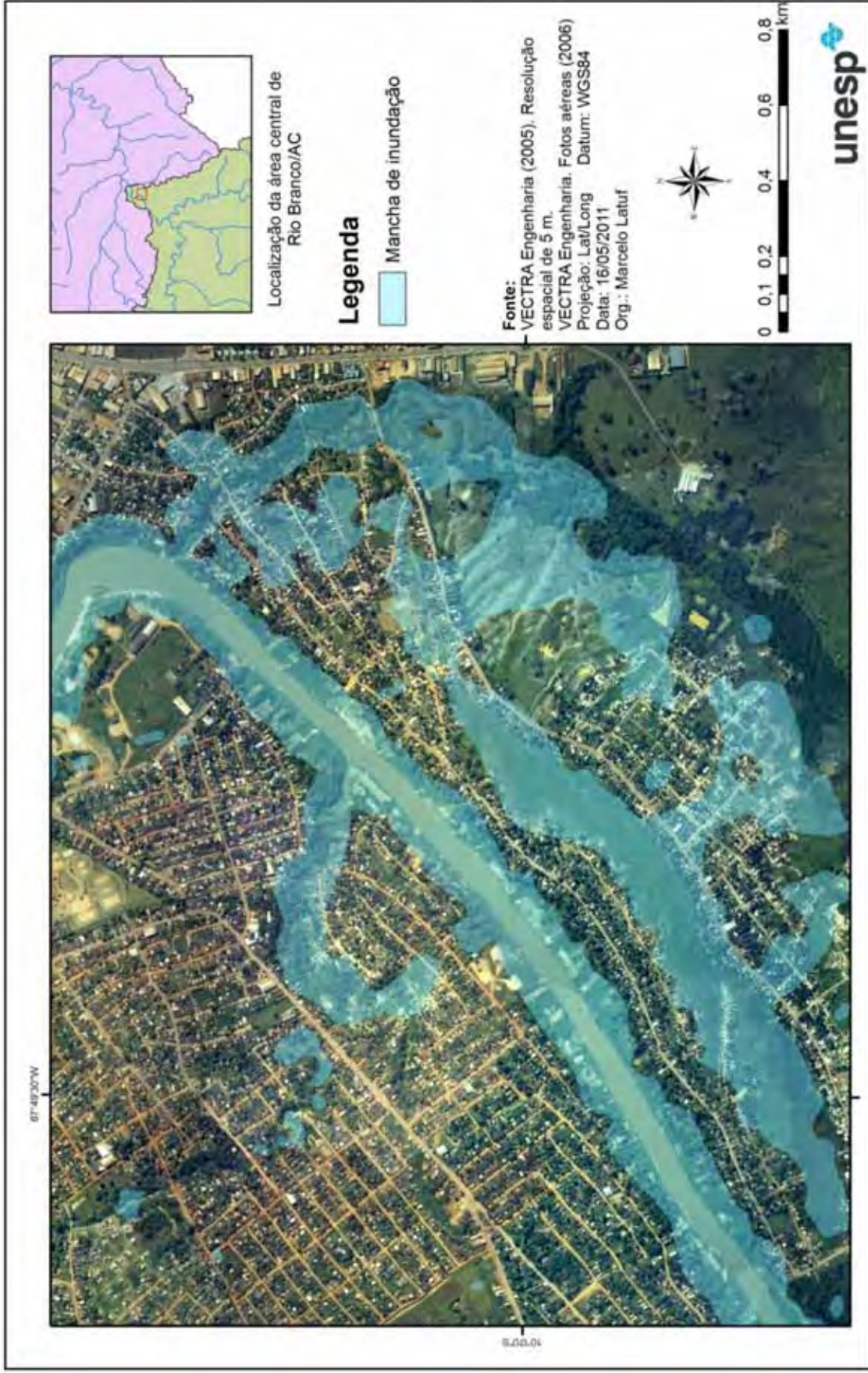


Figura 55. Mancha de inundação registrada em 1988 (cota linimétrica 17,11 m), sob fotos aéreas de 2006 (detalhe 2)



Figura 56. Nível do rio Acre na região da Gameleira em época de cheia (Fonte: Google Imagens, 2011)

Foi realizado, como parte dos resultados, o levantamento de seções topográficas (Figura 57) na cidade de Rio Branco, cruzando o rio Acre, tendo seu início sempre à margem esquerda do rio Acre, com seu fim próximo à margem direita, com intuito de auxiliar na compreensão do mapeamento das manchas de inundação.

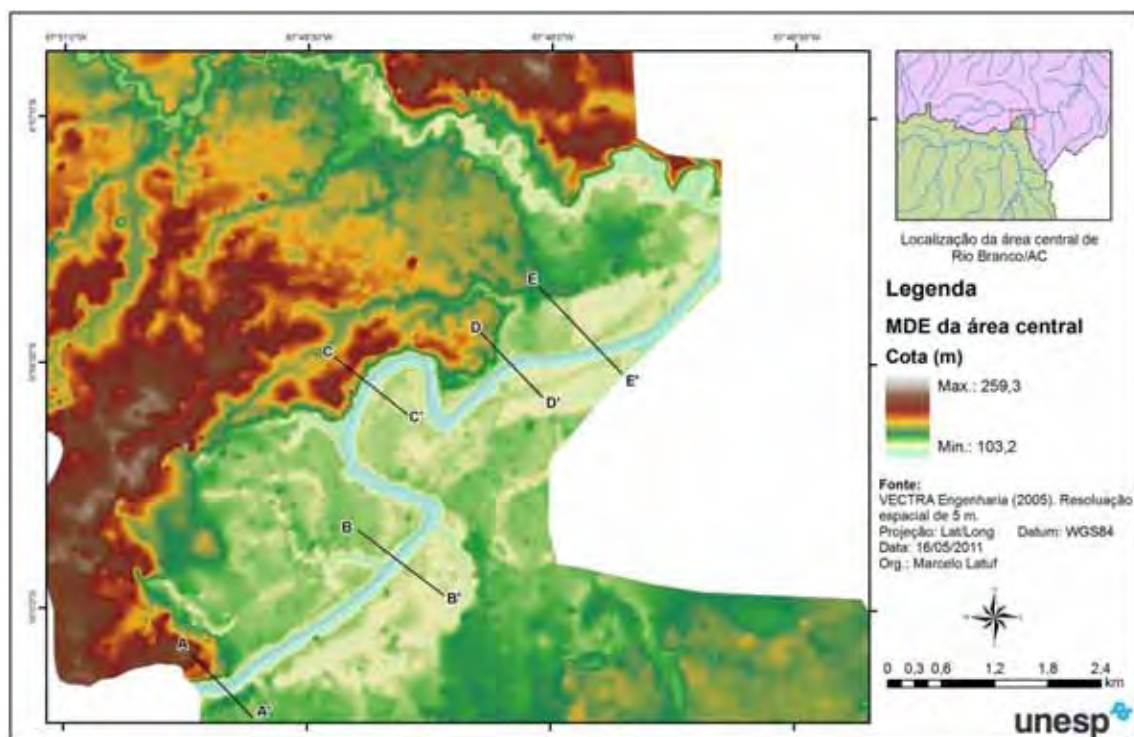


Figura 57. Localização dos perfis topográficos

Observa-se pela visualização dos perfis topográficos (Figura 58), que a cidade de Rio Branco/AC possui cotas mais elevadas localizadas na margem esquerda do rio Acre e, neste sentido, na margem direita localiza-se a extensão da planície de inundação, sendo constantemente alvo de inundações provocadas pelo rio Acre.

Destaca-se nesta situação as áreas próximas aos perfis topográficos B - B' (margem direita), D - D' (margem direita), e E - E' (margens esquerda e direita).

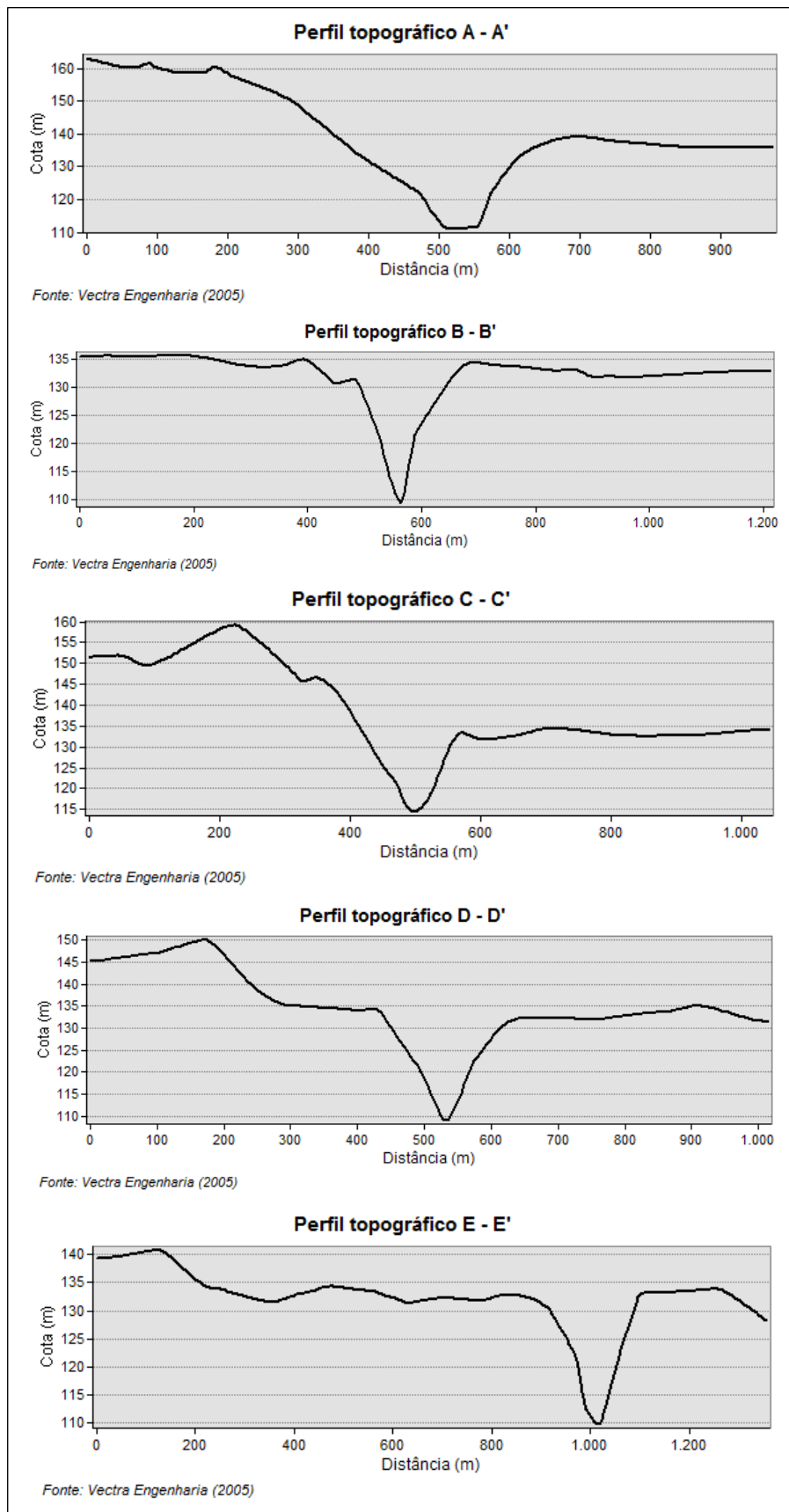


Figura 58. Perfis topográficos elaborados no rio Acre

#### 4.3.2. Comportamento estimado da vazão máxima para 2030

Para a simulação de cenário de vazões máximas para 2030 adotaram-se os seguintes critérios: (a) crescimento do desmatamento na bacia de contribuição da estação 13600002, (b) aumento na precipitação e (c) estimativa da evapotranspiração

Para a estimativa de incremento de desmatamento na bacia de contribuição da estação 13600002, utilizaram-se os resultados da pesquisa de Soares Filho et. al. (2008), que teve como objetivo especializar a expansão do desmatamento no bioma Amazônico para 2030.

Neste sentido, confeccionou-se o mapa (Figura 59) contendo os registros de desmatamento na bacia de interesse em 1988, 2005 (ano final dos registros consistidos da ANA para vazões diárias) e a estimativa para 2030 elaborada por Soares Filho et al. (2008).

Com o auxílio do Gráfico 53 observa-se que há incremento de áreas desmatadas na bacia, no período de 1988 a 2005, de 143% com um ritmo médio de 7,94% ano<sup>-1</sup>. A estimativa para 2030 é que as áreas desmatadas alcancem 57,9% da bacia, com um total de 13.552,36 km<sup>2</sup>.

Outro ponto que merece destaque é quanto ao número de fragmentos, pois com o aumento do desmatamento há o incremento dos fragmentos florestais na bacia, evidenciado entre o período 1988/2005, porém há a inversão deste comportamento em 2030, quando estima-se apenas 81 fragmentos com grandes áreas desmatadas ocorrendo, desta forma, a homogeneização da paisagem.

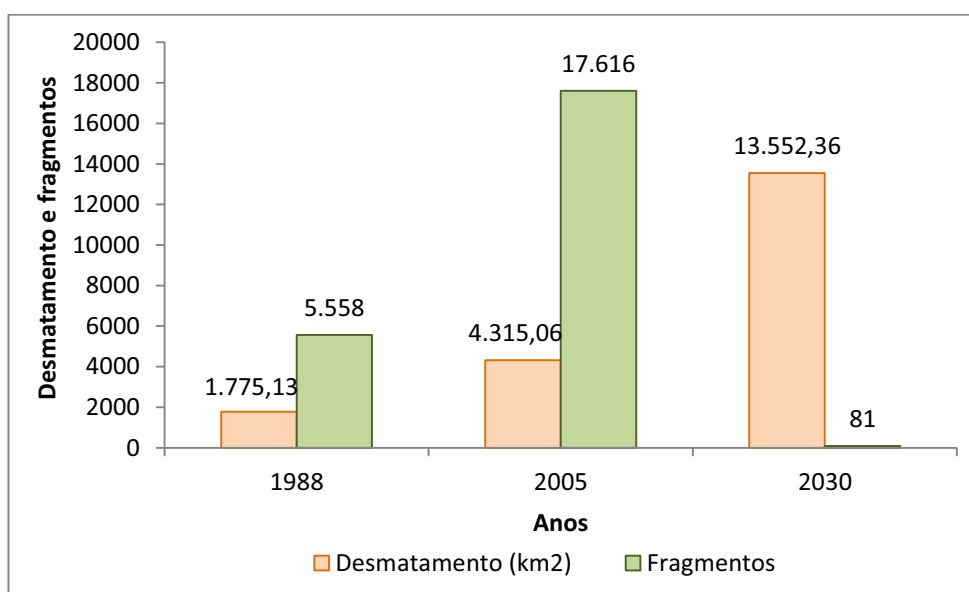


Gráfico 53. Desmatamento na bacia a montante da estação 13600002

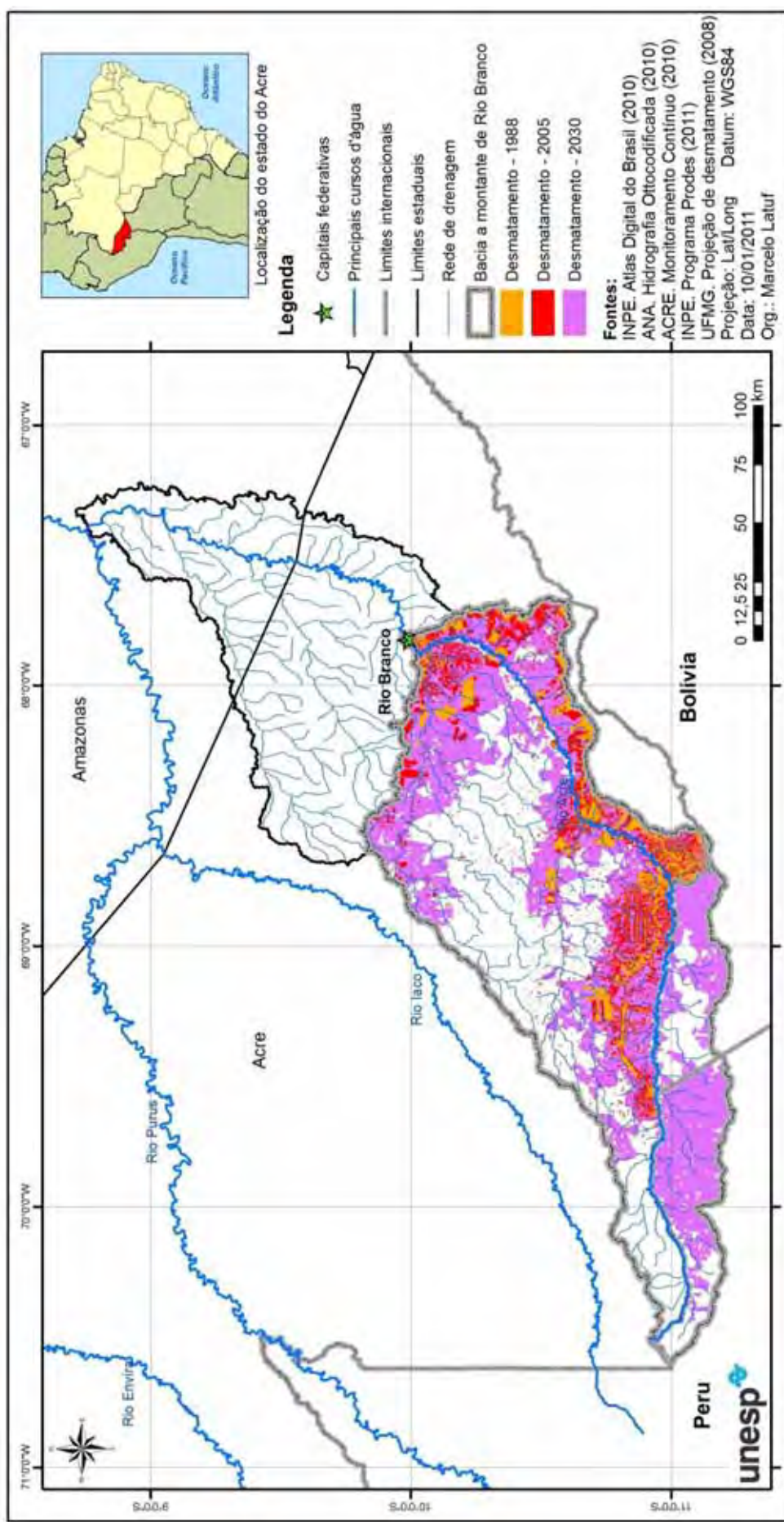


Figura 59. Áreas desmatadas em 1988, 2005 e estimativa para 2030 na bacia contribuinte à estação 13600002

Graves problemas ecológicos, bem como ambientais, serão evidenciados caso esta previsão se confirme, pois haverá empobrecimento genético das populações de fauna e flora, podendo causar sérios danos à estrutura ecológica em seus diferentes níveis tróficos.

Quanto à retirada da floresta e seus impactos ambientais, no processo de infiltração de água no solo, Costa et al. (2003) e Bruijnzeel (1990) relatam que a substituição da floresta por pasto (na maioria das vezes) diminui a interceptação da água da chuva, o que leva a aumentar o escoamento superficial e a diminuição da infiltração nestas áreas, causando uma diminuição das vazões mínimas e aumento das vazões máximas.

Os impactos causados pela mudança do uso do solo certamente acarretarão alterações na superfície da bacia, tendo impactos expressivos sobre todo o processo hidrológico da bacia (TUCCI, 1998). Assim, podem-se relatar alterações na interceptação da chuva pela cobertura vegetal, através da retirada da cobertura natural, causando uma maior exposição do solo a estes eventos, trazendo maior probabilidade de encrostamento superficial e conseqüente diminuição da taxa de infiltração e aumento do escoamento superficial.

Neste sentido, com o solo mais exposto o mesmo ficará mais susceptível às ações da energia cinética associada a precipitações e, conseqüentemente, a capacidade de infiltração tenderá a ficar reduzida, o que acarretará um aumento do escoamento superficial, com redução da alimentação do aquífero aumentando, desta forma, as vazões máximas e reduzindo as vazões mínimas.

Adotou-se na modelagem de cenário para 2030 o comportamento mais crítico possível, estimando-se que nas áreas desmatadas não há nenhum tipo manejo do solo, além de haver o uso excessivo de pastoreio. Desta forma, o solo ficará mais susceptível à erosão hídrica, bem como poderá haver camada de selamento superficial, dificultando o processo de infiltração de água no solo.

Cabe ressaltar que de acordo com Acre (2009) aproximadamente 81% das áreas desmatadas são convertidas para pastagens, com uma taxa de ocupação de uma cabeça por hectare, aproximadamente.

Associado a este comportamento destaca-se, também, o próprio tipo do solo predominante na bacia, que caracteriza-se em sua maioria por Argissolos, com horizontes diagnósticos Bt (B textural, com concentração de argila no horizonte B) e ocorrência de concreções de plintita, dificultando ainda mais o processo de infiltração de água no solo.

Com relação às estimativas de incremento de precipitação, foi adotado como referência as previsões do relatório técnico VI do IPCC, publicado em 2008, onde apontam que a região ocidental da Amazônia brasileira terá um acréscimo de aproximadamente 5% para os próximos 50 anos, conforme visualiza-se na Figura 60 (IPCC, 2008). Esta previsão foi

realizada utilizando-se a média de 15 (quinze) modelos globais de previsão climática, do Instituto Hadley Centre, sendo as áreas pontilhadas obtendo significância menor do que 80%.

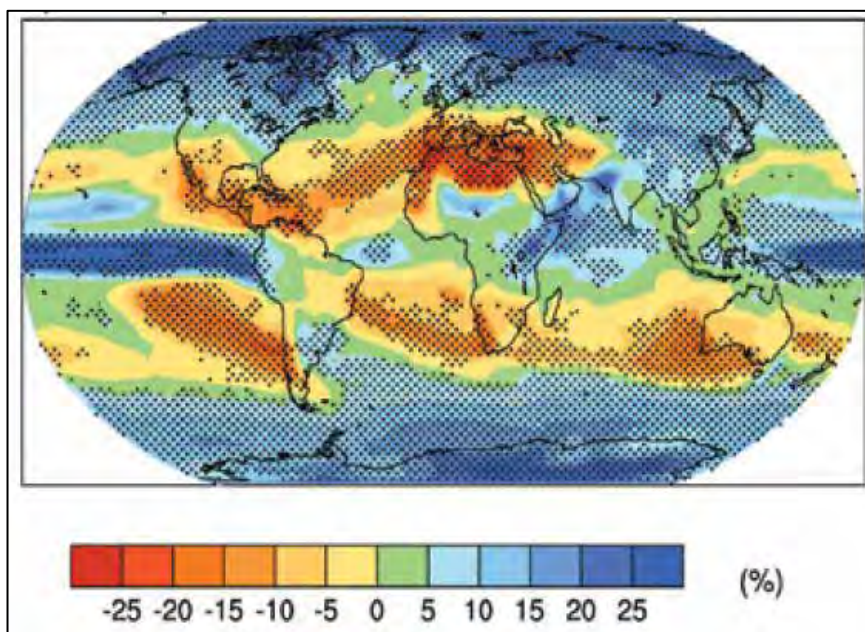


Figura 60. Média de previsão de 15 modelos climáticos (IPCC, 2008)

Porém, de acordo com estudos dos INPE (2011), relacionado aos recentes acontecimentos de eventos extremos na Amazônia brasileira, como por exemplo a “grande seca de 2005” que atingiu a bacia do rio Acre, bem como os eventos ocorridos na bacia do rio Negro em 2009 e 2010, com a maior cheia e a menor vazante registradas nos últimos 108 anos, respectivamente, preferiu-se adotar o incremento de 5% já para 2030, adotando-se como um referencial de precaução para a bacia do rio Acre, antecipando comportamentos hidrológicos extremos, subsidiando a gestão pública municipal e estadual na tomada de decisões.

Quanto à evapotranspiração adotaram-se como referência duas situações, sendo (a) a evapotranspiração média mensal das áreas desmatadas em 2004 e 2005 e (b) a evapotranspiração média mensal das áreas florestadas em 2004 e 2005, extrapolando seu comportamento, por meio de SIG, para 2029 e 2030, respectivamente, com o auxílio dos polígonos de desmatamento projetado.

Desta forma, após a elaboração dos mapas estimados de evaporação para os meses de 2029 e 2030, foram obtidos os valores médios estimados da evapotranspiração para a bacia de interesse, sendo comparados aos dados estimados para o biênio 2004/2005, como observa-se na Tabela 36 e Figura 61a e 61b (para 2030).

Tabela 36. Valores comparativos entre a evapotranspiração no biênio 2004/2005 e sua estimativa com incremento do desmatamento para o biênio 2029/2030

Meses	Evapotranspiração mm dia <sup>-1</sup>		Evapotranspiração mm dia <sup>-1</sup>	
	Anos		Anos	
	2004	2005	2029	2030
Jan	3,96	4,41	4,49	4,44
Fev	4,41	4,14	4,64	4,34
Mar	3,30	3,47	3,84	3,74
Abr	3,71	3,95	4,08	4,35
Mai	4,40	4,30	4,76	4,66
Jun	4,13	4,38	4,16	4,28
Jul	4,19	4,27	4,00	3,63
Ago	3,53	3,64	3,03	2,88
Set	2,14	2,45	1,92	1,93
Out	3,12	3,15	3,02	4,13
Nov	4,41	4,04	4,38	2,86
Dez	4,09	3,51	4,49	3,89
<b>Soma anual</b>	<b>1.379,47</b>	<b>1.389,77</b>	<b>1.422,65</b>	<b>1.372,59</b>

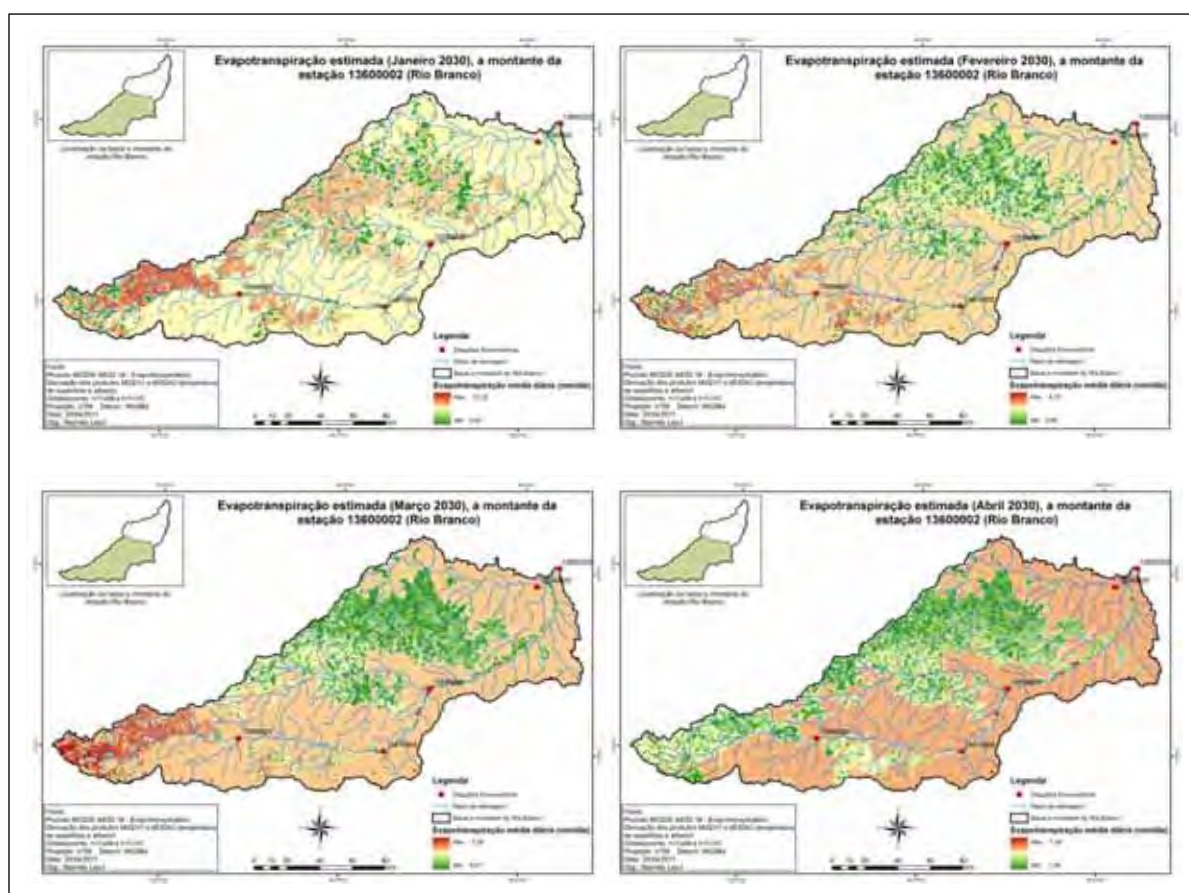


Figura 61a. Evapotranspiração estimada para os meses de 2030, caso haja o incremento de áreas desmatadas previstas por Soares Filho et. al. (2008)

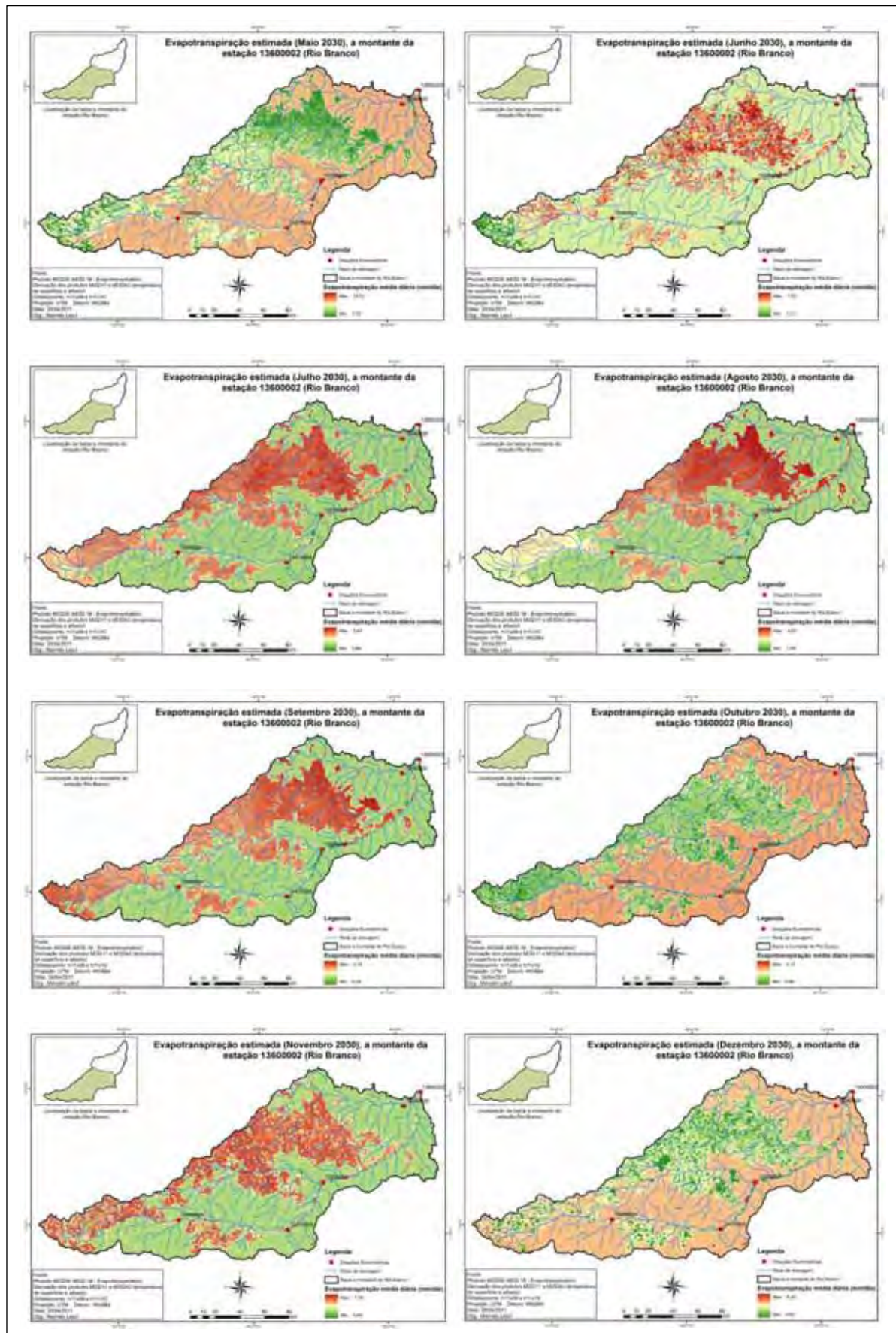


Figura 61b. Evapotranspiração estimada para os meses de 2030, caso haja o incremento de áreas desmatadas previstas por Soares Filho et. al. (2008)

Nota-se que no período chuvoso há a estimativa de aumento da evapotranspiração na bacia a montante da estação 13600002 para o biênio 2029/2030, quando comparado ao biênio 2004/2005, fato que contrasta para o período de estiagem, onde há a previsão de índices menores aos comparados com 2004/2005.

Acredita-se que em áreas convertidas e/ou desflorestadas, a capacidade de retenção de água no solo irá diminuir em virtude da retirada da vegetação e, conseqüentemente, da redução da proteção do mesmo a eventos de precipitações de altas magnitudes. Esta incapacidade de retenção de água no solo pode estar relacionado aos altos índices de evapotranspiração no período chuvoso, como observa-se na Figura 36.

Tendo já evapotranspirado grande parte de umidade dos solos nestas áreas, o comportamento no período de estiagem são de índices menores, quando comparados às áreas de florestas, que possuem a capacidade de “buscar” água em maiores profundidades.

Mas nota-se que a evapotranspiração na comparação entre 2004 e 2029 aumentou em 3,13%. Já na comparação entre 2005 e 2030 há a estimativa de redução em 1,23%. Vale ressaltar que estes comportamentos são estimados, adotando-se como critério o mesmo padrão climático e de distribuição de precipitações, estimados nos anos de 2004 e 2005 em 2029 e 2030.

Desta forma, com todos os dados de entrada já processados iniciou-se a alimentação do modelo hidrológico IPH II, adotando como função-objetivo de referência a de melhor ajuste na calibração do ano de 1988 (Desvio absoluto médio). Nas Figuras 62a e 62b apresentam-se os dados de entrada utilizados.

Cabe ressaltar que o método utilizado na elaboração dos cenários para 2030 foi baseado no processo de calibração manual, disponível no software WIN\_IPH2, onde o usuário possui controle sobre os parâmetros de ajuste do modelo.

Como o modelo já havia sido calibrado previamente, optou-se pela utilização dos parâmetros ajustados (Tabela 32, pág. 165), pois caso contrário, o modelo iria gerar novos dados, objetivando a busca por um novo ajuste.

**DADOS DA SIMULAÇÃO**

Arquivos de entrada

C:\exemplos\_WIN\_IPH2\Model. Precipitação

C:\exemplos\_WIN\_IPH2\Model. Evaporação

C:\exemplos\_WIN\_IPH2\Model. Vazões observadas

Gerais

Intervalo de tempo (min) 1440.00

Número de registros 731.00

Dados da bacia

Área da bacia (km<sup>2</sup>) 23392.8

Área impermeável (0 -- 100) % 57.9

Coefficiente de forma (n) do HTA 2.00

Tempo de concentração (em unidades de intervalo de tempo) 3.00

Condição Inicial

Percolação (m<sup>3</sup>/s) 20.4

Vazão subterrânea (m<sup>3</sup>/s) 347.4

Vazão Superficial (m<sup>3</sup>/s) 50.00

CONFIRMA SAI

### Parâmetros de entrada do modelo

- 1) Precipitação: Precipitação média diária acrescida de 5% do valor observado em 1987/1988. Unidade: mm dia<sup>-1</sup>.
- 2) Evaporação: Evaporação média diária obtida pela estimativa de evapotranspiração. Unidade: mm dia<sup>-1</sup>.
- 3) Vazões observadas: Vazão média diária registrada pela Agência Nacional de Águas (ANA), para a estação 13600002 (Rio Branco). Unidade: m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>.
- 4) Intervalo de tempo: Intervalo de tempo mínimo de modelagem, representado pelo valor em minutos de 1 (um) dia. Unidade: minutos.
- 5) Número de registros: Número de dias no qual a modelagem irá se processar. Unidade: dias.
- 6) Área da bacia: Valor da área da bacia de interesse. Unidade: km<sup>2</sup>.
- 7) Área impermeável: Valor correspondente ao percentual estimado da área de desmatamento na bacia em 2030. Unidade: km<sup>2</sup>

Figura 62a. Dados de entrada para a simulação de comportamento hidrológico das vazões máximas em 2030

**DADOS DA SIMULAÇÃO**

Arquivos de entrada

C:\exemplos\_WIN\_IPH2\Model. Precipitação

C:\exemplos\_WIN\_IPH2\Model. Evaporação

C:\exemplos\_WIN\_IPH2\Model. Vazões observadas

Generais

Intervalo de tempo (min) 1440.00

Número de registros 731.00

Dados da bacia

Área da bacia (km<sup>2</sup>) 23392.8

Área impermeável (0 -- 100) % 57.9

Coefficiente de forma (n) do HTA 2.00

Tempo de concentração (em unidades de intervalo de tempo) 3.00

Condição Inicial

Percolação (m<sup>3</sup>/s) 20.4

Vazão subterrânea (m<sup>3</sup>/s) 347.4

Vazão Superficial (m<sup>3</sup>/s) 50.00

CONFIRMA SAI

### Parâmetros de entrada do modelo

8) Coeficiente de forma: Valor que representa a forma da bacia pelo método de separação de escoamento pelo método de Clark (1945). Unidade: 1 a 2.

9) Tempo de concentração: Relação entre o tempo de concentração em horas e sua duração. Unidade: Adimensional.

10) Percolação: Valor de vazão percolada no início do processo de calibragem. Unidade: m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>.

11) Vazão subterrânea: Valor de vazão por contribuição subterrânea. Unidade: m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>.

12) Vazão superficial: Valor de vazão por contribuição superficial. Unidade: m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>.

Figura 62b. Dados de entrada para a simulação de comportamento hidrológico das vazões máximas em 2030

Desta forma, após o processo de simulação, adotando-se o aumento de 5% nas precipitações, conforme dados do IPCC (2008), bem como o aumento do desmatamento na bacia projeto por Soares Filho et. al. (2008) e o comportamento estimado da evapotranspiração, o cenário previsto para o comportamento hidrológico das vazões de pico em 2030 é preocupante.

No Gráfico 54 observa-se o comportamento da hidrógrafa estimada para 2029 e 2030 em função da hidrógrafa observada em 1988, caso se concretize as previsões anteriormente descritas.

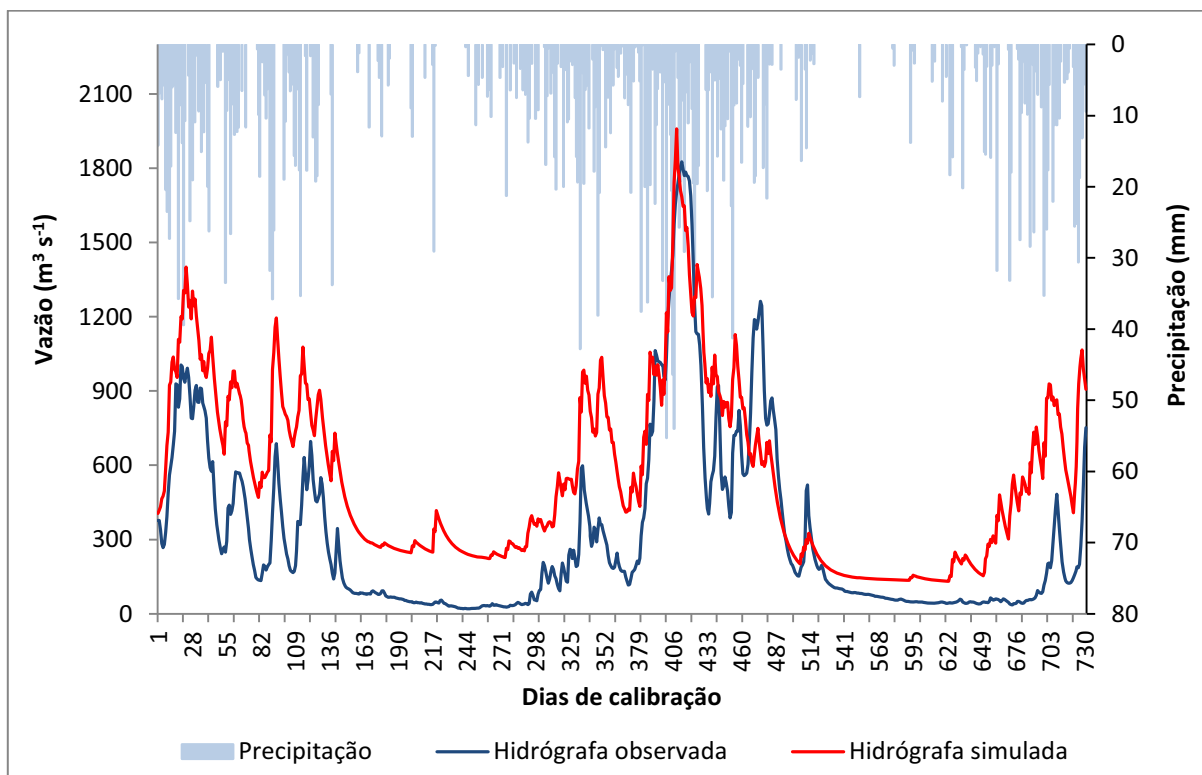


Gráfico 54. Simulação de cenário de comportamento hidrológico para 2029 e 2030

Evidencia-se o incremento da vazão de enchente em 7,3%, tendo sido registrado em 1988 o valor de  $1.825,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e o previsto para 2030, caso ocorra o mesmo padrão de distribuição de chuvas de 1988, é de  $1.959,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Estima-se, também, o aumento expressivo da vazão média anual em 43,1%, sendo que no período chuvoso a estimativa é que a média das vazões alcance  $844,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , evidenciando um aumento de 36%.

Os dados comparativos entre os comportamentos observado (1988) e previsto (2030) estão expostos na Tabela 37.

Tabela 37. Dados comparativos entre a vazão de enchente de 1988 e projeção de 2030

Vazão ( $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ )	1988*	2030	$\Delta \%$
Máxima	1.825,2	1.959,0	7,3
Média anual	364,4	521,3	43,1
Média do período chuvoso (nov - abr)	621,1	844,6	36,0

\* Valores observados.

Desta maneira, por meio do ajuste de correlação entre as vazões e suas respectivas cotas, registradas pela ANA e disponíveis no sistema HidroWeb, através do arquivo “Resumo

de descargas”, pode-se estimar a relação vazão x cota (Gráfico 55) e, posteriormente, calcular a que cota está estimada correspondente a vazão de enchente de 2030.

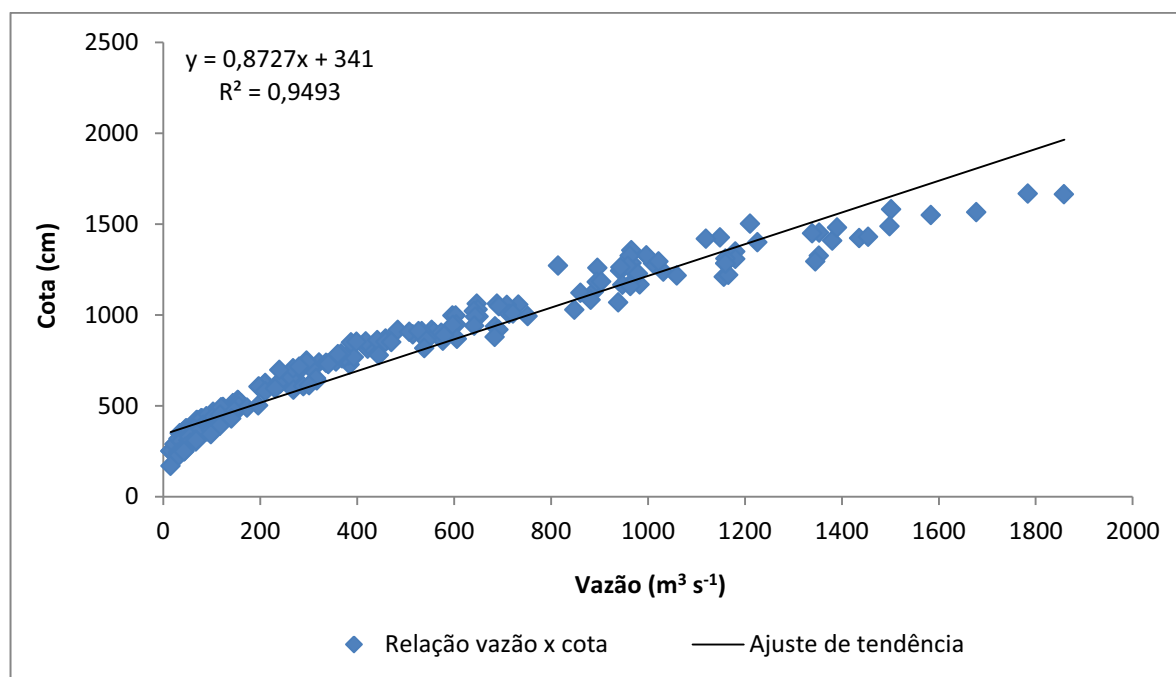


Gráfico 55. Relação vazão x cota para estação 13600002

Neste sentido, a partir da utilização da equação de ajuste estimou-se a cota para a vazão projetada de  $1.959,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Como resultado deste processo estima-se que a vazão de enchente projetada para 2030 alcance a cota de 21 m, tendo um aumento de aproximadamente 22,7%, em relação à máxima cota observada pelos dados consistidos da ANA.

Da mesma forma, utilizando-se a equação do Gráfico 52, que evidencia a relação entre a cota linimétrica e cota altimétrica, foi possível estimar a que altitude alcançará o nível da água, caso a vazão de enchente desta magnitude ocorra.

Assim, resultados demonstram que a vazão de enchente projetada para 2030, tendo como base o aumento do desmatamento e incremento da precipitação e evapotranspiração, alcance a cota altimétrica de 136 m, sendo a mesma projetada por meio da Figura 63, em comparação com a máxima cota registrada no rio Acre, em 1988 de 17,11 m, alcançando a marca de 132 m de altitude.

Já nas Figuras 64 e 65 evidenciam-se alguns trechos urbanos da cidade de Rio Branco que serão atingidos pela enchente projetada, além da previsão de diferentes manchas de inundação nas Figuras 66 e 67, projetadas por meio da Tabela 38.

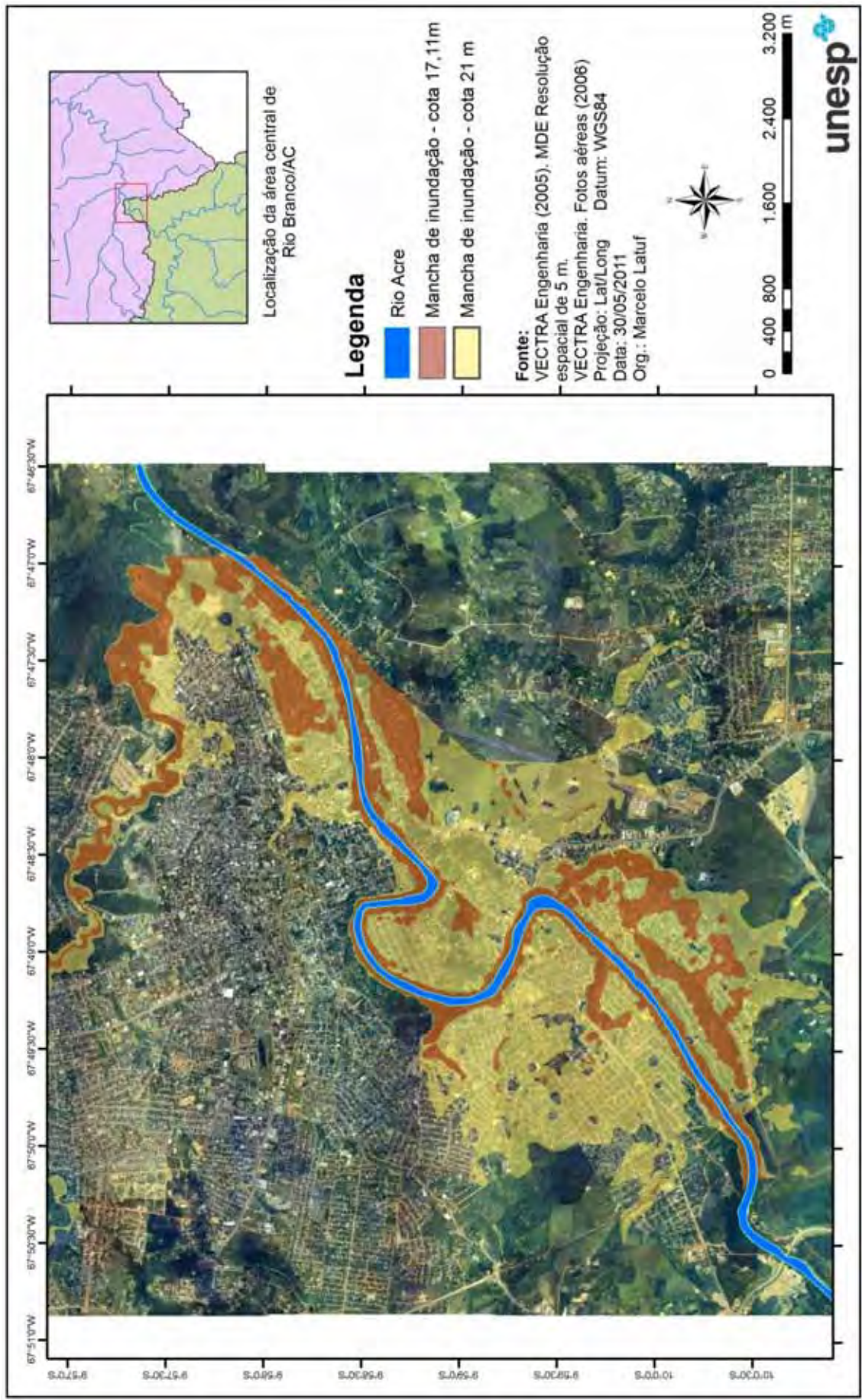


Figura 63. Comparativo das áreas de inundação provocadas pela enchente de 1988 (cota de 17,11m) e projeção de 2030 (cota de 21m)

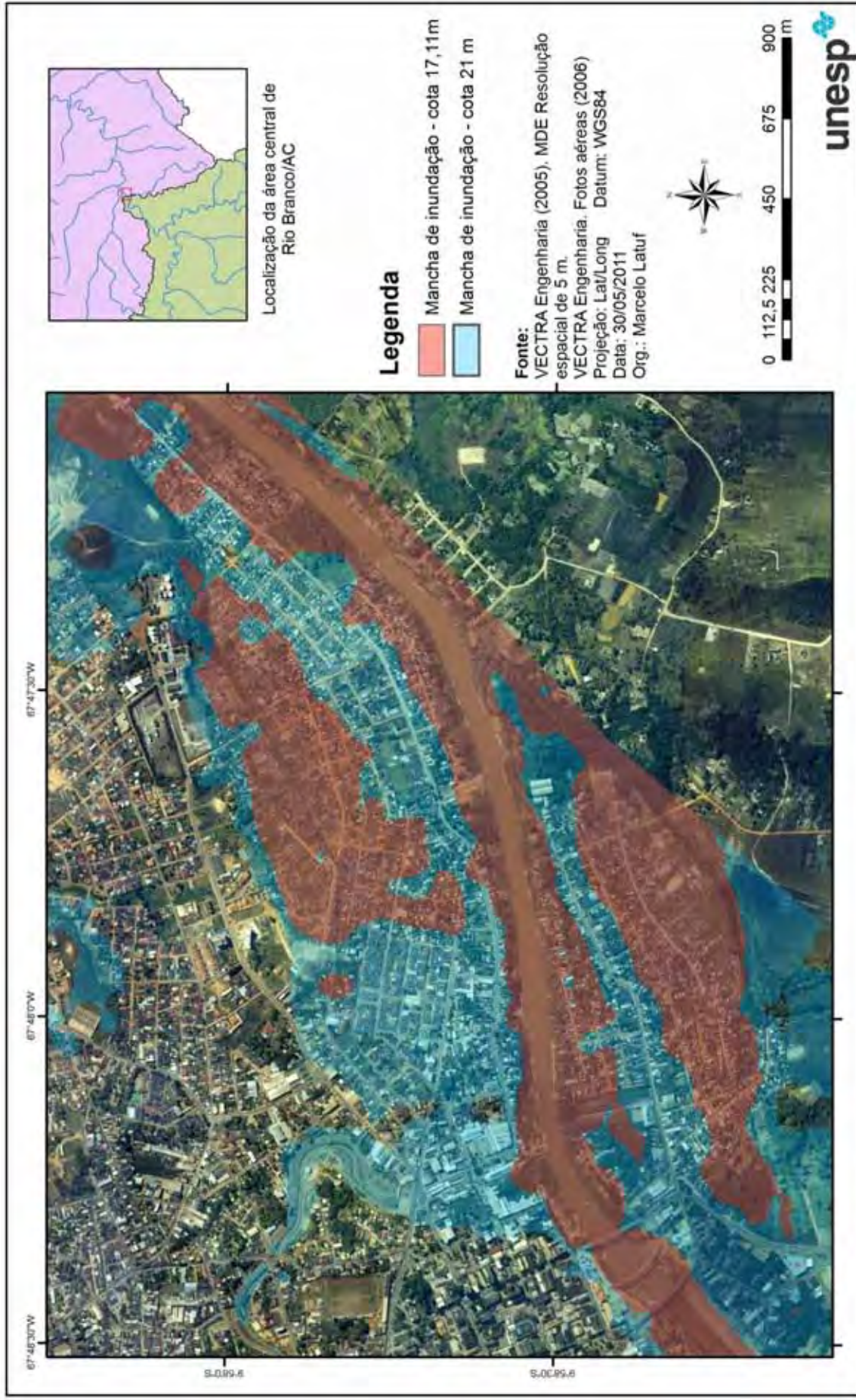


Figura 64. Comparativo das áreas de inundação provocadas pela enchente de 1988 (cota de 17,11m) e projeção de 2030 (cota de 21m) – detalhe 1

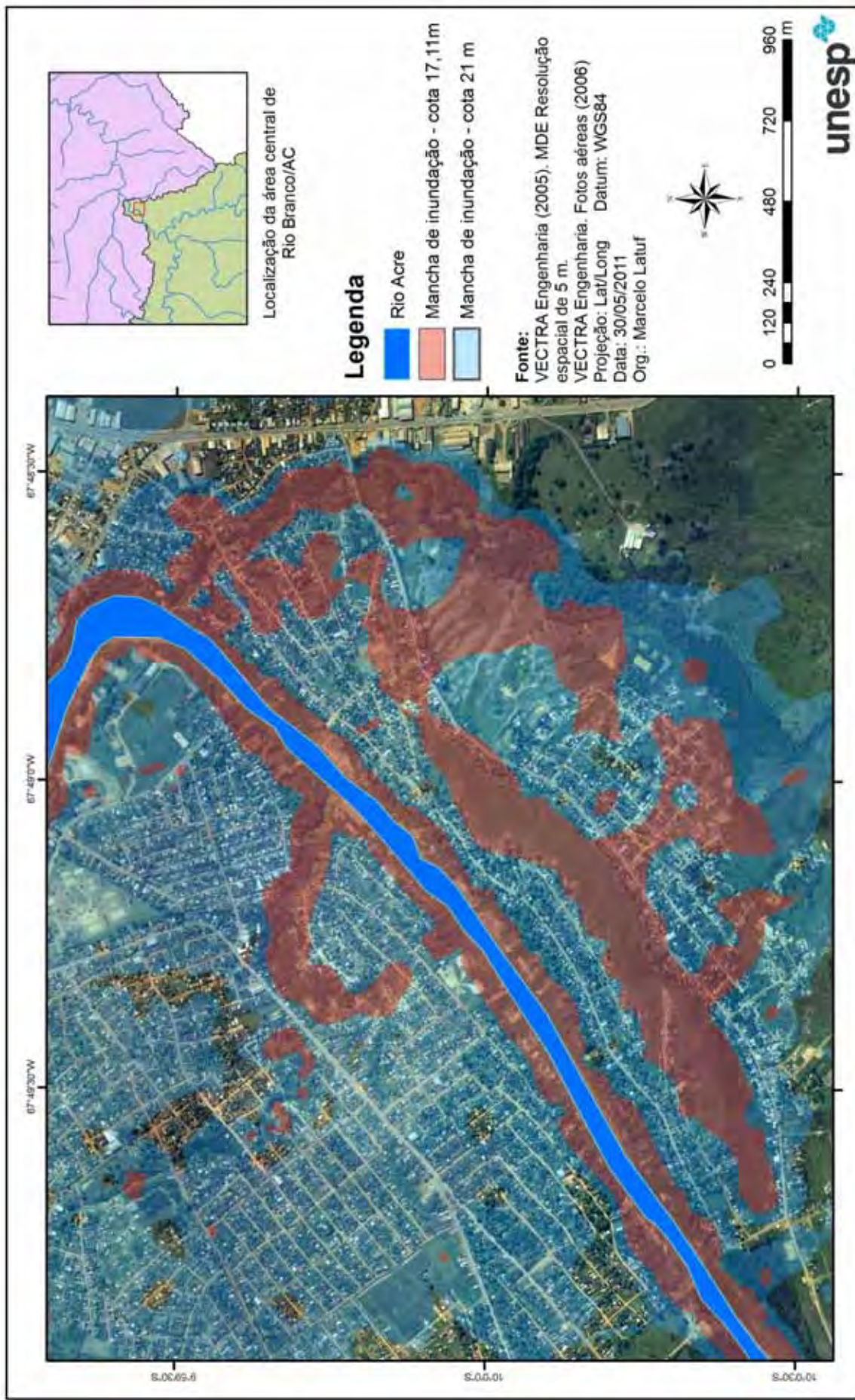


Figura 65. Comparativo das áreas de inundação provocadas pela enchente de 1988 (cota de 17,11m) e projeção de 2030 (cota de 21m) – detalhe 2

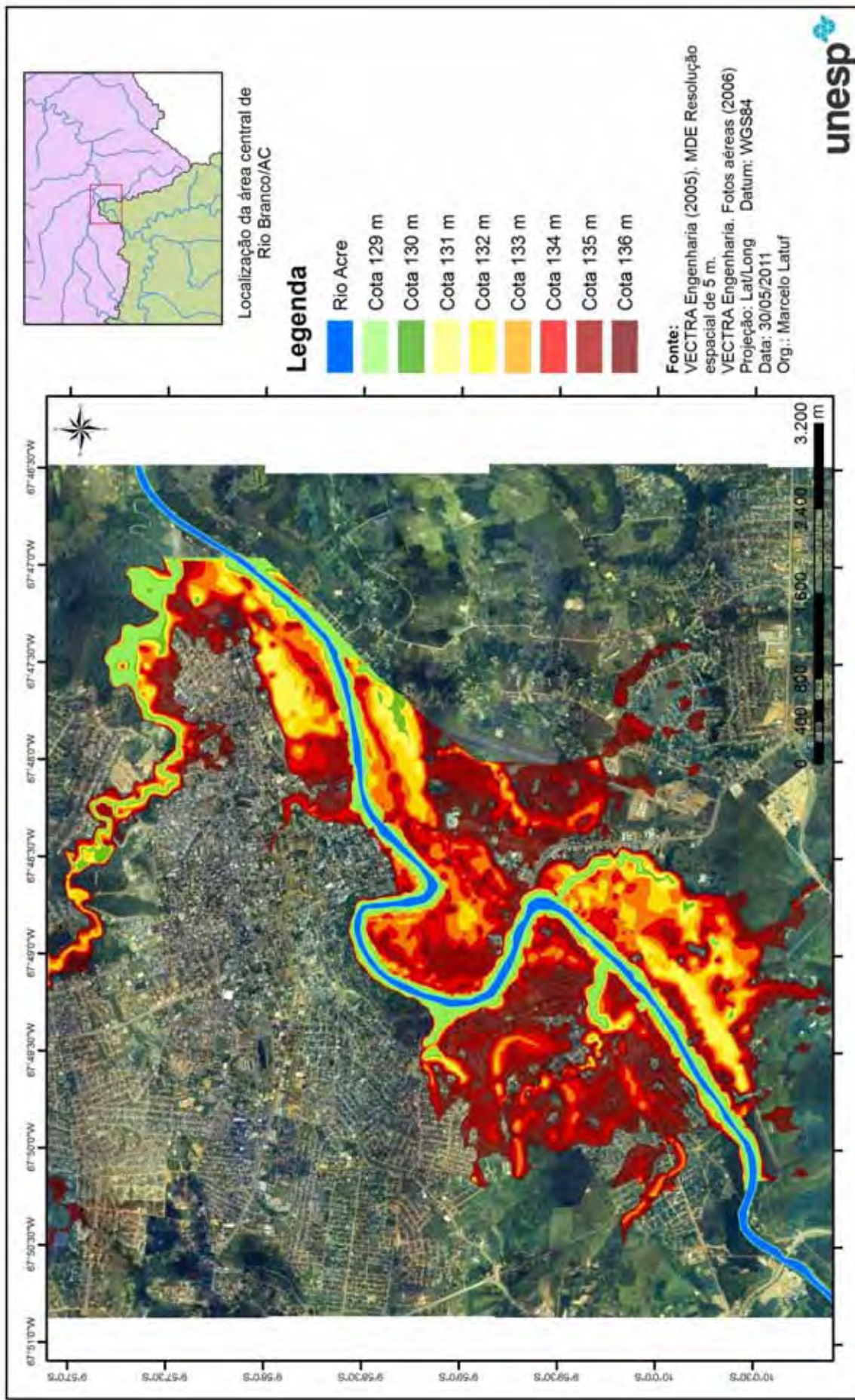


Figura 66. Diferentes níveis de inundação associados às cotas altimétricas

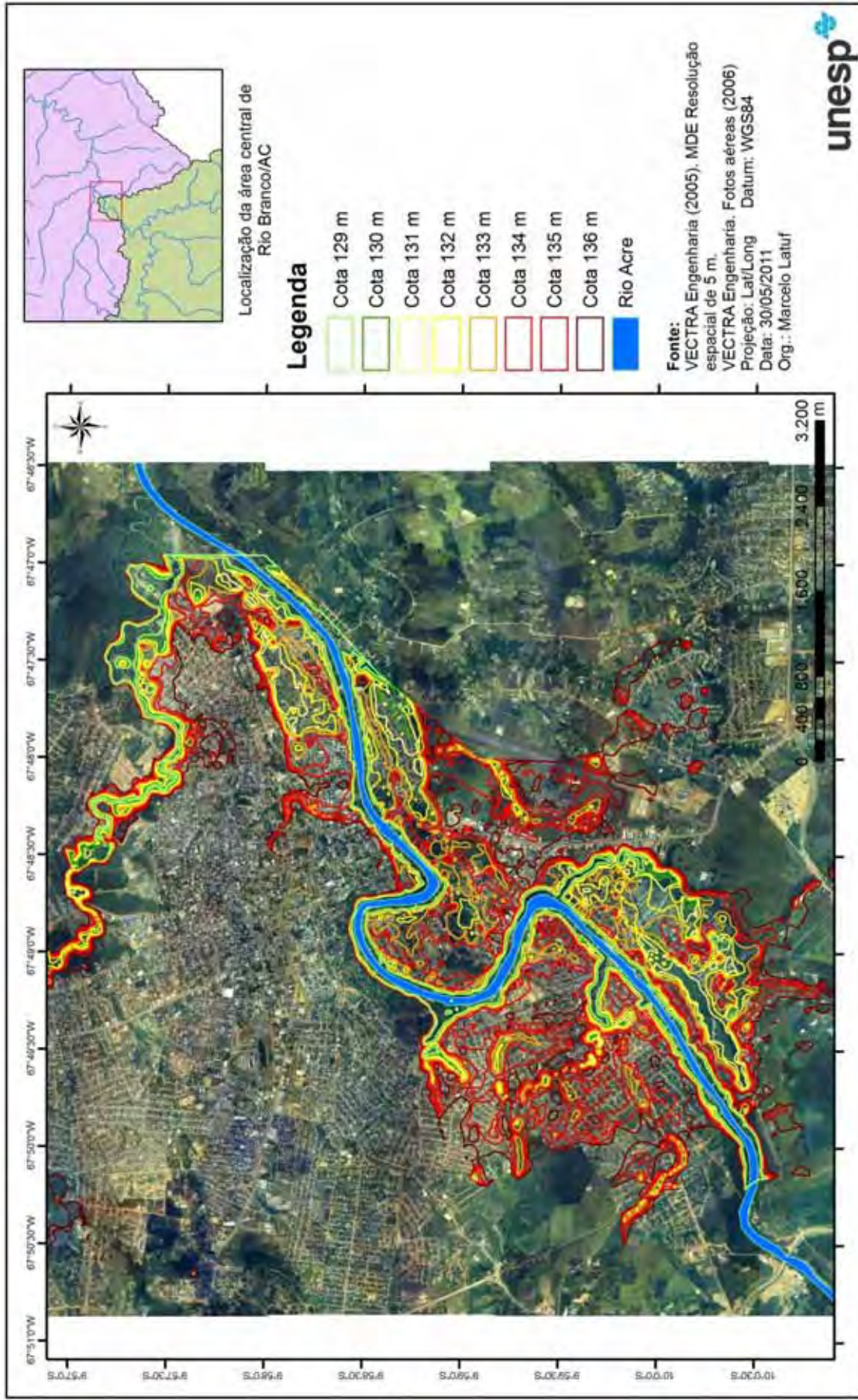


Figura 67. Diferentes níveis de inundação associados às cotas altimétricas (isolinhas)

Tabela 38. Relações entre cotas linimétricas e altimétricas para a estação 13600002

<b>Cota altimétrica (m)</b>	<b>Cotas linimétricas (m)</b>	<b>Área (hectares)*</b>
129	14,10	206,7
130	15,10	244,8
131	16,10	330,1
132	17,10	459,3
133	18,10	654,8
134	19,10	896,8
135	20,10	1.207,3
136	21,10	1.649,3

\* Referente ao MDE da Figura 50

Desta maneira, espera-se que o conjunto de informações geradas, como por exemplo, gráficos, tabelas e mapas possam auxiliar o poder público municipal e estadual na adoção de medidas de prevenção e controle do desmatamento na bacia do rio Acre, bem como em programas de manejo e conservação dos solos, associando a preservação de áreas de recarga e proteção às nascentes e áreas de preservação dos cursos d'água.

Como verificação do modelo proposto dos níveis de inundação, utilizaram-se como base as fotografias publicadas pelo Jornal Página 20, em Abril de 2011, evidenciando o transtorno da população em áreas inundadas (Figuras 68a e 68b).



Figura 68a. Inundação em Rio Branco (abril 2011). Fonte: [www.pagina20.com.br](http://www.pagina20.com.br)



Figura 68b. Inundação em Rio Branco (abril 2011). Fonte: [www.pagina20.com.br](http://www.pagina20.com.br)

A localização desta área inundada pela enchente de abril de 2011 é evidenciada na Figura 69 e encontra-se abaixo da cota de 131 m. Cabe ressaltar que ao centro desta área localiza-se um igarapé, que corta toda a extensão da região.



Figura 69. Localização da área registrada com inundação em abril de 2011

Neste sentido, com o aumento da cota do rio Acre, os igarapés sofrem maior resistência ao adentrar-se no mesmo, causando retenção do escoamento superficial localizado na calha.

#### 4.3.3. Comportamento estimado da vazão mínima para 2030

Para a simulação de cenário de vazões mínimas para 2030 adotaram-se os seguintes critérios: (a) crescimento do desmatamento na bacia de contribuição da estação 13600002, (b) aumento na precipitação, (c) estimativa da evapotranspiração média diária devido ao aumento do desmatamento e (d) crescimento populacional.

Como este último fator não foi detalhado anteriormente, cabe neste momento, uma rápida explanação de como este dado foi estimado.

Adotou-se a metodologia de progresso aritmética, proposta por Von Sperling (2005), para a estimativa de crescimento populacional da cidade de Rio Branco/AC. Para isto, foi necessário o acesso aos dados dos censos demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Neste sentido, optou-se por acessar o banco de dados GeoSNIC (Sistema de Geoprocessamento e Dados Cadastrais dos Municípios Brasileiros), desenvolvido pelo Ministério das Cidades, no endereço <http://geosnic.cidades.gov.br/src/php/app.php>, pois este banco funciona como um grande repositório de dados de diversas fontes, sobre os municípios brasileiros, com acesso rápido e gratuito.

Desta maneira, foram obtidos os dados sobre a dinâmica populacional da população urbana do município de Rio Branco/AC, para posterior análise da estimativa de crescimento populacional até 2030.

Utilizou-se a seguinte equação para a estimativa de crescimento populacional:

$$Pt = P_0 + K_a * (T - T_0) \quad (26)$$

onde,

Pt = População estimada (habitantes)

P<sub>0</sub> = População inicial (habitantes)

K<sub>a</sub> = Taxa de crescimento

T = Ano de interesse ou final

T<sub>0</sub> = Ano inicial

A taxa de crescimento  $K_a$  é calculada pela equação:

$$K_a = \frac{P_2 - P_0}{T_2 - T_0} \quad (27)$$

onde:

$K_a$  = Taxa de crescimento

$P_2$  = População final (habitantes)

$P_0$  = População inicial (habitantes)

$T_2$  = Ano final

$T_0$  = Ano inicial

Desta forma, estimou-se a projeção de crescimento da população urbana da cidade de Rio Branco/AC para os anos de 2020 e 2030, conforme observa-se no Gráfico 56.

Entretanto, em teste de calibração realizado para o ano de 2010, que consistia em projetar a população de 2010, utilizando-se aos dados de 1970 a 2000, a projeção apresentou um erro de subestimativa de 6%, para o valor observado da população urbana em 2010.

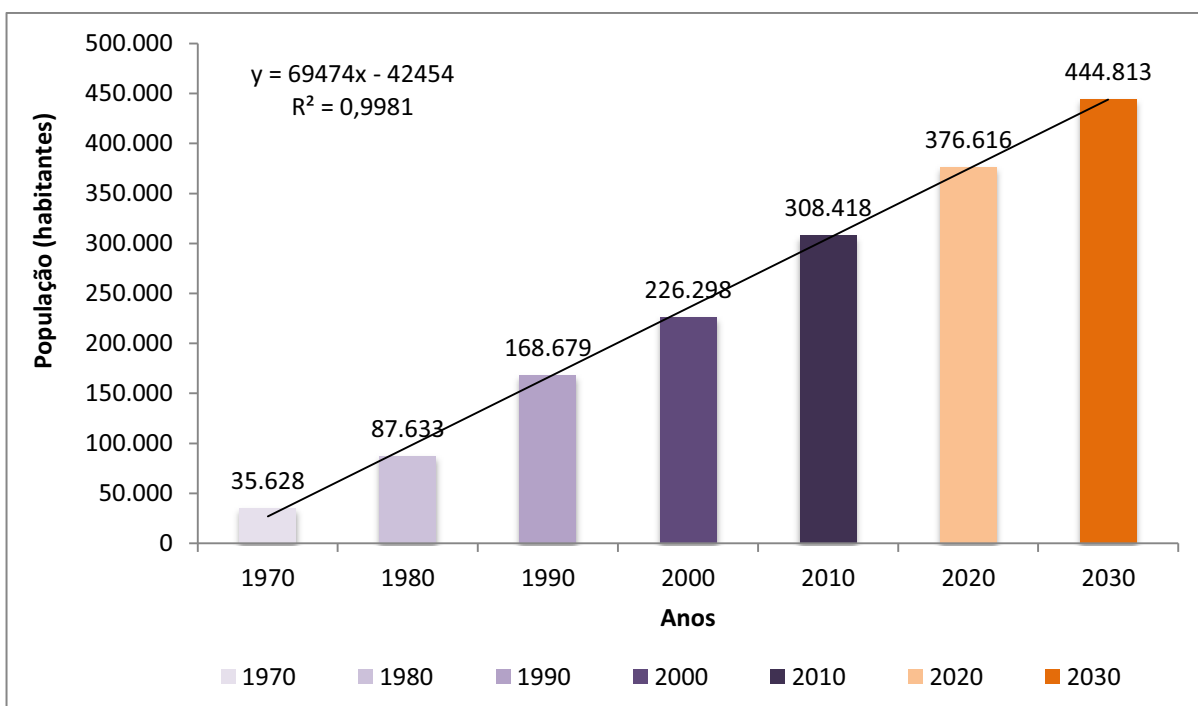


Gráfico 56. Estimativa de crescimento da população urbana da cidade de Rio Branco/AC

Esta estimativa foi realizada com o intuito de prever o contingente populacional da cidade de Rio Branco/AC com efeito ao consumo de água/habitante/dia. Baseando-se no

critério defendido pela Organização das Nações Unidas (ONU), onde cada pessoa necessita de 3,3 m<sup>3</sup>/pessoa/mês (cerca de 110 litros de água por dia para atender as necessidades de consumo e higiene), porém no Brasil, o consumo por pessoa pode chegar a mais de 200 litros/dia (Rebouças et. al., 2001).

No Gráfico 56 observa-se que o crescimento estimado da população urbana para a cidade de Rio Branco/AC em 2030, comparado a 2010, será de 44,2%, com o acréscimo de 136.395 habitantes na capital acreana.

Assim, conforme dados de Rebouças et. al. (2001) o consumo médio necessário ao atendimento da demanda prioritária, abastecimento humano, será em 2030 de 88.962,6 m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup>, sendo que em 2010 a demanda estimada estava em 61.684 m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup>. Desta maneira, conforme os dados estimados espera-se um incremento de 27.279 m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup> para os próximos 19 anos. Na Tabela 39 pode-se observar as demandas passadas e projetadas para o consumo de água em Rio Branco/AC.

Tabela 39. Demanda projetada de água para 2030

<b>Projeção de população urbana (habitantes)</b>	<b>Projeção de consumo* (m<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup>)</b>	<b>Projeção do consumo* (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>)</b>
1970	7.126	0,08
1980	17.527	0,20
1990	33.736	0,39
2000	45.260	0,52
2010	61.684	0,71
2020	75.323	0,87
2030	88.963	1,03

\* Adotou-se o valor de 200 L hab<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

Entretanto, fica uma questão a ser respondida, será que o rio Acre conseguirá suprir estas demandas projetadas, mantendo o limite de adução preconizado pela Agência Nacional de Águas?

Na tentativa de responder a esta indagação foi modelado o comportamento hidrológico do rio Acre no ano de 2030, tendo como foco a simulação da vazão mínima absoluta. Assim, com o auxílio do Gráfico 57 observa-se o comportamento da hidrógrafa estimada para os anos de 2029 e 2030, com base na hidrógrafa observada de 2004/2005.

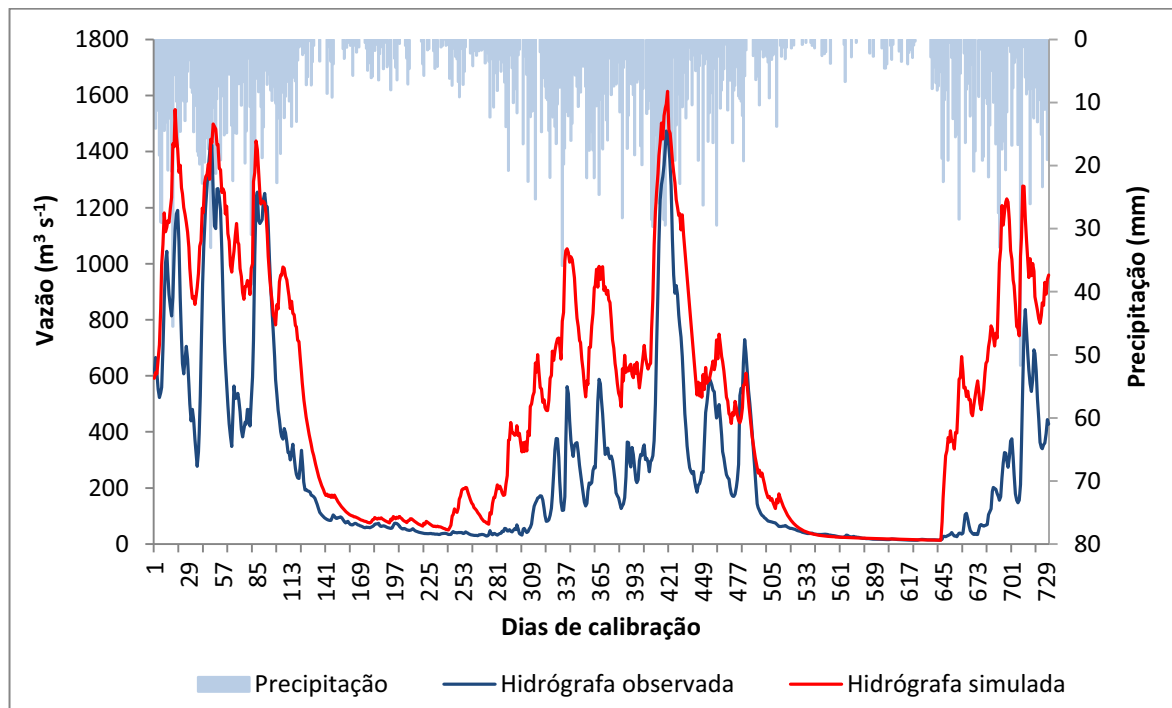


Gráfico 57. Simulação de cenário de comportamento hidrológico para 2029/2030 (Qmínima)

Destaca-se o comportamento da vazão mínima absoluta registrada em 2005, ano da grande seca na bacia do rio Acre, quando alcançou seu registro mais crítico, com o valor de  $13,25 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (Figura 70), com cota linimétrica de 1,64 m, ficando abaixo da cota de alerta de 2,27 m em 27,7%.



Fonte: SEMA (2005)

Figura 70. Nível das águas do rio Acre em setembro de 2005 (sem data)

Desta forma, com o aumento do desmatamento e da evapotranspiração na bacia, a vazão mínima absoluta estimada pelo modelo IPH II para 2030, utilizando a função-objetivo de melhor desempenho no processo de calibragem (Desvio quadrado relativo médio), alcançou o valor de  $9,68 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

Dados comparativos, observados por meio da Tabela 40, demonstram que projeta-se o decréscimo da vazão crítica de vazante em 26,9%, caso ocorra o mesmo padrão de distribuição de chuvas de 2005. Estima-se também o aumento expressivo da vazão média no período de estiagem em 105,7%,

Tabela 40. Dados comparativos entre a vazão mínima de 2005 e projeção de 2030

Vazão ( $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ )	2005*	2030	$\Delta$ %
Mínima	13,25	9,68	-26,9
Média do período de estiagem (mai - out)	47,06	96,82	105,7

\* Valores observados.

O aumento da vazão média no período de estiagem estima-se estar relacionado ao aumento da precipitação em 5%, pois nos meses de maio e outubro, respectivamente os meses de início e fim do período de estiagem, detectou-se uma superestimativa das vazões diárias em relação às vazões observadas.

Mas na tentativa de resposta à pergunta se o rio Acre conseguirá suprir a demanda de abastecimento humano, na cidade de Rio Branco em 2030, a resposta é sim. Entretanto, só por força de Lei, que prevê o uso prioritário para o abastecimento humano e dessedentação animal (Lei N.º 9.433/97), mas a situação estará em estado crítico.

Primeiramente, desprezou-se a distância entre a estação 13600002 ao ponto de captação, de aproximadamente 6,5 km (a montante), pois neste trecho não há entrada de vazões afluentes expressivas. Deste modo, adotou-se o mesmo critério de outorga para o ponto de captação aos da estação 13600002.

De acordo com os critérios de concessões de outorga da ANA, que adota 70% da  $Q_{95}$  como vazão máxima outorgável, há a possibilidade de concessões de outorgas de vazões em até  $26,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , tendo que obrigatoriamente ficar na calha do rio  $11,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , adotando-se o período de 1971 a 2005 para o cálculo da  $Q_{95}$ .

Porém, o que se observa no Gráfico 58 é que a estimativa da demanda de água para abastecimento humano, considerando o consumo de  $200 \text{ L hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , vem tendo um crescimento gradativo, década após década, de 1970 a 2030. Isto se deve, principalmente, ao aumento populacional observado e estimado em Rio Branco.

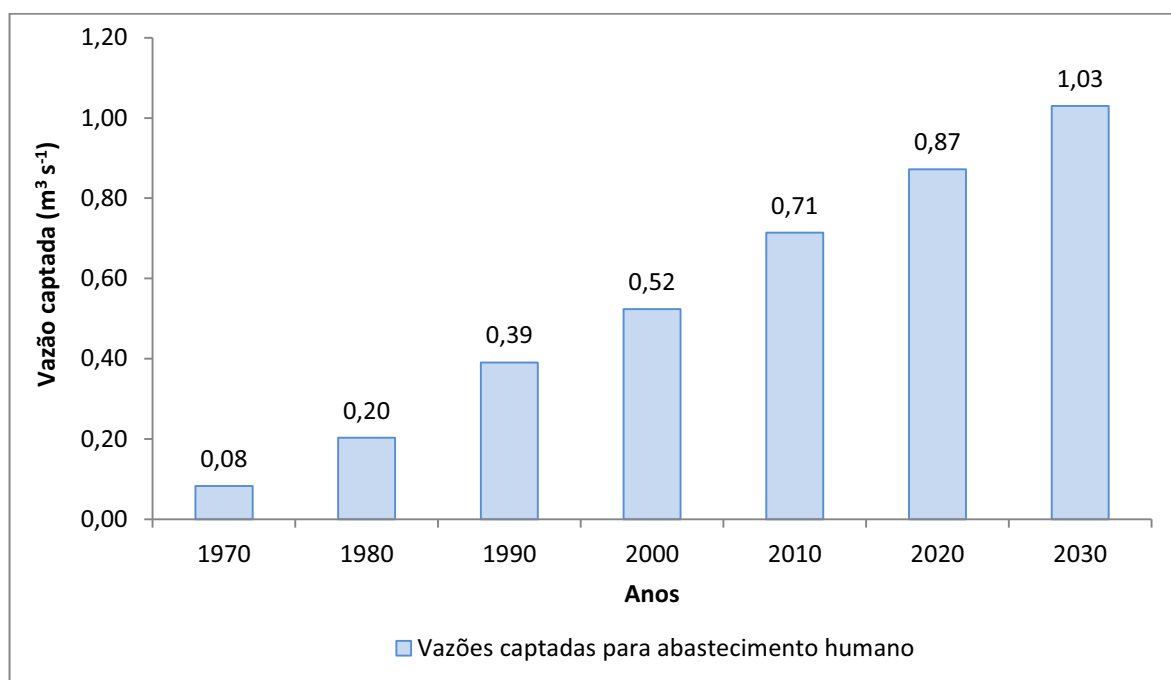


Gráfico 58. Estimativas de vazões captadas para abastecimento humano

Deste modo, em notícia veiculada no site da concessionária em 06 de julho de 2010, relata que a empresa já pretende utilizar-se da captação do aquífero subterrâneo, localizado no segundo distrito da capital acreana.

“Com o Rio Acre superando níveis mais baixos a cada período de estiagem, a Prefeitura de Rio Branco, por meio do SAERB (Serviço de Água e Esgoto de Rio Branco), inicia ainda neste mês a prospecção dos poços subterrâneos de água que estão espalhados por todo o Segundo Distrito, principalmente na região do Lago do Amapá. A depender da potencialidade do aquífero, a prefeitura passará a usá-lo ainda em 2010 como forma de analisar a viabilidade ou não do mesmo. Mesmo com as dificuldades, o SAERB tem mantido o nível normal de captação, que é de mil litros por segundo. O uso dos poços de água é a única esperança para garantir abastecimento da cidade. A prefeitura espera somente a obtenção de recursos para perfurar os três poços previstos no projeto inicial”.

Fonte: <http://www.riobranco.ac.gov.br/saerb/index.php/noticias/46-para-evitar-colapso-saerb-comeca-este-mes-prospeccao-de-aqueifero-.html>

Já em notícia mais recente, veicula no site da Prefeitura Municipal de Rio Branco em 30 de maio de 2011, o Prefeito e sua comitiva, em visita às instalações da ETA II relata que,

“O prefeito Raimundo Angelim anunciou nesta segunda-feira, 30, a antecipação em um mês da implantação, no rio Acre, da estação flutuante de captação de água na ETA II, na Estrada da Sobral. Com isso, a produção de água potável aumentará de 900 litros por segundo para até 1,3 mil lts/s, assegurando abastecimento para toda a cidade mesmo se o verão se acentuar. E caso necessário, se o rio Acre atingir níveis críticos de vazante, o Serviço de Água e Esgoto de Rio Branco (SAERB) coloca em operação a captação flutuante da ETA I, elevando, naquela unidade, de 250 para 400 lts/s o bombeamento para tratamento da água”.

Fonte:

[http://www.riobranco.ac.gov.br/v4/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2652:angelim-antecipa-em-um-mes-captacao-flutuante-na-eta-2&catid=1:noticias&Itemid=68](http://www.riobranco.ac.gov.br/v4/index.php?option=com_content&view=article&id=2652:angelim-antecipa-em-um-mes-captacao-flutuante-na-eta-2&catid=1:noticias&Itemid=68)

Estas notícias evidenciam duas grandes preocupações, a primeira, quanto à captação de água do aquífero subterrâneo. O aquífero caracteriza-se por uma reserva de água que deve ser utilizada com expressivo critério, pautado em um planejamento criterioso e ações de gestão coordenadas entre as esferas estadual e municipal.

De acordo com dados de Moraes et al. (2007) o aquífero possui

“boas potencialidades para a exploração quantitativa do manancial, quando comparados a estudos realizados na Amazônia Oriental. Observaram-se alterações na caracterização físico-química e bacteriológica nos pontos de captação estudados provenientes do lançamento indiscriminado de efluentes domésticos nos solos, sem tratamento prévio, constituindo fatores de riscos à saúde do ambiente e da população”.

Entretanto, em contramão às potencialidades, Moraes et al. (2007) detectaram que “a maior parte da água tratada não chega às torneiras da população de Rio Branco. O SAERB registrou um índice de perdas na distribuição de 73,8%, o maior índice de perdas reais nas capitais dos Estados Brasileiros”, além do comprometimento qualitativo de suas águas.

Este aquífero caracteriza-se por ser do tipo semi-confinado, “onde no topo encontra-se uma camada argilosa com espessura que variam em espessuras de 1 a 4 metros, seguido por material arenoso, com espessura que variam de 1 a 6 metros” (MORAES et. al., 2007).

Analisando-se o estudo de cotas altimétricas dos níveis de água obtidas por Moraes et. al. (2007), registra-se que o aquífero localizado no segundo distrito da capital acreana, encontra-se entre as cotas 120 a 131 m de altitude.

Estas cotas estão associadas à profundidades que caracterizam este aquífero como sendo parte integrante ao sistema hidrológico do rio Acre, tendo sua variação vertical, em função da estiagem, bem como de prováveis deslocamentos longitudinais de água para a alimentação do rio Acre. Desta maneira, acredita-se este aquífero localizado no segundo distrito nada mais é do que o escoamento subsuperficial relacionado ao sistema rio-planície do rio Acre.

Entretanto, necessita-se da instalação de postos de monitoramento contínuo para que haja o conhecimento detalhado do comportamento de deslocamento longitudinal e da variação vertical da água neste aquífero.

Assim, a exploração cada vez mais intensa do aquífero, além dos impactos advindos de efluentes domésticos, trarão impactos diretos na quantidade e qualidade da água do mesmo, inviabilizando em parte, a “salvação de Rio Branco”, como anunciada pela “descoberta” do aquífero (!).

Outra preocupação é com os valores de captação anunciados pelo SAERB e Prefeitura Municipal de Rio Branco, chegando a valores de  $1,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Apoiado em resultados anteriormente expostos, este valor está acima dos previstos para o período, configurando-se, assim, que uma parte da água tratada pelo SAERB é utilizada para outros usos, diferentes do abastecimento humano, aumentando expressivamente o risco de um colapso em 2030 ou até mesmo devido ao alto índice de perdas do sistema.

Porém, a situação recente do rio Acre na capital acreana é extremamente preocupante, pois em notícia veiculada no Portal de notícias AC24horas, pelo endereço [http://www.ac24horas.com/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=20150:ri-o-acre-apresenta-maior-seca-dos-ultimo-40-anos&catid=35:manchete&Itemid=133](http://www.ac24horas.com/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=20150:ri-o-acre-apresenta-maior-seca-dos-ultimo-40-anos&catid=35:manchete&Itemid=133), acessado em 29 de agosto de 2011, o rio Acre atingiu o menor nível linimétrico de toda a série histórica de monitoramento diário, com a cota de 1,58 m (Figuras 71 e 72), 6 cm abaixo do cota de 2005, considerada desde então, como a pior seca do rio Acre.



Figura 71. Nível das águas do rio Acre em 29/08/2011. (Fonte: AC24 horas, 2011)



Figura 72. Nível das águas do rio Acre em 29/08/2011. (Fonte: AMARAL, 2011)

Esta informação pôde ser confirmada no site do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), <http://www.ana.gov.br/portalsnirh/>, por meio dos registros telemétricos da estação 13600002 (Figura 73).

[ Exportar Dados ]

Código da Estação

Número da Pesquisa

Data da Pesquisa

Tipo de Apresentação

Visualizar em Gráfico

Estação: 13600002 RIO BRANCO

Sub-bacia: RIO SOLIMÕES, JURUA, JAPURA...

Total de Registros: 30

Estação	Data e Hora	Nível (cm)
RIO BRANCO	30/08/2011 07:00:00	158
RIO BRANCO	29/08/2011 07:00:00	158
RIO BRANCO	28/08/2011 07:00:00	161
RIO BRANCO	27/08/2011 07:00:00	163
RIO BRANCO	26/08/2011 07:00:00	166
RIO BRANCO	25/08/2011 07:00:00	170
RIO BRANCO	24/08/2011 07:00:00	175
RIO BRANCO	23/08/2011 07:00:00	176
RIO BRANCO	22/08/2011 07:00:00	177
RIO BRANCO	21/08/2011 07:00:00	178

Situação do Nível

Sem Informação Atualizada	
Sem dado de referência	
Abaixo da cota com permanência de 95%	269 cm
Nível normal (entre 5% e 95%)	326 cm
Acima da cota com permanência de 5%	1400 cm
Acima da Cota de Alerta	1300 cm

Informações Úteis

- \* A chuva é medida em mm, e nível em cm e vazão em m<sup>3</sup>/s.
- \* O prazo para considerar a informação atualizada é de 15 dias.

Figura 73. Confirmação do nível das águas do rio Acre em 29/08/2011. (Fonte: SNIRH, 2011)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

O conhecimento da dinâmica hidrológica é de vital importância para o pleno planejamento e gestão da bacia e dos recursos hídricos, visto o potencial quadro de alterações no balanço hídrico na bacia do rio Acre, associado a mudanças no uso do solo e mudanças climáticas. Desta maneira, o inventário de dados hidrológicos realizado por este trabalho trará subsídios aos gestores sobre o conhecimento a respeito da dinâmica de vazões (posto fluviométrico 13600002) e das precipitações na bacia do rio Acre.

Quanto ao procedimento de calibragem do modelo hidrológico IPH II, testaram-se três alternativas de entrada de dados sobre precipitação. O melhor desempenho foi obtido através da utilização das imagens do satélite GOES-12, por meio da técnica Hidroestimador, em associação aos dados dos postos pluviométricos da Agência Nacional de Águas.

Da mesma forma que utilizou-se dados de sensores orbitais para a estimativa de precipitação no processo de calibragem, utilizou-se também de produtos do satélite Modis, mais especificamente o produto MOD16A (Evapotranspiração), para a estimativa de evapotranspiração na área de interesse.

Resultados demonstram que sua utilização para fins de monitoramento e estimativa de dados foi considerada satisfatória, devido ao ajuste expressivo alcançado no processo de calibragem com sua utilização, criando desta forma, novas perspectivas de pesquisas relacionadas ao monitoramento do balanço hídrico em bacias hidrográficas.

Neste sentido, pesquisas com respeito à medição da acurácia dos instrumentos e técnicas de medição de componentes do ciclo hidrológico, de forma orbital, ainda necessitam serem realizadas com maior exatidão, devido às variações espaço-temporais dos parâmetros em diferentes biomas.

Entretanto, evidenciou-se por este trabalho uma alternativa para procedimentos de monitoramento e previsão hidrológica em bacias pouco instrumentalizadas, como a do rio Acre, obtendo-se resultados satisfatórios no processo de calibragem do modelo hidrológico escolhido.

No que tange ao modelo hidrológico IPH II, mais especificamente ao software WIN\_IPH2, o mesmo conseguiu atingir os objetivos do processo de calibragem e simulação propostas por este trabalho, por meio da utilização de rotinas sólidas, com amplo material disponível em língua portuguesa e apoiado, sobretudo pela viabilidade de manipulação do mesmo, constituindo-se desta forma, como uma ferramenta excepcional de utilização.

Já com relação aos procedimentos de simulação de comportamentos hidrológicos associados às mudanças de cobertura (avanço do desmatamento), variações nos

comportamentos da evapotranspiração e do regime de chuvas na bacia, bem como ao aumento populacional projetado, obteve-se resultados que evidenciam desafios para a gestão pública da bacia e dos recursos hídricos no estado do Acre, bem como em países liminhos, pois de acordo com projeções realizadas, haverá o aumento da vulnerabilidade da população urbana de Rio Branco/AC, relacionadas às enchentes (período de chuvas) e na expressiva redução na disponibilidade hídrica (período de estiagem), ao atendimento da demanda por abastecimento público e demais usos, em 2030, caso as projeções se confirmem.

Com base na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a Lei N.º. 9.433/97 por meio do Capítulo II, Art 2º, inciso III, onde relata como sendo um de seus objetivos “a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais”, acredita-se que por meio da modelagem hidrológica há meios capazes de previsão a situações de eventos críticos, como por exemplo, enchentes e redução da disponibilidade.

Assim, a modelagem hidrológica torna-se mais do que um técnica hidrológica, mas auxilia na consolidação da PNRH, por meio da possibilidade de subsidiar ações concretas, apoiadas no plano de bacias, para que os gestores públicos possam ter em mãos, informações técnicas para as tomadas de decisões.

Neste sentido, haverá a possibilidade de minimização de riscos e da vulnerabilidade socioambiental da população, com antecedência de tempo (horas e/ou dias), aderindo à relação previsão-prevenção, devido à antecipação de eventos associados a diferentes magnitudes, tendo como entrada o dado de precipitação média diária ou acumulada.

Contudo, com os resultados deste trabalho acredita-se estar subsidiando ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Acre, bem como na readequação urbana em áreas de risco a inundação, por meio do suporte ao Plano Estadual de Recursos Hídricos (PLERH), *ainda em fase de elaboração*, no que tange ao conhecimento sobre a dinâmica do rio Acre, bem como em projeções futuras de comportamento hidrológico crítico relacionados às vazões de enchente e estiagem, para o suporte a criação de um sistema de alerta mais eficiente para a bacia.

Cabe ressaltar que o modelo hidrológico aqui calibrado (para as condições da seção fluviométrica 13600002), que servirá de base para a criação do sistema de alerta, não exige os poderes públicos da ampliação e melhoria da rede hidrométrica estadual, até mesmo porque o modelo é dependente de dados monitorados em campo, sendo seu grau de ajuste, relacionado de uma maneira ou de outra, à qualidade e quantidade de dados disponíveis na bacia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

AC24 horas. Portal de Notícias do Acre. **Nível do rio Acre é o menor nos últimos 40 anos: seca preocupa moradores e governantes do estado do Acre.** Disponível em: <[http://www.ac24horas.com/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=20150:ri-o-acre-apresenta-maior-seca-dos-ultimo-40-anos&catid=35:manchete&Itemid=133](http://www.ac24horas.com/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=20150:ri-o-acre-apresenta-maior-seca-dos-ultimo-40-anos&catid=35:manchete&Itemid=133)>. Acesso em 29 de agosto de 2011.

ACRE. Governo do Estado do Acre. **Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE): aspectos socioeconômicos e ocupação territorial.** Fase I. Escala 1:1.000.000. Rio Branco: vol. II, SECTMA, 2000.

ACRE. Governo do Estado do Acre. **Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE): Fase II.** Escala 1:250.000. Rio Branco: Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA), 2006.

AMARAL, E. F. **Estratificação de ambientes para a gestão ambiental e transferência de conhecimento, Estado do Acre, Amazônia Ocidental.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. (Tese de doutorado).

AMARAL, E. F.; LANI, J. L.; ARAÚJO, E. A.; PINHEIRO, C. L. S.; BARDALES, N. G.; AMARAL, E. F.; OLIVEIRA, M. V.; BEZERRA, D. C. F. **Ambientes com ênfase no solo: Rio Branco a Mâncio Lima, Acre.** Rio Branco/AC: Embrapa Acre. 2001. 187 p.

AMARAL, E. F. et al. **Relatório sobre Solos do Estado do Acre. Solos do Acre.** Rio Branco: SEMA/IMAC. (texto integrante do eixo recursos naturais do ZEE Fase II). 2006.

AMARAL, E. F.; ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; RODRIGUES, T. E.; OLIVIERA, H.; MELO, A. W. F.; AMARAL, E. F.; SILVA, J. R. T. ; RIBEIRO, M. A. e BARDALES, N. G. **Ocorrência e distribuição das principais classes de solos do estado do Acre.** (2011).

AMARAL, E. F. **Foto do rio Acre em 29/08/2011.** Arquivo pessoal. 2011

ANA. Agência Nacional de Águas. **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil.** Brasília: ANA, 64 p. (Edição comemorativa do Dia Mundial da Água), 2002.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Sistema Hidroweb.** Disponível em: <[www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br)>. Acesso em 28/11/2010.

BARTH, F. T. Evolução nos aspectos institucionais e no gerenciamento de recursos hídricos no Brasil. In: **Estado das Águas no Brasil: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos.** SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA, 1999. p 27 – 34.

BASTOS, Abgvar. (1927). Certos Caminhos do Mundo: romance do Acre. Rio de Janeiro, Hersen. In: MORAIS, M. J. **“Acreanidade”: Invenção e reinvenção da identidade acreana.** Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2008. (Tese de Doutorado).

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC. 19 Rio Branco; **geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra.** Rio de Janeiro: 1976. 458 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 12).

BRASIL. **Política Nacional de Recursos Hídricos.** Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. [S. l.]: MMA/ SRH, 1997.

BRAGA, F. F. **A construção do conceito de bacia hidrográfica no ensino de geografia: Uma proposta didática.** Rio de Janeiro: UERJ, 2009.

- BRAVO, J. M.; ALLASIA, D. G.; COLLISCHONN, W.; TASSI, R.; MELLER, A.; TUCCI, C. E. M. **WIN\_IPH2: Manual de conceitos. Versão 1.0.** Porto Alegre: UFRGS/IPH, 2006.
- BRAVO, J. M.; ALLASIA, D. G.; COLLISCHONN, W.; TASSI, R.; MELLER, A.; TUCCI, C. E. M. **WIN\_IPH2: Manual do usuário. Versão 1.0.** Porto Alegre: UFRGS/IPH, 2006a.
- BRAVO, J. M.; ALLASIA, D. G.; COLLISCHONN, W.; TASSI, R.; MELLER, A.; TUCCI, C. E. M. **Avaliação visual e numérica da calibração do modelo hidrológico IPH II com fins educacionais.** São Paulo: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007.
- BROWN, C.B. **On the Tertiary deposits on the Solimoes and Javari rivers, in Brazil.** The Quaterly Journal of Geological Society of London. London, 35(1):76-81. 1879.
- BRUIJNZEEL, L. A. **Hydrology of Moist Tropical Forests and Effects of Conversion: A State of Knowledge Review.** IHP. IAHS, UNESCO, 224p., 1990.
- CPTEC. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. **Ocorrência e magnitudes de eventos ENOS.** Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em 10/02/2011.
- CASTELO BRANCO, José Moreira Brandão. (1961). Povoamento da Acreania. Rio de Janeiro, Revista do IHGB, volume 250. In: PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter. (1998). **Geografando nos Varadouros do Mundo (da territorialidade seringalista à territorialidade seringueira – do seringal à reserva extrativista).** Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Geografia), UFRJ.
- CAVALCANTE, L. M. **Geologia do Estado do Acre.** Rio Branco: SEMA/IMAC. Artigo produzido para o ZEE Fase II, 2006. 42p.
- CARMO, L. F. Z. **Agricultura urbana da cidade de Rio Branco, Acre: caracterização, espacialização e subsídios ao planejamento urbano.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. (tese de mestrado).
- CLARK, C.O. "*Storage and the unit hydrograph*". ASCE, v 110, pp. 1416-1446, 1945.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia.** São Paulo: Hucitec, 1979.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1999.
- COSTA, M. H., BOTTA, A. and CARDILLE, J. A. **Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia.** *Journal of Hydrology*, 2003.
- COSTA, J. C.. A Conquista do Deserto Ocidental: subsídios para a história do Território do Acre. São Paulo: Nacional. (2005[1924]). In: MORAIS, M. J. "**Acreanidade**": **Invenção e reinvenção da identidade acreana.** Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2008. (Tese de Doutorado).
- CHANDLESS, W. **Notes on the River Aquiry, the Principal Affluent of the River Purus.** Londres: Journal of the Royal Geographical Society of London. Vol. 36, p. 119-128, 1866.
- COLLISCHONN, W. e TUCCI, C. E. M. **Ajuste Multiobjetivo dos Parâmetros de um Modelo Hidrológico.** RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 8, n.º 3, Jul/Set, 27-39, 2003.
- CUNHA, L.V. **Perspectivas da gestão da água para o século XXI: desafios e oportunidades.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 4, p. 65-73, 2002.

D U A N , Q . ; S O R O O S H I A N , S . ; G U P T A , V .  
**Effective and efficient global optimization for conceptual rainfall-runoff models.**  
*Water Resources Research* (28-4), pp. 1015-1031, 1992.

DUARTE, A. F. 2005. **Variabilidade e tendências das chuvas em Rio Branco, Acre, Brasil.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, v 20, n. 1, 37-42. 2005.

FREITAS, A. J. Gestão de Recursos Hídricos. In: SILVA, D. D. e PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais.** Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre, RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000. 659 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2006. 306 p.

FRAILEY, C.D.; LAVINA, E.L.; RANCY, A.; SOUZA FILHO, J.P. de. **A proposed Pleistocene/Holocene lake in the Amazon basin and its significance to amazonian geology and biogeography.** *Acta Amazônica*, 18 (3-4):119-143, 1998.

GERMANO, A.; TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. Estimativa dos parâmetros do modelo IPH II para algumas bacias urbanas brasileiras. In: SILVA, J. B. L. **Modelos de previsão de enchentes em tempo real para o município de Nova Era-MG.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. (Tese de Mestrado).

GILBERT, G. K. Report on the geology of the Henry Mountains. In: GREGORY, K. J. **A Natureza da Geografia Física.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992. PP 367.

GREGORY, K. J. **A Natureza da Geografia Física.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992. 367p.

GUERRA, A. T. **Estudo Geográfico do Território do Acre.** Rio de Janeiro: IBGE, 1955.

GOOGLE. Google Imagens. **Fotos da grande seca de 2005 no rio Acre.** Disponível em: <<http://www.google.com.br/>>. Acesso em 10/02/2011.

GOOGLE. Google Imagens. **Fotos da vazão de margens plenas.** Disponível em: <<http://www.google.com.br/>>. Acesso em 10/02/2011.

HARTT, C. F. **Geology and physical geography of Brazil.** Boston. Fields Osgood, 620p. 1870.

HORTON, R. E. "Analysis of runoff plot experiments with varying infiltration capacity". *Trans. Am. Geoph. Union*, par IV, pp. 693, 1939.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Dados de Recursos Naturais da Amazônia Brasileira.** Rio de Janeiro: IBGE/CISCEA/SIPAM, 1999.

IBGE. Coordenação de recursos naturais e estudos ambientais: Manuais técnicos em geociências. n 4. **Manual técnico de pedologia,** Rio de Janeiro – RJ. 2ª edição, 200 p. 2005

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil: Análise conjunta Brasil-Reino Unido sobre impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia.** São José dos Campos: INPE/CPTEC, 2011.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1961 a 1990.** Brasília: INMET, 2010. Disponível em <[www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)> ou <<http://mapas.mma.gov.br/>>.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change and water**. Geneva: IPCC Technical Paper VI, 210p., 2008. Disponível em <[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_technical\\_papers.shtml](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_technical_papers.shtml)>.

LATRUBESSE, E.; RANCY, A.; RAMONELL, C.G.; SOUZA FILHO, J.P. de. **A Formação Solimões: Uma formação do Mio-Plioceno da Amazônia Sul-Occidental**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4., Belém. Boletim de Resumos Expandidos. Belém, Sociedade Brasileira de Geologia – Núcleo Norte, p.204-205. 1994.

LIMA, W. P. **Análise física da bacia hidrográfica**. Notas de aula. 2003.

KIRPICH (1940). In: PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D. **Escoamento Superficial**. Viçosa: UFV, 87 p., 2004.

MACHADO, P. J. O. **Uma Proposta de Zoneamento Ambiental Para a Bacia Hidrográfica da Represa de São Pedro – Juiz de Fora/MG**. Presidente Prudente: UNESP, 1998 (Dissertação de Mestrado).

MAIA, R.G.N.; GODOY, H. de O.; YAMAGUTI, H.S.; MOURA, P.A.; COSTA, F.S.F. da; HOLANDA, M.A.; COSTA, J.A. **Projeto Carvão no Alto Solimões**; relatório final. Manaus, CPRM/DNPM, v.1, 142p. 1977.

MARENGO, J. A. e VALVERDE, M. C. **Caracterização do clima no século XX e cenário de mudanças de clima para o Brasil no século XXI usando modelos do IPCC-AR4**. Campinas: Revista Multiciência, 24p., 2005.

MARINS, A. P. **Simulação hidrológica do reservatório do Vacacaí-Mirim/Santa Maria-RS, utilizando o sistema IPHS1**. Universidade Federal de Santa Maria. UFSM. Santa Maria, 2004, 183p. (Dissertação de Mestrado).

MARQUES, F. A. **Sistema multi-usuário de gestão de recursos hídricos**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 112f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MARQUES, F. A. e SILVA, D. D. **Obtenção pixel a pixel de variáveis morfométricas em SIG após tratamento de dados SRTM**. Florianópolis: Anais XIII SBSR, 3445-3452p., 2007.

MCIDADES. Ministério das Cidades. **Sistema GeoSNIC (Sistema de Geoprocessamento e Dados Cadastrais dos Municípios Brasileiros)**. Disponível em <<http://geosnic.cidades.gov.br/src/php/app.php>>. Acesso em 23/01/2011.

MENDES, C. A. B. **Gestão de recursos hídricos: bacias dos rios Mundaú e Paraíba**. Revista Sociedade e Natureza. Uberlândia, Ano 3, n.º 5/6, p. 53-58, jan./dez, 1991.

MINE, M. R. M. **Método determinístico para minimizar o conflito entre gerar energia e controlar cheias**. Porto Alegre: 1998. 146 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – UFRGS.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Base de dados geoespaciais gratuita**. Disponível em: <[www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)> link geoprocessamento/i3Geo. Acesso em 30/11/2010.

MOLION, L. C. B. **Perspectivas climáticas para os próximos 20 anos**. Revista Brasileira de Climatologia. 12p, 2008. (ISSN 1980-055X).

MORAIS, M. J. **“Acreanidade”: Invenção e reinvenção da identidade acreana**. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2008. (Tese de Doutorado).

MORAES, S. P.; MELO JUNIOR, H. R.; MATTOS, J. C. P.; SALIMON, C. I. **Avaliação das potencialidades hidrogeológicas e riscos de poluição hídrica no 2º distrito do município de Rio Branco-AC**. Cuiabá: Anais do I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste, 2007.

MOREIRA, I. A. **Modelagem hidrológica chuva-vazão com dados de radar e pluviômetros**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2005, 96p. (Dissertação de Mestrado).

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 3ª Ed., 2003.

ORTON, J. **The Andes and the Amazon; or, across the continent of South America**. 3ed. New York, Harper. 645p. 1876.

PÁGINA 20. **Jornal Página 20. Matéria sobre inundação em Rio Branco**. Disponível em: <[www.pagina20.com.br](http://www.pagina20.com.br)>. Acesso em 15 de agosto de 2011.

PORTO, R. Q., MELO, D. C. D., ALMEIDA, C. N. SILANS, A. M. B. P. **Avaliação da escolha de diferentes funções-objetivo na calibração automática do modelo hidrológico SMAP**. Rev. Tecnol. Fortaleza, v. 29, n. 1, p. 27-36, jun. 2008.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDSI, J.G. (Org). **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Inst. Estudos Avançados/USP, 1999.

RENNÓ, C. D. **Redução dos efeitos do desmatamento sobre modelo digital de elevação do SRTM usando imagem TM/LANDSAT**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7095-7102.

RESENDE, M. e PEREIRA, R. **Cotas fluviométricas do rio Acre, suas causas e implicações na política da colonização**. Acta Amazônica, v.18, n.3/4, p.85-92, 1988.

RIO BRANCO. **Jornal o Rio Branco. Matéria sobre detalhes do abastecimento público em Rio Branco/AC**. Disponível em: <<http://www.riobranco.ac.gov.br/saerb/index.php/noticias/46-para-evitar-colapso-saerb-comeca-este-mes-prospeccao-de-aqueifero-.html>>. Acesso em 14 julho de 2011.

RIO BRANCO. **Jornal o Rio Branco. Matéria sobre ligamento da bóia flutuante para o abastecimento público em Rio Branco/AC**. Disponível em: <[http://www.riobranco.ac.gov.br/v4/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2652:angelim-antecipa-em-um-mes-captacao-flutuante-na-eta-2&catid=1:noticias&Itemid=68](http://www.riobranco.ac.gov.br/v4/index.php?option=com_content&view=article&id=2652:angelim-antecipa-em-um-mes-captacao-flutuante-na-eta-2&catid=1:noticias&Itemid=68)>. Acesso em 14 julho de 2011.

ROCHA, P. C. **Dinâmica dos canais no sistema rio-planície fluvial do alto rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR**. Maringá: UEM, 2002. (Tese de doutorado).

ROCKWOOD, D.M., 1958. **Columbia Basin streamflow routing by computer**. Journal of Waterway and Harbors Division, ASCE, V84N.WW-S.

RODRIGUES, C. e ADAMI, S. **Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas**. In: VENTURI, Luis Antonio Bittar (org). *Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório*. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p. 147-166.

SALDANHA, C. B.; PAZ, A. R.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN, W e BARRERA, D. **Avaliação da chuva da hidroestimador para modelagem hidrológica na região da bacia do rio Grande**. São Paulo: Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 17p., 2007.

SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. v. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E. e LAUTERT, L. F. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 372p, 2001.

SANTOS, G. L. P. **As enchentes no município de Rio Branco: a atuação da coordenadoria municipal de defesa civil sob a ótica da gestão de risco e da administração de desastres**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 86p., 2006. (Monografia de Especialização em Planejamento e Gestão em Defesa Civil).

SEMA. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Banco de fotos da seca de 2005**. Sem data.

SETTI, A. A. Legislação para o uso dos recursos hídricos. In: SILVA, D. D. e PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre, RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000. 659 p.

SCOFIELD, R.A. (2001). **Comments on “A quantitative assessment of the NESDIS Auto-Estimador”**. Weather and Forecasting (16), pp. 277-278.

SILVA, D. D. e RAMOS, M. M. **Curso de especialização por tutoria a distância: uso racional dos recursos naturais e seus reflexos no meio ambiente – Módulo 10. Planejamento e gestão integrados de recursos hídricos**. Brasília: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, DEA, 2001. 89 p.

SILVA, J. B. L. **Modelos de previsão de enchentes em tempo real para o município de Nova Era-MG**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. (Tese de Mestrado).

SIPAM. Sistema de Proteção da Amazônia. **Banco de dados espaciais do projeto “Banco de Dados de Recursos Naturais da Amazônia Brasileira”**, realizado em parceria com IBGE/CISCEA/SIPAM (1999). Porto Velho: SIPAM, 2004.

SNIRH. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. **Dados telemétricos**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/portalsnirh/>>. Acesso em: 01 de setembro de 2011.

SOARES-FILHO, B. S.; GARCIA, R. A.; RODRIGUES, H.; MORO, S.; NEPSTAD, D. Nexos entre as dimensões socioeconômicas e o desmatamento: A caminho de um modelo integrado. In: BATISTELLA, M.; ALVES, D.; MORAN, E. (Org.). **Amazônia. Natureza e Sociedade em Transformação**. São Paulo, 2008, v. 1.

TUCCI, C. E. M.; ORDONEZ, J. S. e SIMÕES, M. L. **Modelo Matemático de Precipitação-Vazão IPH II: alguns resultados**. Fortaleza: Anais IV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos/ABRH, 1981.

TUCCI, C. E. M. e CAMPANA, N. **Simulação distribuída com IPH II, nova versão**. Gramado: Anais do X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e I Simpósio de Recursos Hídricos do Conesul/ABRH, v 3, 1993.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. 4ª ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2005.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4ª ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2009.

VECTRA. Vectra Engenharia Ltda. **Modelo digital de elevação da cidade de Rio Branco**. Resolução 5 m, sem data.

von SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte: DESA-UFGM, 452p. 2005.

## **ANEXOS**

---

Tabela com dados utilizados na calibração do modelo IPH II – biênio 1987/1988 (parte I)

Dias	Jan/1987			Fev/1987			Mar/1987			Abr/1987			Mai/1987			Jun/1987		
	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E
1	377,4	13,53	1,03	855,0	1,53	0,74	445,4	0,00	1,02	408,2	34,07	1,04	696,1	1,53	1,30	97,0	0,00	1,73
2	377,4	6,57	1,03	853,4	8,93	0,74	524,0	12,07	1,02	506,1	24,87	1,04	639,5	0,00	1,30	93,0	0,00	1,73
3	340,0	3,03	1,03	912,6	0,27	0,74	573,4	0,00	1,02	634,0	0,00	1,04	542,2	12,40	1,30	86,5	0,00	1,73
4	283,8	7,33	1,03	909,4	14,40	0,74	568,2	11,67	1,02	687,6	0,00	1,04	496,4	7,37	1,30	84,0	0,00	1,73
5	267,6	5,47	1,03	851,8	2,20	0,74	569,5	11,13	1,02	614,6	0,00	1,04	457,3	18,33	1,30	82,0	0,00	1,73
6	280,2	4,40	1,03	839,0	11,73	0,74	568,2	0,00	1,02	526,6	0,00	1,04	452,4	17,60	1,30	82,0	0,00	1,73
7	328,2	19,47	1,03	819,8	5,13	0,74	550,0	0,00	1,02	464,6	0,00	1,04	467,1	8,10	1,30	81,5	3,67	1,73
8	392,0	22,40	1,03	791,0	0,00	0,74	534,4	6,20	1,02	410,6	0,00	1,04	484,2	0,00	1,30	80,0	1,13	1,73
9	486,6	0,00	1,03	699,0	19,03	0,74	511,0	0,00	1,02	352,5	0,00	1,04	550,0	0,00	1,30	85,0	0,00	1,73
10	560,4	25,97	1,03	628,4	25,00	0,74	472,0	0,00	1,02	304,7	18,07	1,04	524,0	0,00	1,30	84,0	0,00	1,73
11	595,3	16,30	1,03	589,8	0,00	0,74	438,4	11,07	1,02	273,0	10,33	1,04	469,5	0,00	1,30	83,0	0,00	1,73
12	631,2	5,73	1,03	576,0	0,00	0,74	389,9	0,00	1,02	241,2	1,47	1,04	392,0	0,00	1,30	81,0	0,00	1,73
13	681,9	5,53	1,03	614,6	0,00	0,74	344,2	0,00	1,02	222,0	0,00	1,04	332,2	0,00	1,30	80,5	0,00	1,73
14	737,0	0,27	1,03	518,8	0,00	0,74	298,8	0,00	1,02	193,8	3,73	1,04	285,6	0,00	1,30	79,0	0,00	1,73
15	928,6	11,80	1,03	431,4	0,00	0,74	262,2	0,00	1,02	175,6	6,27	1,04	249,6	0,00	1,30	80,5	0,00	1,73
16	925,4	11,07	1,03	367,0	0,00	0,74	230,0	0,00	1,02	169,5	5,37	1,04	222,0	0,00	1,30	81,0	11,07	1,73
17	834,2	34,03	1,03	332,2	5,67	0,74	198,4	0,00	1,02	166,6	0,43	1,04	198,4	6,67	1,30	80,0	0,00	1,73
18	867,8	8,13	1,03	294,9	2,80	0,74	175,6	0,00	1,02	171,0	14,90	1,04	163,8	32,17	1,30	90,0	0,00	1,73
19	1005,4	0,80	1,03	265,8	4,73	0,74	147,0	0,00	1,02	195,4	16,20	1,04	140,0	0,00	1,30	93,0	0,00	1,73
20	999,0	13,20	1,03	242,8	0,33	0,74	140,0	0,63	1,02	253,2	1,40	1,04	165,2	0,00	1,30	89,0	0,00	1,73
21	951,0	37,53	1,03	256,8	0,93	0,74	137,2	9,40	1,02	373,3	6,00	1,04	255,0	0,00	1,30	85,5	0,00	1,73
22	935,0	10,23	1,03	269,4	0,37	0,74	135,8	17,67	1,02	371,2	16,83	1,04	344,2	0,00	1,30	82,0	0,00	1,73
23	967,0	0,00	1,03	249,6	31,90	0,74	134,4	1,13	1,02	360,8	33,67	1,04	276,6	0,00	1,30	78,0	2,17	1,73
24	992,6	0,00	1,03	293,0	8,87	0,74	163,8	2,33	1,02	438,4	0,00	1,04	214,0	0,00	1,30	78,0	4,43	1,73
25	954,2	4,13	1,03	426,8	0,00	0,74	196,9	2,00	1,02	547,4	0,00	1,04	172,6	0,00	1,30	82,0	0,00	1,73
26	880,6	23,63	1,03	438,4	4,73	0,74	192,3	6,80	1,02	631,2	0,00	1,04	147,0	0,00	1,30	93,0	12,27	1,73
27	791,0	4,27	1,03	401,3	25,33	0,74	177,1	9,87	1,02	563,0	1,53	1,04	129,4	0,00	1,30	92,0	0,00	1,73
28	788,0	18,13	1,03	415,2	8,00	0,74	189,3	6,00	1,02	501,2	16,87	1,04	115,0	0,00	1,30	83,0	0,00	1,73
29	839,0	7,67	1,03				198,4	1,53	1,02	539,6	0,00	1,04	106,6	0,00	1,30	72,4	0,00	1,73
30	903,0	10,40	1,03				204,5	30,27	1,02	598,1	0,00	1,04	103,0	0,00	1,30	69,0	0,00	1,73
31	922,2	0,00	1,03				294,9	4,53	1,02				101,0	0,00	1,30			

Tabela com dados utilizados na calibração do modelo IPH II – biênio 1987/1988 (parte 2)

Dias	Jul/1987			Ago/1987			Set/1987			Out/1987			Nov/1987			Dez/1987		
	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E
1	66,8	5,47	2,25	38,8	0,00	1,22	20,7	0,00	2,49	27,6	0,00	1,57	195,4	0,33	1,26	598,1	3,87	1,21
2	66,8	1,87	2,25	38,0	0,00	1,22	20,4	4,20	2,49	26,4	20,27	1,57	169,5	16,10	1,26	527,9	18,60	1,21
3	67,9	0,00	2,25	37,2	0,00	1,22	20,4	0,00	2,49	27,6	0,00	1,57	144,2	6,90	1,26	478,1	6,07	1,21
4	66,2	0,00	2,25	36,4	0,00	1,22	21,0	0,00	2,49	29,4	0,00	1,57	123,4	0,57	1,26	440,7	5,57	1,21
5	66,8	0,00	2,25	38,0	2,73	1,22	21,3	0,00	2,49	34,8	6,13	1,57	140,0	0,00	1,26	412,9	0,33	1,21
6	66,2	0,00	2,25	42,0	27,70	1,22	21,0	0,00	2,49	33,2	0,00	1,57	169,5	6,53	1,26	383,7	11,20	1,21
7	64,6	0,00	2,25	46,8	0,17	1,22	21,6	0,00	2,49	33,2	0,00	1,57	190,8	0,00	1,26	313,5	0,00	1,21
8	63,4	0,00	2,25	48,0	0,00	1,22	22,2	10,80	2,49	34,8	2,53	1,57	178,6	3,80	1,26	272,1	0,00	1,21
9	61,2	0,00	2,25	45,2	0,00	1,22	22,5	0,00	2,49	36,4	0,00	1,57	154,0	15,07	1,26	291,0	2,00	1,21
10	60,1	0,00	2,25	43,6	0,00	1,22	22,2	5,40	2,49	42,0	7,13	1,57	141,4	19,40	1,26	350,4	16,97	1,21
11	60,1	0,00	2,25	53,4	0,00	1,22	24,0	0,00	2,49	46,0	0,00	1,57	118,6	2,57	1,26	341,0	8,40	1,21
12	59,0	0,00	2,25	55,6	0,00	1,22	28,2	0,00	2,49	43,6	0,00	1,57	102,0	0,00	1,26	291,0	0,00	1,21
13	57,8	0,00	2,25	48,4	0,00	1,22	32,4	4,47	2,49	40,0	3,23	1,57	93,0	0,00	1,26	341,0	36,23	1,21
14	54,5	0,00	2,25	42,8	0,00	1,22	33,2	0,00	2,49	37,6	0,53	1,57	161,0	3,00	1,26	387,8	19,87	1,21
15	53,4	0,00	2,25	41,2	0,00	1,22	33,2	0,00	2,49	38,4	6,13	1,57	204,5	0,00	1,26	360,8	0,20	1,21
16	51,1	0,00	2,25	38,0	0,00	1,22	32,4	0,00	2,49	39,6	0,00	1,57	186,2	19,07	1,26	360,8	0,00	1,21
17	50,0	0,00	2,25	33,2	0,00	1,22	32,8	6,97	2,49	42,8	6,73	1,57	158,2	3,40	1,26	336,1	0,73	1,21
18	49,2	0,00	2,25	30,8	0,00	1,22	31,6	0,00	2,49	41,2	3,40	1,57	131,8	0,00	1,26	316,5	0,67	1,21
19	48,4	8,53	2,25	31,6	0,00	1,22	30,8	6,07	2,49	36,4	13,10	1,57	127,0	10,40	1,26	296,9	13,73	1,21
20	46,8	12,33	2,25	31,6	0,00	1,22	34,0	9,67	2,49	40,4	9,93	1,57	238,0	10,00	1,26	277,5	3,33	1,21
21	45,2	0,00	2,25	30,8	0,00	1,22	40,4	0,00	2,49	80,0	0,40	1,57	260,4	1,87	1,26	235,6	7,10	1,21
22	44,8	0,00	2,25	29,4	0,00	1,22	34,8	0,00	2,49	88,0	2,57	1,57	255,0	2,27	1,26	206,8	0,00	1,21
23	46,8	0,00	2,25	28,2	0,00	1,22	34,0	0,00	2,49	74,6	0,00	1,57	223,6	2,73	1,26	194,6	11,87	1,21
24	44,8	0,00	2,25	25,2	0,00	1,22	36,4	0,00	2,49	56,7	0,00	1,57	256,8	0,00	1,26	186,2	0,47	1,21
25	44,4	0,00	2,25	22,2	0,00	1,22	34,8	0,00	2,49	55,6	9,93	1,57	226,8	7,13	1,26	183,2	5,47	1,21
26	43,6	0,00	2,25	22,5	0,00	1,22	33,2	0,00	2,49	52,2	2,93	1,57	190,8	15,03	1,26	188,5	0,67	1,21
27	45,2	0,00	2,25	21,6	0,00	1,22	31,6	4,47	2,49	80,0	8,77	1,57	195,4	18,47	1,26	217,2	0,00	1,21
28	42,0	0,00	2,25	21,0	0,00	1,22	30,0	0,00	2,49	94,0	0,00	1,57	239,6	3,27	1,26	245,2	3,13	1,21
29	40,4	0,00	2,25	20,4	0,00	1,22	28,8	3,00	2,49	98,0	0,00	1,57	371,2	40,77	1,26	213,2	4,33	1,21
30	39,6	4,47	2,25	21,6	0,00	1,22	28,5	0,00	2,49	165,2	0,00	1,57	587,0	0,00	1,26	190,8	0,00	1,21
31	39,6	0,00	2,25	21,6	0,33	1,22	207,6	0,00	1,57	207,6	0,00	1,57	177,1	1,20	1,21	177,1	1,20	1,21

Tabela com dados utilizados na calibração do modelo IPH II – biênio 1987/1988 (parte 3)

Dias	Jan/1988			Fev/1988			Mar/1988			Abr/1988			Mai/1988			Jun/1988		
	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E
1	171,8	0,27	1,03	1007,0	0,00	0,74	1129,0	16,20	1,02	737,0	0,00	1,04	744,5	0,00	1,30	214,8	0,00	1,73
2	171,0	0,17	1,03	1003,8	31,63	0,74	1085,4	0,00	1,02	821,4	2,00	1,04	625,7	0,00	1,30	196,9	0,00	1,73
3	171,0	7,20	1,03	959,0	5,07	0,74	997,4	0,00	1,02	759,5	2,80	1,04	557,8	0,00	1,30	185,5	0,00	1,73
4	147,7	3,57	1,03	944,6	3,40	0,74	855,0	0,00	1,02	642,2	15,80	1,04	502,5	0,00	1,30	178,6	0,00	1,73
5	131,8	4,00	1,03	1035,8	52,63	0,74	696,1	0,00	1,02	565,6	5,27	1,04	461,0	3,35	1,30	184,7	0,00	1,73
6	115,6	8,07	1,03	1186,4	4,00	0,74	572,1	0,00	1,02	557,8	0,00	1,04	409,4	0,00	1,30	196,1	0,00	1,73
7	118,6	3,33	1,03	1266,0	8,03	0,74	482,9	6,07	1,02	561,7	0,00	1,04	361,8	0,00	1,30	182,4	0,00	1,73
8	141,4	19,83	1,03	1338,2	12,07	0,74	424,5	19,60	1,02	568,2	0,00	1,04	318,4	0,00	1,30	159,6	0,00	1,73
9	167,3	2,10	1,03	1385,5	19,60	0,74	402,4	6,13	1,02	603,6	11,00	1,04	293,0	0,00	1,30	138,6	0,00	1,73
10	173,3	4,93	1,03	1446,8	44,17	0,74	445,4	3,73	1,02	691,9	0,00	1,04	262,2	0,00	1,30	132,4	0,00	1,73
11	178,6	0,40	1,03	1572,6	51,40	0,74	533,1	3,40	1,02	810,2	9,70	1,04	236,4	0,00	1,30	125,2	0,00	1,73
12	194,6	0,00	1,03	1655,8	0,93	0,74	559,1	33,83	1,02	975,0	3,30	1,04	218,0	0,00	1,30	121,6	0,00	1,73
13	212,4	0,27	1,03	1704,9	0,00	0,74	578,8	1,83	1,02	1114,3	1,85	1,04	203,0	0,00	1,30	116,2	0,00	1,73
14	203,0	1,07	1,03	1739,5	4,47	0,74	636,7	4,80	1,02	1188,1	18,50	1,04	196,1	0,00	1,30	112,6	0,00	1,73
15	224,4	4,93	1,03	1777,7	24,50	0,74	795,8	0,00	1,02	1184,8	17,60	1,04	183,2	0,00	1,30	109,0	0,00	1,73
16	314,5	35,73	1,03	1806,8	18,30	0,74	917,4	14,97	1,02	1150,4	0,00	1,04	168,0	0,00	1,30	106,0	0,00	1,73
17	369,1	0,13	1,03	1825,2	0,27	0,74	922,2	4,63	1,02	1178,2	4,45	1,04	159,6	7,40	1,30	104,2	0,00	1,73
18	387,8	0,00	1,03	1795,9	7,47	0,74	753,5	0,07	1,02	1221,2	0,00	1,04	153,3	0,00	1,30	103,6	0,00	1,73
19	424,5	19,03	1,03	1770,4	27,73	0,74	565,6	11,33	1,02	1262,7	0,00	1,04	152,6	1,73	1,30	102,5	0,00	1,73
20	525,3	0,00	1,03	1785,0	6,40	0,74	502,5	2,40	1,02	1244,5	0,00	1,04	172,6	1,07	1,30	101,5	0,00	1,73
21	547,4	34,50	1,03	1770,4	1,67	0,74	516,2	18,20	1,02	1080,6	16,50	1,04	188,5	15,57	1,30	101,0	0,00	1,73
22	622,9	11,93	1,03	1766,8	10,53	0,74	552,6	10,90	1,02	899,8	8,10	1,04	197,6	0,00	1,30	100,5	0,00	1,73
23	765,5	18,80	1,03	1748,6	2,40	0,74	527,9	0,00	1,02	789,5	2,70	1,04	210,8	0,00	1,30	97,0	0,00	1,73
24	722,0	3,00	1,03	1688,5	0,00	0,74	496,4	9,97	1,02	762,5	20,60	1,04	288,3	3,33	1,30	91,5	0,00	1,73
25	737,0	3,33	1,03	1570,8	8,60	0,74	434,9	0,33	1,02	767,0	0,00	1,04	497,6	13,87	1,30	90,5	0,00	1,73
26	858,2	2,47	1,03	1419,5	18,53	0,74	387,8	0,93	1,02	808,6	2,65	1,04	520,1	0,00	1,30	89,5	0,00	1,73
27	1063,0	21,33	1,03	1249,4	29,47	0,74	409,4	21,60	1,02	859,8	0,00	1,04	396,6	0,00	1,30	88,5	0,00	1,73
28	1045,4	10,80	1,03	1138,9	5,80	0,74	649,3	39,30	1,02	872,6	2,70	1,04	345,2	2,13	1,30	87,5	0,00	1,73
29	1021,4	5,93	1,03	1130,7	18,67	0,74	720,5	8,13	1,02	823,0	0,00	1,04	301,8	0,00	1,30	86,5	0,00	1,73
30	1018,2	0,00	1,03				720,5	1,77	1,02	785,0	0,00	1,04	271,2	1,23	1,30	85,5	0,00	1,73
31	1015,0	3,73	1,03				737,0	7,87	1,02				239,6	2,60	1,30			

Tabela com dados utilizados na calibração do modelo IPH II – biênio 1987/1988 (parte 4)

Dias	Jul/1988			Ago/1988			Set/1988			Out/1988			Nov/1988			Dez/1988		
	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E
1	85,0	0,00	2,25	57,3	0,53	1,22	42,8	4,97	2,49	49,2	0,00	1,57	31,60	40,0	1,26	16,83	202,2	1,21
2	86,0	0,00	2,25	56,2	2,83	1,22	43,6	0,00	2,49	48,0	0,00	1,57	17,13	36,8	1,26	5,37	204,5	1,21
3	85,0	0,00	2,25	55,0	0,00	1,22	44,0	2,27	2,49	46,8	0,00	1,57	0,00	36,0	1,26	0,00	185,5	1,21
4	83,5	0,00	2,25	55,0	0,00	1,22	43,6	0,00	2,49	46,0	0,00	1,57	0,00	40,8	1,26	0,00	214,0	1,21
5	83,0	0,00	2,25	55,6	0,00	1,22	43,6	0,00	2,49	43,2	3,07	1,57	0,00	40,4	1,26	21,00	285,6	1,21
6	82,5	7,00	2,25	57,8	0,00	1,22	44,4	0,00	2,49	41,6	4,87	1,57	0,00	42,8	1,26	10,80	355,6	1,21
7	82,0	0,00	2,25	59,0	0,00	1,22	45,6	0,00	2,49	40,0	1,20	1,57	0,60	50,6	1,26	2,03	425,6	1,21
8	81,0	0,00	2,25	59,0	0,00	1,22	47,6	0,00	2,49	39,2	0,00	1,57	2,00	50,0	1,26	10,80	482,9	1,21
9	80,0	0,00	2,25	56,7	0,00	1,22	47,2	7,60	2,49	41,2	0,33	1,57	26,13	47,2	1,26	3,67	416,4	1,21
10	79,0	0,00	2,25	53,4	0,00	1,22	46,0	0,00	2,49	44,8	0,00	1,57	9,17	43,2	1,26	9,87	345,2	1,21
11	78,5	0,00	2,25	51,1	0,00	1,22	44,4	0,00	2,49	46,8	1,33	1,57	2,40	42,4	1,26	2,27	273,9	1,21
12	78,0	0,00	2,25	50,0	0,00	1,22	42,4	4,33	2,49	47,2	14,40	1,57	0,00	43,2	1,26	0,00	221,2	1,21
13	78,0	0,00	2,25	49,6	0,00	1,22	42,0	0,00	2,49	46,4	14,73	1,57	7,87	49,6	1,26	0,00	178,6	1,21
14	76,9	0,00	2,25	49,2	0,00	1,22	43,2	0,00	2,49	45,6	2,93	1,57	3,73	53,9	1,26	5,10	149,8	1,21
15	75,2	0,00	2,25	48,4	13,13	1,22	44,8	17,47	2,49	44,8	0,00	1,57	9,37	54,5	1,26	2,83	133,0	1,21
16	74,1	0,00	2,25	48,0	0,00	1,22	43,6	1,00	2,49	50,0	0,00	1,57	2,87	56,2	1,26	4,60	125,8	1,21
17	73,0	0,00	2,25	47,6	0,80	1,22	43,6	15,07	2,49	64,6	15,13	1,57	27,07	57,3	1,26	3,77	124,0	1,21
18	71,3	0,00	2,25	48,8	2,53	1,22	44,8	0,00	2,49	60,6	2,80	1,57	0,00	56,2	1,26	0,53	124,0	1,21
19	70,2	0,00	2,25	48,8	0,00	1,22	46,4	0,00	2,49	55,6	0,23	1,57	2,73	57,3	1,26	0,00	125,8	1,21
20	69,6	0,00	2,25	48,4	0,00	1,22	48,0	0,00	2,49	56,2	0,33	1,57	25,13	60,6	1,26	0,00	134,4	1,21
21	69,0	0,00	2,25	48,0	0,00	1,22	50,0	0,00	2,49	60,1	0,00	1,57	3,57	64,0	1,26	3,00	145,6	1,21
22	68,5	0,00	2,25	47,6	0,00	1,22	54,5	0,00	2,49	59,0	30,27	1,57	0,00	74,6	1,26	24,37	158,2	1,21
23	67,4	0,00	2,25	47,2	0,00	1,22	59,0	0,00	2,49	57,3	2,67	1,57	6,73	93,5	1,26	24,00	173,3	1,21
24	66,2	0,00	2,25	47,2	0,00	1,22	56,7	0,33	2,49	53,4	0,00	1,57	0,00	88,0	1,26	13,63	189,3	1,21
25	65,1	0,00	2,25	46,4	0,00	1,22	48,0	19,20	2,49	48,4	0,00	1,57	0,00	83,5	1,26	29,13	186,2	1,21
26	63,4	0,00	2,25	45,6	0,00	1,22	44,8	3,37	2,49	53,4	0,00	1,57	8,37	82,0	1,26	17,83	199,9	1,21
27	62,3	0,00	2,25	44,8	0,00	1,22	42,4	0,00	2,49	60,1	0,00	1,57	0,33	89,0	1,26	0,23	273,9	1,21
28	61,2	0,00	2,25	44,0	0,00	1,22	42,0	0,07	2,49	57,3	0,00	1,57	33,60	116,2	1,26	12,53	374,3	1,21
29	60,1	0,00	2,25	43,2	0,00	1,22	44,0	0,00	2,49	53,9	0,00	1,57	0,10	133,7	1,26	5,40	517,5	1,21
30	59,0	0,00	2,25	42,4	0,00	1,22	48,0	0,00	2,49	50,6	0,00	1,57	24,73	163,8	1,26	0,00	673,4	1,21
31	58,4	0,00	2,25	42,0	0,00	1,22				45,6	0,67	1,57				9,00	752,0	1,21

Tabela com dados utilizados na calibração do modelo IPH II – biênio 2004/2005 – Precipitação por pluviômetro (parte 1)

Dias	Jan/2004			Fev/2004			Mar/2004			Abr/2004			Mai/2004			Jun/2004		
	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E
1	612,24	8,58	3,96	480,20	11,13	4,41	494,00	0,00	3,30	1203,96	0,98	3,71	274,70	0,40	4,40	97,01	0,00	4,13
2	665,04	6,93	3,96	443,09	8,03	4,41	428,27	5,03	3,30	1203,10	3,68	3,71	221,08	0,00	4,40	94,06	0,00	4,13
3	612,24	1,90	3,96	372,86	0,73	4,41	384,20	0,00	3,30	1136,88	0,00	3,71	193,20	0,00	4,40	86,39	3,00	4,13
4	552,44	12,55	3,96	318,53	10,98	4,41	348,62	5,67	3,30	1013,20	0,00	3,71	194,02	7,53	4,40	80,38	6,15	4,13
5	522,80	5,08	3,96	277,52	3,83	4,41	439,67	0,00	3,30	913,30	2,23	3,71	189,92	6,80	4,40	75,77	0,00	4,13
6	540,28	29,78	3,96	328,22	8,60	4,41	563,32	18,20	3,30	831,25	10,23	3,71	188,69	0,50	4,40	78,33	1,50	4,13
7	558,84	29,03	3,96	476,72	10,50	4,41	519,80	3,50	3,30	751,14	2,50	3,71	185,41	0,00	4,40	81,40	0,00	4,13
8	696,60	3,53	3,96	680,73	8,30	4,41	521,60	25,40	3,30	667,68	9,50	3,71	174,64	10,80	4,40	74,75	0,00	4,13
9	865,00	2,43	3,96	853,75	19,18	4,41	537,80	0,20	3,30	587,00	5,65	3,71	172,05	1,68	4,40	69,63	0,00	4,13
10	1002,54	2,03	3,96	978,76	17,03	4,41	515,60	0,00	3,30	533,60	9,33	3,71	168,72	0,00	4,40	68,60	0,00	4,13
11	1044,36	1,45	3,96	1125,80	14,13	4,41	472,16	0,00	3,30	477,29	1,70	3,71	163,17	0,00	4,40	68,09	2,00	4,13
12	971,38	10,45	3,96	1227,70	0,20	4,41	407,96	10,90	3,30	442,52	3,15	3,71	150,22	0,00	4,40	71,93	0,00	4,13
13	890,68	5,25	3,96	1290,70	0,27	4,41	382,04	0,00	3,30	400,94	20,45	3,71	141,40	0,00	4,40	74,24	0,00	4,13
14	847,75	0,03	3,96	1348,32	9,73	4,41	409,58	1,67	3,30	383,66	0,08	3,71	126,88	0,00	4,40	71,68	4,08	4,13
15	814,00	23,03	3,96	1394,32	0,00	4,41	434,54	16,73	3,30	374,48	0,00	3,71	113,53	0,00	4,40	68,86	0,00	4,13
16	880,00	31,95	3,96	1434,48	7,00	4,41	427,70	0,07	3,30	412,28	20,15	3,71	107,33	0,00	4,40	67,32	2,43	4,13
17	1031,24	1,08	3,96	1422,96	24,53	4,41	480,20	2,13	3,30	396,62	3,10	3,71	102,02	0,00	4,40	65,02	0,00	4,13
18	1121,60	0,00	3,96	1256,50	9,13	4,41	478,43	3,67	3,30	365,45	0,00	3,71	96,71	0,00	4,40	63,48	0,00	4,13
19	1178,16	8,80	3,96	1134,30	10,80	4,41	420,92	3,60	3,30	326,69	7,43	3,71	93,47	0,00	4,40	61,69	0,00	4,13
20	1190,20	5,48	3,96	1125,80	14,40	4,41	512,60	30,70	3,30	327,20	0,00	3,71	90,22	0,00	4,40	59,47	0,00	4,13
21	1079,60	0,43	3,96	1267,30	8,20	4,41	595,32	12,80	3,30	300,55	4,68	3,71	87,27	17,13	4,40	58,60	0,00	4,13
22	877,75	16,85	3,96	1268,20	2,40	4,41	729,72	43,90	3,30	327,71	9,45	3,71	84,99	2,33	4,40	60,41	1,35	4,13
23	731,10	7,65	3,96	1238,50	1,73	4,41	1028,78	2,13	3,30	355,76	8,40	3,71	83,96	1,35	4,40	59,68	8,63	4,13
24	643,26	0,00	3,96	1190,20	21,87	4,41	1230,40	6,00	3,30	310,42	1,05	3,71	83,96	0,00	4,40	58,82	2,20	4,13
25	607,62	2,05	3,96	1046,00	0,00	4,41	1255,60	3,33	3,30	269,12	0,00	3,71	91,99	11,03	4,40	58,17	0,83	4,13
26	657,78	7,80	3,96	869,50	0,00	4,41	1154,08	2,13	3,30	249,32	15,13	3,71	103,50	0,00	4,40	60,67	11,08	4,13
27	704,88	0,00	3,96	722,82	10,67	4,41	1143,76	3,88	3,30	236,12	2,60	3,71	99,07	0,00	4,40	62,72	10,80	4,13
28	659,76	5,78	3,96	647,88	1,60	4,41	1148,92	13,18	3,30	233,92	2,43	3,71	92,29	0,00	4,40	66,04	0,38	4,13
29	570,36	2,48	3,96	572,28	25,50	4,41	1156,66	6,78	3,30	278,93	1,53	3,71	91,40	0,00	4,40	70,40	2,60	4,13
30	499,40	0,00	3,96				1228,60	4,15	3,30	334,34	0,78	3,71	94,35	0,00	4,40	71,68	1,60	4,13
31	439,10	0,23	3,96				1251,10	0,48	3,30				94,65	0,00	4,40			

Tabela com dados utilizados na calibração do modelo IPH II – biênio 2004/2005 – Precipitação por pluviômetro (parte 2)

Dias	Jul/2004			Ago/2004			Set/2004			Out/2004			Nov/2004			Dez/2004		
	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E
1	71,42	0,00	4,19	46,72	0,00	3,53	44,13	0,00	2,14	47,80	2,50	3,12	44,78	13,58	4,41	168,72	3,05	4,09
2	73,72	10,43	4,19	45,64	0,00	3,53	41,32	0,00	2,14	36,92	4,00	3,12	54,28	0,00	4,41	367,49	6,80	4,09
3	65,28	4,10	4,19	43,27	0,00	3,53	41,11	0,75	2,14	33,14	0,00	3,12	59,68	8,13	4,41	561,40	9,53	4,09
4	62,72	0,00	4,19	41,97	0,00	3,53	40,24	4,18	2,14	37,27	13,23	3,12	71,93	0,00	4,41	536,60	1,45	4,09
5	64,25	1,43	4,19	40,46	0,00	3,53	40,89	13,38	2,14	37,61	0,00	3,12	107,33	11,58	4,41	439,67	9,08	4,09
6	65,02	1,33	4,19	39,38	0,65	3,53	41,11	11,28	2,14	34,52	0,00	3,12	134,80	1,55	4,41	369,62	13,98	4,09
7	64,25	0,00	4,19	38,52	4,88	3,53	40,89	0,00	2,14	31,94	0,00	3,12	146,02	28,93	4,41	334,34	5,05	4,09
8	61,69	0,00	4,19	37,44	11,45	3,53	40,89	0,00	2,14	35,72	1,75	3,12	154,66	0,00	4,41	313,24	1,70	4,09
9	59,25	8,70	4,19	37,10	0,00	3,53	38,13	5,83	2,14	37,61	6,28	3,12	164,65	0,00	4,41	351,68	11,30	4,09
10	58,39	0,00	4,19	36,92	0,00	3,53	39,16	6,20	2,14	38,52	1,63	3,12	166,87	0,00	4,41	359,33	11,40	4,09
11	57,09	5,15	4,19	37,10	2,35	3,53	42,84	2,50	2,14	45,86	1,05	3,12	172,05	0,00	4,41	361,37	10,90	4,09
12	55,80	15,00	4,19	37,96	0,00	3,53	41,32	0,00	2,14	45,00	0,00	3,12	171,31	8,03	4,41	325,16	0,00	4,09
13	56,66	0,00	4,19	37,96	0,00	3,53	38,52	0,00	2,14	56,23	1,00	3,12	157,62	0,00	4,41	277,52	1,30	4,09
14	65,79	0,00	4,19	37,78	0,00	3,53	35,72	0,00	2,14	55,15	6,83	3,12	127,87	0,00	4,41	248,88	4,55	4,09
15	73,98	0,00	4,19	36,92	0,00	3,53	33,83	4,38	2,14	46,51	3,60	3,12	101,14	6,90	4,41	223,54	1,83	4,09
16	73,72	0,00	4,19	36,58	3,65	3,53	32,28	0,00	2,14	47,16	7,83	3,12	80,64	10,08	4,41	176,86	0,00	4,09
17	72,70	4,90	4,19	35,72	3,30	3,53	31,42	7,40	2,14	51,69	0,00	3,12	81,66	11,40	4,41	149,85	0,48	4,09
18	69,37	0,00	4,19	35,20	0,00	3,53	31,25	0,00	2,14	46,08	0,00	3,12	86,68	20,83	4,41	135,46	6,80	4,09
19	63,48	1,35	4,19	34,86	6,15	3,53	31,08	0,00	2,14	43,27	0,00	3,12	102,61	11,95	4,41	144,37	12,08	4,09
20	57,96	0,00	4,19	34,69	0,00	3,53	30,39	2,05	2,14	49,10	2,15	3,12	127,87	2,20	4,41	188,28	7,90	4,09
21	54,28	0,00	4,19	34,69	0,00	3,53	30,22	0,00	2,14	54,93	3,80	3,12	172,79	12,33	4,41	217,80	22,90	4,09
22	53,85	0,00	4,19	36,24	2,48	3,53	32,45	3,63	2,14	51,48	0,00	3,12	250,20	4,95	4,41	212,88	9,95	4,09
23	55,36	0,00	4,19	37,61	0,60	3,53	33,14	0,00	2,14	68,60	17,83	3,12	336,89	0,15	4,41	219,03	1,85	4,09
24	53,42	0,00	4,19	37,27	0,00	3,53	34,00	0,45	2,14	54,93	0,00	3,12	376,64	3,90	4,41	262,96	5,95	4,09
25	51,48	0,00	4,19	38,30	0,15	3,53	33,83	0,00	2,14	37,61	0,00	3,12	375,02	0,00	4,41	276,58	23,38	4,09
26	49,32	10,18	4,19	37,96	0,98	3,53	33,48	0,05	2,14	33,83	0,00	3,12	309,48	0,00	4,41	271,41	12,30	4,09
27	49,10	9,33	4,19	36,06	0,00	3,53	30,90	0,00	2,14	31,42	0,00	3,12	223,13	5,53	4,41	383,12	14,45	4,09
28	49,10	0,00	4,19	34,69	0,78	3,53	28,67	0,00	2,14	53,85	17,65	3,12	150,96	1,05	4,41	509,00	0,00	4,09
29	51,26	0,00	4,19	34,00	5,90	3,53	30,22	1,90	2,14	55,80	0,00	3,12	119,62	33,08	4,41	587,64	10,50	4,09
30	54,28	0,00	4,19	34,34	4,18	3,53	32,62	0,00	2,14	47,37	5,53	3,12	120,94	20,70	4,41	572,28	0,30	4,09
31	49,96	0,00	4,19	40,46	12,65	3,53				40,46	11,23	3,12				519,80	1,20	4,09

Tabela com dados utilizados na calibração do modelo IPH II – biênio 2004/2005 – Precipitação por pluviômetro (parte 3)

Dias	Jan/2005			Fev/2005			Mar/2005			Abr/2005			Mai/2005			Jun/2005		
	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E
1	464,2	25,9	4,41	319,6	25,6	4,14	894,6	1,3	3,47	549,2	1,7	3,95	501,8	0,0	4,30	60,7	0,0	4,38
2	390,7	1,1	4,41	316,1	11,0	4,14	921,9	4,9	3,47	542,8	0,0	3,95	460,8	0,0	4,30	58,4	0,0	4,38
3	320,1	5,2	4,41	344,5	15,6	4,14	890,7	0,0	3,47	495,8	0,0	3,95	402,6	0,0	4,30	56,0	0,0	4,38
4	326,7	7,1	4,41	353,7	0,0	4,14	817,0	1,1	3,47	449,4	11,0	3,95	339,4	5,2	4,30	55,6	2,8	4,38
5	342,0	9,1	4,41	301,0	0,0	4,14	779,6	7,6	3,47	463,0	0,0	3,95	275,6	0,0	4,30	54,9	0,0	4,38
6	317,0	0,0	4,41	305,7	7,9	4,14	738,0	5,9	3,47	497,0	0,0	3,95	208,8	2,4	4,30	53,9	1,8	4,38
7	304,8	0,0	4,41	290,7	1,0	4,14	669,0	8,6	3,47	445,9	1,6	3,95	144,0	0,0	4,30	52,3	0,0	4,38
8	313,7	1,8	4,41	257,7	5,1	4,14	569,7	10,6	3,47	387,4	3,3	3,95	129,5	1,9	4,30	50,6	0,0	4,38
9	298,2	2,4	4,41	295,4	7,1	4,14	464,2	0,0	3,47	330,3	1,8	3,95	120,3	9,5	4,30	47,4	0,0	4,38
10	263,8	0,3	4,41	298,7	23,9	4,14	404,7	7,9	3,47	307,1	5,3	3,95	110,0	0,5	4,30	46,3	0,0	4,38
11	224,4	1,1	4,41	314,7	39,3	4,14	350,2	0,3	3,47	275,2	0,0	3,95	102,6	0,0	4,30	45,4	0,0	4,38
12	182,0	3,1	4,41	368,5	16,5	4,14	306,7	0,0	3,47	247,1	1,5	3,95	99,4	5,6	4,30	43,9	0,0	4,38
13	172,4	0,0	4,41	500,6	12,1	4,14	273,3	0,0	3,47	237,4	8,1	3,95	93,2	0,1	4,30	42,4	0,0	4,38
14	164,7	0,0	4,41	720,1	1,8	4,14	259,4	0,0	3,47	231,3	0,0	3,95	90,8	0,0	4,30	41,5	0,0	4,38
15	144,4	6,2	4,41	907,8	14,6	4,14	251,1	5,0	3,47	204,7	3,7	3,95	86,4	0,0	4,30	39,8	0,0	4,38
16	127,2	0,6	4,41	1076,2	14,8	4,14	258,6	0,9	3,47	180,6	5,6	3,95	81,9	0,0	4,30	38,7	0,0	4,38
17	136,5	20,5	4,41	1229,5	1,9	4,14	229,5	1,5	3,47	171,7	14,0	3,95	80,6	5,9	4,30	38,0	0,0	4,38
18	142,1	5,3	4,41	1282,6	21,0	4,14	203,0	10,0	3,47	170,2	4,9	3,95	79,9	3,4	4,30	37,1	0,0	4,38
19	165,8	0,0	4,41	1309,7	4,3	4,14	185,0	0,0	3,47	178,3	5,2	3,95	78,8	0,0	4,30	37,3	0,0	4,38
20	239,2	2,8	4,41	1352,0	28,0	4,14	209,6	21,3	3,47	203,0	0,0	3,95	77,1	0,0	4,30	38,7	0,0	4,38
21	363,9	12,7	4,41	1415,3	6,6	4,14	216,2	0,0	3,47	229,5	3,1	3,95	76,3	0,0	4,30	38,3	0,0	4,38
22	361,9	10,7	4,41	1473,8	0,0	4,14	233,0	1,1	3,47	284,1	0,3	3,95	75,3	1,7	4,30	36,8	0,0	4,38
23	288,8	0,7	4,41	1469,0	1,8	4,14	255,0	4,4	3,47	529,4	2,1	3,95	70,7	21,7	4,30	35,7	0,0	4,38
24	274,7	7,8	4,41	1426,8	6,4	4,14	256,4	18,9	3,47	555,6	0,0	3,95	66,0	0,0	4,30	34,9	0,0	4,38
25	344,5	0,0	4,41	1349,2	21,9	4,14	363,4	1,3	3,47	542,2	9,0	3,95	63,0	0,0	4,30	34,3	0,0	4,38
26	320,1	4,3	4,41	1239,4	13,0	4,14	468,7	0,0	3,47	646,6	1,7	3,95	63,0	0,0	4,30	34,2	0,0	4,38
27	272,4	14,0	4,41	1106,5	0,7	4,14	503,0	0,0	3,47	729,7	0,0	3,95	62,5	1,8	4,30	33,8	0,0	4,38
28	227,8	0,0	4,41	959,3	1,9	4,14	536,6	10,1	3,47	681,4	0,0	3,95	63,5	0,7	4,30	33,7	0,0	4,38
29	218,6	4,0	4,41				592,8	1,3	3,47	616,2	0,0	3,95	64,3	0,0	4,30	33,8	5,3	4,38
30	229,5	3,0	4,41				582,5	0,0	3,47	548,0	0,0	3,95	66,6	6,1	4,30	34,7	0,0	4,38
31	297,3	0,0	4,41				568,4	0,0	3,47				63,5	0,0	4,30			

Tabela com dados utilizados na calibração do modelo IPH II – biênio 2004/2005 – Precipitação por pluviômetro (parte 4)

Dias	Jul/2005			Ago/2005			Set/2005			Out/2005			Nov/2005			Dez/2005		
	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E
1	35,7	0,0	4,27	20,8	0,0	3,64	15,5	0,0	2,45	14,7	3,1	3,15	37,1	15,1	4,04	375,0	14,4	3,51
2	34,9	0,0	4,27	20,3	0,0	3,64	15,3	0,0	2,45	14,0	7,5	3,15	33,7	0,0	4,04	308,5	5,4	3,51
3	33,8	0,0	4,27	20,0	0,0	3,64	15,0	0,0	2,45	13,8	0,0	3,15	33,8	0,0	4,04	248,0	0,0	3,51
4	33,3	0,0	4,27	19,7	0,0	3,64	15,1	0,0	2,45	14,2	5,2	3,15	47,4	5,3	4,04	179,1	0,0	3,51
5	32,3	0,0	4,27	19,2	0,0	3,64	14,9	0,0	2,45	17,0	3,2	3,15	66,3	0,0	4,04	155,8	0,6	3,51
6	31,8	0,0	4,27	18,8	0,0	3,64	14,9	0,0	2,45	26,9	15,0	3,15	69,1	3,2	4,04	147,3	12,6	3,51
7	31,2	0,0	4,27	18,5	0,0	3,64	14,6	0,0	2,45	27,8	0,1	3,15	66,6	21,8	4,04	156,1	10,7	3,51
8	30,4	0,0	4,27	18,2	0,0	3,64	14,3	0,0	2,45	25,7	9,5	3,15	63,7	16,1	4,04	212,5	41,9	3,51
9	29,9	0,0	4,27	17,8	0,0	3,64	14,0	0,0	2,45	28,3	2,5	3,15	66,6	7,6	4,04	354,7	16,5	3,51
10	28,8	0,0	4,27	17,6	5,4	3,64	13,8	0,0	2,45	30,7	14,9	3,15	67,8	0,0	4,04	567,2	2,3	3,51
11	28,0	0,0	4,27	17,4	0,0	3,64	13,5	5,8	2,45	33,1	0,0	3,15	69,9	12,0	4,04	767,9	0,3	3,51
12	26,8	0,0	4,27	17,3	0,0	3,64	13,5	1,8	2,45	35,9	0,0	3,15	105,0	23,1	4,04	836,5	0,0	3,51
13	26,1	0,0	4,27	17,2	0,0	3,64	13,4	0,5	2,45	41,3	5,7	3,15	115,7	0,0	4,04	754,8	1,0	3,51
14	25,4	0,0	4,27	16,8	0,0	3,64	13,3	0,0	2,45	34,0	3,9	3,15	125,6	2,2	4,04	673,8	1,4	3,51
15	24,7	0,0	4,27	16,7	0,0	3,64	13,6	0,0	2,45	28,0	0,0	3,15	188,7	1,8	4,04	620,8	1,5	3,51
16	24,2	0,0	4,27	16,8	0,0	3,64	15,2	0,0	2,45	28,3	12,4	3,15	201,8	0,0	4,04	572,3	31,7	3,51
17	25,4	0,0	4,27	16,6	2,8	3,64	15,5	0,0	2,45	26,6	0,0	3,15	198,9	0,0	4,04	544,1	0,0	3,51
18	27,3	0,0	4,27	16,3	0,0	3,64	16,1	0,0	2,45	31,4	2,2	3,15	195,3	2,4	4,04	585,7	0,0	3,51
19	32,1	0,0	4,27	16,2	0,0	3,64	16,6	0,0	2,45	38,5	12,3	3,15	179,8	8,5	4,04	693,2	0,0	3,51
20	30,4	0,0	4,27	16,0	1,9	3,64	16,6	0,0	2,45	38,9	2,9	3,15	169,1	13,3	4,04	680,7	0,0	3,51
21	26,9	0,0	4,27	16,4	0,0	3,64	16,2	0,0	2,45	35,5	0,0	3,15	156,1	11,9	4,04	617,5	10,6	3,51
22	26,1	0,0	4,27	16,4	0,0	3,64	15,3	0,0	2,45	38,5	0,0	3,15	168,7	0,0	4,04	516,2	6,3	3,51
23	25,6	5,5	4,27	16,1	0,0	3,64	15,0	0,0	2,45	65,0	1,5	3,15	235,7	14,7	4,04	445,9	6,3	3,51
24	26,6	0,0	4,27	16,7	0,0	3,64	14,6	0,0	2,45	105,0	3,1	3,15	289,7	3,4	4,04	362,4	0,0	3,51
25	27,1	0,0	4,27	18,0	0,0	3,64	14,2	0,0	2,45	109,7	0,3	3,15	326,2	17,6	4,04	344,5	0,0	3,51
26	25,1	0,0	4,27	17,7	0,0	3,64	14,2	2,4	2,45	90,2	0,0	3,15	323,6	16,3	4,04	340,5	10,8	3,51
27	24,5	0,0	4,27	17,3	0,0	3,64	14,7	4,7	2,45	65,8	0,0	3,15	298,2	2,3	4,04	354,2	3,4	3,51
28	24,2	0,0	4,27	17,0	0,0	3,64	15,1	9,0	2,45	47,4	9,6	3,15	274,2	0,0	4,04	360,9	12,3	3,51
29	23,5	0,0	4,27	16,6	0,0	3,64	14,5	0,0	2,45	43,1	0,0	3,15	307,6	0,0	4,04	393,9	7,8	3,51
30	22,3	0,0	4,27	16,2	0,0	3,64	14,8	6,6	2,45	38,1	0,0	3,15	368,0	0,0	4,04	443,7	10,5	3,51
31	21,4	0,0	4,27	15,9	0,0	3,64				34,3	24,1	3,15				427,7	10,6	3,51

Tabela com dados utilizados na calibração do modelo IPH II – biênio 2004/2005 – Precipitação por Hidroestimador (parte 1)

Dias	Jan/2004			Fev/2004			Mar/2004			Abr/2004			Mai/2004			Jun/2004		
	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E
1	612,2	5,7	3,96	480,2	5,7	4,41	494,0	8	3,30	1204,0	8,4	3,71	274,7	4,5	4,40	97,0	0	4,13
2	665,0	21,3	3,96	443,1	21,3	4,41	428,3	17,3	3,30	1203,1	10,6	3,71	221,1	4,1	4,40	94,1	0	4,13
3	612,2	13,3	3,96	372,9	13,3	4,41	384,2	2,4	3,30	1136,9	11,1	3,71	193,2	4,3	4,40	86,4	0	4,13
4	552,4	10	3,96	318,5	10	4,41	348,6	21,6	3,30	1013,2	2,8	3,71	194,0	6,9	4,40	80,4	0	4,13
5	522,8	31,7	3,96	277,5	31,7	4,41	439,7	44,9	3,30	913,3	13,9	3,71	189,9	5,1	4,40	75,8	0	4,13
6	540,3	28,2	3,96	328,2	28,2	4,41	563,3	15,4	3,30	831,3	9,2	3,71	188,7	0	4,40	78,3	1,1	4,13
7	558,8	29,1	3,96	476,7	29,1	4,41	519,8	13,1	3,30	751,1	6	3,71	185,4	0	4,40	81,4	0	4,13
8	696,6	6,7	3,96	680,7	6,7	4,41	521,6	6,4	3,30	667,7	5,6	3,71	174,6	3,7	4,40	74,7	1	4,13
9	865,0	26,5	3,96	853,8	26,5	4,41	537,8	4	3,30	587,0	14,7	3,71	172,1	5,4	4,40	69,6	2	4,13
10	1002,5	12,3	3,96	978,8	12,3	4,41	515,6	14,1	3,30	533,6	36,1	3,71	168,7	2	4,40	68,6	0	4,13
11	1044,4	24,8	3,96	1125,8	24,8	4,41	472,2	6,7	3,30	477,3	11,8	3,71	163,2	0	4,40	68,1	9,5	4,13
12	971,4	31,1	3,96	1227,7	31,1	4,41	408,0	10	3,30	442,5	21,9	3,71	150,2	0	4,40	71,9	0,5	4,13
13	890,7	17,2	3,96	1290,7	17,2	4,41	382,0	13,5	3,30	400,9	15,8	3,71	141,4	0	4,40	74,2	2	4,13
14	847,8	25	3,96	1348,3	25	4,41	409,6	8,4	3,30	383,7	16,8	3,71	126,9	0	4,40	71,7	0	4,13
15	814,0	18,8	3,96	1394,3	18,8	4,41	434,5	22,6	3,30	374,5	15,8	3,71	113,5	6,9	4,40	68,9	0	4,13
16	880,0	59,1	3,96	1434,5	59,1	4,41	427,7	29,1	3,30	412,3	4,7	3,71	107,3	0	4,40	67,3	0	4,13
17	1031,2	10,2	3,96	1423,0	10,2	4,41	480,2	8,4	3,30	396,6	15	3,71	102,0	0	4,40	65,0	0	4,13
18	1121,6	4,6	3,96	1256,5	4,6	4,41	478,4	10,3	3,30	365,5	13,4	3,71	96,7	0	4,40	63,5	0	4,13
19	1178,2	10,9	3,96	1134,3	10,9	4,41	420,9	17,7	3,30	326,7	4,9	3,71	93,5	0	4,40	61,7	0	4,13
20	1190,2	28,1	3,96	1125,8	28,1	4,41	512,6	31,2	3,30	327,2	19,6	3,71	90,2	0	4,40	59,5	0	4,13
21	1079,6	10,7	3,96	1267,3	10,7	4,41	595,3	15,2	3,30	300,6	8,5	3,71	87,3	0	4,40	58,6	1	4,13
22	877,8	12,4	3,96	1268,2	12,4	4,41	729,7	33,8	3,30	327,7	18,2	3,71	85,0	0	4,40	60,4	1,5	4,13
23	731,1	8,2	3,96	1238,5	8,2	4,41	1028,8	31,8	3,30	355,8	3,7	3,71	84,0	0	4,40	59,7	1,2	4,13
24	643,3	16,4	3,96	1190,2	16,4	4,41	1230,4	6,4	3,30	310,4	8,1	3,71	84,0	7	4,40	58,8	5,3	4,13
25	607,6	17,6	3,96	1046,0	17,6	4,41	1255,6	8,2	3,30	269,1	13,2	3,71	92,0	7,4	4,40	58,2	1	4,13
26	657,8	18	3,96	869,5	18	4,41	1154,1	14,5	3,30	249,3	11	3,71	103,5	7,8	4,40	60,7	1,1	4,13
27	704,9	19,7	3,96	722,8	19,7	4,41	1143,8	10,7	3,30	236,1	4	3,71	99,1	0	4,40	62,7	1	4,13
28	659,8	4,4	3,96	647,9	4,4	4,41	1148,9	8,2	3,30	233,9	0	3,71	92,3	0	4,40	66,0	2	4,13
29	570,4	4,1	3,96	572,3	4,1	4,41	1156,7	30,8	3,30	278,9	0	3,71	91,4	0	4,40	70,4	1	4,13
30	499,4	6,3	3,96				1228,6	23,7	3,30	334,3	1,4	3,71	94,4	0	4,40	71,7	0	4,13
31	439,1	15	3,96				1251,1	9,4	3,30				94,6	0	4,40			

Tabela com dados utilizados na calibração do modelo IPH II – biênio 2004/2005 – Precipitação por Hidroestumador (parte 2)

Dias	Jul/2004			Ago/2004			Set/2004			Out/2004			Nov/2004			Dez/2004		
	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E
1	71,4	0	4,19	46,7	0	3,53	44,1	1	2,14	47,8	22,2	3,12	44,8	31,5	4,41	168,7	31,5	4,09
2	73,7	2,5	4,19	45,6	0	3,53	41,3	3	2,14	36,9	2,2	3,12	54,3	16,1	4,41	367,5	16,1	4,09
3	65,3	0,5	4,19	43,3	0	3,53	41,1	4,7	2,14	33,1	2	3,12	59,7	16,4	4,41	561,4	10	4,09
4	62,7	0	4,19	42,0	0	3,53	40,2	2	2,14	37,3	8,3	3,12	71,9	22,8	4,41	536,6	22,8	4,09
5	64,3	1	4,19	40,5	0	3,53	40,9	0	2,14	37,6	10,7	3,12	107,3	11,1	4,41	439,7	11,1	4,09
6	65,0	8	4,19	39,4	0	3,53	41,1	7	2,14	34,5	7,5	3,12	134,8	18,1	4,41	369,6	18,1	4,09
7	64,3	1	4,19	38,5	3	3,53	40,9	0	2,14	31,9	20,3	3,12	146,0	21,7	4,41	334,3	21,7	4,09
8	61,7	0	4,19	37,4	0	3,53	40,9	3	2,14	35,7	2	3,12	154,7	0	4,41	313,2	0	4,09
9	59,3	0	4,19	37,1	0	3,53	38,1	8,5	2,14	37,6	0	3,12	164,7	0	4,41	351,7	0	4,09
10	58,4	0	4,19	36,9	0	3,53	39,2	4	2,14	38,5	11,5	3,12	166,9	0	4,41	359,3	0	4,09
11	57,1	3	4,19	37,1	1	3,53	42,8	0	2,14	45,9	8,2	3,12	172,1	4	4,41	361,4	4	4,09
12	55,8	1	4,19	38,0	3	3,53	41,3	0	2,14	45,0	1,2	3,12	171,3	21,3	4,41	325,2	21,3	4,09
13	56,7	0	4,19	38,0	0	3,53	38,5	0	2,14	56,2	12,6	3,12	157,6	9,6	4,41	277,5	9,6	4,09
14	65,8	0	4,19	37,8	0	3,53	35,7	0	2,14	55,1	20,9	3,12	127,9	12,2	4,41	248,9	12,2	4,09
15	74,0	6	4,19	36,9	0	3,53	33,8	0	2,14	46,5	16,4	3,12	101,1	8	4,41	223,5	5	4,09
16	73,7	9	4,19	36,6	0	3,53	32,3	2	2,14	47,2	33,8	3,12	80,6	8,5	4,41	176,9	8,5	4,09
17	72,7	8	4,19	35,7	6	3,53	31,4	1	2,14	51,7	2,5	3,12	81,7	7,8	4,41	149,9	7,8	4,09
18	69,4	0	4,19	35,2	4	3,53	31,2	3,4	2,14	46,1	5	3,12	86,7	8,1	4,41	135,5	8,1	4,09
19	63,5	0	4,19	34,9	2,5	3,53	31,1	3,7	2,14	43,3	9,1	3,12	102,6	31,9	4,41	144,4	31,9	4,09
20	58,0	0	4,19	34,7	0	3,53	30,4	3	2,14	49,1	18	3,12	127,9	10,6	4,41	188,3	10,6	4,09
21	54,3	0	4,19	34,7	0	3,53	30,2	2	2,14	54,9	12	3,12	172,8	12,3	4,41	217,8	12,3	4,09
22	53,9	0	4,19	36,2	0	3,53	32,5	0	2,14	51,5	6,9	3,12	250,2	11,2	4,41	212,9	11,2	4,09
23	55,4	0	4,19	37,6	1,5	3,53	33,1	2,8	2,14	68,6	5,5	3,12	336,9	27,5	4,41	219,0	27,5	4,09
24	53,4	2	4,19	37,3	0	3,53	34,0	3	2,14	54,9	5	3,12	376,6	29,2	4,41	263,0	29,2	4,09
25	51,5	6	4,19	38,3	0	3,53	33,8	0	2,14	37,6	3,2	3,12	375,0	20,6	4,41	276,6	20,6	4,09
26	49,3	4	4,19	38,0	1	3,53	33,5	3	2,14	33,8	0	3,12	309,5	1,4	4,41	271,4	1	4,09
27	49,1	0	4,19	36,1	1	3,53	30,9	7,5	2,14	31,4	0	3,12	223,1	9,7	4,41	383,1	6,7	4,09
28	49,1	0	4,19	34,7	1	3,53	28,7	2	2,14	53,9	15,5	3,12	151,0	13,4	4,41	509,0	13,4	4,09
29	51,3	0	4,19	34,0	6,5	3,53	30,2	2,5	2,14	55,8	0	3,12	119,6	38,7	4,41	587,6	38,7	4,09
30	54,3	0	4,19	34,3	6,1	3,53	32,6	7	2,14	47,4	0	3,12	120,9	18,9	4,41	572,3	18,8	4,09
31	50,0	0	4,19	40,5	2	3,53				40,5	0	3,12				519,8	3	4,09

Tabela com dados utilizados na calibração do modelo IPH II – biênio 2004/2005 – Precipitação por Hidroestimador (parte 3)

Dias	Jan/2005			Fev/2005			Mar/2005			Abr/2005			Mai/2005			Jun/2005		
	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E
1	464,2	8,9	4,41	319,6	8,2	4,14	894,6	37,1	3,47	549,2	31,0	3,95	501,8	0,0	4,30	60,7	0,0	4,38
2	390,7	9,9	4,41	316,1	28,8	4,14	921,9	22,2	3,47	542,8	3,3	3,95	460,8	0,0	4,30	58,4	0,0	4,38
3	320,1	12,0	4,41	344,5	0,0	4,14	890,7	3,4	3,47	495,8	9,3	3,95	402,6	0,0	4,30	56,0	0,0	4,38
4	326,7	18,5	4,41	353,7	0,0	4,14	817,0	16,3	3,47	449,4	48,1	3,95	339,4	0,0	4,30	55,6	0,0	4,38
5	342,0	22,9	4,41	301,0	0,0	4,14	779,6	38,2	3,47	463,0	0,0	3,95	275,6	0,0	4,30	54,9	0,0	4,38
6	317,0	5,0	4,41	305,7	15,6	4,14	738,0	10,7	3,47	497,0	5,4	3,95	208,8	10,4	4,30	53,9	0,0	4,38
7	304,8	5,9	4,41	290,7	21,0	4,14	669,0	12,8	3,47	445,9	20,2	3,95	144,0	2,1	4,30	52,3	0,0	4,38
8	313,7	15,8	4,41	257,7	14,4	4,14	569,7	0,0	3,47	387,4	12,9	3,95	129,5	9,9	4,30	50,6	0,0	4,38
9	298,2	5,8	4,41	295,4	9,7	4,14	464,2	1,0	3,47	330,3	11,0	3,95	120,3	11,3	4,30	47,4	0,0	4,38
10	263,8	14,6	4,41	298,7	33,3	4,14	404,7	17,1	3,47	307,1	4,1	3,95	110,0	2,6	4,30	46,3	0,0	4,38
11	224,4	10,7	4,41	314,7	20,1	4,14	350,2	18,8	3,47	275,2	0,0	3,95	102,6	0,0	4,30	45,4	0,0	4,38
12	182,0	11,1	4,41	368,5	34,2	4,14	306,7	1,0	3,47	247,1	0	3,95	99,4	0,0	4,30	43,9	0,0	4,38
13	172,4	5,9	4,41	500,6	18,4	4,14	273,3	2,5	3,47	237,4	14,4	3,95	93,2	1,6	4,30	42,4	1,5	4,38
14	164,7	7,2	4,41	720,1	25,8	4,14	259,4	6,3	3,47	231,3	4,8	3,95	90,8	0,0	4,30	41,5	0,0	4,38
15	144,4	16,8	4,41	907,8	30,8	4,14	251,1	15,8	3,47	204,7	9,4	3,95	86,4	5,3	4,30	39,8	0,0	4,38
16	127,2	12,0	4,41	1076,2	37,2	4,14	258,6	1,7	3,47	180,6	6,5	3,95	81,9	7,1	4,30	38,7	1,0	4,38
17	136,5	36,1	4,41	1229,5	28,1	4,14	229,5	3,7	3,47	171,7	18,8	3,95	80,6	12,7	4,30	38,0	0,0	4,38
18	142,1	3,7	4,41	1282,6	11,2	4,14	203,0	0,0	3,47	170,2	11,2	3,95	79,9	1,0	4,30	37,1	0,0	4,38
19	165,8	5,2	4,41	1309,7	10,1	4,14	185,0	6,5	3,47	178,3	9,3	3,95	78,8	6,3	4,30	37,3	0,0	4,38
20	239,2	3,4	4,41	1352,0	29,2	4,14	209,6	17,1	3,47	203,0	1,0	3,95	77,1	5,0	4,30	38,7	1,0	4,38
21	363,9	22,0	4,41	1415,3	52,4	4,14	216,2	8,4	3,47	229,5	5,6	3,95	76,3	0,0	4,30	38,3	2,0	4,38
22	361,9	13,5	4,41	1473,8	12,4	4,14	233,0	2,5	3,47	284,1	17,6	3,95	75,3	2,9	4,30	36,8	0,0	4,38
23	288,8	9,3	4,41	1469,0	19,9	4,14	255,0	0,0	3,47	529,4	16,7	3,95	70,7	5,8	4,30	35,7	2,8	4,38
24	274,7	6,2	4,41	1426,8	2,6	4,14	256,4	33,6	3,47	555,6	19,6	3,95	66,0	0,0	4,30	34,9	0,0	4,38
25	344,5	14,2	4,41	1349,2	15,2	4,14	363,4	6,5	3,47	542,2	15,1	3,95	63,0	0,0	4,30	34,3	0,0	4,38
26	320,1	13,2	4,41	1239,4	23,7	4,14	468,7	0,0	3,47	646,6	36,8	3,95	63,0	2,0	4,30	34,2	0,0	4,38
27	272,4	22,7	4,41	1106,5	5,2	4,14	503,0	6,1	3,47	729,7	11,6	3,95	62,5	3,5	4,30	33,8	0,0	4,38
28	227,8	6,9	4,41	959,3	3,0	4,14	536,6	22,3	3,47	681,4	3,4	3,95	63,5	2,0	4,30	33,7	0,0	4,38
29	218,6	9,6	4,41				592,8	22,0	3,47	616,2	0,0	3,95	64,3	0,0	4,30	33,8	0,0	4,38
30	229,5	9,5	4,41				582,5	10,6	3,47	548,0	0,0	3,95	66,6	0,0	4,30	34,7	0,0	4,38
31	297,3	8,2	4,41				568,4	17,0	3,47				63,5	2,5	4,30			

Tabela com dados utilizados na calibração do modelo IPH II – biênio 2004/2005 – Precipitação por Hidroestimador (parte 4)

Dias	Jul/2005			Ago/2005			Set/2005			Out/2005			Nov/2005			Dez/2005		
	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E
1	35,7	4,5	4,27	20,8	0,0	3,64	15,5	1,5	2,45	14,7	13,1	3,15	37,1	20,4	4,04	375,0	19,2	3,51
2	34,9	4,0	4,27	20,3	0,0	3,64	15,3	7,0	2,45	14,0	7,4	3,15	33,7	0,0	4,04	308,5	10,0	3,51
3	33,8	0,0	4,27	20,0	0,0	3,64	15,0	0,0	2,45	13,8	10,4	3,15	33,8	0,0	4,04	248,0	7,3	3,51
4	33,3	0,0	4,27	19,7	0,0	3,64	15,1	0,0	2,45	14,2	1,0	3,15	47,4	12,8	4,04	179,1	5,8	3,51
5	32,3	0,0	4,27	19,2	0,0	3,64	14,9	0,0	2,45	17,0	34,7	3,15	66,3	0,0	4,04	155,8	3,1	3,51
6	31,8	7,5	4,27	18,8	0,0	3,64	14,9	0,0	2,45	26,9	30,2	3,15	69,1	0,0	4,04	147,3	20,8	3,51
7	31,2	0,0	4,27	18,5	4,3	3,64	14,6	7,8	2,45	27,8	19,1	3,15	66,6	16,5	4,04	156,1	12,3	3,51
8	30,4	0,0	4,27	18,2	0,0	3,64	14,3	4,1	2,45	25,7	0,0	3,15	63,7	21,1	4,04	212,5	61,6	3,51
9	29,9	0,0	4,27	17,8	0,0	3,64	14,0	0,0	2,45	28,3	13,6	3,15	66,6	11,0	4,04	354,7	31,0	3,51
10	28,8	0,0	4,27	17,6	0,0	3,64	13,8	3,4	2,45	30,7	23,5	3,15	67,8	8,1	4,04	567,2	0,0	3,51
11	28,0	0,0	4,27	17,4	0,0	3,64	13,5	0,0	2,45	33,1	1,0	3,15	69,9	8,4	4,04	767,9	2,0	3,51
12	26,8	0,0	4,27	17,3	0,0	3,64	13,5	0,0	2,45	35,9	0,0	3,15	105,0	20,5	4,04	836,5	12,0	3,51
13	26,1	0,0	4,27	17,2	0,0	3,64	13,4	0,0	2,45	41,3	0,0	3,15	115,7	27,2	4,04	754,8	16,3	3,51
14	25,4	0,0	4,27	16,8	0,0	3,64	13,3	0,0	2,45	34,0	21,3	3,15	125,6	7,8	4,04	673,8	14,4	3,51
15	24,7	0,0	4,27	16,7	0,0	3,64	13,6	0,0	2,45	28,0	9,3	3,15	188,7	5,5	4,04	620,8	10,4	3,51
16	24,2	0,0	4,27	16,8	0,0	3,64	15,2	0,0	2,45	28,3	18,5	3,15	201,8	20,0	4,04	572,3	20,5	3,51
17	25,4	1,5	4,27	16,6	0,0	3,64	15,5	0,0	2,45	26,6	20,8	3,15	198,9	17,4	4,04	544,1	15,6	3,51
18	27,3	13,3	4,27	16,3	0,0	3,64	16,1	0,0	2,45	31,4	28,0	3,15	195,3	30,7	4,04	585,7	2,3	3,51
19	32,1	0,0	4,27	16,2	9,1	3,64	16,6	0,0	2,45	38,5	44,7	3,15	179,8	7,2	4,04	693,2	24,9	3,51
20	30,4	0,0	4,27	16,0	7,2	3,64	16,6	0,0	2,45	38,9	8,0	3,15	169,1	41,7	4,04	680,7	0,0	3,51
21	26,9	0,0	4,27	16,4	7,7	3,64	16,2	0,0	2,45	35,5	0,0	3,15	156,1	54,0	4,04	617,5	4,6	3,51
22	26,1	0,0	4,27	16,4	0,0	3,64	15,3	0,0	2,45	38,5	0,0	3,15	168,7	3,3	4,04	516,2	19,9	3,51
23	25,6	0,0	4,27	16,1	0,0	3,64	15,0	0,0	2,45	65,0	2,8	3,15	235,7	20,0	4,04	445,9	12,8	3,51
24	26,6	0,0	4,27	16,7	2,0	3,64	14,6	0,0	2,45	105,0	29,7	3,15	289,7	18,2	4,04	362,4	8,8	3,51
25	27,1	0,0	4,27	18,0	6,3	3,64	14,2	0,0	2,45	109,7	15,5	3,15	326,2	14,7	4,04	344,5	30,1	3,51
26	25,1	0,0	4,27	17,7	1,5	3,64	14,2	3,2	2,45	90,2	14,0	3,15	323,6	25,0	4,04	340,5	36,0	3,51
27	24,5	1,0	4,27	17,3	0,0	3,64	14,7	10,8	2,45	65,8	2,3	3,15	298,2	20,6	4,04	354,2	5,5	3,51
28	24,2	0,0	4,27	17,0	0,0	3,64	15,1	0,0	2,45	47,4	14,7	3,15	274,2	2,0	4,04	360,9	9,9	3,51
29	23,5	0,0	4,27	16,6	0,0	3,64	14,5	2,0	2,45	43,1	7,9	3,15	307,6	0,0	4,04	393,9	13,9	3,51
30	22,3	0,0	4,27	16,2	0,0	3,64	14,8	7,2	2,45	38,1	4,3	3,15	368,0	4,0	4,04	443,7	27,8	3,51
31	21,4	0,0	4,27	15,9	3,7	3,64			2,45	34,3	17,7	3,15				427,7	17,9	3,51

Tabela com dados utilizados na calibração do modelo IPH II – biênio 2004/2005 – Precipitação por associação (parte 1)

Dias	Jan/2004			Fev/2004			Mar/2004			Abr/2004			Mai/2004			Jun/2004		
	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E
1	612,2	7,1	3,96	480,2	8,4	4,41	494,0	1,5	3,30	1204,0	4,7	3,71	274,7	2,5	4,40	97,0	0,0	4,13
2	665,0	14,1	3,96	443,1	14,7	4,41	428,3	5,5	3,30	1203,1	7,1	3,71	221,1	2,1	4,40	94,1	1,5	4,13
3	612,2	7,6	3,96	372,9	7,0	4,41	384,2	0,5	3,30	1136,9	5,6	3,71	193,2	2,2	4,40	86,4	3,1	4,13
4	552,4	11,3	3,96	318,5	10,5	4,41	348,6	13,6	3,30	1013,2	1,4	3,71	194,0	7,2	4,40	80,4	0,0	4,13
5	522,8	18,4	3,96	277,5	17,8	4,41	439,7	22,5	3,30	913,3	8,1	3,71	189,9	6,0	4,40	75,8	1,3	4,13
6	540,3	29,0	3,96	328,2	18,4	4,41	563,3	14,8	3,30	831,3	9,7	3,71	188,7	0,3	4,40	78,3	0,0	4,13
7	558,8	29,1	3,96	476,7	19,8	4,41	519,8	8,3	3,30	751,1	4,3	3,71	185,4	0,0	4,40	81,4	0,5	4,13
8	696,6	5,1	3,96	680,7	7,5	4,41	521,6	14,9	3,30	667,7	7,6	3,71	174,6	7,3	4,40	74,7	1,0	4,13
9	865,0	14,5	3,96	853,8	22,8	4,41	537,8	2,1	3,30	587,0	10,2	3,71	172,1	3,5	4,40	69,6	0,0	4,13
10	1002,5	7,2	3,96	978,8	14,7	4,41	515,6	7,1	3,30	533,6	22,7	3,71	168,7	1,0	4,40	68,6	5,8	4,13
11	1044,4	13,1	3,96	1125,8	19,5	4,41	472,2	3,4	3,30	477,3	6,8	3,71	163,2	0,0	4,40	68,1	0,3	4,13
12	971,4	20,8	3,96	1227,7	15,7	4,41	408,0	10,5	3,30	442,5	12,5	3,71	150,2	0,0	4,40	71,9	1,0	4,13
13	890,7	11,2	3,96	1290,7	8,7	4,41	382,0	6,8	3,30	400,9	18,1	3,71	141,4	0,0	4,40	74,2	2,0	4,13
14	847,8	12,5	3,96	1348,3	17,4	4,41	409,6	5,0	3,30	383,7	8,4	3,71	126,9	0,0	4,40	71,7	0,0	4,13
15	814,0	20,9	3,96	1394,3	9,4	4,41	434,5	19,7	3,30	374,5	7,9	3,71	113,5	3,5	4,40	68,9	1,2	4,13
16	880,0	45,5	3,96	1434,5	33,1	4,41	427,7	14,6	3,30	412,3	12,4	3,71	107,3	0,0	4,40	67,3	0,0	4,13
17	1031,2	5,6	3,96	1423,0	17,4	4,41	480,2	2,8	3,30	396,6	9,1	3,71	102,0	0,0	4,40	65,0	0,0	4,13
18	1121,6	2,3	3,96	1256,5	6,9	4,41	478,4	3,0	3,30	365,5	6,7	3,71	96,7	0,0	4,40	63,5	0,0	4,13
19	1178,2	9,9	3,96	1134,3	10,9	4,41	420,9	10,7	3,30	326,7	6,2	3,71	93,5	0,0	4,40	61,7	0,0	4,13
20	1190,2	16,8	3,96	1125,8	21,3	4,41	512,6	31,0	3,30	327,2	9,8	3,71	90,2	8,6	4,40	59,5	0,5	4,13
21	1079,6	5,6	3,96	1267,3	9,5	4,41	595,3	14,0	3,30	300,6	6,6	3,71	87,3	1,2	4,40	58,6	1,4	4,13
22	877,8	14,6	3,96	1268,2	7,4	4,41	729,7	38,9	3,30	327,7	13,8	3,71	85,0	0,7	4,40	60,4	4,9	4,13
23	731,1	7,9	3,96	1238,5	5,0	4,41	1028,8	17,0	3,30	355,8	6,1	3,71	84,0	3,5	4,40	59,7	3,8	4,13
24	643,3	8,2	3,96	1190,2	19,1	4,41	1230,4	6,2	3,30	310,4	4,6	3,71	84,0	9,2	4,40	58,8	0,9	4,13
25	607,6	9,8	3,96	1046,0	8,8	4,41	1255,6	5,8	3,30	269,1	6,6	3,71	92,0	3,9	4,40	58,2	6,1	4,13
26	657,8	12,9	3,96	869,5	9,0	4,41	1154,1	8,3	3,30	249,3	13,1	3,71	103,5	0,0	4,40	60,7	5,9	4,13
27	704,9	9,9	3,96	722,8	15,2	4,41	1143,8	7,3	3,30	236,1	3,3	3,71	99,1	0,0	4,40	62,7	1,2	4,13
28	659,8	5,1	3,96	647,9	3,0	4,41	1148,9	10,7	3,30	233,9	1,2	3,71	92,3	0,0	4,40	66,0	1,8	4,13
29	570,4	3,3	3,96	572,3	14,8	4,41	1156,7	18,8	3,30	278,9	0,8	3,71	91,4	0,0	4,40	70,4	0,8	4,13
30	499,4	3,2	3,96				1228,6	13,9	3,30	334,3	1,1	3,71	94,4	0,0	4,40	71,7	0,0	4,13
31	439,1	7,6	3,96				1251,1	4,9	3,30				94,6	0,0	4,40			

Tabela com dados utilizados na calibração do modelo IPH II – biênio 2004/2005 – Precipitação por associação (parte 2)

Dias	Jul/2004			Ago/2004			Set/2004			Out/2004			Nov/2004			Dez/2004		
	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E
1	71,4	6,5	4,19	46,7	0,0	3,53	44,1	1,5	2,14	47,8	3,1	3,12	44,8	8,1	4,41	168,7	11,5	4,09
2	73,7	2,3	4,19	45,6	0,0	3,53	41,3	2,7	2,14	36,9	1,0	3,12	54,3	12,3	4,41	367,5	9,8	4,09
3	65,3	0,0	4,19	43,3	0,0	3,53	41,1	3,1	2,14	33,1	10,8	3,12	59,7	11,4	4,41	561,4	12,1	4,09
4	62,7	1,2	4,19	42,0	0,0	3,53	40,2	6,7	2,14	37,3	5,4	3,12	71,9	11,3	4,41	536,6	10,1	4,09
5	64,3	4,7	4,19	40,5	0,3	3,53	40,9	9,1	2,14	37,6	3,8	3,12	107,3	9,8	4,41	439,7	16,0	4,09
6	65,0	0,5	4,19	39,4	3,9	3,53	41,1	0,0	2,14	34,5	8,2	3,12	134,8	25,3	4,41	369,6	13,4	4,09
7	64,3	0,0	4,19	38,5	5,7	3,53	40,9	1,5	2,14	31,9	1,4	3,12	146,0	0,0	4,41	334,3	0,9	4,09
8	61,7	4,4	4,19	37,4	0,0	3,53	40,9	7,2	2,14	35,7	3,1	3,12	154,7	0,0	4,41	313,2	5,7	4,09
9	59,3	0,0	4,19	37,1	0,0	3,53	38,1	5,1	2,14	37,6	5,1	3,12	164,7	0,0	4,41	351,7	5,7	4,09
10	58,4	4,1	4,19	36,9	1,7	3,53	39,2	1,3	2,14	38,5	3,6	3,12	166,9	2,0	4,41	359,3	7,5	4,09
11	57,1	8,0	4,19	37,1	1,5	3,53	42,8	0,0	2,14	45,9	0,5	3,12	172,1	14,7	4,41	361,4	10,7	4,09
12	55,8	0,0	4,19	38,0	0,0	3,53	41,3	0,0	2,14	45,0	6,8	3,12	171,3	4,8	4,41	325,2	5,5	4,09
13	56,7	0,0	4,19	38,0	0,0	3,53	38,5	0,0	2,14	56,2	13,9	3,12	157,6	6,1	4,41	277,5	8,4	4,09
14	65,8	3,0	4,19	37,8	0,0	3,53	35,7	2,2	2,14	55,1	10,0	3,12	127,9	7,5	4,41	248,9	3,4	4,09
15	74,0	4,5	4,19	36,9	1,8	3,53	33,8	1,0	2,14	46,5	20,8	3,12	101,1	9,3	4,41	223,5	4,3	4,09
16	73,7	6,5	4,19	36,6	4,7	3,53	32,3	4,2	2,14	47,2	1,3	3,12	80,6	9,6	4,41	176,9	4,1	4,09
17	72,7	0,0	4,19	35,7	2,0	3,53	31,4	1,7	2,14	51,7	2,5	3,12	81,7	14,5	4,41	149,9	7,5	4,09
18	69,4	0,7	4,19	35,2	4,3	3,53	31,2	1,9	2,14	46,1	4,6	3,12	86,7	21,9	4,41	135,5	22,0	4,09
19	63,5	0,0	4,19	34,9	0,0	3,53	31,1	2,5	2,14	43,3	10,1	3,12	102,6	6,4	4,41	144,4	9,3	4,09
20	58,0	0,0	4,19	34,7	0,0	3,53	30,4	1,0	2,14	49,1	7,9	3,12	127,9	12,3	4,41	188,3	17,6	4,09
21	54,3	0,0	4,19	34,7	1,2	3,53	30,2	1,8	2,14	54,9	3,5	3,12	172,8	8,1	4,41	217,8	10,6	4,09
22	53,9	0,0	4,19	36,2	1,1	3,53	32,5	1,4	2,14	51,5	11,7	3,12	250,2	13,8	4,41	212,9	14,7	4,09
23	55,4	1,0	4,19	37,6	0,0	3,53	33,1	1,7	2,14	68,6	2,5	3,12	336,9	16,6	4,41	219,0	17,6	4,09
24	53,4	3,0	4,19	37,3	0,1	3,53	34,0	0,0	2,14	54,9	1,6	3,12	376,6	10,3	4,41	263,0	22,0	4,09
25	51,5	7,1	4,19	38,3	1,0	3,53	33,8	1,5	2,14	37,6	0,0	3,12	375,0	0,7	4,41	276,6	6,7	4,09
26	49,3	4,7	4,19	38,0	0,5	3,53	33,5	3,8	2,14	33,8	0,0	3,12	309,5	7,6	4,41	271,4	10,6	4,09
27	49,1	0,0	4,19	36,1	0,9	3,53	30,9	1,0	2,14	31,4	16,6	3,12	223,1	7,2	4,41	383,1	6,7	4,09
28	49,1	0,0	4,19	34,7	6,2	3,53	28,7	2,2	2,14	53,9	0,0	3,12	151,0	35,9	4,41	509,0	24,6	4,09
29	51,3	0,0	4,19	34,0	5,1	3,53	30,2	3,5	2,14	55,8	2,8	3,12	119,6	19,8	4,41	587,6	9,6	4,09
30	54,3	0,0	4,19	34,3	7,3	3,53	32,6	12,4	2,14	47,4	5,6	3,12	120,9	17,3	4,41	572,3	2,1	4,09
31	50,0	0,0	4,19	40,5	0,5	3,53				40,5	22,5	3,12				519,8	14,2	4,09

Tabela com dados utilizados na calibração do modelo IPH II – biênio 2004/2005 – Precipitação por associação (parte 3)

Dias	Jan/2005			Fev/2005			Mar/2005			Abr/2005			Mai/2005			Jun/2005		
	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E
1	464,2	17,4	4,41	319,6	16,9	4,14	894,6	19,2	3,47	549,2	16,4	3,95	501,8	0,0	4,30	60,7	0,0	4,38
2	390,7	5,5	4,41	316,1	19,9	4,14	921,9	13,6	3,47	542,8	1,7	3,95	460,8	0,0	4,30	58,4	0,0	4,38
3	320,1	8,6	4,41	344,5	7,8	4,14	890,7	1,7	3,47	495,8	4,7	3,95	402,6	0,0	4,30	56,0	0,0	4,38
4	326,7	12,8	4,41	353,7	0,0	4,14	817,0	8,7	3,47	449,4	29,5	3,95	339,4	2,6	4,30	55,6	1,4	4,38
5	342,0	16,0	4,41	301,0	0,0	4,14	779,6	22,9	3,47	463,0	0,0	3,95	275,6	0,0	4,30	54,9	0,0	4,38
6	317,0	2,5	4,41	305,7	11,8	4,14	738,0	8,3	3,47	497,0	2,7	3,95	208,8	6,4	4,30	53,9	0,9	4,38
7	304,8	3,0	4,41	290,7	11,0	4,14	669,0	10,7	3,47	445,9	10,9	3,95	144,0	1,1	4,30	52,3	0,0	4,38
8	313,7	8,8	4,41	257,7	9,7	4,14	569,7	5,3	3,47	387,4	8,1	3,95	129,5	5,9	4,30	50,6	0,0	4,38
9	298,2	4,1	4,41	295,4	8,4	4,14	464,2	0,5	3,47	330,3	6,4	3,95	120,3	10,4	4,30	47,4	0,0	4,38
10	263,8	7,4	4,41	298,7	28,6	4,14	404,7	12,5	3,47	307,1	4,7	3,95	110,0	1,6	4,30	46,3	0,0	4,38
11	224,4	5,9	4,41	314,7	29,7	4,14	350,2	9,5	3,47	275,2	0,0	3,95	102,6	0,0	4,30	45,4	0,0	4,38
12	182,0	7,1	4,41	368,5	25,3	4,14	306,7	0,5	3,47	247,1	0,8	3,95	99,4	2,8	4,30	43,9	0,0	4,38
13	172,4	3,0	4,41	500,6	15,2	4,14	273,3	1,3	3,47	237,4	11,2	3,95	93,2	0,8	4,30	42,4	0,8	4,38
14	164,7	3,6	4,41	720,1	13,8	4,14	259,4	3,2	3,47	231,3	2,4	3,95	90,8	0,0	4,30	41,5	0,0	4,38
15	144,4	11,5	4,41	907,8	22,7	4,14	251,1	10,4	3,47	204,7	6,5	3,95	86,4	2,7	4,30	39,8	0,0	4,38
16	127,2	6,3	4,41	1076,2	26,0	4,14	258,6	1,3	3,47	180,6	6,1	3,95	81,9	3,6	4,30	38,7	0,5	4,38
17	136,5	28,3	4,41	1229,5	15,0	4,14	229,5	2,6	3,47	171,7	16,4	3,95	80,6	9,3	4,30	38,0	0,0	4,38
18	142,1	4,5	4,41	1282,6	16,1	4,14	203,0	5,0	3,47	170,2	8,1	3,95	79,9	2,2	4,30	37,1	0,0	4,38
19	165,8	2,6	4,41	1309,7	7,2	4,14	185,0	3,3	3,47	178,3	7,3	3,95	78,8	3,2	4,30	37,3	0,0	4,38
20	239,2	3,1	4,41	1352,0	28,6	4,14	209,6	19,2	3,47	203,0	0,5	3,95	77,1	2,5	4,30	38,7	0,5	4,38
21	363,9	17,3	4,41	1415,3	29,5	4,14	216,2	4,2	3,47	229,5	4,4	3,95	76,3	0,0	4,30	38,3	1,0	4,38
22	361,9	12,1	4,41	1473,8	6,2	4,14	233,0	1,8	3,47	284,1	9,0	3,95	75,3	2,3	4,30	36,8	0,0	4,38
23	288,8	5,0	4,41	1469,0	10,8	4,14	255,0	2,2	3,47	529,4	9,4	3,95	70,7	13,8	4,30	35,7	1,4	4,38
24	274,7	7,0	4,41	1426,8	4,5	4,14	256,4	26,3	3,47	555,6	9,8	3,95	66,0	0,0	4,30	34,9	0,0	4,38
25	344,5	7,1	4,41	1349,2	18,5	4,14	363,4	3,9	3,47	542,2	12,1	3,95	63,0	0,0	4,30	34,3	0,0	4,38
26	320,1	8,8	4,41	1239,4	18,3	4,14	468,7	0,0	3,47	646,6	19,3	3,95	63,0	1,0	4,30	34,2	0,0	4,38
27	272,4	18,3	4,41	1106,5	2,9	4,14	503,0	3,1	3,47	729,7	5,8	3,95	62,5	2,7	4,30	33,8	0,0	4,38
28	227,8	3,5	4,41	959,3	2,5	4,14	536,6	16,2	3,47	681,4	1,7	3,95	63,5	1,3	4,30	33,7	0,0	4,38
29	218,6	6,8	4,41				592,8	11,7	3,47	616,2	0,0	3,95	64,3	0,0	4,30	33,8	2,6	4,38
30	229,5	6,3	4,41				582,5	5,3	3,47	548,0	0,0	3,95	66,6	3,1	4,30	34,7	0,0	4,38
31	297,3	4,1	4,41				568,4	8,5	3,47				63,5	1,3	4,30			

Tabela com dados utilizados na calibração do modelo IPH II – biênio 2004/2005 – Precipitação por associação (parte 4)

Dias	Jul/2005			Ago/2005			Set/2005			Out/2005			Nov/2005			Dez/2005		
	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E	Q	P	E
1	35,7	2,3	4,27	20,8	0,0	3,64	15,5	0,8	2,45	14,7	8,1	3,15	37,1	17,7	4,04	375,0	16,8	3,51
2	34,9	2,0	4,27	20,3	0,0	3,64	15,3	3,5	2,45	14,0	7,4	3,15	33,7	0,0	4,04	308,5	7,7	3,51
3	33,8	0,0	4,27	20,0	0,0	3,64	15,0	0,0	2,45	13,8	5,2	3,15	33,8	0,0	4,04	248,0	3,7	3,51
4	33,3	0,0	4,27	19,7	0,0	3,64	15,1	0,0	2,45	14,2	3,1	3,15	47,4	9,1	4,04	179,1	2,9	3,51
5	32,3	0,0	4,27	19,2	0,0	3,64	14,9	0,0	2,45	17,0	18,9	3,15	66,3	0,0	4,04	155,8	1,8	3,51
6	31,8	3,8	4,27	18,8	0,0	3,64	14,9	0,0	2,45	26,9	22,6	3,15	69,1	1,6	4,04	147,3	16,7	3,51
7	31,2	0,0	4,27	18,5	2,2	3,64	14,6	3,9	2,45	27,8	9,6	3,15	66,6	19,2	4,04	156,1	11,5	3,51
8	30,4	0,0	4,27	18,2	0,0	3,64	14,3	2,1	2,45	25,7	4,7	3,15	63,7	18,6	4,04	212,5	51,7	3,51
9	29,9	0,0	4,27	17,8	0,0	3,64	14,0	0,0	2,45	28,3	8,0	3,15	66,6	9,3	4,04	354,7	23,8	3,51
10	28,8	0,0	4,27	17,6	2,7	3,64	13,8	1,7	2,45	30,7	19,2	3,15	67,8	4,1	4,04	567,2	1,2	3,51
11	28,0	0,0	4,27	17,4	0,0	3,64	13,5	2,9	2,45	33,1	0,5	3,15	69,9	10,2	4,04	767,9	1,2	3,51
12	26,8	0,0	4,27	17,3	0,0	3,64	13,5	0,9	2,45	35,9	0,0	3,15	105,0	21,8	4,04	836,5	6,0	3,51
13	26,1	0,0	4,27	17,2	0,0	3,64	13,4	0,3	2,45	41,3	2,9	3,15	115,7	13,6	4,04	754,8	8,7	3,51
14	25,4	0,0	4,27	16,8	0,0	3,64	13,3	0,0	2,45	34,0	12,6	3,15	125,6	5,0	4,04	673,8	7,9	3,51
15	24,7	0,0	4,27	16,7	0,0	3,64	13,6	0,0	2,45	28,0	4,7	3,15	188,7	3,6	4,04	620,8	6,0	3,51
16	24,2	0,0	4,27	16,8	0,0	3,64	15,2	0,0	2,45	28,3	15,5	3,15	201,8	10,0	4,04	572,3	26,1	3,51
17	25,4	0,8	4,27	16,6	1,4	3,64	15,5	0,0	2,45	26,6	10,4	3,15	198,9	8,7	4,04	544,1	7,8	3,51
18	27,3	6,7	4,27	16,3	0,0	3,64	16,1	0,0	2,45	31,4	15,1	3,15	195,3	16,6	4,04	585,7	1,2	3,51
19	32,1	0,0	4,27	16,2	4,6	3,64	16,6	0,0	2,45	38,5	28,5	3,15	179,8	7,8	4,04	693,2	12,5	3,51
20	30,4	0,0	4,27	16,0	4,6	3,64	16,6	0,0	2,45	38,9	5,4	3,15	169,1	27,5	4,04	680,7	0,0	3,51
21	26,9	0,0	4,27	16,4	3,9	3,64	16,2	0,0	2,45	35,5	0,0	3,15	156,1	33,0	4,04	617,5	7,6	3,51
22	26,1	0,0	4,27	16,4	0,0	3,64	15,3	0,0	2,45	38,5	0,0	3,15	168,7	1,7	4,04	516,2	13,1	3,51
23	25,6	2,8	4,27	16,1	0,0	3,64	15,0	0,0	2,45	65,0	2,2	3,15	235,7	17,4	4,04	445,9	9,6	3,51
24	26,6	0,0	4,27	16,7	1,0	3,64	14,6	0,0	2,45	105,0	16,4	3,15	289,7	10,8	4,04	362,4	4,4	3,51
25	27,1	0,0	4,27	18,0	3,2	3,64	14,2	0,0	2,45	109,7	7,9	3,15	326,2	16,2	4,04	344,5	15,1	3,51
26	25,1	0,0	4,27	17,7	0,8	3,64	14,2	2,8	2,45	90,2	7,0	3,15	323,6	20,7	4,04	340,5	23,4	3,51
27	24,5	0,5	4,27	17,3	0,0	3,64	14,7	7,8	2,45	65,8	1,2	3,15	298,2	11,5	4,04	354,2	4,5	3,51
28	24,2	0,0	4,27	17,0	0,0	3,64	15,1	4,5	2,45	47,4	12,2	3,15	274,2	1,0	4,04	360,9	11,1	3,51
29	23,5	0,0	4,27	16,6	0,0	3,64	14,5	1,0	2,45	43,1	4,0	3,15	307,6	0,0	4,04	393,9	10,8	3,51
30	22,3	0,0	4,27	16,2	0,0	3,64	14,8	6,9	2,45	38,1	2,2	3,15	368,0	2,0	4,04	443,7	19,1	3,51
31	21,4	0,0	4,27	15,9	1,9	3,64			2,45	34,3	20,9	3,15				427,7	14,3	3,51