



Organização do
Tratado de Cooperação
Amazônica



Fundo para o
Meio Ambiente
Mundial



Programa das Nações
Unidas

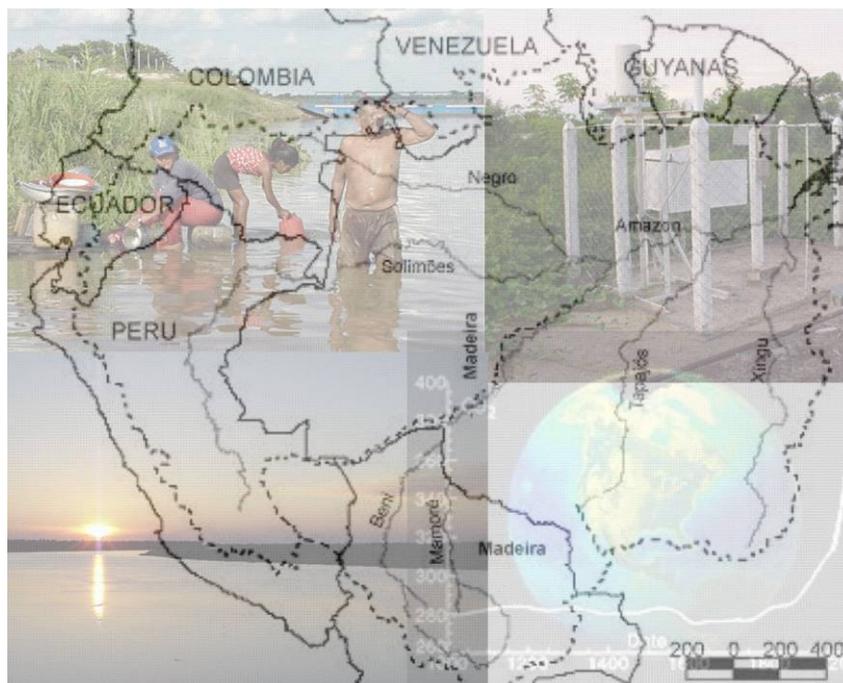


Organização dos Estados
Americanos

PROJETO GERENCIAMENTO INTEGRADO E SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS HÍDRICOS TRANSFRONTEIRIÇOS NA BACIA DO RIO AMAZONAS OTCA/GEF/PNUMA/OEA

Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname, Venezuela

Atividade III.1 Preparação da base conceitual e termos de referência para elaboração e funcionamento do sistema de prognóstico hidroclimático



Relatório Final

Base conceitual e termos de referência para elaboração e funcionamento do sistema de prognóstico hidroclimático

Brasília -DF

**PROJETO GERENCIAMENTO INTEGRADO E SUSTENTÁVEL DOS
RECURSOS HÍDRICOS TRANSFRONTEIRIÇOS NA BACIA DO RIO
AMAZONAS OTCA/GEF/PNUMA/OEA**

Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname, Venezuela

**Atividade III.1 Preparação da base conceitual e termos de referência para
elaboração e funcionamento do sistema de prognóstico hidroclimático**

Relatório Final

**Base conceitual e termos de referência para elaboração e
funcionamento do sistema de prognóstico hidroclimático**

ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DE COOPERAÇÃO AMAZONICA

Secretária Geral

Rosalía Arteaga Serrano

Diretor Executivo

Francisco Jose Ruiz Marmolejo

Coordenação Nacional

Paulo Lopes Varella Neto

Coordenação Internacional

Nelson da Franca Ribeiro dos Anjos

Consultor

Carlos E. M. Tucci

Daniel Allasia

Novembro de 2006

Base conceitual e termos de referência para elaboração e funcionamento do sistema de prognóstico hidroclimático

RESUMO EXECUTIVO

1.Introdução

A variabilidade climática e a pressão antrópica do desenvolvimento econômico associado à vulnerabilidade da população são fatores que aumentam o risco da população aos eventos naturais. A gestão destes riscos atua de forma preventiva através de redução da vulnerabilidade e das incertezas por meio do prognóstico de tempo, clima e hidrologia.

O projeto GEF AMAZONAS tem por objetivo fortalecer o marco institucional para planejar e executar, de forma coordenada, as atividades de proteção e gerenciamento sustentável do solo e dos recursos hídricos na bacia do rio Amazonas (Figura 1), em face dos potenciais impactos decorrentes das mudanças climáticas na Bacia.



Figura 1. Localização da Bacia do rio Amazonas em América do Sul.

Os objetivos do estudo é a definição da base conceitual e termos de referência para a elaboração e o funcionamento do sistema de prognóstico hidroclimatológico para a análise e caracterização das secas, enchentes e outros impactos que provavelmente poderão se amplificar devido à variabilidade e modificação climática para e gerenciamento integrado dos recursos hídricos e que contribuirão para identificar as questões de transfronteiras da bacia do rio Amazonas.

O rio Amazonas possui a maior bacia hidrográfica do mundo com cerca de 6,1 milhões de km², drenando área de 8 países da América do Sul, com vazão média estimada de 209 mil m³s⁻¹, correspondente a cerca de 1100 mm médio. Esta vazão representa 20% da vazão de

água doce afluenta ao Oceano. Pode-se observar que 7 países: Bolívia (10%), Colômbia, Equador, Guiana, Peru (14%), Suriname e Venezuela possuem área na cabeceira da bacia e o Brasil (68% da área da bacia) representa a maior área de drenagem e o terreno de jusante da planície de escoamento da bacia.

2. Gestão de Risco

De 1992 a 2001 os países em desenvolvimento tiveram 20% do total do número de desastres e mais de 50% de todos os desastres com mortes (WWAP, 2005). Existem cerca de 15 pessoas mortas por milhão de habitantes e 25 mil por milhão de habitantes que sofreram com desastres (período de 1994-2003, segundo ISDR, 2005). As perdas econômicas foram de em média de US\$ 66 bilhões por ano entre 1994 e 2003 (ISDR, 2005). Os primeiros 25 países afetados (habitantes mortos ou afetados) são ditos “em desenvolvimento” ou “pouco desenvolvido” (least developed) na África, Ásia e América. Entre 1985 a 1999 os países menos desenvolvidos perderam 13.4 % do seu PIB em desastres e os países em desenvolvimento 4%.

A tendência de aumento nos desastres naturais está relacionada principalmente com o crescimento da população, a ocupação da área de risco (áreas de inundação e costeira); crescimento econômico e sua pressão sobre o meio ambiente e a urbanização; variabilidade e mudança. Nos últimos anos 90% dos desastres naturais têm sido relacionados com as condições do tempo e o clima. Os fatores citados acima se inter-relacionam e o risco relacionado com os recursos hídricos é uma das principais desafios para a redução da pobreza junto com a maior a busca de maior sustentabilidade e redução da vulnerabilidade.

Os riscos de impacto relacionado com a água são principalmente devido aos efeitos da população e do ambiente natural e antrópico. Estes impactos podem estar relacionados de acordo com o sistema pelo seguinte:

- Desenvolvimento urbano: abastecimento, esgoto, drenagem e sólidos totais;
- Energia: demanda e produção;
- Navegação;
- Desenvolvimento rural
- *Desastres naturais relacionados com a água: inundações, secas, saúde, escorregamentos, avalanche, fome;*
- Meio ambiente: sustentabilidade ambiental, qualidade da água, desmatamento e fogo, etc.

As fontes dos riscos estão relacionadas principalmente com: a pressão que a sociedade exerce sobre o ambiente, devido à variação e mudança climática e a vulnerabilidade sócio-econômica.

As Nações Unidas na Assembléia geral de 22 de Dezembro de 1989 proclamou a Década Internacional de Desastres Naturais (IDNDR) seguidos pelo estabelecimento de um Conselho de Alto Nível. O secretariado apresentou os seguintes objetivos “reduzir por meio de ações internacionais, especialmente em países em desenvolvimento, a perda de vidas, danos a propriedades e interrupção as atividades sócio-econômicas por desastres naturais, como terremotos, tsunamis, tempestades de vento, enchentes, escorregamentos, erupções vulcânicas, fogos, infestações, secas, desertificações e outras calamidades de origem natural.” (Askew, 1999).

Por meio da resolução A/RES/58/214 da Assembléia das Nações Unidas durante a Conferência Mundial sobre Redução de Desastres, ocorrida em Kobe, Hyogo no Japão de 18 a 22 de Janeiro de 2005 foram identificados os problemas e desafios: *governança*: estrutura política, legal; *identificação do risco*, avaliação, monitoramento e alerta; *gerenciamento de*

conhecimento e educação; reduzir os fatores de risco; *efetiva preparação e resiliência*. Na declaração da conferência foi destacada a redução de desastre no desenvolvimento sustentável, redução da vulnerabilidade da sociedade, estados da responsabilidade para proteção da sociedade construir a resistência e participação (UN, 2005).

A *gestão de risco de desastres em recursos hídricos* é o desenvolvimento de ações para prevenção, medidas de mitigações para redução dos riscos. ISDR (2005) definiu como o seguinte “os processos sistemáticos, administrativos, decisores, organizações, operacionais e habilidades para criar capacidade na sociedade e comunidades para reduzir os impactos dos desastres naturais e desastres ambientais e tecnológicos relacionados”.

As medidas de controle ou de redução de risco podem ser do *tipo estrutural e não estrutural*. As medidas estruturais estão relacionadas com a alteração do sistema natural para suportar os eventos extremos, como diques, barragens, canalização entre outros. As medidas não-estruturais são as que permitem conviver com o sistema e preparando e mitigar os eventos através de medidas como seguro, zoneamento, e prognóstico. As medidas estruturais envolvem maiores custos e de qualquer forma e estão limitados quanto à segurança a um nível de risco. Portanto, o prognóstico se enquadra dentro das medidas não-estruturais de redução de risco. No item seguinte são definidos os elementos do prognóstico hidroclimático.

3. Prognóstico Hidroclimático

Os prognósticos são a estimativa das variáveis hidrológicas numa bacia ou em determinados locais da bacia. O prognóstico pode ser realizado por uma previsão ou predição. A *previsão* envolve a estimativa da variável num tempo definido no futuro, enquanto que a *predição* é a estimativa da variável para um determinado cenário de risco.

A previsão de vazão é uma das medidas utilizadas no gerenciamento dos recursos hídricos para minimizar as incertezas do clima. Vários usos da água como abastecimento de água, irrigação, navegação, hidrelétricas e inundações e conservação ambiental dependem da quantidade de água disponível nos rios. A condição climática futura é incerta, todos estes usos foram planejados baseando-se em estatísticas das séries históricas consideradas estacionárias. Contudo, têm sido observadas mudanças nas tendências de precipitação e temperatura em diferentes pontos do globo, como consequência do aumento da concentração de gases de efeito e do aquecimento globais mostrados pelos modelos globais de clima de vários centros mundiais (IPCC, 2001). A principal consequência do uso de séries não-estacionárias em recursos hídricos é o aumento da incerteza dos investimentos. A previsão de vazão pode ser utilizada para diminuir a incerteza e o risco dos usos da água e da conservação ambiental.

A previsão de vazão pode ser realizada em *curto prazo* com antecedências de poucas horas até cerca de 14 dias e *em longo prazo* com antecedência de até nove meses (Georgakakos e Krysztofowicz, 2001). Usualmente a previsão de curto prazo é utilizada para controle de inundações, mas também em outras aplicações como: previsão de níveis (e calado) para navegação, disponibilidade hídrica para irrigação, abastecimento de água e operação energética.

A *previsão de longo prazo* é a previsão realizada com antecedência de 1 a 9 meses. Esta é uma nova área em desenvolvimento em recursos hídricos, já que, no passado recente, este tipo de previsão se resumia na utilização de características sazonais das bacias (Villanueva et al, 1987 e Druce, 2001), mas nos últimos anos, com a melhoria da estimativa dos modelos climáticos e a identificação de relações entre as condições dos oceanos e as variáveis hidrológicas (Anderson et al, 2001), a previsão de longo prazo passou a apresentar resultados promissores com uso sequencial de modelos climáticos e hidrológicos (Tucci et al, 2003).

A *predição* envolve o estudo estatístico de tendência das variáveis climáticas e hidrológicas de vários anos ou os cenários hipotéticos futuros relacionados com o clima, uso do solo ou outros efeitos antrópicos como a modificação climática devido ao efeito estufa.

4. Prognóstico Climático na Bacia Amazônica

A Bacia Amazônica pelas suas características naturais influencia e sofre influência do uso do solo e do clima com abrangência nacional, continental e global. A variabilidade e modificação climática produzem efeitos no comportamento do clima e na hidrologia regional. Os efeitos de curto e longo prazo podem ser minimizados a partir da previsão de tempo e hidrológica, enquanto que a predição dos cenários potenciais futuros pode ser estimada com base na integração da previsão hidroclimática.

Este termo de referência estabelece *as bases conceituais e apresenta uma proposta de funcionamento do sistema de prognóstico hidroclimatológico* para a análise e caracterização das secas, enchentes e outros impactos que provavelmente poderão se amplificar devido à variabilidade e modificação climática para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos e que contribuirão para identificar as questões de transfronteiras da bacia do rio Amazonas.

A meta do projeto é o de melhorar a capacidade dos países da bacia do rio Amazonas para prever os impactos do tempo, a variabilidade e a mudança climática nos sistemas dependentes dos recursos hídricos.

Para atender este objetivo é necessário melhorar os prognósticos hidroclimáticos por meio do seguinte:

- Um sistema integrado para o prognóstico meteorológico, climático e hidrológico na bacia do rio Amazonas. Esta atividade envolve gerar capacidades para atuar sobre as inundações, secas e outros eventos extremos, mediante o uso coordenado e funcional dos recursos institucionais existentes na região.
- Estabelecer cenários climáticos, de uso de solo e hidrológicos para fortalecer o planejamento da Bacia Amazônica, facilitar a gestão sustentável dos recursos hídricos e contribuir ao planejamento do uso de solo, proteção das áreas úmidas, entre outros usos.
- Estimativa dos impactos da mudança climática, vulnerabilidades e planos de adaptação nos sectores e áreas representativas da bacia.

As principais características hidrológicas relacionadas com o prognóstico climático são as seguintes:

- Nos trechos montanhosos e de cabeceira os eventos são rápidos e ocorrem simultaneamente com as precipitações com pequenas diferenças entre a sua ocorrência e elevação dos níveis;
- À medida que as bacias crescem no seu trecho médio o tempo de resposta aumenta, mas ainda se encontram dentro do período de chuvas, com respostas de variam de 1 a 20 dias;
- No trecho de planície, principalmente dentro do território brasileiro os hidrogramas de cheias ocorrem já no período seco de chuvas desta região devido ao tempo de deslocamento das ondas de cheias, mas em ocasiões desfavoráveis este defasamento pode não ocorrer se a sazonalidade do ano não for marcante.
- Grande parte dos sedimentos que chega a planície é produzido na parte superior da bacia em função do relevo e de algumas ações antrópicas, enquanto a floresta é mantida com pouco impacto.

A estrutura metodológica do projeto considerou quatro etapas fundamentais para atuar sobre os efeitos dos eventos extremos e da variabilidade climática nos recursos hídricos da bacia do rio Amazonas. Na figura 3.1 é apresentada a estrutura metodológica com os principais componentes apresentados a seguir, desmembrado em sub-componentes:

A. Informações: Melhorar a qualidade e quantidade dos dados disponíveis na bacia para permitir a previsão e predição de vazões e outras variáveis climáticas e hidrológicas;

B. Avaliação: Aumento do conhecimento sobre o uso e tipo de solo, comportamento do tempo e da hidrologia. O melhor entendimento dos processos regionais e as características dos sistemas são fundamentais para uma melhor previsão e predição.

C. Prognóstico: Implementar e/ou melhorar o prognóstico hidroclimático: previsão e análise de cenários buscando minimizar os impactos sobre os principais sistemas de recursos hídricos.

D. Gestão dos Impactos: Estimar vulnerabilidades, oportunidades, medidas mitigadoras e adaptação para reduzir as vulnerabilidades aos riscos climáticos.

E. Sistema de Gestão: O funcionamento do prognóstico depende de um sistema de Gestão onde estão presentes as instituições: características, política, atribuições e organização; seus recursos humanos: pessoal para atuar nas atividades do projeto; e infra-estrutura: rede de monitoramento, equipamentos de campo e escritório e softwares (figura 2). A funcionalidade deste sistema é representada na figura 3 tanto para a previsão como a predição de Cenários, pois se baseia num Centro de Previsão: como a infra-estrutura de pessoal e equipamentos e software e rede de monitoramento de dados telemétricos e da rede básica de dados.

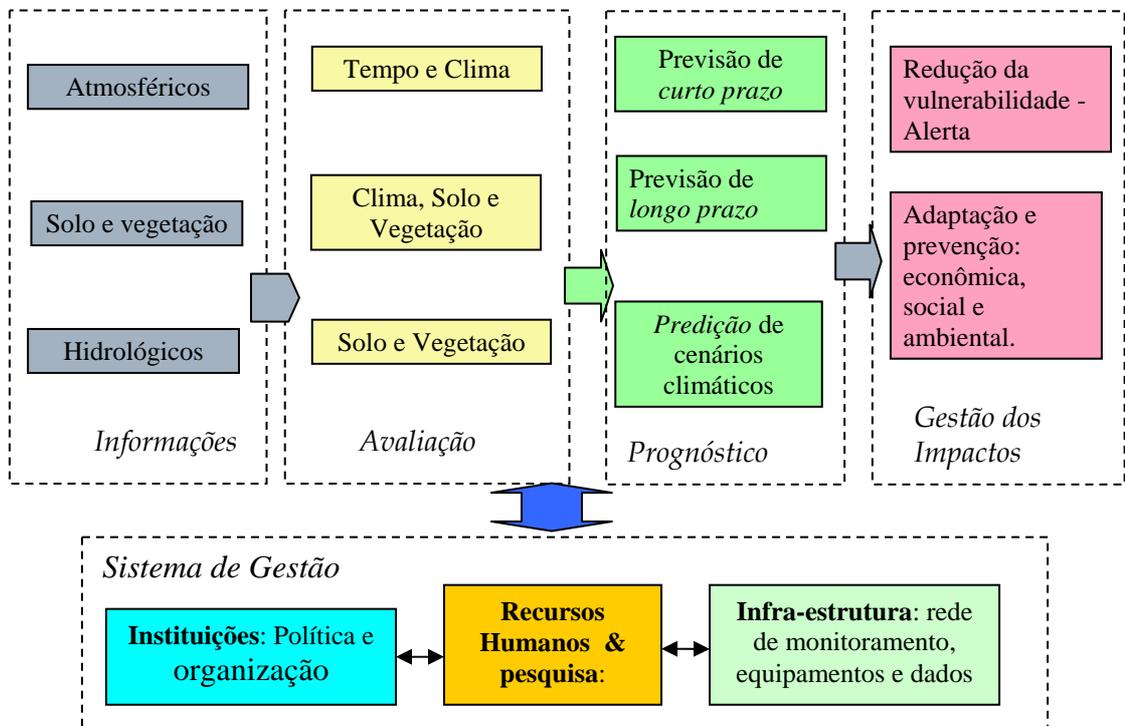


Figura 2 Estrutura para gestão do Prognóstico Hidroclimático.

O sistema de gestão depende das instituições, infra-estrutura e dos recursos humanos. Para o desenvolvimento da previsão será definida uma instituição por país responsável com as seguintes atribuições:

- Coordenar a implantação da rede de monitoramento no território do país;
- Coordenar a operação e manutenção da rede de monitoramento no país;
- Implementar um Centro de Prognóstico, utilizando instalações e infra-estrutura existente e/ou complementada pelo projeto;
- Desenvolver no Centro de Prognóstico a coleta, armazenamento, processamento e análise dos dados e a previsão de precipitação, vazão e níveis para as bacias de abrangência do Centro;
- Cooperar com os outros centros da bacia Amazônia na troca de dados, modelos e resultados na bacia.

As instituições devem desenvolver workshops trimestrais visando trocar experiência e discutir as previsões para a bacia e programar atividades conjuntas.

A infra-estrutura é composta pelo Centro de Prognóstico e rede monitoramento (equipamentos e transmissão). Foram previstas atividades para complementar a rede básica e telemétrica existente e avaliação e definição dos Centros de Prognósticos em cada país. Foram previstas atividades de capacitação para os recursos humanos dentro de perspectivas de curto e longo prazo além das missões técnicas de contínua interação entre os grupos dos países, visando o melhor funcionamento integrado dos Centros de Prognósticos de forma integrada entre os países com o foco de atendimento regional (país) e transfronteiriço.

Para cada um dos componentes das da estrutura do sistema de Prognóstico foram previstas atividades específicas que levam aos produtos finais de mitigação dos impactos devido aos eventos naturais e antrópicos na bacia Amazônica.

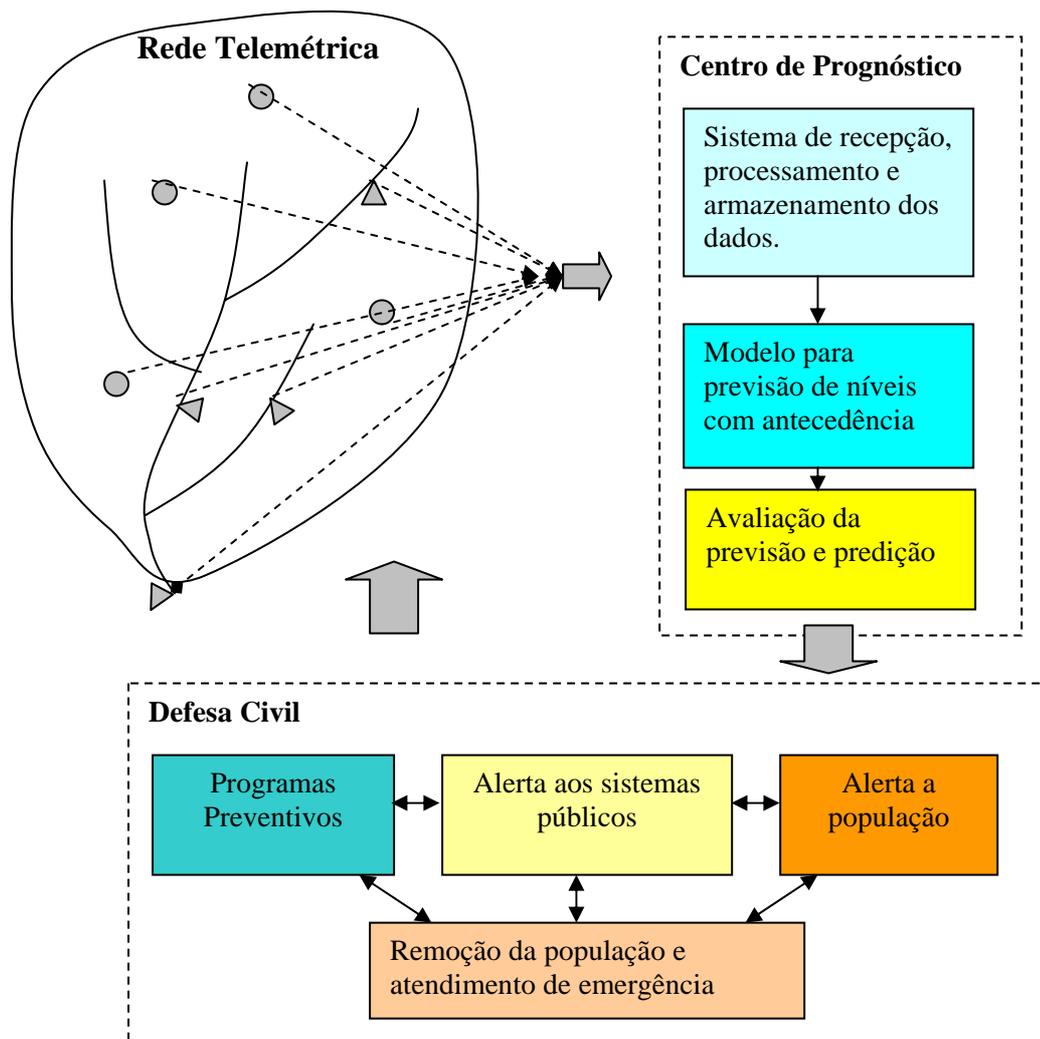


Figura 3 Funcionalidade do sistema de Previsão

Base conceitual e termos de referência para elaboração e funcionamento do sistema de prognóstico hidroclimático

Sumário

INTRODUÇÃO.....	1
1. DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS DE PROGNÓSTICO HIDROCLIMÁTICO EXISTENTES NOS PAÍSES MEMBROS DA OTCA.	4
1.1 Bolívia	4
1.2 Brasil.....	8
1.2.1 Meteorologia.....	8
1.2.2 Hidrologia.....	9
1.3 Colômbia	12
1.4 Equador.....	15
1.5 Guiana.....	17
1.6 Peru.....	19
1.7 Suriname.....	21
1.8 Venezuela	24
1.9 Resumo	25
2. PREVISÃO E GESTÃO DOS RISCOS HIDROCLIMÁTICOS	27
2.1 Desastre, Risco e Vulnerabilidade.....	27
2.2 Variabilidade e Mudança Climática	28
2.3 Conseqüências sociais, econômicas e ambientais de desastres hidroclimáticos	28
2.3.1 Impactos	28
2.3.2 Causas dos riscos	30
2.3.3 Necessidades globais e regionais.....	33
2.4 Gestão de risco	34
2.5 Prognóstico hidroclimático.....	36
2.5.1 Previsão de curto prazo.....	37
Figura 32. Previsão Hidrológica.....	39
2.5.2 Previsão de Longo Prazo	40
2.5.3 Predição	40
2.6 Histórico de desastres hidroclimáticos na bacia Amazônica.....	41
3. TERMOS DE REFERENCIA PARA UM SISTEMA DE PROGNÓSTICO HIDROCLIMÁTICO INTEGRADO	45
3.1 Introdução.....	45
3.2 Objetivos.....	45
3.3 Características da Bacia Amazônica.....	46
3.6 Sistema de Prognóstico.....	48
3.6.1 Estrutura geral	48
3.6.2 Sistema de Gestão.....	49
3.6.3 Informações	53
3.6.4 Processos	54
3.6.5 Prognóstico	54
3.6.6 Gestão de Impactos.....	56

3.7 Cronograma	57
3.8 Operacionalização da previsão	57
3.9 Estimativa dos Custos.....	62
3.9.1 Rede de Monitoramento	62
3.9.2 Equipe Necessária.....	63
3.9.3 Infra-Estrutura do Centro de Prognóstico.....	64
3.9.4 Custos das Atividades.....	64
4. CONCLUSÕES	68
5. RECOMENDAÇÕES.....	68
6. PRINCIPAIS ATORES.....	69
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS SELECIONADAS	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da bacia amazônica em América do Sul.	1
Figura 2. Mapa hidrográfico da Bolívia com a parcela Amazônica identificada em azul.	5
Figura 3. Rede básica de postos meteorológicos de Bolívia (FONTE: SENAMHI, 2006)	6
Figura 4. Rede básica de postos fluviométricos de Bolívia (FONTE: SENAMHI, 2006).....	6
Figura 5. Rede de estações meteorológicas automáticas (FONTE SENAMHI, 1998, apud Matos e Crespo (2000)	7
Figura 6. Rede de estações fluviométricas automáticas em instalação na bacia Amazônica (FONTE SENAMHI, 2006).....	7
Figura 7. Rede básica de postos meteorológicos na Amazônia Brasileira. Postos meteorológicos do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e rede de pluviômetros da Agência Nacional de Águas (ANA).....	10
Figura 8. Rede telemétrica de postos pluviométricos da Agência Nacional de Águas (ANA) (ANA, 2006).....	10
Figura 9. Rede básica de postos fluviométricos na Amazônia Brasileira (ANA, 2006)	11
Figura 10. Rede telemétrica de registro de níveis e vazão na Amazônia Brasileira da Agência Nacional de Águas.....	12
Figura 11. Rede básica de postos meteorológicos de Colômbia (FONTE: EGMA-UNC, 2006)	13
Figura 12. Rede básica de postos fluviométricos de Colômbia (FONTE: EGMA-UNC, 2006)	13
Figura 13. Rede básica de postos sinóticos com transmissão de dados horários de Colômbia (SP: postos sinóticos principais; SS Sinóticos secundários) (EGMA-UNC, 2006)	14
Figura 14. Rede de estações de monitoramento hidrológico em tempo real (IDEAM, 2006). 14	
Figura 15. Grade de precipitação obtida a partir da rede de observações hidrometeorológicas do dia 12/10/2006.	15
Figura 16. Rede básica de postos meteorológicos de Equador (fonte: FAOCLIM 2).....	16
Figura 17. Rede básica de postos sinóticos de Equador (Thompson, 2006)	17
Figura 18. Rede básica de estações meteorológicas de Guiana (Rahaman, 2006).....	18
Figura 19. Rede meteorológica telemétrica de Guiana (Rahaman, 2006).....	19
Figura 20. Rede básica de postos pluviométricos no Peru (FONTE: SENAMHI, 2002)	20
Figura 21. Rede básica de postos fluviométricos no Peru (FONTE: SENAMHI, 2002).....	20
Figura 22. Rede básica de postos fluviométricos e de qualidade de água de Suriname (Nurmohamed <i>et al</i> , 2006a.).....	22
Figura 23. Rede básica de pluviométrica com o registro mais extenso (Nurmohamed. R e Naipal. S. 2006b).....	23

Figura 24. Rede de postos meteorológicos com transmissão mínima diária de dados (MDS, 2006).....	23
Figura 25. Rede de postos em tempo real.....	25
Figura 26. Localização dos postos cadastrados na OMM	25
Figura 27. Mais de 2.200 de desastres naturais relacionados com a água de menor e maior ocorreram no mundo entre 1990 e 2002.....	29
Figura 28. Aumento do número de eventos hidrometeorológicos durante o século vinte. (ISDR,2005).	30
Figura 29. Estrutura da Gestão de risco.....	35
Figura 30. Gestão de risco (adaptado de Plate, 2004).	36
Figura 31. Esquema da previsão hidroclimática.....	38
Figura 32. Previsão Hidrológica.....	39
Figura 33. Áreas de Inundação na bacia Amazônica (Freitas, 2006).....	41
Figura 34. Imagens do desenvolvimento urbano de Manaus ao longo do tempo (Freitas, 2006)	42
Figura 35. Tendência de variabilidade da precipitação no Norte e Sul da Amazônia com base em índice normalizado (Marengo, 2004).	43
Figura 36. Prognóstico de alteração no clima para duplicação do CO2 com o modelo do Hardley Center para temperatura e Precipitação.	44
Figura 37. Bacia Amazônica (Ribeiro Neto, 2006).....	46
Figura 38. Estrutura para gestão do Prognóstico Hidroclimático.....	49
Figura 39. Funcionalidade do sistema de Previsão.....	50
Figura 40. Fluxo de atividades	58
Figura 41: Ciclo mensal de previsãode longo prazo e tempos de execução.....	59
Figura 42: Ciclo mensal de previsão de curto prazo e tempos de execução.	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Estações meteorológicas em Bolívia por Departamento.	5
Quadro 2. Resumo das informações nos países.....	26
Quadro 3. Proporção (%) dos impactos devido às inundações, ondas e tempestades como comparação do total dos desastres naturais no período 1994-2003 (ISDR, 2005).....	30
Quadro 4. Proporção da Área de drenagem e da Vazão de cada sub-bacia (Molinier et al 1995)	47
Quadro 5. Características Hidrológicas de algumas bacias da Amazônia (dados obtidos de Filizola Jr, 1997).....	47
Quadro 6. Custos da Rede, Pessoal e Infra-estrutura	63
Quadro 7. Custos das Atividades.....	65
Quadro 8. Resumo dos custos do projeto	68
Quadro 9. Atores	69

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Urbanização e impermeabilização em Manaus.....	43
--	----

SIGLA E ABREVIATURAS

GEF	Fundo para o Meio Ambiente Mundial
ISP	Estratégia Interamericana para a Promoção da Participação Pública na Tomada de Decisões sobre Desenvolvimento Sustentado
OEA	Organização dos Estados Americanos
ONG	Organização Não Governamental
OTCA	Organização do Tratado de Cooperação Amazônica
PEP	Plano de Envolvimento Público
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
SENAMHI	<i>Servicio Nacional de Meteorología e Hidrologia</i>
AASANA	Administração de de Aeroportos de Bolivia
LBA	Experimento de Larga Escala na Biosfera e Atmosfera da Bacia Amazônica
OMM	Organização Meteorológica Mundial
MBAR	Modelo Brasileiro de Alta Resolução
BRAMS	Brazilian Regional Atmospheric Model
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia- Brasil
CCMAD	Centro de Computação Meteorológica de Alto Desempenho - Brasil
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) - Brasil
ANA	Agência Nacional de Águas - Brasil
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo - Brasil
IDEAM	Instituto de Hidrologia, Meteorologia y Estudios Ambientales - Colômbia
FAO	Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação.
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrologia
PHI	Programa Hidrológico Internacional
INRENA	Instituto Nacional de Recursos Naturais - Perú
EDELCA	Empresa de Energia de Venezuela
CENAPH	Centro Nacional de Alerta y Pronósticos Hidrometeorológico - Venezuela
INAMEH	Instituto Nacional de Meteorologia e Hidrologia

INTRODUÇÃO

Na bacia Amazônica (Figura 1) existem várias ações isoladas através de entidades de pesquisa, de governo e privadas que buscam desenvolver conhecimento e ações para a sustentabilidade dentro dos países. Estas ações estão fragmentadas e usam pouco da sinergia potencial.

O estabelecimento de ação conjunta em toda a bacia do rio Amazonas que guie o processo de desenvolvimento com caráter sócio-educativo e participativo é necessário para dar sustentabilidade social e ambiental.

A criação e o funcionamento da OTCA (Organização do Tratado de Cooperação Amazônica) é um meio conseqüente para fortalecer, coordenar e apoiar as ações dos países amazônicos e comunidade em geral na direção do gerenciamento integrado dos recursos hídricos transfronteiriços por eles compartilhados.



Figura 1. Localização da bacia amazônica em América do Sul.

GEF Amazonas

A Secretaria Permanente da OTCA é a agência responsável pela consecução dos objetivos do Tratado solicitou apoio financeiro junto ao Fundo para o Meio Ambiente Mundial – GEF visando a formulação de um projeto de fortalecimento do marco institucional para planejar e executar atividades de proteção e gerenciamento sustentável dos recursos hídricos na bacia do rio Amazonas. As atividades planejadas incluem a identificação e implementação de ações e programas para proteger e conservar a água do rio e seus ecossistemas associados.

A proposta delineada é resultado das prioridades e necessidades da bacia apontadas pelos países amazônicos em diversos foros realizados no âmbito do Tratado de Cooperação Amazônico. Os oito países participantes destacaram conjuntamente a necessidade de se estabelecer um marco de ação comum na bacia do rio Amazonas de forma a: lidar cooperativamente com os principais problemas ambientais que atingem a bacia e afetam os países. As atividades planejadas incluem a identificação e implementação de ações e programas para proteger e conservar a água do rio e seus ecossistemas associados; o gerenciamento integrado e participativo para que oportunidades e alternativas para futuras gerações sejam garantidas.

O projeto GEF AMAZONAS tem por objetivo fortalecer o marco institucional para planejar e executar, de forma coordenada, as atividades de proteção e gerenciamento sustentável do solo e dos recursos hídricos na bacia do rio Amazonas, em face dos potenciais impactos decorrentes das mudanças climáticas na Bacia. O Projeto visa a sustentabilidade, preservação e conservação dos ecossistemas, contemplando o gerenciamento integrado dos recursos hídricos transfronteiriços e as mudanças climáticas.

Objetivos do projeto

A Bacia Amazônica pelas suas características naturais influencia e sofre influência do uso do solo e do clima com abrangência nacional, continental e global. A variabilidade e modificação climática produzem efeitos no comportamento do clima e na hidrologia regional. Os efeitos de curto e longo prazo podem ser minimizados a partir da previsão de tempo e hidrológica, enquanto que a predição dos cenários potenciais futuros pode ser estimada com base na integração da previsão hidroclimática.

Os objetivos do estudo é a definição da base conceitual e termos de referência para a elaboração e o funcionamento do sistema de prognóstico hidroclimatológico para a análise e caracterização das secas, enchentes e outros impactos que provavelmente poderão se amplificar devido à variabilidade e modificação climática para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos e que contribuirão para identificar as questões de transfronteiriças da bacia do rio Amazonas.

Resumo dos capítulos que seguem

No capítulo seguinte é apresentado um diagnóstico sobre as ações existentes nos países da bacia sobre a gestão prognóstico climático, iniciando por uma descrição breve das principais características da bacia.

No capítulo 2 é apresentada uma visão sobre os principais aspectos sobre o prognóstico climático, considerando o estado da arte, experiências e ocorrências na Amazônia. A ênfase deste capítulo se baseia na identificação dos elementos de base para o desenvolvimento do termo de referência quanto ao conhecimento adquirido.

O capítulo 3 trata do termo de referência propriamente dito, onde são definidos os elementos para a construção de um sistema de prognóstico para a bacia, fundamentando as linhas principais e os projetos.

Os capítulos 4 e 5 tratam das conclusões e recomendações sobre o assunto, delineando uma síntese dos resultados do projeto e sua integração com o futuro desta atividade. Os capítulos 6, 7 e 8 complementam as informações do estudo, ou seja, atores, referências e anexos.

1. DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS DE PROGNÓSTICO HIDROCLIMÁTICO EXISTENTES NOS PAÍSES MEMBROS DA OTCA.

O prognóstico hidroclimático depende de dados meteorológicos e hidrológicos, geralmente disponíveis em entidades diferentes nos países. Na apresentação dos países a seguir serão descritos os seguintes aspectos principais: entidades responsáveis pela coleta e processamento dos dados meteorológicos/climáticos e hidrológicos. As principais características destas informações quanto a rede, localização e qualidade, segundo o relatório das informações obtidas.

1.1 Bolívia

Na Bolívia (Figura 2) a coleta de dados hidroclimáticos e a previsão de climática e hidrológica são responsabilidade do *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrologia* (SENAMHI). O SENAMHI foi criado em 1968 e atualmente pertence ao Ministério de Desarrollo Sostenible y Planificación sendo a sua função primordial a de legislar, administrar e centralizar as atividades hidrometeorológicas do país. Também é tarefa do SENAMHI, a instalação e administração da rede de medição hidrológica e hidrometeorológica da Bolívia, coordenando esta tarefa com a Força Aérea Boliviana, a AASANA (Administración de Aeropuertos) e a Dirección Nacional de Hidrografía Naval, que são instituições que também contam com dados hidrometeorológicos.

Das 855 estações meteorológicas existentes no país (Figura 3), 496 se encontram localizadas na bacia amazônica, 142 nas bacias endorréicas e 217 na bacia do rio da Prata (Matos e Crespo, 2000). Dentro da bacia amazônica, a bacia do rio Beni tem a maior densidade de estações meteorológicas, com uma média de 10 estações a cada 10.000 km². Já a rede hidrométrica de Bolívia, conta atualmente com um total de 75 estaciones em funcionamento (Figura 4) nos 9 departamentos (SENAMHI, 2006).

De acordo com Carrasco Gallardo (2006), a rede hidrometeorológica da Bolívia não cobre o território com a densidade adequada para os padrões da Organização Meteorológica Mundial, e, os aparelhos instalados, muitas vezes não cumprem com as condições adequadas de manutenção e operação. Em particular, foi observada a existência de diversos postos hidrológicos que contam com régua para medição de níveis, mas não com medições de vazão, ou com poucas medidas para elaborar uma curva chave confiável. O SENAMHI possui muitas restrições orçamentárias para atender as demandas do mercado de forma satisfatória, precisando de um fortalecimento institucional para atender os serviços hidro-meteorológicos (Carrasco Gallardo, 2006).

A rede hidrometeorológica em tempo real de Bolívia, também possui uma densidade de muito baixa (Figura 5). No entanto, nos últimos tempos, graças ao apoio de instituições internacionais, e, principalmente, das relacionadas com o projeto Large-Scale Experiment in the Biosphere and Atmosphere of the Amazon Basin (LBA) houve melhora na rede de coleta de dados e da capacidade de simulação atmosférica. Estão sendo instaladas na Bolívia. Atualmente estão sendo instaladas 14 estações hidrométricas automáticas com transmissão de dados em tempo real mediante satélite. Na bacia Amazônica, as estações estão sendo instaladas em: Ponte Gumucio sobre o rio Chapare, Puerto Villarroel sobre o rio Ichilo, Sena sobre o rio Madre de Dios, Guanay sobre o rio Mapiri, Puente Sapecho sobre o rio Alto Beni, Aranjuez sobre o rio Choqueyapu, Abapó sobre o rio Grande e Puente Arce sobre o rio Grande (SENAMHI, 2006) (Figura 6).

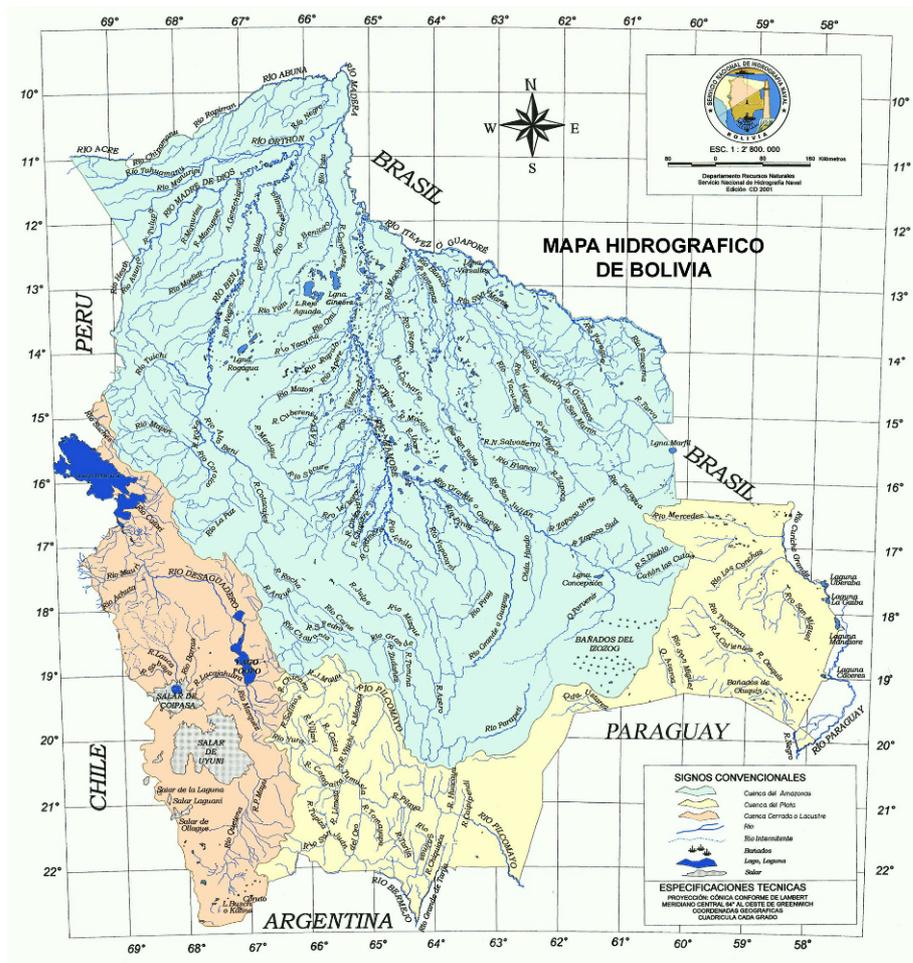


Figura 2. Mapa hidrográfico da Bolívia com a parcela Amazônica identificada em azul.

Quadro 1. Estações meteorológicas em Bolívia por Departamento.

Departamento	Tipo de estação							Total
	SP	SO	CP	CO	TP	PVG	PVM	
Pando		1			2	2		5
Beni		8		1	3	2	4	18
Santa Cruz		9		11	11	15	64	110
Cochabamba	1			8	35	8	106	158
Chuquisaca			2	5	7	12	75	101
La Paz	1	3	1	13	48	19	146	231
Oruro		1		2	11	7	11	32
Potosí		1	3	5	13	5	76	103
Tarija		2	1	2	10	9	73	97
TOTAL	2	25	7	47	140	79	555	855

SP, Sinótica principal

SO, Sinótica ordinaria

CP, Climatológica principal

CO, Climatológica ordinária

TP, Termopluiométrica

PVG, Pluviográfica

PVM, Pluiométrica

Fonte: SENAMHI, 1998, apud Matos e Crespo (2000)

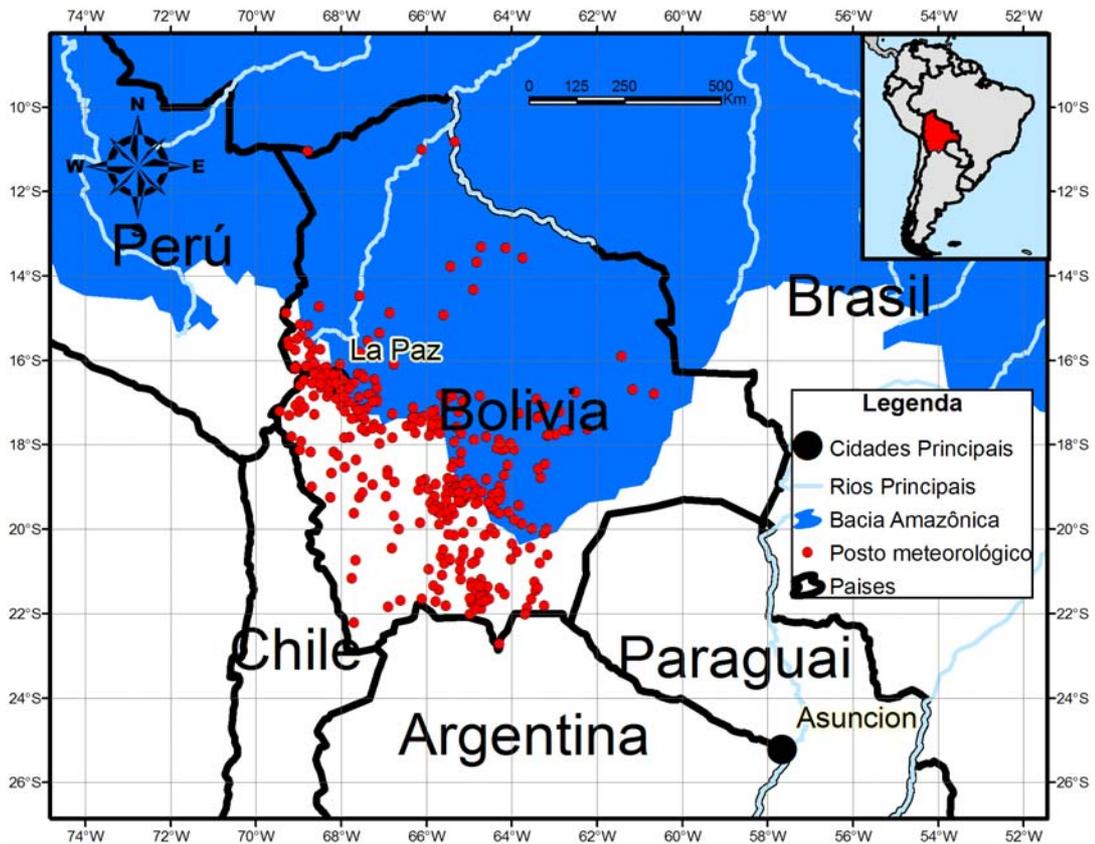


Figura 3. Rede básica de postos meteorológicos de Bolívia (FONTE: SENAMHI, 2006)

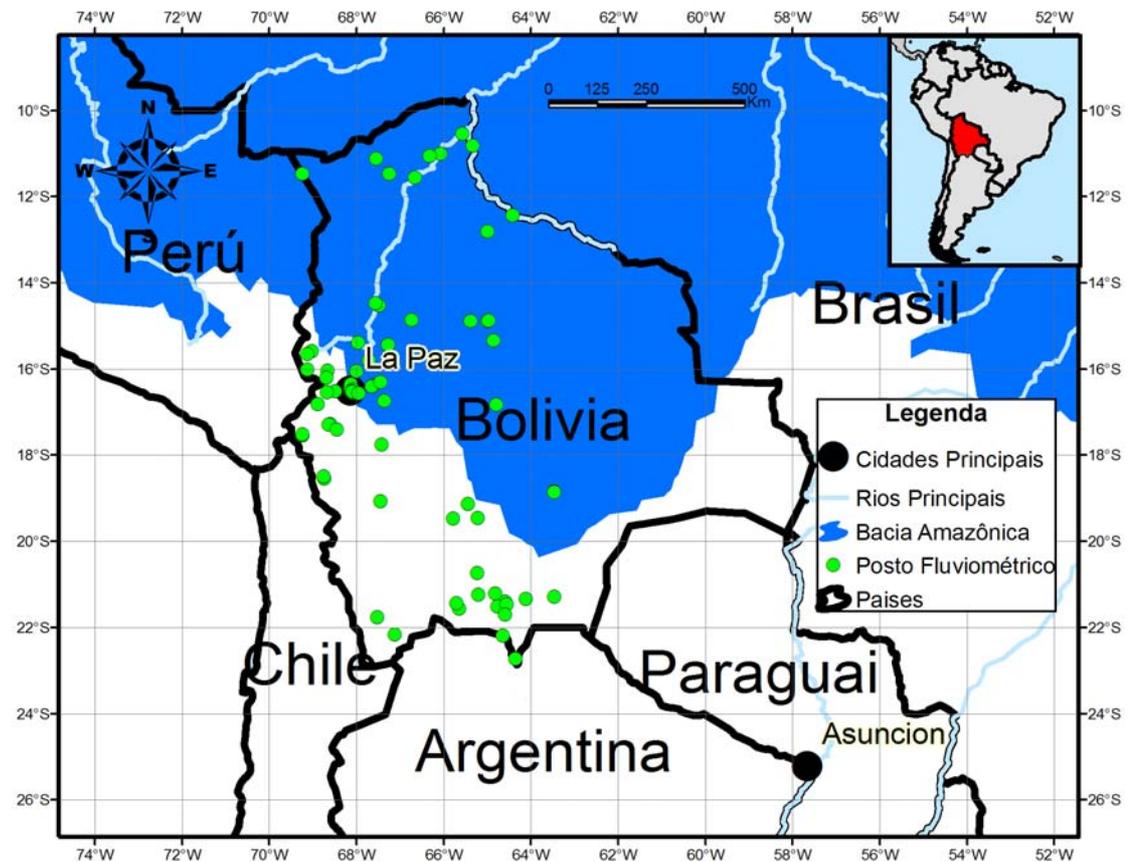


Figura 4. Rede básica de postos fluviométricos de Bolívia (FONTE: SENAMHI, 2006)

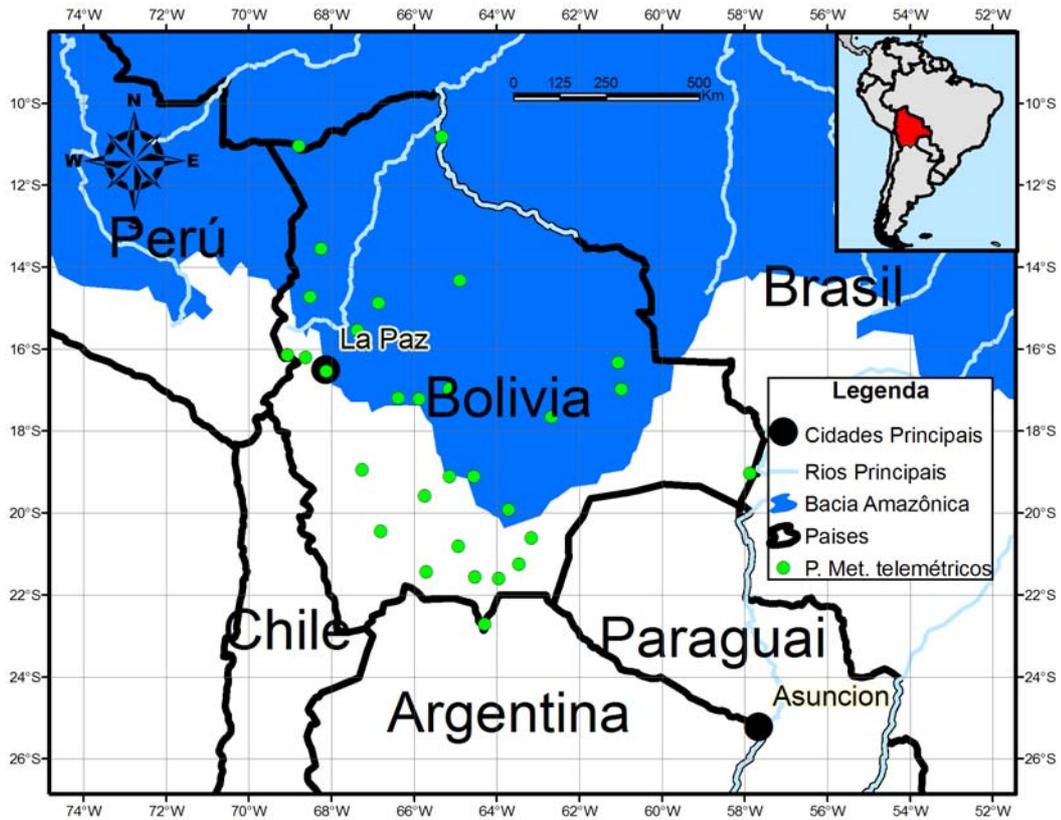


Figura 5. Rede de estações meteorológicas automáticas (FONTE SENAMHI, 1998, apud Matos e Crespo (2000))

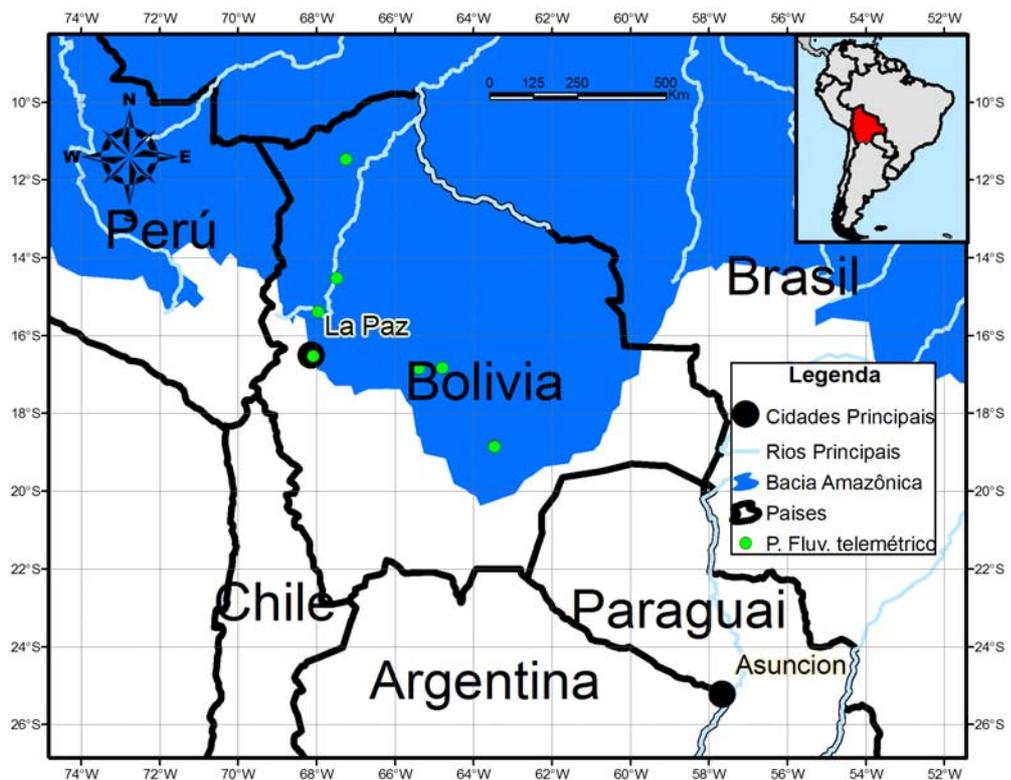


Figura 6. Rede de estações fluviométricas automáticas em instalação na bacia Amazônica (FONTE SENAMHI, 2006)

Embora Bolívia não conste com um modelo de previsão atmosférica operacional no território, são realizadas previsões atmosféricas a partir dos resultados de modelos instalados em outros países. Em particular, se destaca a utilização do Modelo BRAMS (Tripoli e Cotton, 1982; Mahrer e Pielke 1977) que é operacionalizado nos laboratórios MASTER do IAG - USP com uma grade especialmente localizada sobre a Bolívia. Também são realizadas previsões de longo prazo através de modelos estocásticos, principalmente nas áreas do Lago Popó, de grande importância estratégica e econômica para a Bolívia, já que nos últimos anos sofreu uma grande seca que praticamente fez o Lago desaparecer.

Na área hidrológica, se destaca a análise da dinâmica dos glaciares localizados nos Andes Tropicais desenvolvida em conjunto com o Institut de Recherche pour le Développement "IRD" da França.

1.2 Brasil

1.2.1 Meteorologia

O Brasil é o país com maior área na bacia Amazônica (60%) e com a melhor organização para previsão meteorológica e hidrológica. A previsão meteorológica operacional é realizada com diversos modelos numéricos (Modelo Brasileiro de Alta Resolução – MBAR, desenvolvido pela Deutscher Wetterdienst (DWD) que é o Serviço Meteorológico Alemão; ETA, Brazilian Regional Atmospheric Model – BRAMS, desenvolvido originalmente na Universidade do Colorado nos Estados Unidos e no Brasil por várias universidades e Centros de Pesquisa liderados pelo Instituto de Astrofísica da Universidade de São Paulo; Modelo ETA desenvolvido originalmente pelo Serviço Meteorológico Americano e atualmente pelo CPTEC/INPE; Modelo de Mesoescala 5 –MM5, desenvolvido pelo serviço meteorológico europeu ECMWF, etc.) e, por consenso, em dois organismos nacionais e diversos órgãos regionais.

O *Instituto Nacional de Meteorologia* (INMET) é órgão pertencente ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), responsável pela *meteorologia* no Brasil, representando o país junto à Organização Meteorológica Mundial (OMM), entidade das Nações Unidas para meteorologia e hidrologia. Sua sede, no Brasil, está localizada em Brasília - DF. O Instituto conta com avançada tecnologia de recepção de imagens de satélites. Sofisticados supercomputadores compoem o Centro de Computação Meteorológica de Alto Desempenho (CCMAD) que opera o Modelo Brasileiro de alta Resolução (MBAR), modelo de previsão numérica do tempo com a mais alta resolução para a América Latina. O INMET possui um Sistema de Gestão da Qualidade, ferramenta que padroniza atividades fins, através de 14 procedimentos documentados, com a preocupação de formalizar padrões baseados na Norma NBR ISO 9001-2000 para melhor atender os usuários dos serviços meteorológicos. O sistema de Gestão da Qualidade do INMET foi reconhecido através da certificação em 1999 sendo recertificado em 2002. O INMET desenvolve a coleta, e fornecimento de dados, produtos e serviços meteorológicos na forma multi-planta, ou seja, esse padrão estabelecido se estende pelos 10 Distritos Regionais e suas 400 estações meteorológicas de superfície distribuídas pelo País.

O Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é o outro organismo nacional dedicado no Brasil às previsões meteorológicas, com foco principal no desenvolvimento científico e tecnológico. O INPE é um Centro ligado ao Ministério de Ciência e Tecnologia. O CPTEC possui supercomputadores SX-3/12R e SX-4/8A fabricados pela NEC Corporation do Japão, e que são, provavelmente dos mais rápidos da América do Sul. Estes computadores possuem capacidade de processar até 3,2 bilhões e 16 bilhões de operações aritméticas em ponto

flutuantes por segundo, respectivamente. Isso significa permite o uso de modelos numéricos para simulação de tempo e clima, integrando informações atmosféricas e oceânicas. O resultado disso são previsões de tempo confiáveis, para todo o país. O sistema de computação é alimentado por informações derivadas dos satélites Meteosat e Goes, da rede de dados da Organização Meteorológica Mundial (OMM) e das redes nacionais sob a responsabilidade do INMET (Ministério da Agricultura). Outras informações vêm do DEPV (Ministério da Aeronáutica), DHN (Ministério da Marinha), centros estaduais de meteorologia e de outros centros internacionais. O satélite brasileiro (SCD-1), que coleta dados ambientais, também desempenha papel importante no levantamento de informações necessárias à pesquisa meteorológica no INPE.

Os centros regionais de previsão de tempo e clima se agrupam em torno dos cursos de meteorologia. Estes centros se dedicam a fazer previsões em modelos de Mesoscala, acoplados aos modelos do CPTEC e outros centros mundiais. No Brasil existem seis cursos de formação de meteorologistas de nível superior na Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Federal da Paraíba (UFPB) (Campos de Campina Grande), Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade de São Paulo (USP) e Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Existe também o curso de Formação de Especialistas em Meteorologia, na Aeronáutica, para operarem na área de Proteção ao Voo. E ainda devem ser considerados os grupos de meteorologia de rio Grande (Grupo de Estudos em Previsão Regional Atmosférica – GEPR) e o CIRAN/EPAGRI (Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia - CIRAM/Epagri) do Estado de Santa Catarina.

Todos os centros mencionados realizam previsões operacionais para América latina e locais específicos do Brasil. Destaca-se dentre estes centros, o laboratório de Meteorologia Aplicada a Sistemas Regionais (MASTER - <http://www.master.iag.usp.br/>) que, em conjunto com outras instituições, além da previsão operacional, realiza a previsão por um *super-ensemble*, ou seja, trabalha estatisticamente as saídas de mais de 30 modelos diferentes para produzir a previsão mais provável.

Os principais órgãos operacionais de meteorologia do Brasil que mantêm uma rede de observação em nível nacional são: O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) do Comando da Aeronáutica e a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Comando da Marinha, ambos do Ministério da Defesa, além do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Ministério da Ciência e Tecnologia (INPE) (INMET, 2006). A localização dos postos da rede básica pode ser observada na Figura 7, e os postos telemétricos de precipitação na Figura 8.

1.2.2 Hidrologia

A coleta e disseminação dos dados hidrológicos no Brasil são de responsabilidade da Agência Nacional de Água - ANA. Existem também entidades estaduais com rede para coleta de dados que atuam em cooperação com a ANA. Esta instituição é uma autarquia sob regime especial, com autonomias administrativas e financeiras, vinculadas ao Ministério do Meio Ambiente. A ANA tem com finalidade de implementar, em sua esfera de atribuições, a Política Nacional de Recursos Hídricos, integrando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, no qual está o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. A ANA não possui previsão constitucional; sendo assim, sua delegação vem indicada pela lei que a instituiu e sua função normativa não pode ser maior do que a exercida por outro órgão, de forma que não pode regular matéria que não está prevista em lei. A ANA, nesse sentido, pode

regular a própria atividade da agência, conceituar, interpretar, explicitar conceitos jurídicos indeterminados contidos em lei, sem inovar a ordem jurídica.

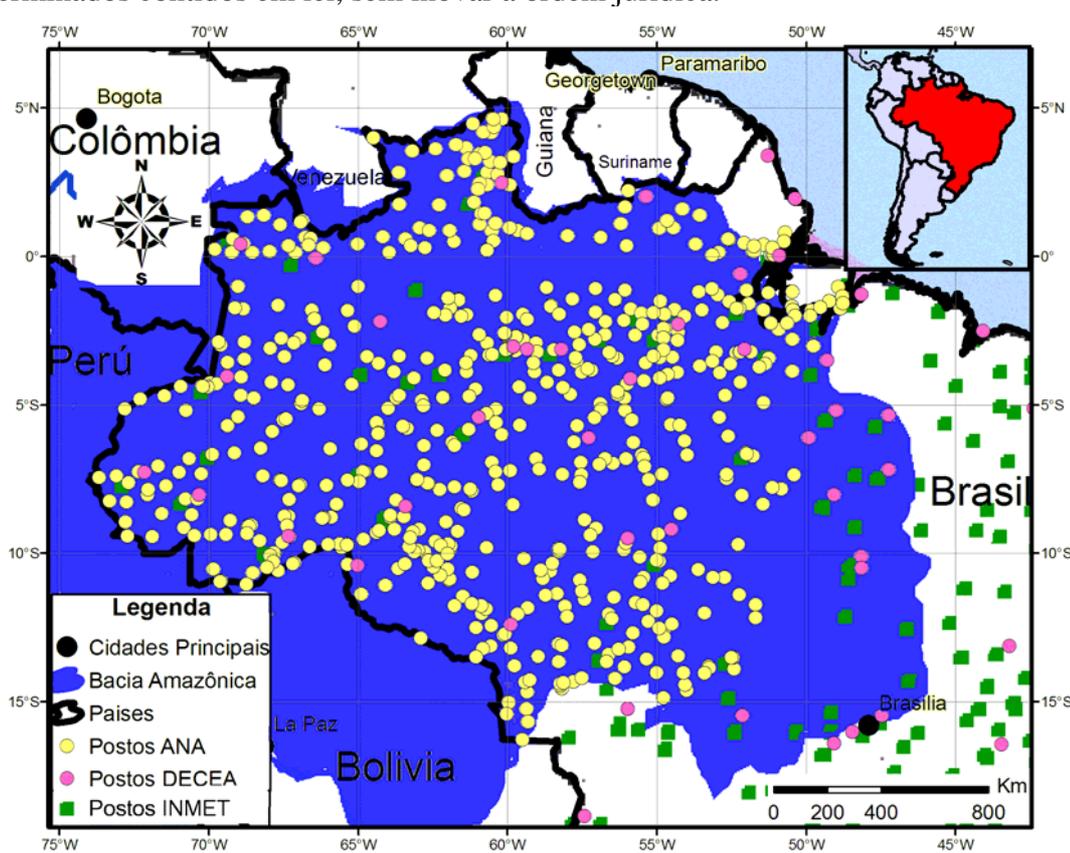


Figura 7. Rede básica de postos meteorológicos na Amazônia Brasileira. Postos meteorológicos do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e rede de pluviômetros da Agência Nacional de Águas (ANA).

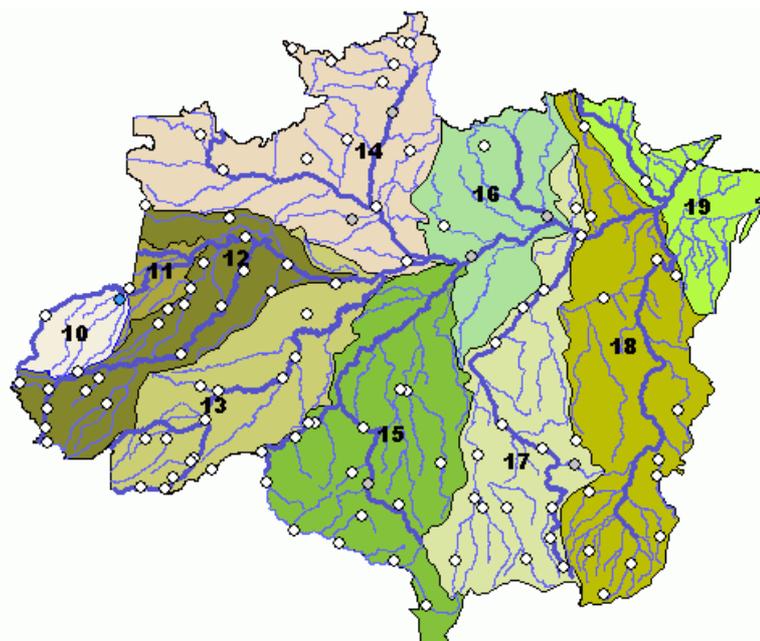


Figura 8. Rede telemétrica de postos pluviométricos da Agência Nacional de Águas (ANA) (ANA, 2006).

A rede de postos meteorológicos existente na bacia Amazônica pode ser observada na Figura 7, onde se observam os postos da rede básica. No entanto, embora existam muitos postos na região, devido à disponibilidade temporal dos mesmos, as disponibilidades de informações que fazem parte da rede telemétrica é bem menor. A rede de postos fluviométricos existente na bacia Amazônica pode ser observada na Figura 9, onde se observam os postos da rede básica e, na Figura 10 os que fazem parte da rede telemétrica. Todas as informações podem ser obtidas no site da ANA www.ana.gov.br dentro do banco de dados denominado HIDROWEB.

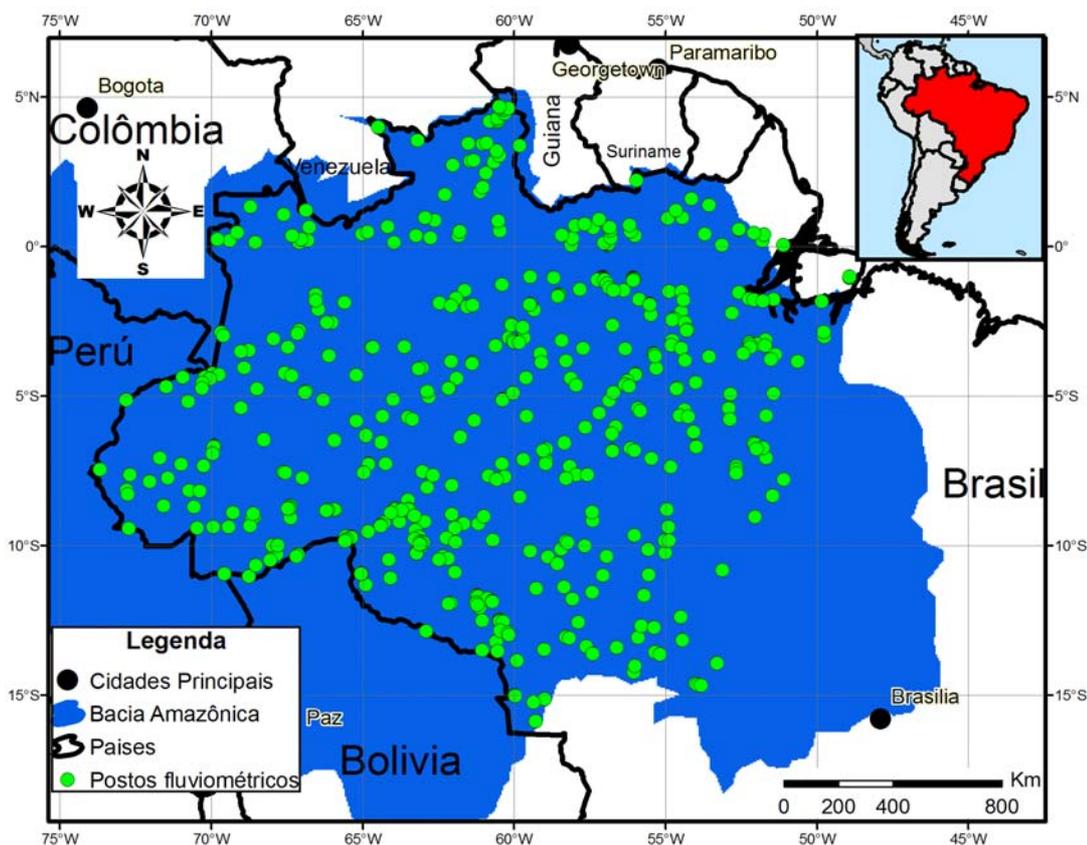


Figura 9. Rede básica de postos fluviométricos na Amazônia Brasileira (ANA, 2006)

Na bacia Amazônica a previsão realizada não está ligada ao sistema telemétrico, mas é realizada em alguns locais com base em informações da rede básica devido a grande antecedência.

O aspecto institucional importante da gestão brasileira é a disponibilidade de recursos financeiros para monitoramento hidrológico previsto na legislação. Este dispositivo foi estabelecido na década de 90 e se baseia em recursos cobrados a título de “royalds” ou compensação financeira dos reservatórios de energia no Brasil. Do valor arrecadado da energia no Brasil 6,75% é destinado a compensação por inundação das áreas pelos reservatórios de energia. Deste total 2,67 % devem ser utilizados para monitoramento hidrológico. Este valor varia de ano para ano, mas pode representar da ordem de US\$ 10 milhões /ano.

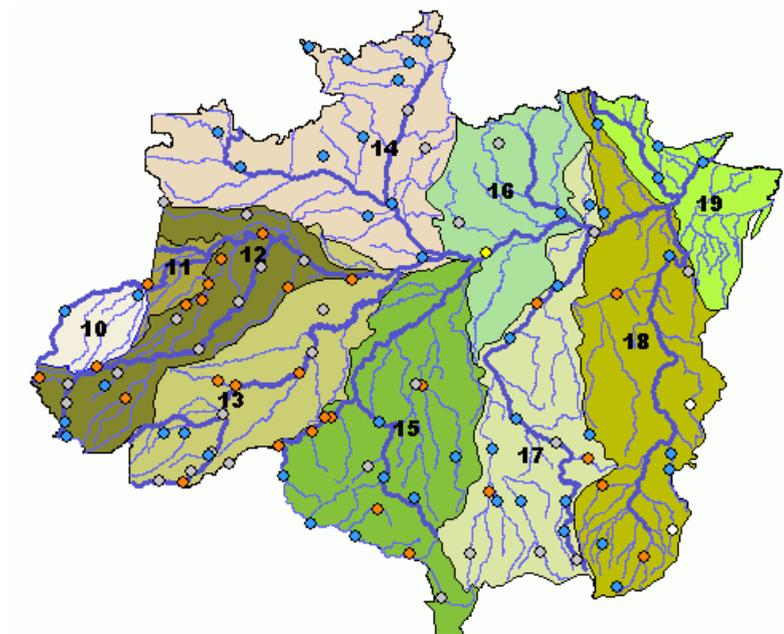


Figura 10. Rede telemétrica de registro de níveis e vazão na Amazônia Brasileira da Agência Nacional de Águas.

1.3 Colômbia

O organismo encarregado das questões hidrometeorológicas e ambientais em Colômbia é o Instituto de Hidrologia, Meteorologia y Estudios Ambientales (IDEAM), cujas funções são de gerar conhecimento e produzir e fornecer dados e informação para dar subsídios para os tomadores de decisão ambientais (IDEAM, 2006). Na Colômbia existe uma rede básica com 1463 estações com dados de precipitação de nível diário a decadal e 529 estações climatológicas de diferentes categorias (Figura 11). O maior registro mensal de precipitação corresponde à estação do Observatório Astronômico Nacional, em Bogotá, com dados desde 1901.

Também existem 834 estações hidrológicas (389 linimétricas e 445 linigráficas). No entanto, esta rede se localiza principalmente na vertente do Pacífico (Magdalena-Cauca), possuindo escassa cobertura espacial e temporal na bacia amazônica (Figura 12). O maior registro hidrológico data de 1934 (MALOKA, 2006). Na Figura 13 pode ser observada a distribuição espacial dos postos climatológicos telemétricos, que transmitem informações em tempo real a cada hora nos padrões da OMM. A rede para alerta de enchentes possui mais de 40 estações hidrológicas (Figura 14). Esta rede se localiza quase que exclusivamente na bacia do Magdalena-Cauca, existindo muita pouca informação na bacia amazônica.

Com a colaboração do governo Suíço, Colômbia através do IDEAM adquiriu 235 estações hidroclimatológicas e ambientais com transmissão por satélite e 355 registradores automáticos de níveis (RAN) que permitirão modernizar e colocar a rede hidrometeorológica de Colômbia com uma das melhores densidades de postos da América do Sul.

Na Colômbia a mais de 10 anos são utilizados modelos numéricos para realizar o a previsão (Figura 15). São utilizadas, para as previsões operacionais, os resultados do modelo global GFS do Centro Meteorológico de Washington, e outros modelos de centros operacionais de outros países, com os quais é realizada uma previsão consensuada de até 72 horas. Recentemente foi operacionalizado o modelo de Mesoscala MM5-NCAR da Universidade de Pennsylvania..Também é realizada em Colômbia a previsão de incêndio

florestais em colaboração entre o IDEAM e o Ministério de Meioambiente a partir da análise hidroclimatológica auxiliada com imagens GOES (MINAMBIENTE, 2006).

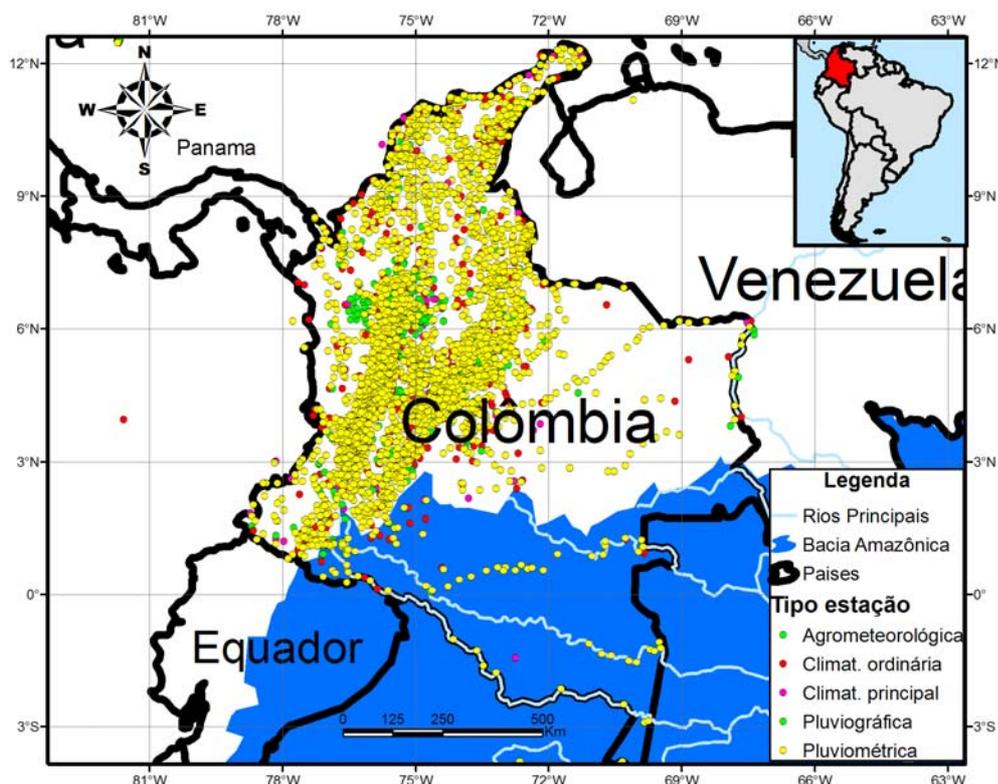


Figura 11. Rede básica de postos meteorológicos de Colômbia (FONTE: EGMA-UNC, 2006)

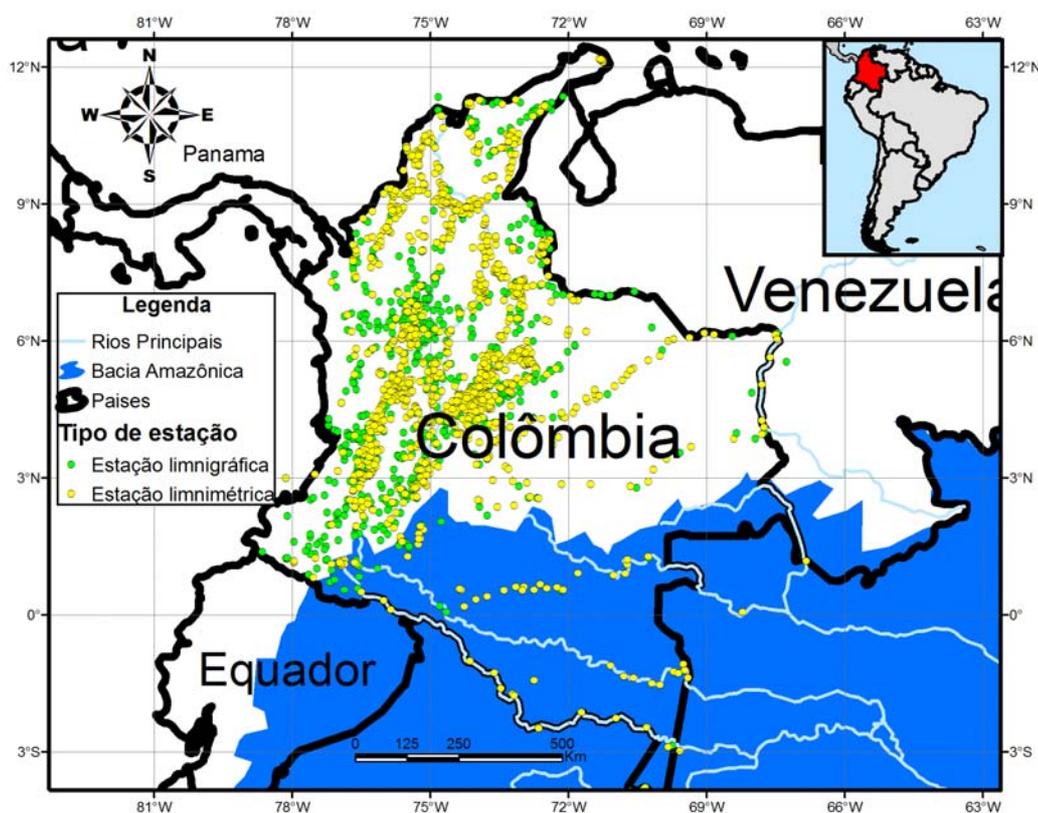


Figura 12. Rede básica de postos fluviométricos de Colômbia (FONTE: EGMA-UNC, 2006)

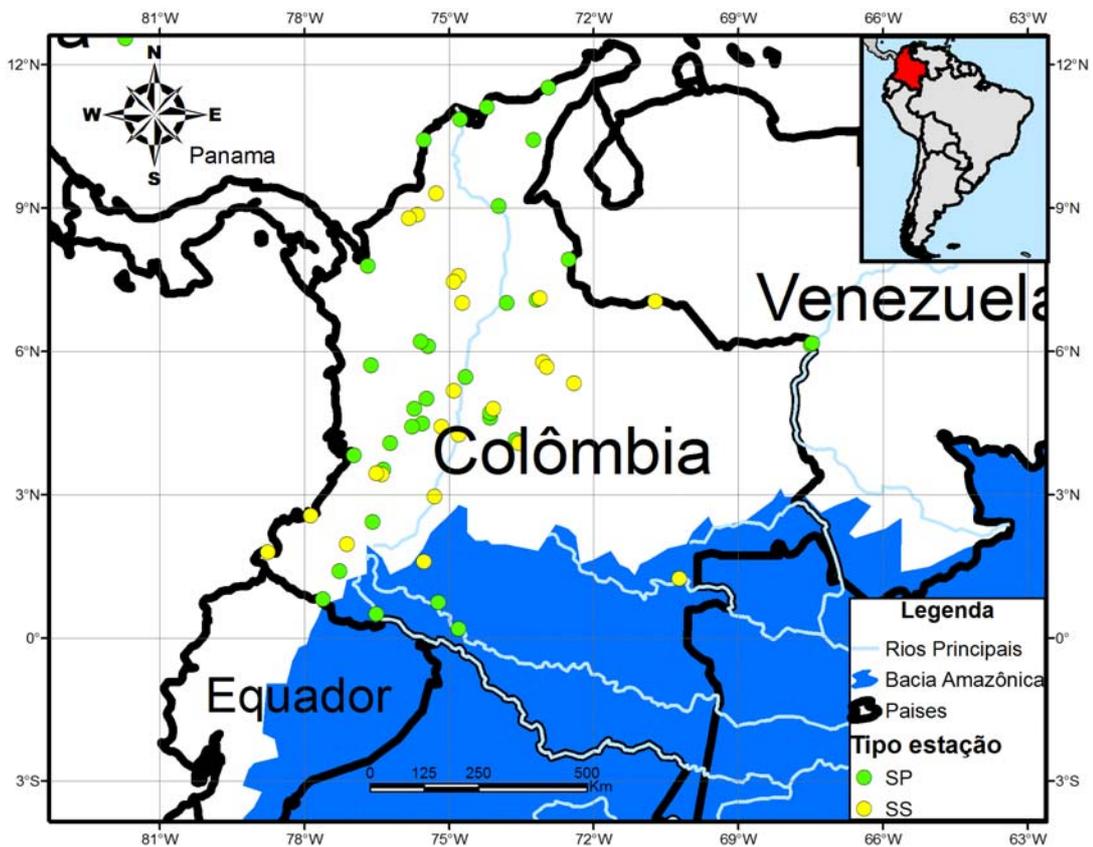


Figura 13. Rede básica de postos sinóticos com transmissão de dados horários de Colômbia (SP: postos sinóticos principais; SS Sinóticos secundários) (EGMA-UNC, 2006)



Figura 14. Rede de estações de monitoramento hidrológico em tempo real (IDEAM, 2006)

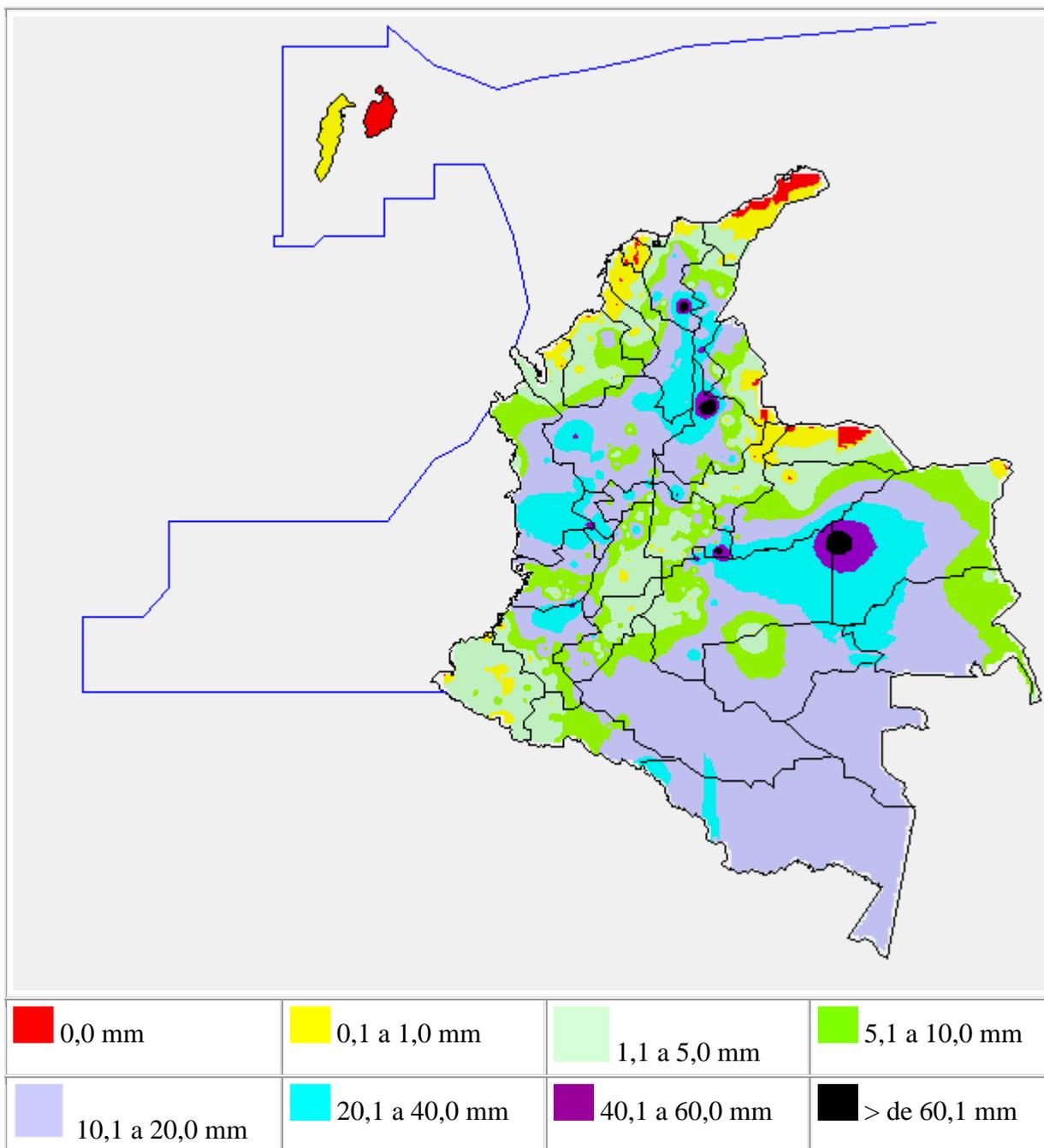


Figura 15. Grade de precipitação obtida a partir da rede de observações hidrometeorológicas do dia 12/10/2006.

Para previsão hidrológica, existem diversos estudos no IDEAM que analisam o uso de metodologias estocásticas (Dominguez, 2001; Dominguez, 2002) para gerar as previsões quantitativas.

1.4 Equador

O Instituto Nacional de Meteorología e Hidrologia (INAMHI) é o organismo equatoriano com a missão de prover informação e produtos hidrometeorológicos. O INAMHI mantém a base de dados hidrológicos para o país. A função básica do INAMHI é coletar,

registrar e manter a informação. Relatórios de informação similares a das publicações do USGS (United States Geologic Service) são publicados anualmente e resumos da informação são publicados periodicamente. Já o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) é o organismo encarregado da gestão integrada dos recursos hídricos. O CNRH é o encarregado do estabelecimento das políticas, normas, planes e diretrizes para a gestão das águas, assim como a coordenação dos diferentes organismos operativos a nível nacional.

A rede de observações meteorológica padrão no Equador consiste em 246 estações meteorológicas, 13 agrometeorológicas, 65 climatológicas ordinárias, 34 climatológicas primárias, 6 pluviográficas e 128 pluviométricas (Figura 16). Já a rede hidrológica possui 41 limnográficas, 80 limnimétricas e 19 automáticas. No entanto, uma avaliação do próprio INAMHI (INAMHI, 2006) estabeleceu que das estações fluviométricas 96 possuem uma curva chave considerada como boa. Estas estações são mantidas por diferentes agências, mas INAMHI é responsável por armazenar toda a informação.

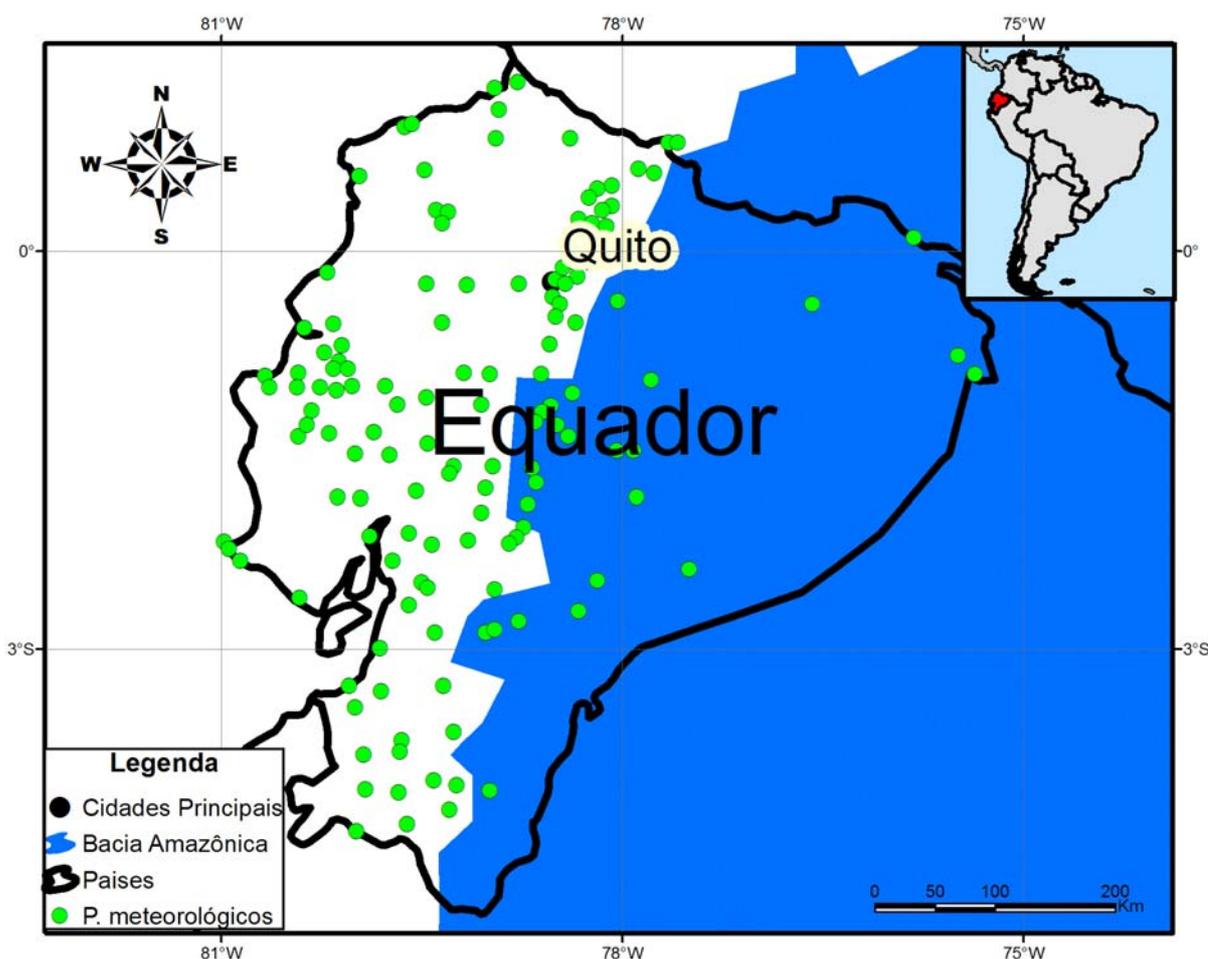


Figura 16. Rede básica de postos meteorológicos de Equador (fonte: FAOCLIM 2)

Da mesma forma que os outros países andinos, a rede está voltada para o Pacífico, existindo poucos postos hidrometeorológicos na Amazônia, com o agravante que a qualidade das informações existentes é relativamente baixa, devido, principalmente à dificuldade para o acesso aos locais de medição (US Corps of Engineer, 1998).

O Departamento de Sinóptica é responsável por receber toda a informação em tempo real das redes de informação da rede superficial do INAMHI (18 estações sinóticas) via fonia; dos aeroportos (35 estações via satélite) e de 48 estações automáticas que estão sendo instaladas com capacidade de transmissão por satélite (Figura 17).. Este setor também recebe as

imagens dos diferentes satélites de observação (GOES, NOAA, etc) . (Garcia e Palacios, 2004).

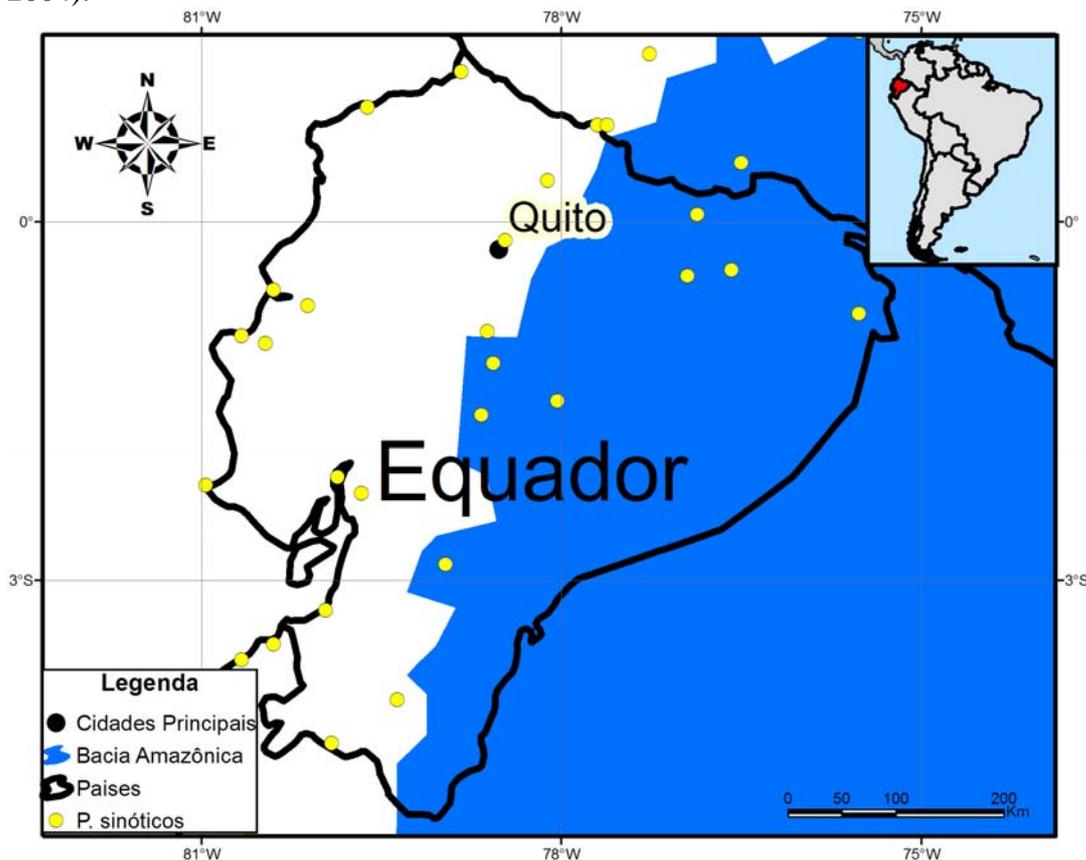


Figura 17. Rede básica de postos sinóticos de Equador (Thompson, 2006)

O INAMHI realiza previsões meteorológicas utilizando os dados do modelo global AVN, que posteriormente alimentam o modelo MM5 versão 3.5, não –hidrostático, com malhas que vão de 36 km para América do Sul, 12 km para o Equador e de 4 km nos principais centros urbanos do Equador. Com os resultados do modelo, informação recolhida da rede hidrometeorológica em tempo real e informações de satélite é realizada a previsão por consenso.

A previsão hidrológica é realizada pelo INAMHI através de modelos estatísticos do tipo de Regressão Múltipla, modelos estocásticos (AR, ARIMA, etc), e modelos determinísticos (EMILE, EMILE-PRESA, WATBAL, WMS e REDES NEURAI). Os modelos determinísticos utilizados são do tipo concentrado. No entanto, a maioria das previsões indicadas na bacia amazônica corresponde à previsão realizada com base na análise da persistência.

O INAMHI se encontra em um processo de fortes investimentos na sua estrutura, com a finalidade de melhorar os serviços prestados e a qualidade das informações disponíveis. A previsão do próprio INAMHI é a de modernizar a estrutura e serviços em um prazo de 10 anos.

1.5 Guiana

Na Guiana os serviços climáticos, meteorológicos e hidrológicos são responsabilidade do Departamento de Hidrometeorologia, que depende do Ministério da Agricultura. O chefe do departamento é denominado de Oficial Chefe Hidrometeorológico (Chief *Hydrometeorological Officer*), quem é supervisionado pelo Secretário Permanente do Ministério

de Agricultura. As atividades do Departamento se centram no clima e recursos hídricos (superficiais e subterrâneos), previsões de curto prazo (incluindo informação aeronáutica) e agrometeorologia.

As funções do Departamento são (Rahaman, 2006): a) monitorar a atmosfera e os recursos hídricos em Guiana e sua zona econômica exclusiva; b) coletar, processar, arquivar e tornar público dados e informação sobre clima, tempo, recursos hídricos e oceanografia; c) coordenar as atividades hidrometeorológicas do Governo de Guiana; d) estabelecer e manter as redes climáticas, sinóticas e de monitoramento dos recursos hídricos de Guiana; e) fornecer rotineiramente diversas agências nacionais e internacionais (Ex, Agência do Meio Ambiente dos Estados Unidos –EPA) com informações várias; f) promover o desenvolvimento econômico e social sustentável; g) promover a pesquisa e monitoramento sistemático de acordo com os convênios assinados pelo governo de Guiana; h) promover consciência pública sobre o estado da atmosfera e recursos hídricos e a importância desses recursos para o desenvolvimento sócio-econômico de Guiana.

De acordo com a sua estrutura e pessoal, o Departamento tem capacidade para (Rahaman, 2006): a) prover aos Ministérios de Agricultura, Casa dos Cultivos e Gado e Água, a Defesa Civil e Aviadores com informações de tempo e clima; b) Manter, aumentar e prover informação da rede hidrometeorológica existente, assim como a base de dados associada; c) Coordenar os programas internacional relacionados com a Organização Meteorológica Mundial, Programa Hidrológico Internacional, Nações Unidas, etc.

Na Guiana existe uma rede de 122 estações meteorológicas, divididas em 107 pluviométricas, 7 climatológicas e 9 sinóticas (Figura 18). A rede telemétrica se compõe das 9 estações sinóticas e outras 20 estações que transmitem dados diariamente por rádio, mas cuja recepção depende da existência de bom tempo (Figura 19). Em Guiana existem 15 postos pluviométricos, mas, nenhum deles, na bacia Amazônica (Rahaman, 2006).

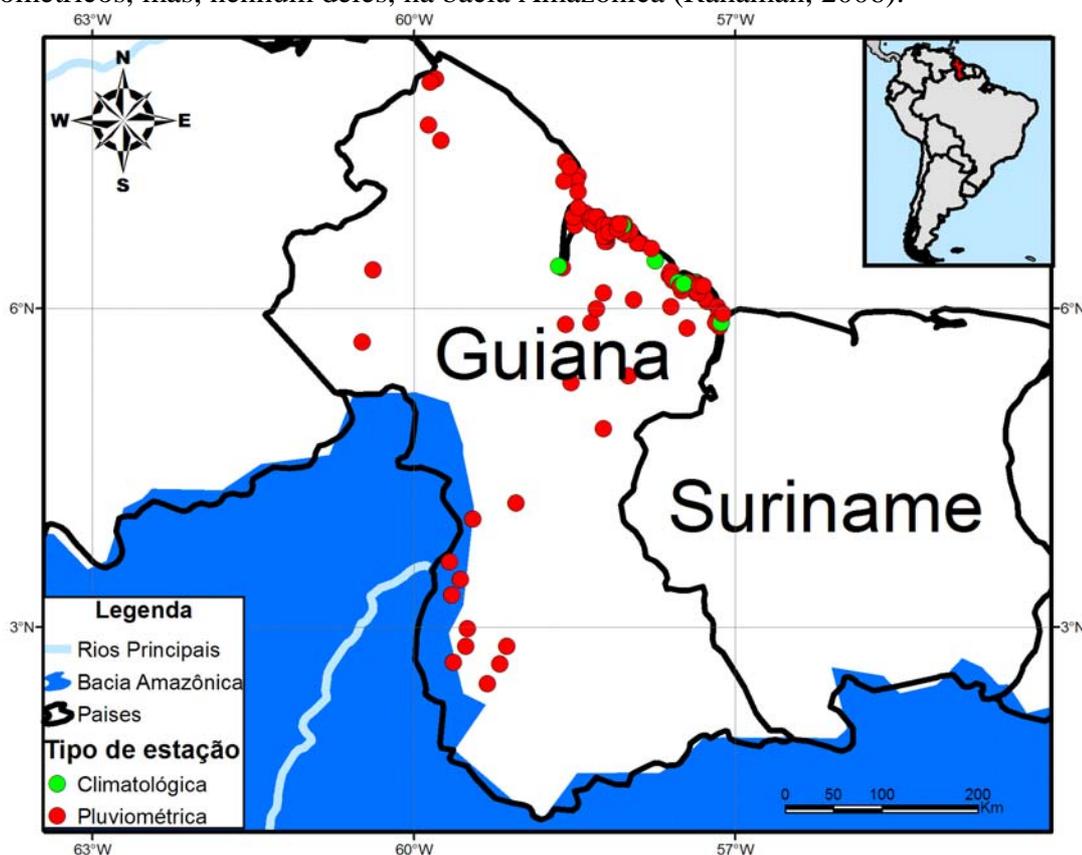


Figura 18. Rede básica de estações meteorológicas de Guiana (Rahaman, 2006).

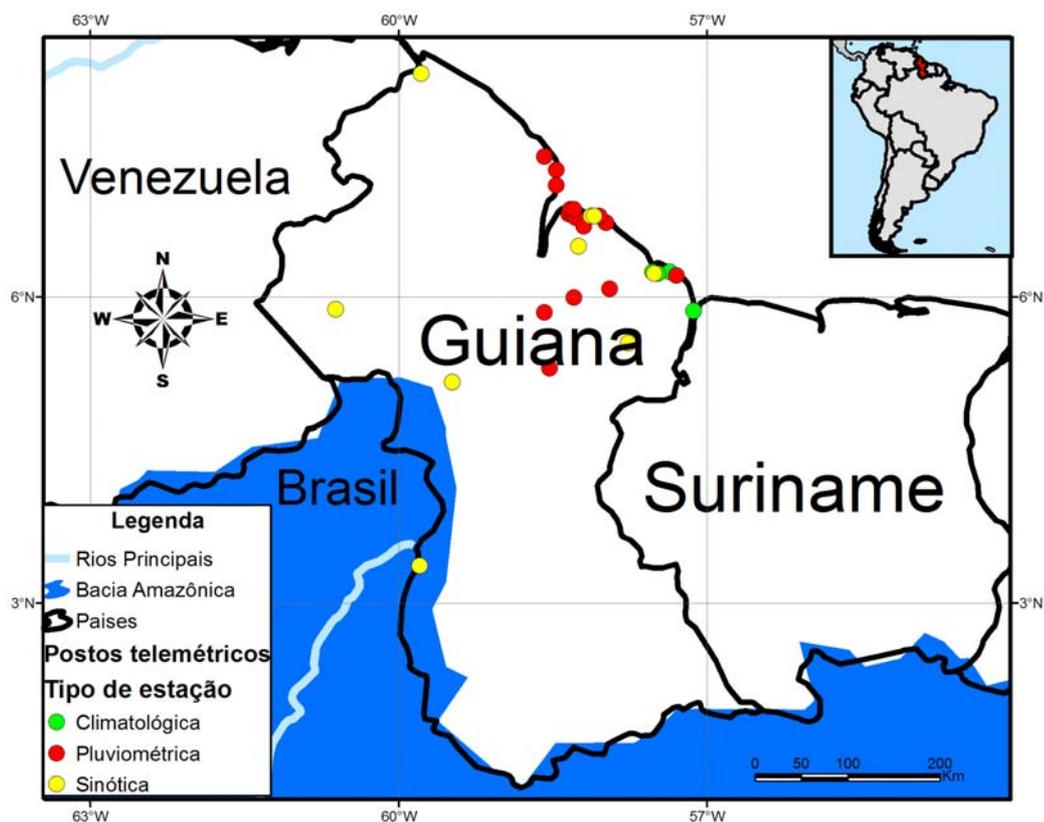


Figura 19. Rede meteorológica telemétrica de Guiana (Rahaman, 2006).

De acordo com FAO (2001) e PHI (2006) é necessário suporte institucional para complementar a rede hidrometeorológica existente, e, especialmente para adquirir equipamentos para o pessoal de campo que coleta regularmente a informação e a transmite aos escritórios centrais. Ainda, de acordo com (FAO, 2001) existe uma tendência das diversas instituições envolvidas no clima e recursos hídricos de colaborar com informação, em vez de dados, mas a um determinado custo. No entanto, não está definido que iria arcar com os custos e quem pagariam pelos mesmos assim como onde esta informação seria armazenada.

Segundo Rahaman (2006), não existem modelos de previsão quantitativa usados localmente, no entanto, são utilizados as previsões de curto e médio prazo do IRI e do Instituto do Caribe para Meteorologia e Hidrologia.

1.6 Peru

Neste país, a instituição de ciência e tecnologia coordena as atividades meteorológicas, hidrológicas, agrometeorológicas e ambientais pelo Serviço Nacional de Meteorologia e Hidrologia (SENAMHI). O SENAMHI trabalha em colaboração com o Instituto Nacional de Recursos Naturais - INRENA como que é o organismo encarregado de promover as ações necessárias para o aproveitamento sustentável dos recursos naturais e a conservação da diversidade biológica natural (INRENA, 2006).

O Peru consta com uma rede de estações meteorológicas (Figura 20) e hidrológicas (Figura 21) de aproximadamente 150 estações distribuídas ao longo de todo o território (SENAMHI-Perú, 2006), embora, a maioria das estações se localizam nas bacias do lago Titicaca e a vertente do Pacífico.

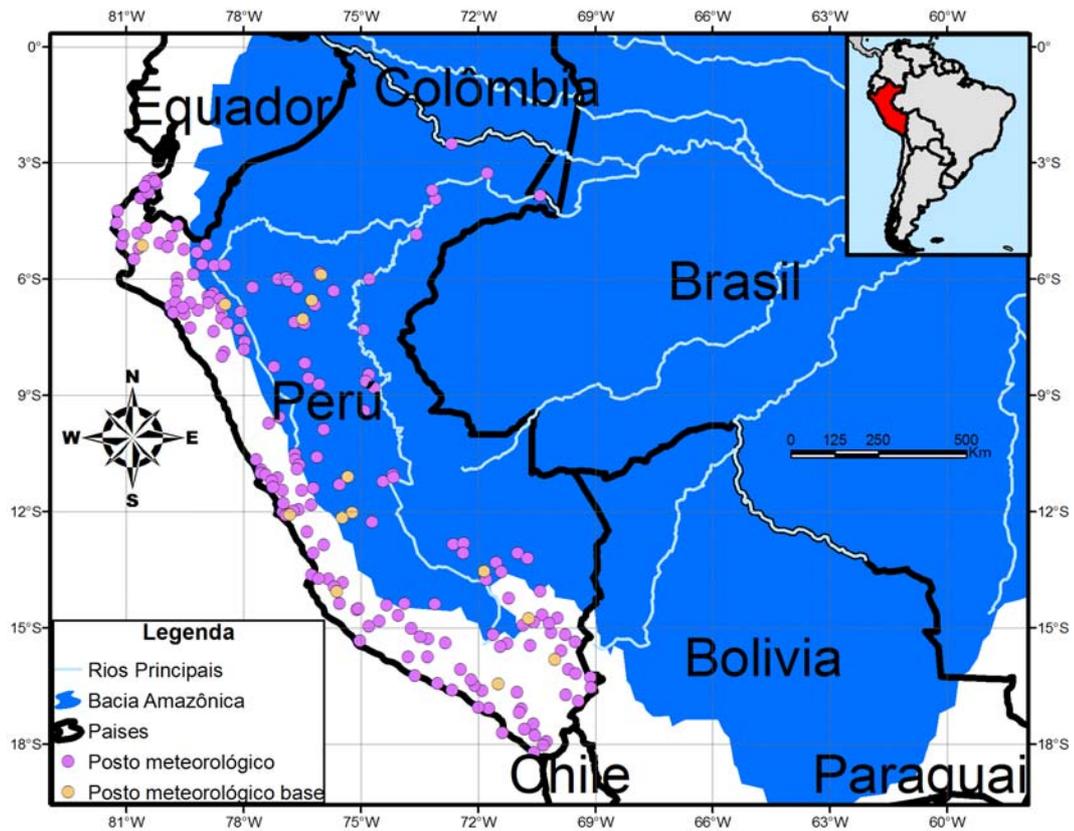


Figura 20. Rede básica de postos pluviométricos no Peru (FONTE: SENAMHI, 2002)

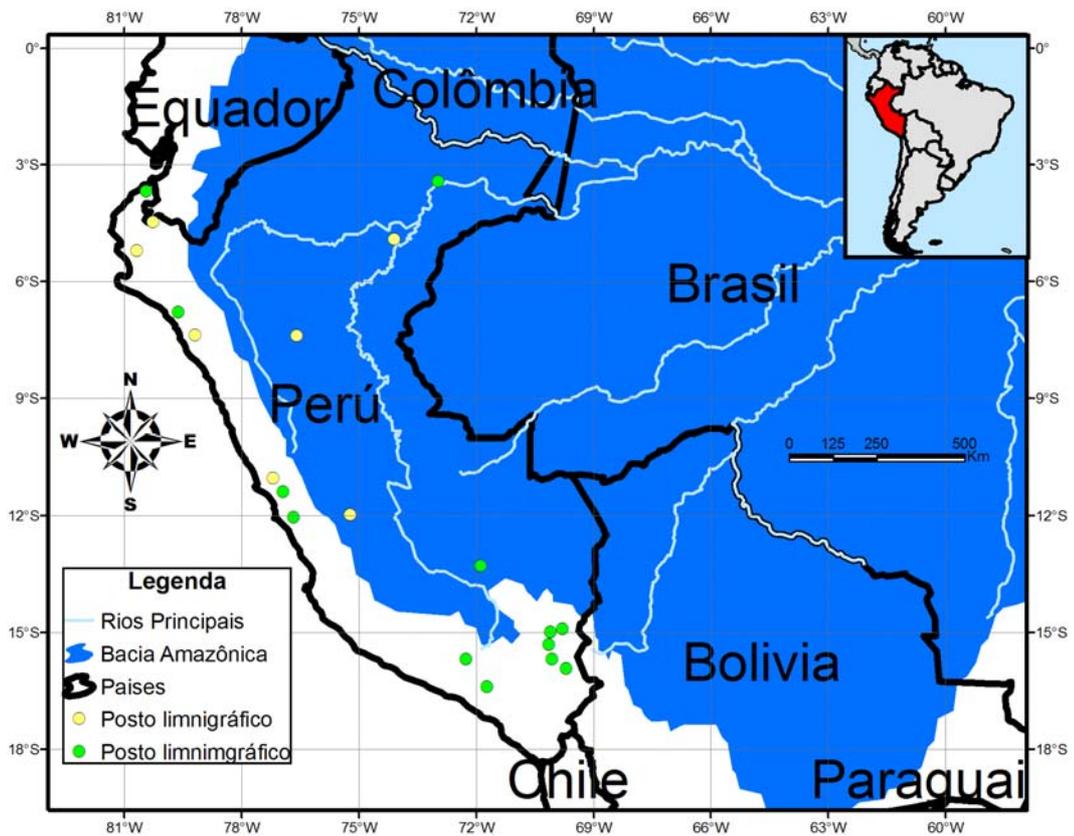


Figura 21. Rede básica de postos fluviométricos no Peru (FONTE: SENAMHI, 2002)

A previsão meteorológica operacional é realizada com o modelo global CCM3 e os modelos regionais ETA e RAMS.

Modelo CCM3: É um modelo global acoplado oceano-atmosfera-continente. Foi desenvolvido pelo National Center for Atmospheric Research (NCAR) dos Estados Unidos. O modelo funciona no SENAMHI desde 2000 para previsões de longo prazo, em especial focado para previsão de eventos El Niño. Na atualidade o modelo é rodado com uma resolução horizontal de 2.8° (T42) e inicializado com as temperaturas superficiais do mar observadas e prognosticadas no National Center for Environmental Prediction (NCEP). Com este modelo em conjunto com o RAMS se realiza uma previsão por *ensemble*.

Modelo ETA/SENAMHI: Este modelo regional que funciona no SENAMHI desde julho de 2003, fornecendo previsões com até 72 horas de antecedência. O modelo roda uma vez por dia com resolução vertical de 38 níveis e dois resoluções horizontais 25 Km, sobre o Peru, e, 48 Km sobre América do Sul. Utilizam-se os resultados dos modelos globais AVN (NCEP) e dados obtidos da rede World Area Forecast System (WAFS) como condições iniciais e de fronteira. Uma outra versão do modelo ETA é rodada diariamente em forma não operacional para testar modificações no modelo.

Modelo RAMS: Este modelo tem sido utilizado para modelagens de alta resolução em pequenas áreas com muito bons resultados. Para as simulações se utilizam condições iniciais e de fronteira do modelo AVN, CCM3 e dados observados na rede hidrometeorológica Peruana.

As previsões hidrometeorológicas operacionais são realizadas diariamente no SENAMHI com o modelo Sacramento HFS-SENAMHI alimentado pelas previsões do ETA. Com este modelo chuva-vazão é realizada a previsão de vazões médias diárias com três dias de antecedência, indicando ainda um intervalo de confiança da previsão para este período.

Já o modelo HEC-RAS (Hydrologic Engineering Corps Center of the USA) é utilizado acoplado ao anterior modelo Sacramento HFS para avaliar a extensão do alagamento nas planícies de rios.

Modelo Sacramento EHF: Com este modelo hidrológico que começou a funcionar a finais de 2000 são realizados prognósticos de longo prazo de vazões (120 dias). Para a previsão se utiliza o modelo com uma metodologia de *ensembles* para introduzir a incerteza nas previsões.

No Peru, devido a sua importância estratégica, a previsão de vazões se focaliza nas bacias afluentes ao oceano Pacífico, em particular para as bacias do Piura e Chillón, que são rios densamente populados e com enchentes que tiveram conseqüências desastrosas no passado. No entanto, existe capacidade suficiente nesta instituição para a aplicação das metodologias de previsão na região amazônica.

1.7 Suriname

O Serviço de Meteorologia de Suriname é o organismo responsável pela previsão do tempo e gerenciamento da coleta, manutenção e distribuição dos dados meteorológicos em Suriname. Este organismo é parte do ministério de obras públicas deste país. Já a Divisão de Pesquisas Hidráulicas do ministério d Obras Públicas é o organismo encarregado da investigação, pesquisa e gestão do uso dos recursos hídricos nesse País. A Divisão de Pesquisas Hidráulicas também é a principal agência do país que da manutenção a rede de dados hidrológicos, assim como na coleta, armazenamento e publicação dos dados hidrológicos (Us Corps of Engineers, 2001)

De acordo com o US Corps of Engineers (2001), atualmente entre 5 to 10 estações hidrológicas estão em operação (Figura 22) A maioria das estações deixou de funcionar durante a guerra civil (1986-1992) e não voltou a funcionar depois. Os dados mais recentes

chegam até o final da década de 1970's e alguns até 1986. Os dados meteorológicos tiveram sorte similar. Na Figura 23 são apresentados os postos meteorológicos de Suriname que de acordo com Nurmohamed e Naipal (2006) contam com as melhores séries. Existe atualmente uma pequena rede de transmissão de dados de precipitação com periodicidade mínima diária (Figura 24), e pelo menos 3 postos meteorológicos instalados nos principais aeroportos, fornecem mensagens com periodicidade mínima a cada 3 horas para aviação.

Atualmente a rede hidrometeorológica de Suriname está sendo atualizada através de um convênio denominado Research on Atmospheric Dynamics and Chemistry in Suriname – (RADChiS) entre o Serviço meteorológico de Suriname e o Institute for Marine and Atmospheric Research in Utrecht (IMAU) e o Max Planck Institute in Mainz (MPI-Mainz).



Figura 22. Rede básica de postos fluviométricos e de qualidade de água de Suriname (Nurmohamed et al, 2006a.)

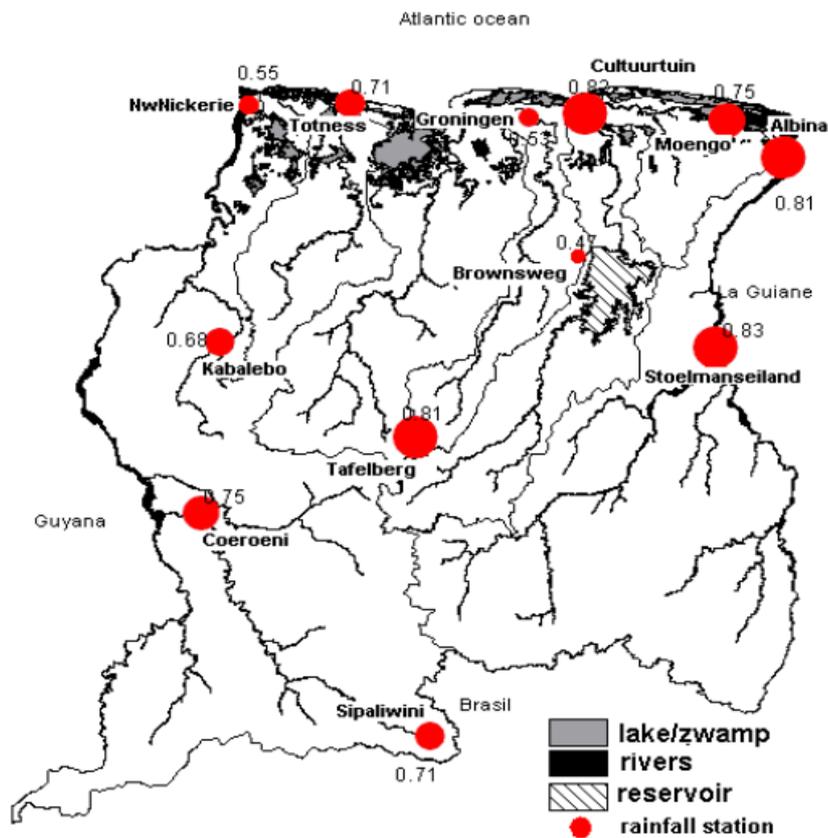


Figura 23. Rede básica de pluviométrica com o registro mais extenso (Nurmohamed, R e Naipal, S. 2006b)



Figura 24. Rede de postos meteorológicos com transmissão mínima diária de dados (MDS, 2006)

1.8 Venezuela

O organismo responsável pela previsão meteorológica em Venezuela é o Servicio de Meteorología de la Aviación que, como seu nome indica, é subordinado as forças armadas. Este serviço teve a cargo de diferentes organismos com dificuldades operacionais para o intercâmbio de informações. Na atualidade, existem ações concretas do Ministério de Meio Ambiente, juntamente com a Empresa de Energia de Venezuela (EDELCA), as forças Armadas e Universidades para modernizar as redes hidrometeorológicas do país e organizar a estrutura organizacional. Fruto deste esforço recentemente foi criado o Centro Nacional de Alerta y Pronósticos Hidrometeorológicos (CENAPH), e está em fase de aprovação a Lei que regulamenta os serviços de Hidrologia e Meteorología criando o INAMEH, subordinado ao Ministério do Ambiente.

Atualmente a responsabilidade do gerenciamento, gestão redes e informações e previsão hidrometeorológicas estão sendo centralizadas gradativamente no Instituto Nacional de Meteorologia e Hidrologia (INAMEH). O INAMEH surgiu a partir do programa VENEHMET desenvolvido em conjunto organismos mais importantes de Venezuela relacionados a recursos hídricos e meteorologia: Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (Organismo executor), Fuerza Aérea Venezolana (FAV), Electrificación del Caroní (CVG-EDELCA), Armada de Venezuela, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), la Universidad Central de Venezuela (UCV), la Universidad de los Andes por meio do CIDIAT y la Comisión Nacional de Meteorologia e Hidrologia (CNMeH).

Esta integração responde às necessidades já analisadas pela Corporación Andina de Fomento (CAF, 2000), que indicou que a falta de interligação das informações gerava incerteza no conhecimento dos processos hidrológicos e impede que se obtenham dados em tempo real. O mesmo relatório (CAF, 2000) acrescenta que não se dispõe em Venezuela de modelos hidrológicos para realizar previsões de curto e médio prazo, nem pessoal e equipamentos necessário para a análise e interpretação das já poucas informações existentes.

Junto com a implementação no INAMEH, o governo Venezuelano se encontra implementando diversas medidas. Uma das primeiras medidas consiste na instalação de um sistema de 651 estações hidrometeorológicas com transmissão em tempo real, 8 radares meteorológicos Doppler e diversas estações nos aeroportos. As estações se encontram na fase final da licitação e, sobre os radares, se indica em CENAPM (2006) que 3 se encontram operativos, 2 em fase pré-operativa, 2 em processo de instalação e 1 por instalar (CENAPM, 2006). O sistema atual de estações meteorológicas em tempo real se encontra na Figura 25.

Para implementar um sistema de previsões hidroclimáticas, em forma paralela a incorporação das estações mencionadas, se está instalando um sistema de ordenadores de grande capacidade, necessários para a implementação de um sistema de previsão meteorológico próprio. A finalização desta tarefa é prevista para o 4to. Trimestre de 2006. Já o sistema meteorológico denominado de provisional, com a finalidade da vigilância ambiental, monitoramento das condições hidrometeorológicas no país e emissão de boletins, avisos e alertas está prevista para o 1er. Trimestre de 2007 (CENAPM, 2006).

Em particular, na área amazônica, a Venezuela intenciona fechar com o Brasil a criação de um núcleo de desenvolvimento do que se tornará, em breve, o seu Sipam (Sistema de Proteção da Amazônia). O modelo seguido é fiel ao já existente no Brasil e inclui ainda a composição de um banco de dados ambientais, além do intercâmbio na navegação aérea. A denominação escolhida foi Sistema de Proteção da Orinoquia e da Amazônia Venezuelana (Siporav).

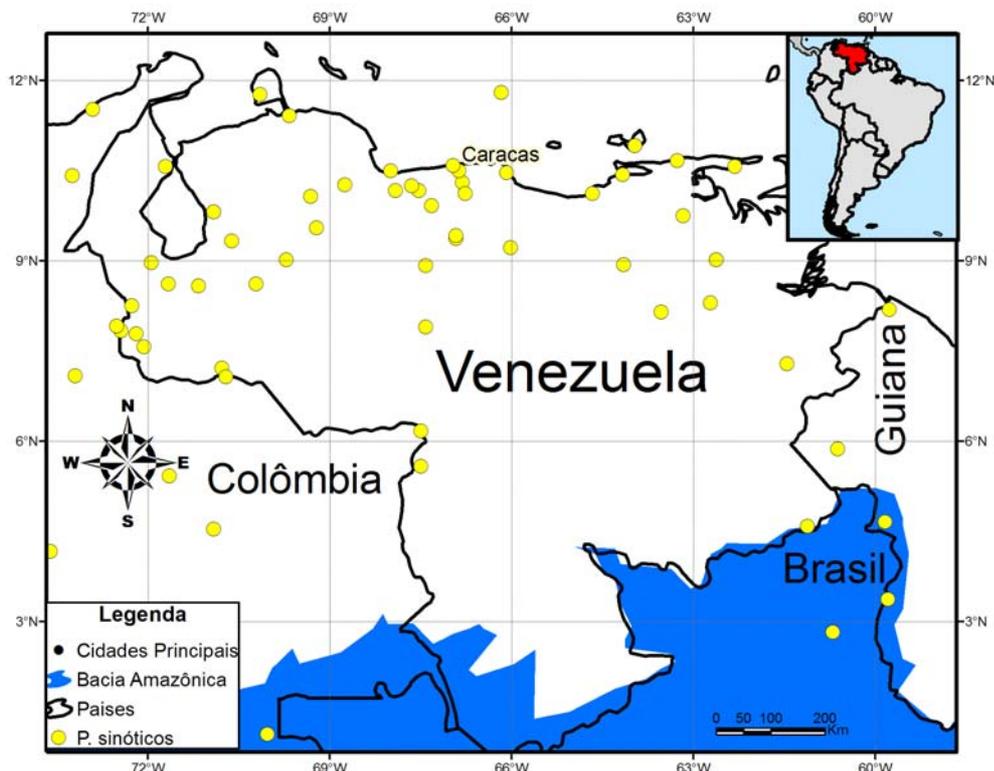


Figura 25. Rede de postos em tempo real.

1.9 Resumo

Os países, por meio das instituições representantes junto a OMM transferem os dados de uma rede mínima de acesso internacional com dados periódicos transmitidos telemetricamente (aproximadamente a cada hora). Esta rede é utilizada para alimentar os modelos meteorológicos internacionais (Ex. nos centros de previsões Europeus e Americanos) e como ajuda na navegação (Figura 26).

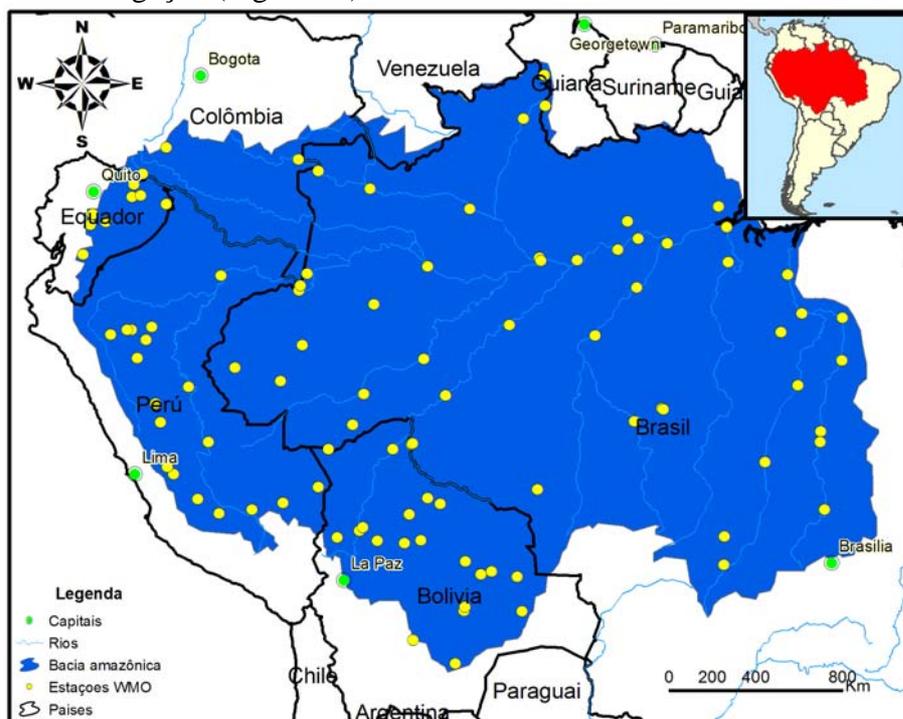


Figura 26. Localização dos postos cadastrados na OMM

No Quadro 1 é apresentado um resumo das informações dos países, mostrando que a rede telemétrica existente é limitada na cabeceira da bacia e mesmo na parte da planície no Brasil.

Quadro 2. Resumo das informações nos países

País	Entidades		Postos			
	Meteorologia	Hidrologia	Meteorologia		Hidrologia	
			Rede básica	telemétricas	Rede básica	Tele.
Bolívia	<i>Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)</i>	<i>Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)</i>	855	27 sinóticas + 14* hidromet.	75	14
Brasil****	O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)/ Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)	Agência Nacional de Águas(ANA)	632 Pluviométricos da ANA, 99 do Dep. De Aviação Civil	110 Pluviométricos da ANA+46 sinóticas	531	108
Colômbia	Instituto de Hidrologia, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM),	Instituto de Hidrologia, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM),	1463 pluviométricas e 529 climatológicas	235	834	355
Equador	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)	246 estações meteorológicas, 13 agromet., 65 climatol. ordinárias, 34 climatol. primárias, 6 pluviográficas e 128 pluviom.	18 estações sinóticas; 35 estações no aerop. e 48 várias	121	19
Guiana	Departamento de Hidrometeorología, que depende do Ministério da Agricultura	Departamento de Hidrometeorología, que depende do Ministério da Agricultura	107 pluviom., 7 climat. e 9 sinóticas	29	15****	S/D
Peru	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)/Instituto Nacional de Recursos Naturales - INRENA	150	38****	21	S/D
Suriname	Serviço de Meteorología de Suriname	Divisão de Pesquisas Hidráulicas do ministério de Obras Públicas	5-10 meteorológicos e 24 pluviométricos	24 pluviométricos	20	S/D
Venezuela	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH)-vide detalhe no item	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) - vide detalhe no item	651**** estações hidrometeorológicas com transmissão em tempo real, 8 radares meteorológicos dopler e 12 aeroportos	651 estações hidrometeorológicas com transmissão em tempo real, 8 radares meteorológicos dopler e 12 aeroportos	S/D	S/D
OMM					98	
*	em implantação	****	Dados na rede da OMM			
**	Rede somente destinada a bacia amazônica	1	A OMM recebe as informações dos países, portanto são postos citados pelos países.			
***	Nenhum posto na bacia Amazônica	S/D	Não foi possível obter os dados nos tempos do relatório			

2. PREVISÃO E GESTÃO DOS RISCOS HIDROCLIMÁTICOS

Inicialmente são apresentados as terminologias e conceitos utilizados neste texto e dentro do contexto de gestão de risco dos desastres naturais, com ênfase naqueles relacionados com a água. A seguir são destacados os impactos e conseqüências dos desastres naturais, os princípios da gestão de risco e do prognóstico climático, concluindo com uma avaliação das características dos eventos da Amazônia.

2.1 Desastre, Risco e Vulnerabilidade

Desastre (disaster) “é uma situação ou evento que supera a capacidade local exigindo suporte nacional ou internacional para assistência. É um evento rápido que produz grande dano e destruição humana” (ISDR, 2005).

Acidente (Hazard) tem sido definido como “um evento ameaçador, de probabilidade de ocorrer num período numa área com potencial efeito destruidor” (DHA,1992). Os desastres naturais relacionados com recursos hídricos (*Water Related Natural Disaster*) é o evento no qual a água é a potencial causa ou sofre conseqüência do desastre e os efeitos são devido a eventos naturais.

Vulnerabilidade “é o nível de perda (em % do total) resultante de um fenômeno destruidor potencial” (DHA,1992) e *Risco* são as perdas potenciais de vidas, pessoas afetadas, prejuízos econômicos devido a um acidente ou desastre num evento. Dentro deste conceito risco é estimado de acordo com o seguinte (DHA,1994):

$$\text{Risco (R)} = \text{Acidente (H)} \times \text{Vulnerabilidade (V)} \quad (1)$$

Esta definição não considera os efeitos sobre o meio ambiente, apenas sobre as condições humanas. Na literatura hidrológica, risco é tratado em termos probabilísticos da chance de ocorrência do evento. O importante em cada caso ter claro o que se deseja obter, independente da sua notação.

Os conceitos acima estão relacionados com o efeito de um evento e existem outros conceitos relacionados com a capacidade de resistir aos desastres por parte da população e o ambiente. *Resiliência* é a habilidade que as pessoas e o ambiente possuem em recuperar o estado prévio ao evento. *Capacidade* é a combinação de forças e recursos disponíveis dentro da comunidade, organizações, famílias que podem reduzir o nível de risco ou o efeito do desastre (ISDR,2005). A equação 1 pode ser atualizada considerando a capacidade (ISDR,2005).

$$\text{Risco} = \frac{\text{Acidente} \times \text{Vulnerabilidade}}{\text{Capacidade}} \quad (2)$$

As equações 1 e 2 podem ser utilizadas dentro de diferentes perspectivas. A primeira é usada para avaliar o impacto e a segunda considerando além do impacto a capacidade de recuperação. Este conceito não considera apenas o prejuízo do evento, mas inclui a capacidade de resiliência.

Incerteza é a diferença entre as estatísticas da população e da amostra, representado por erros na coleta, definições do modelo estatístico, entre outros. A incerteza é representada

pelos erros em determinar o risco de um evento. Por exemplo, os erros de coleta de dados, representatividade da amostra, falhas de funcionamento de um sistema e erros do modelo em simular o sistema.

Desastres naturais podem ser classificados em grandes grupos como apresentou OEA (1990): (a) *Atmosférico*: furacões, tornados, tempestades tropicais, entre outros; (b) *Hidrológicos*: inundações costeiras, desertificação, salinização, seca, erosão e sedimentação, inundações ribeirinhas, ondas de maré devido a tempestades; (c) *Sísmicas*: ruptura de falhas, terremoto, liquefação, Tsunamis, Seiches; (d) *Vulcânicas*: cinzas, gases, larva, cheias de lama, projeteis, etc; (e) *outros geológicos/hidrológicos*: avalanches, escorregamentos, queda de rochas, escorregamento submarino, etc; (f) *queimadas*.

ISDR (2005) organizou os dados dos desastres naturais em três categorias:

- **Desastres hidrometeorológicos**: cheias, secas e desastres relacionados;
- **Geofísicos**: terremotos, tsunamis e erupções vulcânica;
- **Biológicos**: epidemias e infestações por insetos.

2.2 Variabilidade e Mudança Climática

IPCC (2001) define *Modificação Climática (Climate Change)* como as mudanças de clima no tempo devido a variabilidade natural e/ou resultado das atividades humanas (ações antrópicas). Já outros autores ou grupos como *Framework Convention on Climate Change* adota para o mesmo termo a definição de mudanças associadas direta ou indiretamente a atividade humana que alterem a variabilidade climática natural observada num determinado período.

Estas definições refletem a dificuldade existente de separar o efeito das atividades humanas sobre a variabilidade climática natural. Neste texto adota-se a seguinte terminologia para efeito de análise:

Variabilidade climática: terminologia utilizada para as variações de clima em função dos condicionantes naturais do globo terrestre e suas interações;

Modificação climática: são as alterações da variabilidade climática devido as atividades humanas.

2.3 Conseqüências sociais, econômicas e ambientais de desastres hidroclimáticos

2.3.1 Impactos

De 1992 a 2001 os países em desenvolvimento tiveram 20% do total do número de desastres e mais de 50% de todos os desastres com mortes (WWAP, 2005). Existem cerca de 15 pessoas mortas por milhão de habitantes e 25 mil por milhão de habitantes que sofreram com desastres (período de 1994-2003, segundo ISDR,2005). As perdas econômicas foram de em media de US\$ 66 bilhões por ano entre 1994 e 2003 (ISDR, 2005). Os primeiros 25 países afetados (habitantes mortos ou afetados) são ditos “em desenvolvimento” ou “pouco desenvolvido” (least developed) na África, Ásia e América. Entre 1985 e 1999 os países menos desenvolvidos perderam 13.4 % do seu PIB em desastres e os países em desenvolvimento 4%.

A tendência de aumento nos desastres naturais está relacionada principalmente com o crescimento da população, a ocupação da área de risco (áreas de inundação e costeira); crescimento econômico e sua pressão sobre o meio ambiente e a urbanização; variabilidade e mudança. Nos últimos anos 90% dos desastres naturais têm sido relacionados com as

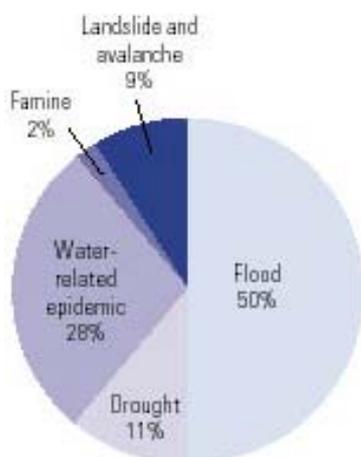
condições do tempo e o clima. Os fatores citados acima se interrelacionam e o risco relacionado com os recursos hídricos é um dos principais desafios para a redução da pobreza junto com a maior a busca de maior sustentabilidade e redução da vulnerabilidade.

Os riscos de impacto relacionado com a água são principalmente devido aos efeitos da população e do ambiente natural e antrópico. Estes impactos podem estar relacionados de acordo com o sistema pelo seguinte:

- Desenvolvimento urbano: abastecimento, esgoto, drenagem e sólidos totais;
- Energia: demanda e produção;
- Navegação;
- Desenvolvimento rural
- *Desastres naturais relacionados com a água: inundações, secas, saúde, escorregamentos, avalanche, fome;*
- Meio ambiente: sustentabilidade ambiental, qualidade da água, desmatamento e fogo, etc.

WWAP (2005) sintetizou a distribuição dos impactos devido a desastres naturais (Figura 27), onde 50% dos eventos entre 1990 e 2001 são devido a inundações e nas Américas e África ocorreram 49% of 2,200 desastres no período. Algumas das estatísticas dos impactos são (WWAP,2005):

Distribuição dos impactos entre, 1990-2001



Distribuição por região do mundo 1990-2001

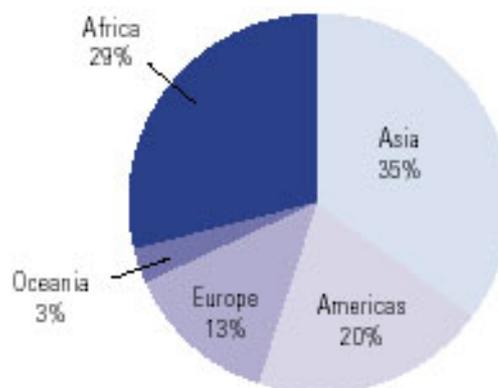


Figura 27. Mais de 2.200 de desastres naturais relacionados com a água de menor e maior ocorreram no mundo entre 1990 e 2002

[fonte]: retirado do sumário executivo do World Water Development report. CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters). 2002. OFDA/CRED International Disaster Database. Brussels, Université Catholique de Louvain (WWAP,2005)

- Inundações representam 15% de todas as mortes relacionadas com desastres naturais;
- Cerca de 66 milhões de pessoas sofrem de prejuízos de inundações entre 1973 e 1997;

- Entre 1987 e 1997, 44% de todas as inundações matou 228,000 pessoas (cerca de 93% do total de mortes no mundo). As perdas econômicas para a região totalizou US\$136 bilhões.

ISDR (2005) apresentou os impactos devido a inundações, ondas e tempestades como uma proporção dos outros desastres naturais dentro da classificação dos tipos de país (Quadro 3). Pode-se observar que as inundações têm um importante impacto nos países em desenvolvimento e pouco desenvolvidos devido a maior vulnerabilidade aos desastres. Figura 28 apresenta a evolução do número de eventos com impactos ao longo do século vinte. Deve-se considerar que a população aumentou, ocupando áreas de risco e tornando-se mais vulnerável.

Quadro 3. Proporção (%) dos impactos devido às inundações, ondas e tempestades como comparação do total dos desastres naturais no período 1994-2003 (ISDR, 2005).

Tipo de países ¹	mortes	Afetados	Perdas econômicas
OECD	10	50	38
CEE+CIS	17	51	79
Países em desenvolvimento	56	70	73
Países pouco desenvolvidos	21	50	97

1.OECD – Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento e países desenvolvidos membros; CEE+CIS Países da Europa Central e Leste + Países independentes da Commonwealth.

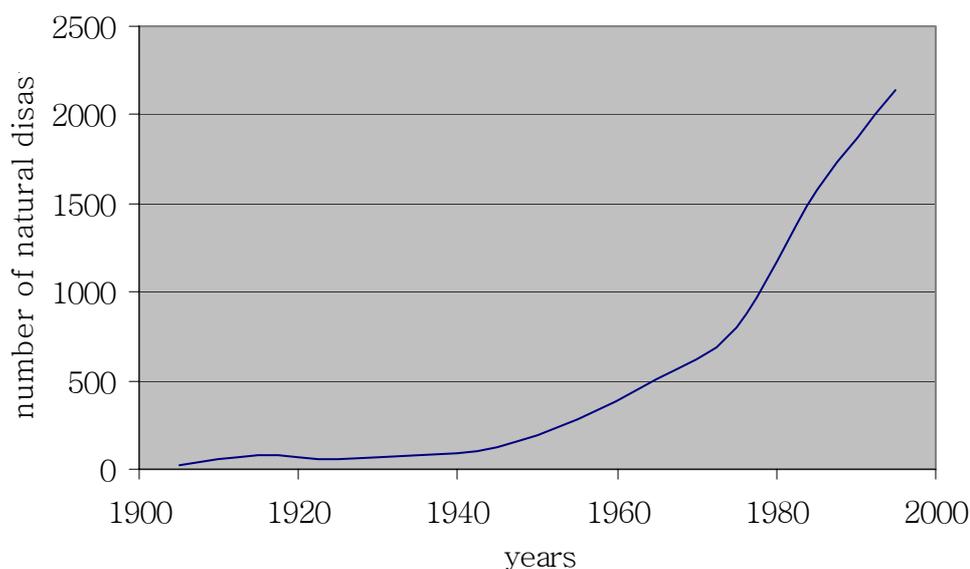


Figura 28. Aumento do número de eventos hidrometeorológicos durante o século vinte. (ISDR,2005).

2.3.2 Causas dos riscos

Gerenciamento dos recursos hídricos, como e setores como hidroelétricas, abastecimento de água e saneamento, irrigação, navegação e gerenciamento de inundações e conservação ambiental são dependentes da água dos rios, demanda da população e das condições ambientais. Como o clima no futuro é incerto, todos estas infra-estruturas tem sido

planejadas com base em séries hidrológicas estacionárias¹. Contudo, existem muitas incertezas relacionadas com o clima, uso do solo e meio ambiente que juntos produzem interações que podem tornar as séries não estacionárias², aumentando as incertezas e os riscos de falha dos usos dos recursos hídricos.

Algumas das incertezas estão relacionadas com os seguintes aspectos:

- As alterações tem sido identificadas em um grande número de series hidrológicas no mundo e os possíveis efeitos da mudança climática sobre os sistemas hídricos (IPCC, 2001);
- O uso do solo tem sido uma das principais preocupações relacionadas com o impacto ambiental com conseqüências sobre os sistemas hídricos como o desmatamento, urbanização, alterações em práticas agrícolas, entre outros.
- Demanda da água e poluição: aumento da população, irrigação, degradação da qualidade da água devido a fontes pontuais e difusas e redução da disponibilidade de água segura para a população, animais, produção industrial e meio ambiente.
- O desenvolvimento urbano está aumentando as áreas impermeáveis, ocupação da área de risco com aumento e amplificação dos desastres.

O aumento dos impactos sociais e econômicos e ambientais devido aos desastres exigem o desenvolvimento de conhecimento e ações para prevenção e mitigação para diminuir este impacto e o aumento da sustentabilidade do homem e do ambiente. A gestão de risco é considerada um importante aspecto na agenda internacional na medida que a redução da pobreza e os impactos sobre os países pobres faz parte das Metas do Milênio (WWF,2005).

As fontes dos riscos estão relacionadas principalmente com: a pressão que a sociedade exerce sobre o ambiente, devido à variação e mudança climática e a vulnerabilidade sócio-econômica.

A pressão que a sociedade exerce sobre o ambiente

Este é o cenário em que a água e meio ambiente estão em perigo e o impacto é sobre os recursos. De alguma forma o impacto irá refletir sobre o homem, já que o dano sobre os sistemas naturais. Como poluição, alterações físicas dos rios e do uso do solo terão reflexos na qualidade de vida.

O desenvolvimento econômico e social tende a gerar pressão nos recursos naturais. Particularmente onde o controle das atividades é deficiente e na combinação complexas de efeitos integrados. O primeiro ocorre mais freqüentemente em países pobres e, em desenvolvimento, quando a necessidade de crescer e melhorar a renda ocorre em detrimento do meio ambiente. Em longo prazo isto terá um preço, reduzindo a qualidade de vida, mas as decisões são tomadas com visão de curto prazo. O segundo é muito mais um problema de sociedade sofisticada onde uma grande número de novos produtos (especialmente bioquímicos) continuam sendo gerados sem uma avaliação suficiente de seus impactos e interações no ambiente e com potencial de ameaçar o conjunto da sustentabilidade.

Impactos da variação do clima e sobre a sociedade

¹ *Série estacionária* é uma série no qual a sua estatística se mantém ao longo do tempo, ou seja, a vazão média, desvio padrão, entre outras estatísticas e sua sazonalidade não variam.

² *Não-estacionária*: uma série pode se tornar estacionária devido à variabilidade ou modificação climática, alterações do uso do solo ou modificações hidráulicas nos rios.

Na medida que a demanda pelos recursos hídricos aumenta com a sofisticação da sociedade juntamente com a necessidade de sustentabilidade, variações climáticas podem proporcionar condições críticas de curto, médio e longo prazo. A principal questão é como as variações do clima afetam o ambiente, que de outro lado impacta o desenvolvimento econômico e social?

Partes das incertezas estão relacionadas ao desconhecido futuro impacto devido a tendência climática e modificação climática. A variabilidade climática tem sido um fator principal a longo termo na sustentabilidade do homem na terra/ São conhecidas na história o movimento de população durante períodos de falta de água (Diamond, 1997). Por exemplo:

- No Brasil a produção de energia elétrica é de 93 % baseada em hidrelétricas. Nos últimos 30 anos a vazão média do rio Paraná aumentou da ordem de 30%, criando um novo nível de energia firme (Tucci and Clarke, 1998). Esta variação ocorreu principalmente devido a variabilidade climática e, portanto pode diminuir no futuro, criando vulnerabilidade ao sistema de energia na medida que o setor incorporou este benefício.
- A sequência de anos ruins (em precipitação) para agricultura sem irrigação pode ser suficiente para criar um importante stress na região, que tem sido o caso de vários países da África depois de 1970.
- Segundo IPCC (2001) é provável que aumente a frequência de eventos extremos durante o século 21 como resultado da mudança climática, aumentando a vulnerabilidade de cidades quanto a inundações e secas.

Vulnerabilidades econômicas e sociais

Estas vulnerabilidades dependem das condições econômicas, políticas, e institucionais das sociedades. Países desenvolvidos geralmente possuem mais fundos e instituições sólidas para prevenção, reduzindo a vulnerabilidade aos desastres da população. A vulnerabilidade aumenta com a pobreza, falta de fundos, limitadas políticas e instituições sólidas que possam atuar de forma preventiva.

As principais vulnerabilidades relacionadas aos aspectos sócio econômicos são:

- *Pobreza* está relacionada com a falta de sustentabilidade econômica no tempo, agravada pela: ocupação em áreas de risco, falta de acesso a água limpa e adequada disposição dos dejetos
- *Fracos arranjos institucionais*: em grande parte dos países em desenvolvimento as instituições são fracas e as decisões resultam em corrupção, investimentos ruins, falta de prevenção e mitigação dos desastres;
- *Falta de gestão integrada* que considere todos os componentes e incertezas junto a percepção de risco. Falta de integração pode ser observada em (Rees, 2002): transferência de impactos no tempo e espaço; inequidades na alocação dos investimentos. Usualmente o pobre recebe menos proteção que outros; gerenciamento segmentado usualmente leva a uma solução específica que pode conflitar com outras;
- *Decisão a nível político*: Usualmente o custo de prevenção é muito pequeno se comparado aos cenários de desastres, mas existem muitas decisões de curto prazo de que os eventos de baixa frequência não ocorrerão durante seu mandato;
- *Percepção pública x profissional do risco*: (Margolis, 1996): Frequentemente a percepção de risco entre profissionais e o público estão em conflito o que gera dificuldades na tomada de decisão;

2.3.3 Necessidades globais e regionais

Os principais aspectos a nível global e regional sobre a gestão de risco são analisados, considerando a agenda global, regional e local onde a governança, base de informação, capacitação e suporte econômico financeiro e humano são estratégicos.

Global: International agenda

As preocupações sobre meio ambiente aumentaram depois de 1970 em países desenvolvidos. Em 1980, com o acidente de Chernobyl a sociedade entendeu quanto os fatores climáticos locais podem influenciar a nível regional e mesmo global pela atmosfera, resultando numa época de pressões mundiais sobre o efeito do clima devido as atividades humanas. A década de 90 foi marcada pelas definições sobre o desenvolvimento sustentável, conceito básico para as ações nas décadas seguintes quanto ao meio ambiente. Nesta década a preocupação sobre água está na agenda internacional juntamente com a busca de atingir as metas do milênio das Nações Unidas para as próximas décadas. Um dos principais objetivos da redução da pobreza que está fortemente relacionado com a vulnerabilidade dos desastres naturais. Nos planos de Implementação do World Summit on Sustainable Development (WSSD), em Johannesburg em 2002, foi destacado "... a mitigação dos efeitos das secas e cheias por meio de medidas e uso de informações de clima e tempo e previsão, alerta, gestão do solo e recursos naturais, práticas agrícolas e conservação dos ecossistemas para reverter a tendência e minimizar a degradação do solo e recursos naturais."

Em Kyoto, durante a III^o World Water Conference houveram várias sessões sobre impactos das cheias e gestão de risco e no México na IV^o WWC (Março de 2006) gestão de risco é um dos principais temas em discussão.

As Nações Unidas na Assembléia geral de 22 de Dezembro de 1989 proclamou a Década Internacional de Desastres Naturais (IDNDR) seguido pelo estabelecimento de um Conselho de Alto Nível. O secretariado apresentou os seguintes objetivos "reduzir por meio de ações internacionais, especialmente em países em desenvolvimento, a perda de vidas, danos a propriedades e interrupção as atividades sócio-econômicas por desastres naturais, como terremotos, tsunamis, tempestades de vento, enchentes, escorregamentos, erupções vulcânicas, fogos, infestações, secas, desertificações e outras calamidades de origem natural." (Askew, 1999).

Em 1994 a Conferência em Redução de Desastres Naturais em Yokohama marcou o meio da década e destacou os principais conceitos sobre gestão de risco considerando a prevenção de desastre, alerta, redução e mitigação da vulnerabilidade.

Por meio da resolução A/RES/58/214 da Assembléia das Nações Unidas durante a Conferência Mundial sobre Redução de Desastres, ocorrida em Kobe, Hyogo no Japão de 18 a 22 de Janeiro de 2005 foram identificados os problemas e desafios: *governança*: estrutura política, legal; *identificação do risco*, avaliação, monitoramento e alerta; *gerenciamento de conhecimento e educação*; reduzir os fatores de risco; *efetiva preparação e resiliência*. Na declaração da conferência foi destacada a redução de desastre no desenvolvimento sustentável, redução da vulnerabilidade da sociedade, estados da responsabilidade para proteção da sociedade construir a resistência e participação (UN, 2005).

WSSD propôs a implementação dos Planos de Água nos países para a implementação da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos para atingir os objetivos do Milênio (MDG). Os Planos de Água possuem ainda uma definição muito ampla e tem sido entendido com um conjunto de princípios sobre recursos hídricos que o país deveria desenvolver para atender o MDG. Nesta perspectiva é importante que o desenvolvimento dos Planos de Água a gestão de risco seja um componente dos planos.

América do Sul

Na América do Sul a percepção e gestão do risco está fortemente relacionado a vulnerabilidade dos naturais eventos. Alguns dos principais riscos relacionado com desastres naturais são:

- Ao longo da Costa do Pacífico e Andes os principais desastres estão relacionados a: terremotos, ondas de cheias, avalanche, cheia de lama, escorregamento and cheia rápida;
- Cheias ao longo da maioria dos rios com importante impactos nos rios da bacia do Prata: Paraná, Uruguai e Paraguai devido a grandes cheias e o uso do solo;
- Secas nas grandes areas da região como: Nordeste do Brasil, leste do rio Paraná e Paraguai e algumas áreas costeiras do Pacífico;
- Cheias na drenagem urbana na maioria das cidades da região em consequência da falta de planejamento urbano e governança.

Algumas das principais necessidades a nível regional estão relacionadas com o seguinte:

- Falta de governance: em muitos países não existe política relacionada com a gestão de risco para desastres naturais e as instituições são fracas em recursos humanos, estrutura, fundos, entre outros. Algumas das políticas e estratégias são desenvolvidas logo após um grande evento ou uma sequência de eventos e a capacidade de atuar sobre os desastres ao longo do tempo é pequena.
- Identificação do risco: Existe um monitoramento muito pobre das variáveis e, consequentemente uma previsão deficiente ou inexistente. Isto varia de país para país
- Conhecimento e capacitação: Com baixa governança, falta de informação e prevenção, não existe incentivo para desenvolvimento de conhecimento e aumentar a capacitação;
- Preparação e resiliência: A maioria da população que ocupa as áreas de riscos são pobres com alta vulnerabilidade e sem resiliência. Após cada evento a população espera recursos a fundo perdido para sua recuperação. Existe um incentivo ruim neste processo, pois existe a tendência de se desprezar o processo preventivo.

2.4 Gestão de risco

Como destacado no item anterior, os principais desafios relacionados com a gestão dos riscos são resultado (a) da pressão da sociedade no meio ambiente (ações antrópicas); (b) o impacto da variabilidade e mudança climática sobre a sociedade e meio ambiente; e (c) Vulnerabilidades sociais e econômicas.

A gestão de risco de desastres em recursos hídricos é o desenvolvimento de ações para prevenção, medidas de mitigações para redução dos riscos. ISDR (2005) definiu como o seguinte “o processo sistemático, administrativo, decisores, organizações, operacional e habilidades para criar capacidade na sociedade e comunidades para reduzir os impactos dos desastres naturais e desastres ambientais e tecnológicos relacionados”.

A redução de risco pode ser planejada através de *medidas estruturais e não-estruturais*. Medidas Estruturais pode ser planejada através de obras que evitam impactos. Medidas não-estruturais não alteram a chance de ocorrência do evento para a população, mas reduz sua vulnerabilidade através de medidas preventivas como alerta, seguros, mitigação de efeitos e medidas institucionais.

Rees (2002) menciona quatro razões para que a gestão de risco seja desenvolvida além do conhecimento científico e tecnológico:

- “Risco, em termos humanos, existe apenas quando humanos possuem algo em jogo”. Jarger et al (2001) *apud* Rees (2002). A sociedade está sempre em risco, a medida do risco é sempre uma decisão baseada na percepção pública e na capacidade de investimento;
- Os eventos físicos sozinhos não são a causa dos desastres, mas a atividade humana movendo-se para as áreas de risco, aumento da demanda ou poluição são as fontes dos problemas;
- Efeitos climáticos hidrológicos são apenas um grupo das incertezas relacionadas à gestão do risco;
- Basear a proteção somente em soluções técnicas em eventos de grande frequência pode aumentar a vulnerabilidade nos eventos de baixa frequência.

O desenvolvimento tecnológico das décadas recentes tem resultado em aumento na qualidade da vida para uma parte da população mundial. O restante não tem se beneficiado deste desenvolvimento e dependem de assistência internacional.

A estrutura da gestão de risco em recursos hídricos é descrita na Figura 29. Os principais componentes são a fonte ou causas do risco, as ações apropriadas para reduzir a vulnerabilidade e as principais metas a serem obtidas.

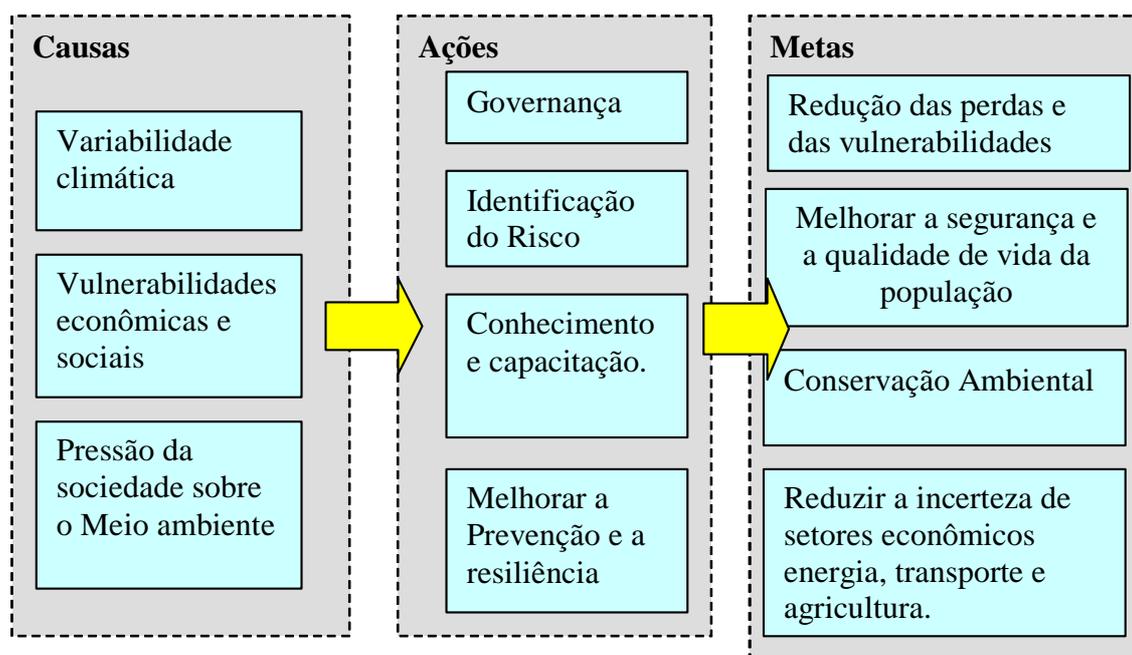


Figura 29. Estrutura da Gestão de risco.

A estrutura geral da gestão do risco dos eventos extremos é baseada nos elementos indicados na Figura 30, com os seguintes componentes: *Governança*, *Atividade da gestão* e *Metas* (Figura 29). A governança trata da Política, Instituições, Recursos Humanos, participação pública, e Pesquisa. As atividades tratam da: avaliação de risco, redução de risco, preparação e implementação. As metas fundamentais são de reduzir a vulnerabilidade e aumentar resiliência da população a eventos extremos.

As medidas de controle ou de redução de risco podem ser do tipo *estrutural* e *não estrutural*. As medidas estruturais estão relacionadas com a alteração do sistema natural para

suportar os eventos extremos, como diques, barragens, canalização entre outros. As medidas não-estruturais são as que permitem conviver com o sistema e preparando e mitigar os eventos através de medidas como seguro, zoneamento, e prognóstico. As medidas estruturais envolvem maiores custos e de qualquer forma e estão limitados quanto à segurança a um nível de risco. Portanto, o prognóstico se enquadra dentro das medidas não-estruturais de redução de risco. No item seguinte são definidos os elementos do prognóstico hidroclimático.

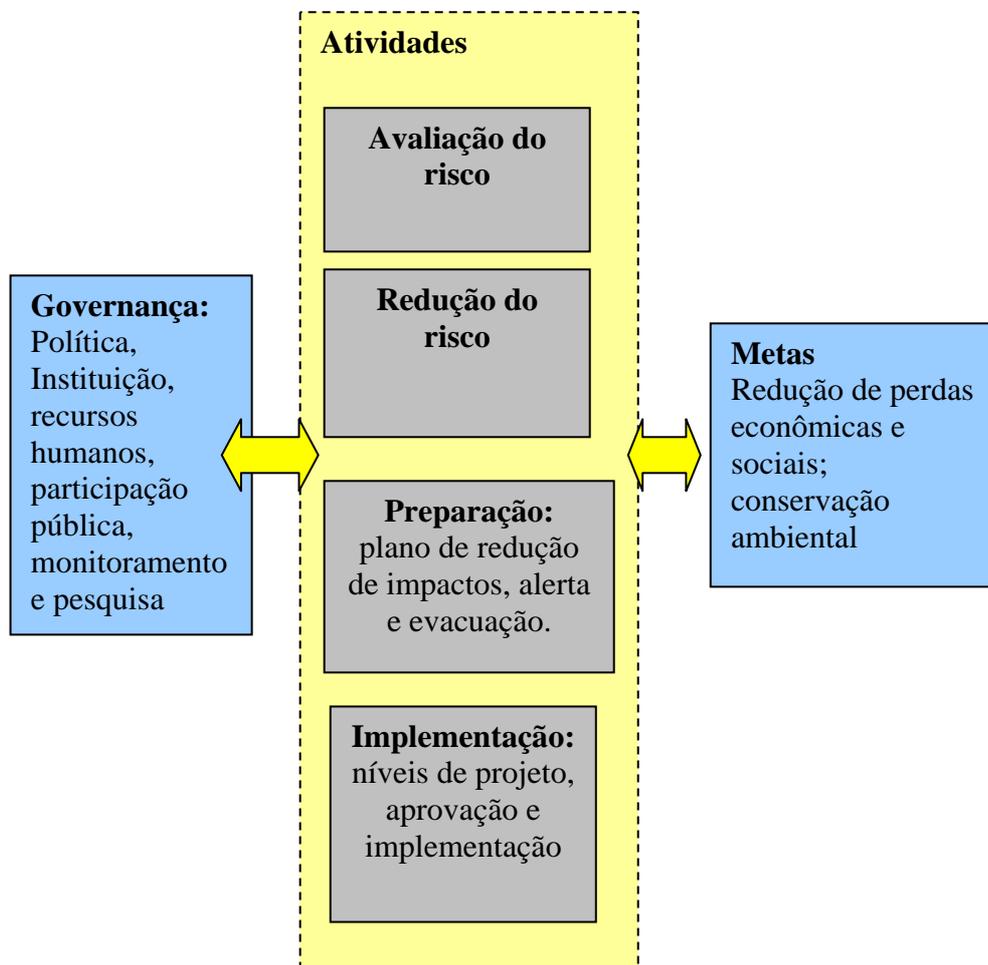


Figura 30. Gestão de risco (adaptado de Plate, 2004).

2.5 Prognóstico hidroclimático

Os prognósticos são a estimativa das variáveis hidrológicas numa bacia ou em determinados locais da bacia. O prognóstico pode ser realizado por uma previsão ou predição. A *previsão* envolve a estimativa da variável num tempo definido no futuro, enquanto que a *predição* é a estimativa da variável para um determinado cenário de risco.

A previsão de vazão é uma das medidas utilizadas no gerenciamento dos recursos hídricos para minimizar as incertezas do clima. Vários usos da água como abastecimento de água, irrigação, navegação, hidrelétricas e inundações e conservação ambiental dependem da quantidade de água disponível nos rios. A condição climática futura é incerta, todos estes usos foram planejados baseando-se em estatísticas das séries históricas consideradas estacionárias. Contudo, têm sido observadas mudanças nas tendências de precipitação e temperatura em diferentes pontos do globo, como consequência do aumento da concentração de gases de efeito e do aquecimento globais mostrados pelos modelos globais de clima de vários centros

mundiais (IPCC, 2001). A principal consequência do uso de séries não-estacionárias em recursos hídricos é o aumento da incerteza dos investimentos. A previsão de vazão pode ser utilizada para diminuir a incerteza e o risco dos usos da água e da conservação ambiental.

A previsão de vazão pode ser realizada em *curto prazo* com antecedências de poucas horas até cerca de 14 dias e *em longo prazo* com antecedência de até nove meses (Georgakakos e Krysztofowicz, 2001). Usualmente a previsão de curto prazo é utilizada para controle de inundações, mas também em outras aplicações como: previsão de níveis (e calado) para navegação, disponibilidade hídrica para irrigação, abastecimento de água e operação energética.

A *previsão de longo prazo* é a previsão realizada com antecedência de 1 a 9 meses. Esta é uma nova área em desenvolvimento em recursos hídricos, já que, no passado recente, este tipo de previsão se resumia na utilização de características sazonais das bacias (Villanueva et al, 1987 e Druce, 2001), mas nos últimos anos, com a melhoria da estimativa dos modelos climáticos e a identificação de relações entre as condições dos oceanos e as variáveis hidrológicas (Anderson et al, 2001), a previsão de longo prazo passou a apresentar resultados promissores com uso seqüencial de modelos climáticos e hidrológicos (Tucci et al, 2003).

A *predição* envolve o estudo estatístico de tendência das variáveis climáticas e hidrológicas de vários anos ou os cenários hipotéticos futuros relacionados com o clima, uso do solo ou outros efeitos antrópicos como a modificação climática devido ao efeito estufa.

2.5.1 Previsão de curto prazo

A previsão de curto prazo pode ser classificada de acordo com vários fatores como: (a) frequência da previsão; (b) antecedência e atualização; (c) modelos, variáveis e combinação dos mesmos.

Quanto à frequência

A previsão de curto prazo pode ser *contínua* ou *eventual*. Quando a previsão é realizada ao longo do tempo, independentemente das condições hidrológicas a mesma é dita contínua. Por exemplo, a operação de uma usina hidrelétrica requer a previsão do volume afluente para regular o nível do reservatório para maximizar a produção de energia.

A previsão *eventual* é denominada neste texto como a previsão realizada em épocas definidas do regime hidrológico, enchentes ou estiagens em que as condições são críticas para o usuário da água. A previsão e o alerta de enchentes de um determinado local somente são realizados quando os níveis do rio atingem valores próximos dos críticos. A previsão de níveis para navegação somente é realizada nos períodos de estiagem, quando existe risco do rio não ter calado suficiente para a navegação. A previsão eventual pode ser realizada para períodos de estiagem ou de enchentes, dependendo do objetivo.

A previsão de vazões geralmente é realizada para eventos chuvosos, onde as dificuldades de antecedência são maiores. Num período de estiagem, toda a água disponível já se encontra dentro da bacia e a previsão depende de metodologia determinista, que envolve principalmente o escoamento subterrâneo na bacia e a propagação do escoamento nos rios.

Quanto à antecedência e os modelos

A previsão de cheia de curto prazo (também chamada de tempo real ou tempo atual), pode ser classificada de acordo com a antecedência desejada e as características da bacia que drena para o local de interesse. Uma pequena bacia possui um tempo de ocorrência muito pequeno entre a precipitação e seu efeito na seção principal. Numa bacia grande este tempo é muito maior. Normalmente, deseja-se a maior antecedência possível na previsão de ocorrência de uma enchente, no entanto com algumas horas de antecedência já é possível atuar sobre seus efeitos, minimizando os danos. Uma bacia com tempo de resposta (tempo de

concentração) pequeno a previsão deve ser realizada com base numa precipitação ocorrida. Uma bacia grande (com resposta lenta) pode utilizar a observação do nível a montante, para efetuar esta previsão, pois a antecedência pode ser suficiente para as medidas mencionadas. A maior vantagem de se utilizar um posto a montante, é que os erros de previsão são menores que aqueles da previsão de um modelo chuva-vazão. No entanto, esta situação somente pode ser utilizada, quando o tempo de deslocamento atende os objetivos da previsão e a contribuição lateral entre os postos é desprezível se comparado com o volume do posto de montante.

Quando a bacia possui tempo de antecedência entre a ocorrência da precipitação e a vazão de poucas horas (< 6h) a previsão deve utilizar a precipitação. Para antecedência s várias horas ou dias, a previsão pode ser obtida através da combinação da observação de nível a montante e da precipitação da bacia intermediária. Os modelos hidrológicos de previsão usualmente possuem dois módulos principais: precipitação – vazão de bacias intermediárias e propagação no rio. Quando a antecedência entre as seções do rio é suficiente para uma boa previsão e a contribuição lateral é desprezível podem-se utilizar modelos de propagação ou a combinação dos modelos.

A classificação dos modelos que podem ser utilizados é a seguinte (Tucci,1998):

Previsão meteorológica da precipitação, integrada a um modelo precipitação-vazão (denominada previsão hidroclimática, Figura 31). Na Figura 31 é apresentado um exemplo fictício da previsão de vazão realizada para um instante $T_0 + \Delta T$, sendo que ΔT é a antecedência, variando de 0 até 24 horas. A chuva observada nos postos telemétricos está disponível até o instante T_0 , e está representada na figura pela parte escura do hietograma. A partir do instante T_0 a precipitação na bacia não é conhecida. Neste caso a previsão de vazão com modelo chuva-vazão poderá ser realizada em três formas: I) considerar derar que a chuva a partir do instante T_0 é nula; ii) utilizar a previsão de chuva a partir de T_0 ; e III) utilizar a estimativa de água precipitável.

Se a previsão de vazão for realizada com base na hipótese de precipitação nula a partir de T_0 , então existe a tendência que a vazão prevista seja inferior à vazão observada, como ocorre na Figura 31. Pode-se dizer, inclusive, que o hidrograma previsto com base na hipótese de precipitação nula a partir de T_0 representa uma estimativa do limite inferior das vazões futuras. Se, por outro lado, existe uma previsão quantitativa de precipitação de boa qualidade para as próximas horas, e esta previsão estiver disponível no instante T_0 , então a previsão de vazão tende a melhorar, como mostra a Figura 31. Já a utilização da água precipitável (quantidade de água, que poderia ser recolhida se todo o vapor d'água contido numa na atmosfera, fosse condensado e precipitado) indica um limite teórico máximo;

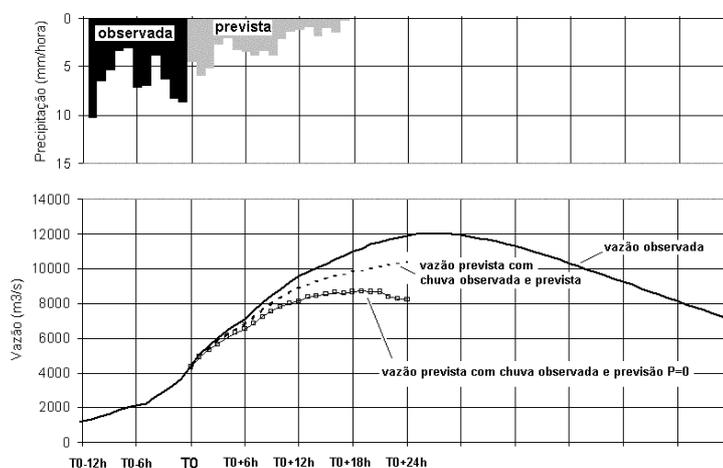
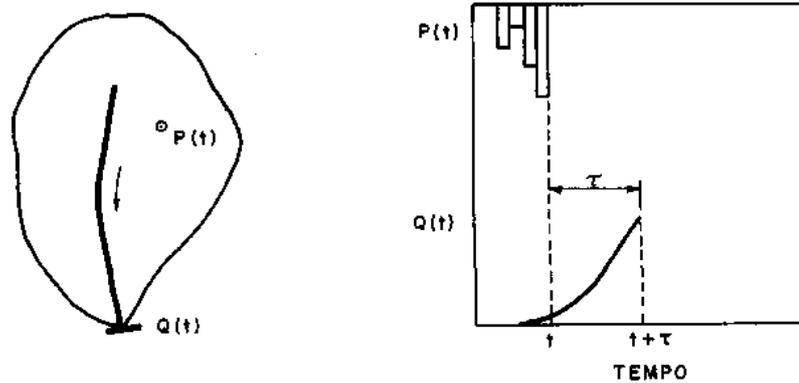
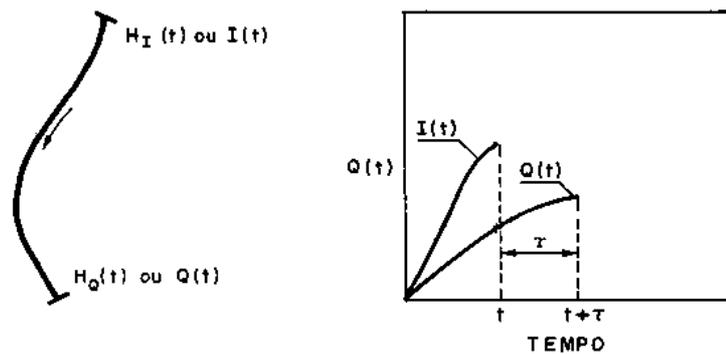


Figura 31. Esquema da previsão hidroclimática

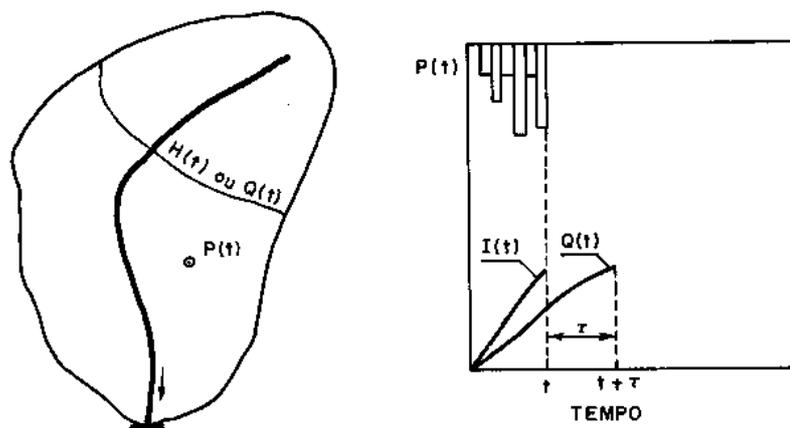
Estimativa da precipitação com base em rede telemétrica e transformação em vazão através de modelo hidrológico. Esta alternativa é inferior a anterior, mas na maioria das bacias não existe radar e a rede telemétrica bem distribuída pode permitir bons resultados. A dificuldade normalmente reside na estimativa da precipitação futura, que deve ser inserida dentro do modelo hidrológico. A precipitação pode ser considerada nula ou estimada por modelos estatísticos (Figura 32a). Na Figura 32 esta estimativa tende a subestimar para tempos futuros maiores que o tempo de concentração da bacia. É a chamada previsão hidrológica.



a) previsão com base na precipitação



b) previsão com base no nível ou vazão



c) previsão com base na precipitação ou vazão

Figura 32. Previsão Hidrológica

Previsão da vazão com base em níveis ou vazões do rio a montante e dos seus afluentes. Esta situação é possível, quando existe antecedência e a contribuição lateral é pequena (Figura 32b);

Previsão da vazão com base em níveis ou vazões a montante e com uma das alternativas a, b ou c para a bacia de contribuição lateral (Figura 32). Esta alternativa contempla a defasagem do deslocamento de montante e a rapidez da contribuição lateral mais próxima à seção principal da bacia

2.5.2 Previsão de Longo Prazo

A previsão de *longo prazo* pode ser realizada através de várias técnicas estatísticas, buscando similaridades com relação a sazonalidade regional. Por exemplo, numa bacia onde o período chuvoso é bem definido, após o período chuvoso as vazões podem ser previstas para os próximos meses (secos) apenas pelo esvaziamento do aquífero através da equação de regressão (Villanueva, et al 1987). Da mesma forma, em regimes hidrológicos com grande capacidade de armazenamento e sazonalidade bem definida a magnitude das vazões pode ser estimadas com pequeno erro de variância entre anos. Em sistemas muito lentos as vazões máximas ou mesmo o hidrograma podem ser estimados com base no tempo de traslado que pode levar alguns meses como rio Paraguai a jusante do Pantanal (Tucci e Genz, 1994). No entanto, na maioria dos sistemas hídricos que possuem memória de alguns dias e períodos chuvosos em grande parte do ano, as técnicas usuais de previsão de médio prazo somente podem ser estatísticas quando não é possível prever a precipitação futura da bacia. Inicialmente foram utilizadas técnicas estatísticas para relacionar as anomalias de pressão e temperatura dos Oceanos com as vazões dos rios em algumas bacias como a do Pacífico e do rio Paraná. Os resultados, apesar de promissores ainda apresentavam baixo grau de correlação para as práticas hidrológicas, no entanto, mostravam que existiam informações entre causa e efeito neste processo. Vários resultados na literatura mostram correlação entre as precipitações do Pacífico e o Sul do Brasil e recentemente com o Atlântico, mostrando que estes dois sistemas mostram sinais que poderiam explicar as vazões.

Com o uso de modelos climáticos para estimar as condições climáticas futuras foi introduzida a possibilidade de previsão de longo prazo através do uso da previsão da precipitação e evapotranspiração através do modelo climático e sua entrada no modelo hidrológico para previsão para alguns meses de antecipação. Desta forma, em resumo as alternativas de previsão aqui denominadas de *longo prazo* podem ser as seguintes:

1. pela simples *estatística* sazonal das vazões num determinado local, prevendo-se sempre a sua média. Por exemplo, a média das vazões do mês de janeiro, fevereiro, março, etc seriam as previsões de vazões a serem utilizadas anualmente;
2. por modelo *estocásticos* que consideram a sazonalidade, a interrelação temporal, os componentes aleatórios e mesmo variáveis de entrada como a precipitação para prever as vazões futuras;
3. modelos *empíricos* que poderiam estar na classe anterior, mas que estabelecem relações entre variáveis climáticas indicativas, como temperatura ou diferença de pressão dos oceanos com a vazão dos rios;
4. modelos determinísticos *climático* associados com modelos *hidrológicos*. O modelo climático estima as variáveis climáticas de entrada no modelo hidrológico que prevê as vazões.

2.5.3 Predição

A predição é utilizada para com os seguintes objetivos:

- Analisar cenários de planejamento do tipo e uso do solo e sua relação com as variáveis hidrológicas e climáticas; e
- Determinar o risco potencial sobre determinadas áreas como o de secas e estiagens, analisando a vulnerabilidade do ambiente e da população e estabelecendo planos de mitigação quando da sua ocorrência. Por exemplo, um sistema de alerta (previsão de vazão e nível) e zoneamento de áreas inundações (com base em mapeamento de risco) são medidas combinadas para reduzir o prejuízo;

2.6 Histórico de desastres hidroclimáticos na bacia Amazônica

Na Figura 33 pode-se observar a freqüente área de inundação na Amazônia. As inundações podem ocorrer pelo natural funcionamento dos rios que ocupa a sua margem (inundações ribeirinhas) ou por inundações induzidas pela urbanização (drenagem das cidades). As inundações ribeirinhas na Amazônia possuem uma sazonalidade bem definida e permitem uma previsão com antecipação bastante grande. A população aprendeu a conviver com os aumentos e descidas dos rios da Amazônia, inundando e secando as margens dos Igarapés (pequenas drenagens de afluentes), que são represados pelos rios principais.

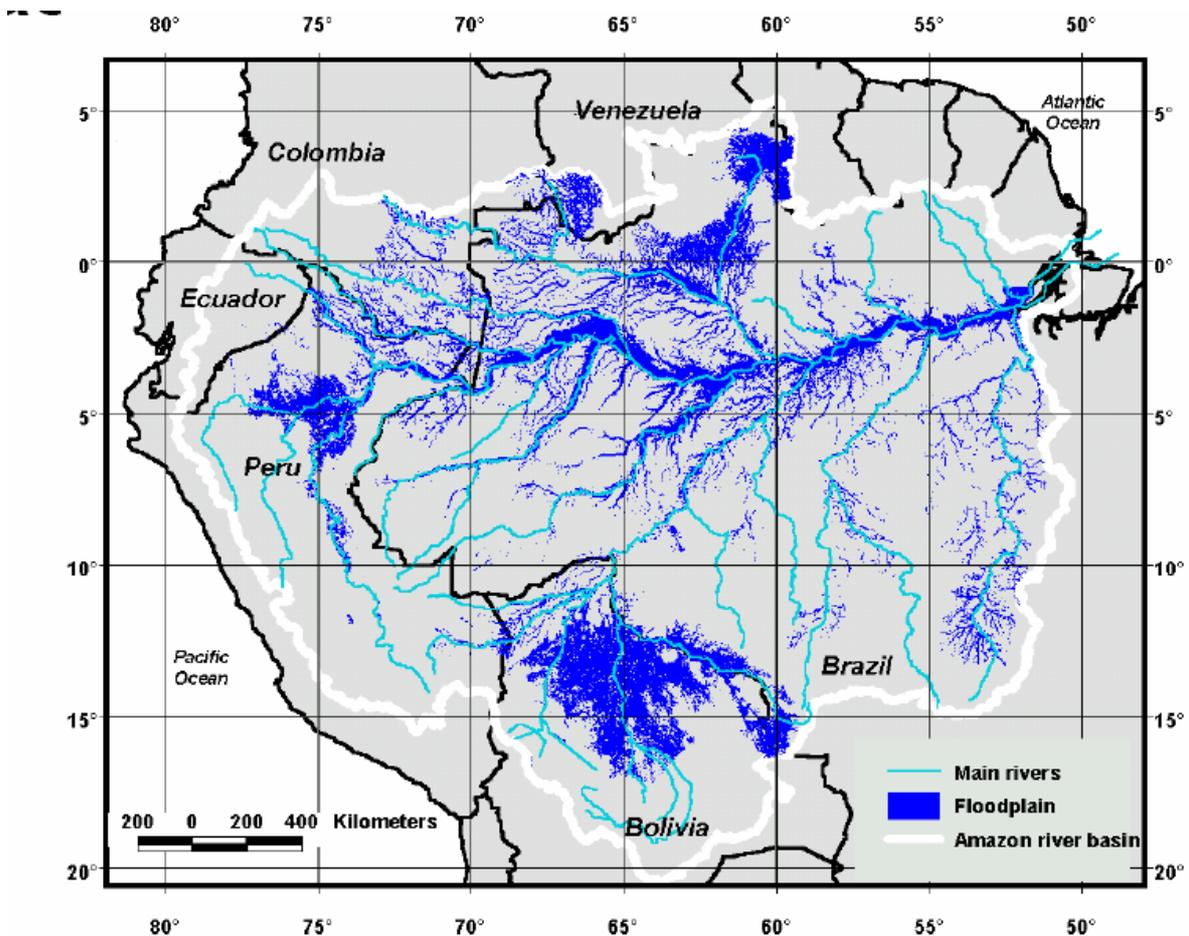


Figura 33. Áreas de Inundação na bacia Amazônica (Freitas, 2006).

Nas poucas cidades que existem na Amazônia como Manaus (o maior centro urbano da bacia) o período das inundações ribeirinhas do rio Negro/Solimões neste local é de maio de

setembro, pelo tempo que leva o hidrograma de descer de montante para jusante, enquanto que o período de chuva em Manaus é de novembro a abril. Esta concomitância poderia ser desastrosa para alguns Igarapés (macro-drenagem), pois poderia haver um aumento importante de nível na transição entre o efeito do rio Negro e de montante no Igarapé. Para conviver com esta inundações a população encontrou a palafita, que mesmo com estrutura débil não é afetada neste período do ano devido a pequena velocidade desta área do Igarapé, provocada pelo remanso do rio Negro no Igarapé. Com o desenvolvimento urbano (Figura 34) a cidade tende a gerar inundações nos igarapés devido a impermeabilização do solo (Foto 1). Isto se agrava porque que nos trópicos úmidos da Amazônia as Intensidades de Precipitação são da ordem de 25% maiores que nas latitudes abaixo de 20 °C para o risco de de ocorrência e duração (Tucci, 2001).

Observaram-se secas importantes na bacia, como a de outubro de 2005, que mostrou maior vulnerabilidade devido ao aumento nos últimos 20 anos da ocupação e usos dos rios da Amazônia. Esta seca que deixou partes da Amazônia em estado de calamidade e não foi um evento extremo isolado e sim uma amostra do que o futuro reserva para o clima da região.

O processo de secas e estiagens nesta bacia tem características de longa duração na bacia e dependem de períodos interanuais importantes. Marengo (2004) analisou a tendência da variabilidade interanual e interdecadal da Planície brasileira da bacia Amazônica com dados de precipitação de 1929 a 1998, com maior detalhe de 1950 a 1998 e concluiu pelo seguinte (Figura 35):

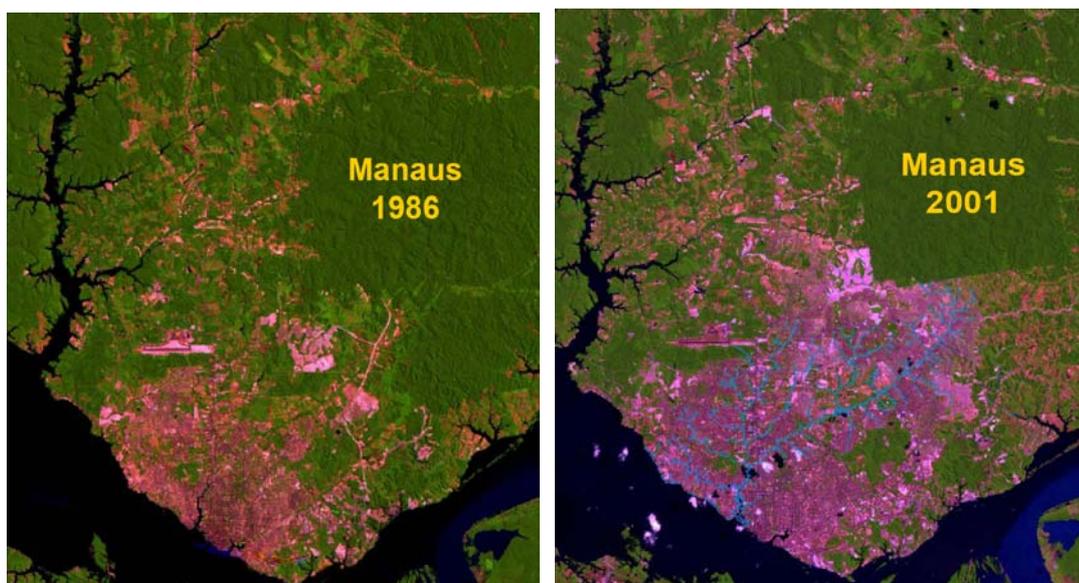


Figura 34. Imagens do desenvolvimento urbano de Manaus ao longo do tempo (Freitas, 2006)

- (a) Tendência de diminuição das precipitações (tendência negativa) para toda a bacia, sendo na parte Norte da bacia ocorre esta mesma tendência, enquanto que no parte Sul ocorre o sentido contrário;
- (b) Observou-se variações marcantes em 40 e 70-75, com redução de precipitação no Norte da Amazônia, efeito contrário observado na Bacia do Prata e grande parte do Brasil, quando ocorreu aumento. Este efeito tem correlação com a temperatura do Pacífico, que ficou mais quente com maiores frequências de El Nino. Este é um indicativo de aumento de secas no Norte da região e cheias maiores ao Sul.

A potencial modificação climática também pode reservar impactos importantes na bacia para o cenário previsto de duplicação de CO₂ na Atmosfera. As previsões do Hardley Center para 2075 quanto a precipitação e temperatura (Figura 36) mostram aumento de temperatura média de até 5° C e redução da precipitação no Norte da Amazônia em cerca de 1 mm/dia, tendendo a transformar a floresta em cerrado.



Foto 1. Urbanização e impermeabilização em Manaus

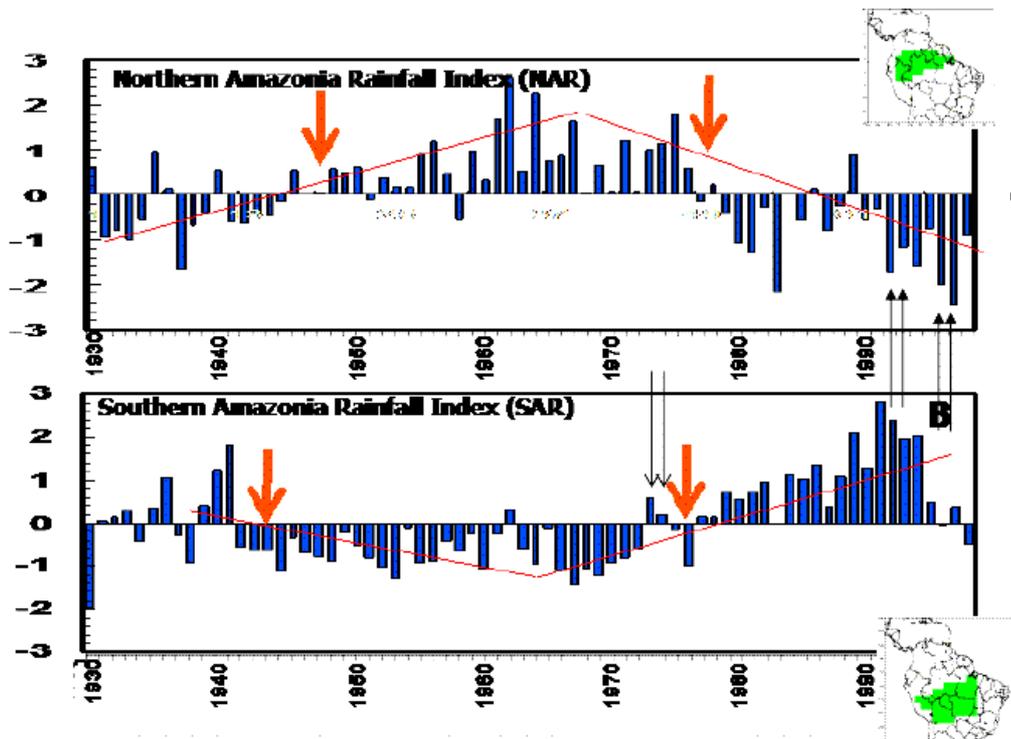


Figura 35. Tendência de variabilidade da precipitação no Norte e Sul da Amazônia com base em índice normalizado (Marengo, 2004).

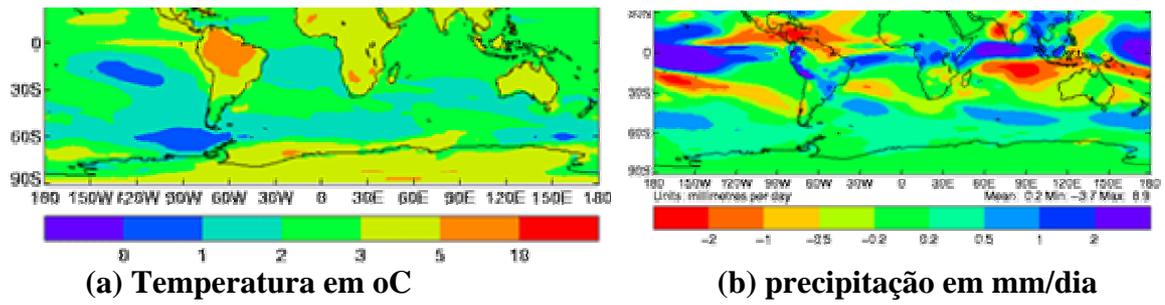


Figura 36. Prognóstico de alteração no clima para duplicação do CO2 com o modelo do Hardley Center para temperatura e Precipitação.

3. TERMOS DE REFERENCIA PARA UM SISTEMA DE PROGNÓSTICO HIDROCLIMÁTICO INTEGRADO

3.1 Introdução

O estudo denominado de “Um sistema de prognóstico hidroclimático integrado” está sendo desenvolvido dentro da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica – OTCA com recursos do GEF Global Environmental Facility e gestão da OEA Organização dos Estados Americanos.

Os oito países do Tratado de Cooperação Amazônica participantes destacaram conjuntamente a necessidade de estabelecer um marco de ação comum na bacia do rio Amazonas para:

- Atuar cooperativamente sobre os principais problemas ambientais que atingem a bacia e afetam os países. As atividades planejadas incluem a identificação e implementação de ações e programas para proteger e conservar a água do rio e seus ecossistemas associados;
- o gerenciamento integrado e participativo para que oportunidades e alternativas para futuras gerações sejam garantidas.

O projeto GEF AMAZONAS tem por objetivo fortalecer o marco institucional para planejar e executar, de forma coordenada, as atividades de proteção e o gerenciamento sustentável do solo e dos recursos hídricos na bacia do rio Amazonas, em face dos potenciais impactos decorrentes das mudanças climáticas na Bacia. O Projeto visa a sustentabilidade, preservação e conservação dos ecossistemas, contemplando o gerenciamento integrado dos recursos hídricos transfronteiriços e as mudanças climáticas.

A Bacia Amazônica pelas suas características naturais influencia e sofre influência do uso do solo e do clima com abrangência nacional, continental e global. A variabilidade e modificação climática produzem efeitos no comportamento do clima e na hidrologia regional. Os efeitos de curto e longo prazo podem ser minimizados à partir da previsão de tempo e hidrológica, enquanto que a predição dos cenários potenciais futuros podem ser estimados com base na integração da previsão hidroclimática.

3.2 Objetivos

Este termo de referência estabelece *as bases conceituais e apresenta uma proposta de funcionamento do sistema de prognóstico hidroclimatológico* para a análise e caracterização das secas, enchentes e outros impactos sujeitos a variabilidade e modificação climática, como parte do gerenciamento integrado dos recursos hídricos e contribuindo para identificar as questões transfronteiriças da bacia do rio Amazonas.

A meta do projeto é o de melhorar a capacidade dos países da bacia do rio Amazonas para prever os impactos do tempo, a variabilidade e a mudança climática nos sistemas dependentes dos recursos hídricos.

Para atender este objetivo é necessário melhorar os prognósticos hidroclimáticos por meio do seguinte:

- Um sistema integrado para o prognóstico meteorológico, climático e hidrológico na bacia do rio Amazonas. Esta atividade envolve gerar capacidades para atuar sobre as inundações, secas e outros eventos extremos, mediante o uso coordenado e funcional dos recursos institucionais existentes na região.
- Estabelecer cenários climáticos, de uso de solo e hidrológicos para fortalecer o planejamento da Bacia Amazônica, facilitar a gestão sustentável dos recursos hídricos e contribuir ao planejamento do uso de solo, proteção das áreas úmidas, entre outros usos.
- Estimativa dos impactos da mudança climática, vulnerabilidades e planos de adaptação nos sectores e áreas representativas da bacia.

3.3 Características da Bacia Amazônica

O rio Amazonas possui a maior bacia hidrográfica do mundo com cerca de 6,1 milhões de km², drenando área de 8 países da América do Sul, com vazão média estimada de 209 mil m³/s, correspondente a cerca de 1100 mm médio. Esta vazão representa 20% da vazão de água doce afluente ao Oceano. A bacia hidrográfica é apresentada na figura 3.1. Pode-se observar que 7 países: Bolívia (10%), Colômbia, Equador, Guiana, Peru (14%), Suriname e Venezuela possuem área na cabeceira da bacia e o Brasil (68% da área da bacia) representa a maior área de drenagem e o terreno de jusante da planície de escoamento da bacia. Brasil, Peru e Bolívia representam 92% da área da bacia.



Figura 37. Bacia Amazônica (Ribeiro Neto, 2006).

O rio nasce no Peru como Ucayali, após a confluência com o rio Marañon ainda no Peru passa a se chamar Amazonas, mudando para Solimões quando entra no Brasil. Retorna ao

nome de Amazonas quando, próximo de Manaus encontra o rio Negro. A extensão do rio tem controvérsias, mas é estimado em 6.868 km (Ribeiro Neto, 2006).

A bacia se estende da Latitude 5° N até 20° S, com limites ao Norte com Planalto das Guianas, a oeste os Andes, ao Sul o Planalto do Brasil representado pelo Cerrado e a leste o Oceano Atlântico para o escoamento.

No Quadro 4 são apresentados as distribuições de área de drenagem e de vazão dos formadores do Amazonas e seus afluentes, juntamente com a proporção de vazão de cada sub-bacia. Isto permite observar que algumas bacias possuem uma proporção maior de vazão do que área, indicando que as isoietas de precipitação são maiores nestas bacias.

A precipitação média anual é de 2300 mm, podendo chegar até 6.000 mm nos Andes. O clima úmido quente na Planície com temperatura baixa nas áreas montanhosas. O coeficiente de escoamento cerca de 50%, com vazão específica superior a 30 l.s⁻¹.km⁻². Na Quadro 5 são apresentados valores de Precipitação, Vazão e Evapotranspiração de alguns locais com dados na bacia, caracterizando um balanço destas variáveis.

Quadro 4. Proporção da Área de drenagem e da Vazão de cada sub-bacia (Molinier et al 1995)

Sub-bacia	Cabeceiras e cota máxima	Vazão % do total	Área de drenagem % do total
Solimões	Cordilheira dos Andes (6307 m)	49	36
Madeira	Cordilheira dos Andes (6038 m)	15	23
Negro	Planalto das Guianas (2973 m)	15	11
Tapajós	Planalto Central do Brasil (869 m)	6	8
Xingu	Planalto Central do Brasil (800m)	5	8
Trombetas	Planalto das Guianas (1003 m)	1	2
Outros		10	12

Quadro 5. Características Hidrológicas de algumas bacias da Amazônia (dados obtidos de Filizola Jr, 1997)

Rio	Área km ²	P mm	Q m ³ /s	q l/(s.km ²)	Qr Mm	C	P-Q mm
Solimões em S. P. de Olivença	990780	2900	46500	46,9	1480	0,51	1420
Purus em confluência	370000	2336	11000	29,7	938	0,40	1398
Solimões em Manacapuru	2147740	2880	103000	48,0	1512	0,53	1368
Negro em Manaus	696810	2566	28400	40,8	1285	0,50	1281
Amazonas em Óbidos	4618750	2520	168700	36,5	1152	0,46	1368
Madeira na Confluência	1420000	1940	31200	22,0	693	0,36	1247
Tapajós na Confluência	490000	2250	13500	27,6	869	0,39	1381
Xingu na Confluência	504300	1930	9700	19,2	607	0,31	1323
Amazonas na foz	6112000	2460	209000	34,2	1078	0,44	1382
Tocantins na Foz	757000	1660	11800	15,6	492	0,30	1168
Rio Iça na confluência	143760	3160	8800	61,2	1930	0,61	1230
Jutai na confluência	77280	2781	3020	39,1	1232	0,44	1549
Jurua na confluência	185000	2452	8440	45,6	1439	0,59	1013
Jari na Confluência	58000	2118	1880	32,4	1022	0,48	1096
Rio Trombetas	128000	1822	2555	20,0	629	0,35	1193

1 P-Q representa na média o Evapotranspiração real na bacia

A Bacia Amazônica é fortemente influenciada pela pronunciada sazonalidade das chuvas. As chuvas começam entre novembro-dezembro na região ao sul da linha do Equador e uns meses mais tarde ao norte da linha do Equador e se estendem por 4 a 5 meses. O período chuvoso é de outubro a maio, sendo que no Sul os meses mais chuvosos são dezembro a fevereiro, na parte central/oeste março a maio. Na parte montanhosa o período chuvoso entre maio-junho.

As principais características hidrológicas relacionadas com o prognóstico climático são as seguintes:

- Nos trechos montanhosos e de cabeceira os eventos são rápidos e ocorrem simultaneamente com as precipitações com pequenas diferenças entre a sua ocorrência e elevação dos níveis;
- A medida que as bacias crescem no seu trecho médio o tempo de resposta aumenta, mas ainda se encontram dentro do período de chuvas, com respostas de variam de 1 a 20 dias;
- No trecho de planície, principalmente dentro do território brasileiro os hidrogramas de cheias ocorrem já no período seco de chuvas desta região devido ao tempo de deslocamento das ondas de cheias, mas em ocasiões desfavoráveis este defasamento pode não ocorrer se a sazonalidade do ano não for marcante.
- Grande parte dos sedimentos que chega a planície é produzido na parte superior da bacia em função do relevo e de algumas ações antrópicas, enquanto a floresta é mantida com pouco impacto.

3.6 Sistema de Prognóstico

3.6.1 Estrutura geral

A estrutura metodológica do projeto considerou quatro componentes técnicos e um sistema de gestão como estrutura para atuar sobre os efeitos dos eventos extremos e da variabilidade climática nos recursos hídricos da bacia do rio Amazonas. Na figura 3.2 é apresentada a estrutura metodológica com os principais componentes apresentados a seguir, desmembrado em sub-componentes:

A. Informações: Melhorar a qualidade e quantidade dos dados disponíveis na bacia para permitir a previsão e predição de vazões e outras variáveis climáticas e hidrológicas;

B. Avaliação: Aumento do conhecimento sobre o uso e tipo de solo, comportamento do tempo e da hidrologia. O melhor entendimento dos processos regionais e as características dos sistemas são fundamentais para uma melhor previsão e predição.

C. Prognóstico: Implementar e/ou melhorar o prognóstico hidroclimático: previsão e análise de cenários buscando minimizar os impactos sobre os principais sistemas de recursos hídricos.

D. Gestão dos Impactos: Estimar vulnerabilidades, oportunidades, medidas mitigadoras e adaptação para reduzir as vulnerabilidades aos riscos climáticos.

E. Sistema de Gestão: O funcionamento depende de um sistema de Gestão onde estão presentes as instituições: características, política, atribuições e organização; seus recursos humanos: pessoal para atuar nas atividades do projeto; e infra-estrutura: rede de monitoramento, equipamentos de campo e escritório e softwares (Figura 38). A funcionalidade deste sistema é representada na Figura 39 tanto para a previsão como a predição de Cenários, pois se baseia num Centro de Previsão: como a infra-estrutura de

pessoal e equipamentos e software e rede de monitoramento de dados telemétricos e da rede básica de dados.

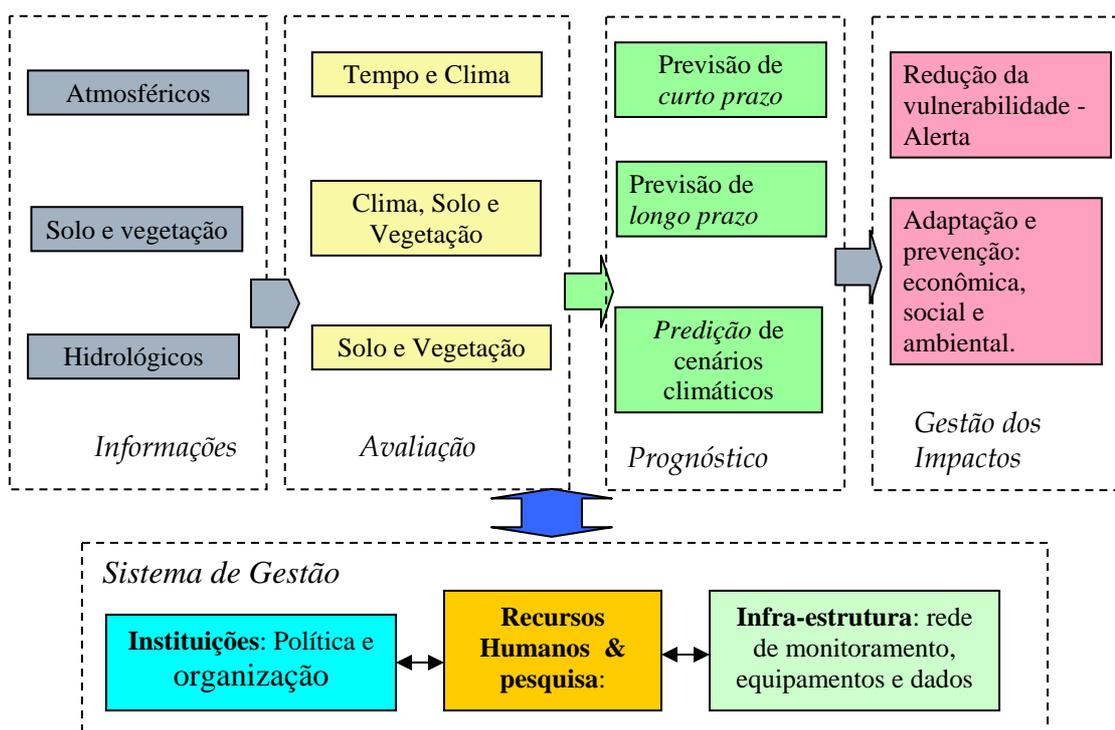


Figura 38. Estrutura para gestão do Prognóstico Hidroclimático.

Neste termo de referência são caracterizados cada uma dos componentes e definidas as atividades que visem a implementação do mesmo ao longo do projeto, denominados Nm, onde a letra maiúscula caracteriza o componente da estrutura e o número a atividade dentro deste componente.

3.6.2 Sistema de Gestão

Institucional

Para o desenvolvimento da previsão será definida uma instituição por país responsável com as seguintes atribuições:

- Coordenar a implantação da rede de monitoramento no território do país;
- Coordenar a operação e manutenção da rede de monitoramento no país;
- Implementar um Centro de Prognóstico, utilizando instalações e infra-estrutura existente e/ou complementada pelo projeto;
- Desenvolver no Centro de Prognóstico a coleta, armazenamento, processamento e análise dos dados e a previsão de precipitação, vazão e níveis para as bacias de abrangência do Centro;
- Cooperar com os outros centros da bacia Amazônia na troca de dados, modelos e resultados na bacia.

As instituições devem desenvolver workshops trimestrais visando trocar experiência e discutir as previsões para a bacia e programar atividades conjuntas.

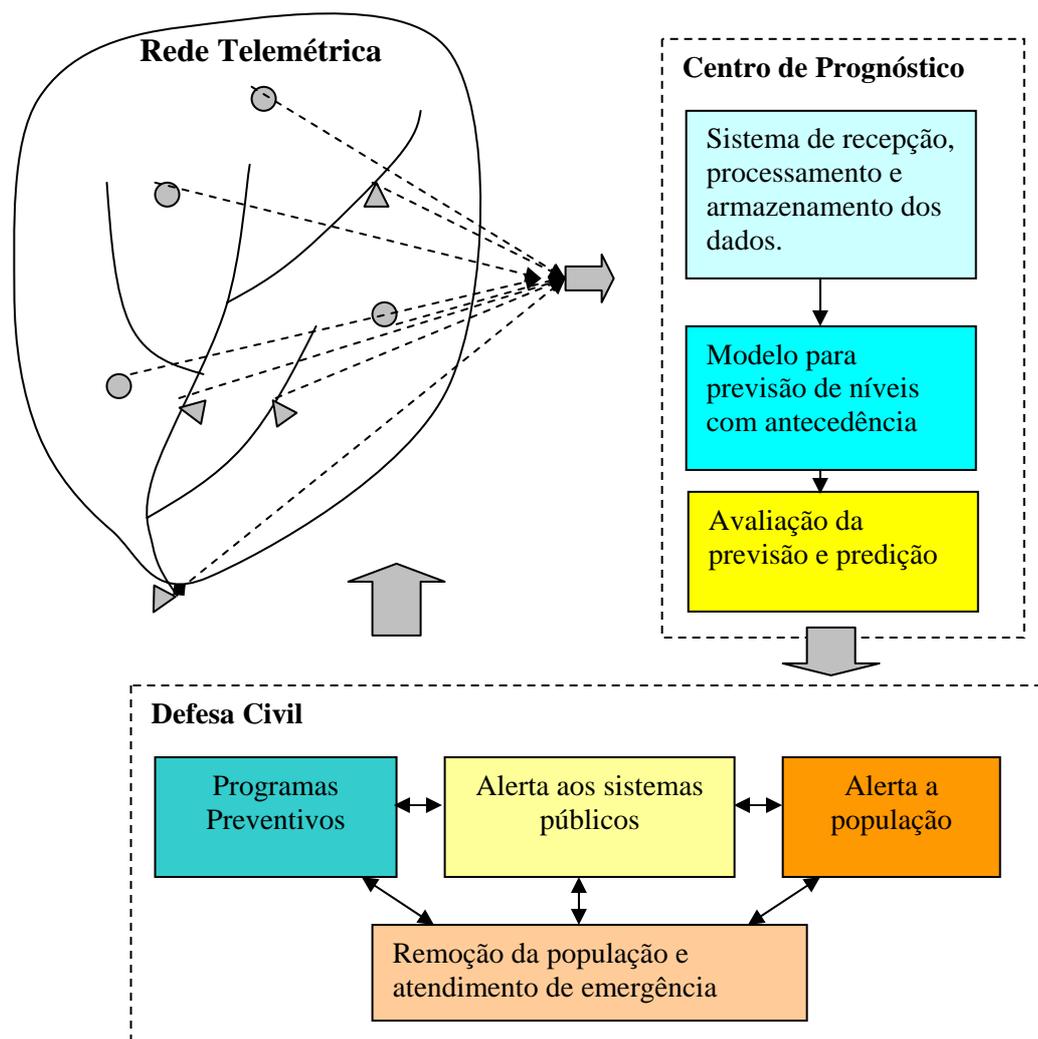


Figura 39. Funcionalidade do sistema de Previsão

G1. Entidade(s) de cada país: Definição da entidade em cada país, onde será implementado o sistema de gestão de prognóstico. Envolve o seguinte: concordância formal da mesma, e a disponibilização de infra-estrutura e pessoal para as atividades previstas.

G2. Revisão e implementação da estrutura da organização: Praticamente todos os países possuem instituições para previsão meteorológica e hidrológica com rede de observação e centros previsões em diferentes estágios (ver capítulo 1). Esta atividade envolve a reavaliação da estrutura destas entidades e recomendação de funcionamento para que possam atender este desafio dentro do projeto, além da implementação das alterações.

G3. Estabelecimento de um grupo de Gestão no âmbito da OCTA para o sistema de prognóstico hidroclimático. Como base na representação dos países deve-se procurar estabelecer um grupo de gestão do conjunto do sistema visando principalmente o seguinte: (a) cooperação entre Centros quanto a: troca de informações, modelos, experiência no

funcionamento da rede e custos comparativos, resultados de previsão e cenários futuros; (b) reuniões sistemáticas sobre prognóstico para o período seguinte (trimestral), buscando trocar experiência na previsão de cenários e previsão de longo prazo.

Infra-estrutura

A infra-estrutura tem como objetivo a implementação da rede de monitoramento e o Centro de Previsão.

Rede de Monitoramento: Atualmente os países possuem de alguma forma uma rede de monitoramento básica e uma rede telemétrica incipiente para uma bacia do tamanho da Amazônia e seus problemas. Os dados da rede básicos são úteis para estudos de cenários, mas não são úteis na previsão em tempo real. Para a previsão em tempo real é necessária uma rede telemétrica. Observou-se no capítulo 1 a grande discrepância entre as redes nos diferentes países, além da limitada rede telemétrica.

Os dados permitem o prognóstico no próprio local de observação e para outros locais da bacia como base de apoio. Neste sentido, a definição da rede de monitoramento passa pela identificação das necessidades de cada sub-bacia e do rio principal. Para a definição da rede de monitoramento que dê suporte ao prognóstico climático são necessários: (a) a identificação das necessidades (*Gestão de Impactos*: na estrutura geral da figura 38); (b) conhecimento do comportamento hidroclimático da bacia de interesse. As atividades previstas para planejar a rede adequada em cada país são as seguintes:

G.4 Identificação em cada país dos locais de interesse de previsão de vazão e/ou nível em função de inundações e secas. Esta identificação deve ser justificada pelos benefícios potenciais que a previsão poderá trazer ao local e ao sistema. Os locais devem ser priorizados por grupos em face dos benefícios;

G.5 Rede de Monitoramento complementar: básica e telemétrica (meteorológica e hidrológica): Esta etapa envolve visita a cada um dos países levantamento detalhado da rede existente e funcionamento dos equipamentos em operações, identificação das necessidades e planejamento de uma rede complementar de coleta de dados básica e telemétrica que atenda as necessidades identificadas considerando a previsão e estudos de cenários. Nesta avaliação deve estar: (a) contemplado a equipe e recursos para operação e manutenção da rede; (b) equipamentos, instalação, sistema de transmissão de dados e custos relacionados. Esta atividade pode ser realizada por país, mas tendo em conta a gestão do conjunto da bacia.

G.6 Implementação da Rede: Esta envolve a implementação da rede planejada para cada um dos países, de acordo com o indicado no item anterior.

Centro de prognóstico: O centro de previsão envolve um espaço a ser definido pela instituição de cada país onde são concentradas as ações de gestão do prognóstico climático. As atividades previstas aqui envolvem a infra-estrutura e as necessidades do Centro. No item seguinte é abordado o pessoal tanto para o Centro como para a rede de monitoramento.

G.7 Planejamento dos Centros de Prognóstico: São levantadas as condições dos Centros em cada país, planejado um Centro de Prognóstico padrão em condições ideais e identificados em cada país quais as necessidades de sua complementação para atingir o estágio desejado do Centro, visando atender as necessidades regionais e da bacia como um todo.

G.8 Implementação dos Centros de Prognósticos: Implementação da infra-estrutura dos Centros de Prognósticos de acordo com o planejamento previsto no item anterior. Os recursos humanos associados estão destacados no item abaixo e a rede de monitoramento de apoio foi

especificado no item anterior. As instalações físicas devem ser adequadas para funcionamento e deverão fazer parte da contrapartida das instituições ou do país.

Recursos Humanos

Para o desenvolvimento das atividades dos itens anteriores é essencial a disponibilidade de recursos humanos qualificados. Este componente apresenta dificuldades devido a falta de uniformidade entre os países em pessoal qualificado e na forma de sustentação econômica ao longo do tempo.

No Brasil houve um programa desenvolvido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia que investiu em Centros no Nordeste do Brasil fornecendo bolsas para meteorologista e hidrólogos recém qualificados de boas universidades por até 4 anos, juntamente com equipamentos para desenvolvimento do seu trabalho. Esta experiência mostrou que com o passar do tempo estes Centros foram se consolidando e os profissionais absorvidos na Gestão de Recursos Hídricos. Desta forma as atividades propostas são as seguintes:

G9. Identificação da necessidade de pessoal e capacitação: Considerando as atividades da rede de monitoramento e do Centro de Previsão deve-se ter uma equipe mínima para atuar na Instituição no Sistema de Prognóstico e os programas de capacitação. Esta avaliação somente é possível com base na equipe existente e sua qualificação.

A capacitação dos recursos humanos pode ser realizada por meio das seguintes modalidades:

- Missões específicas;
- De cursos de curta duração; e
- Formação de médio e longo prazo dos profissionais;

O conteúdo previsto envolve os seguintes temas:

- (a) implementação e visita da rede
- (b) Cursos integrados sobre a estrutura e conceitos de prognóstico hidroclimático voltado para a gestão dos recursos hídricos;
- (c) Rede monitoramento, equipamentos e manutenção;
- (d) Banco de dados;
- (e) Técnicas de prognóstico e estimativa de variáveis hidroclimáticas: geoprocessamento e sensoriamento remoto, modelos hidroclimáticos.

G10. Missões técnicas: As missões técnicas de pessoal das entidades devem envolver intercâmbio para conhecimento dos Centros, troca de conhecimento e avaliações de instalações. O projeto deverá estabelecer uma escala e número de vagas para visitas, dentro de um calendário, permitindo a interação com países vizinhos e técnicos de universidades, centros de pesquisa, órgãos estaduais e federais interessados.

G11. Treinamento de Curto Prazo: Os treinamentos de curto prazo envolvem as seguintes atividades

- *Prognóstico hidroclimático:* Conceitos, Bacia Amazônica e suas características de uso dos recursos hídricos e desafios de gestão; Estrutura de um sistema de Prognóstico hidroclimático, Componentes do sistema: Monitoramento, Transmissão, Banco de

Dados, Processamento, Prognóstico e disponibilização das Informações; Usos na Gestão de Recursos Hídricos. Treinamento dentro do perfil (a) acima período de: 40 horas;

- *Sistemas de monitoramento*: Bacia Amazônica e seus desafios para o monitoramento na gestão de recursos hídricos; Conceitos sobre os sistemas de monitoramento hidroclimáticos; Sistemas de coleta, transmissão, processamento e banco de dados e sua visão integrada; Equipamentos e suas características; sistemas inteligentes; Alternativas de acesso e transmissão e acesso ao dado em tempo real; base de dados disponíveis na Internet e na região; etc
- *Banco de Dados*: Bacia Amazônica e seus desafios para o monitoramento na gestão de recursos hídricos; Características dos dados hidroclimáticos e da bacia Amazônica; Espaço e Tempo, Conceitos de Banco de Dados e sistemas geográficos; disponibilização de informações e acesso; Características dos Bancos de Dados existentes e planejados para ANA e INEMET, Integração do sistema de Banco de Dados a previsão hidroclimática. Tempo 40 horas;
- *Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto*: Conceitos sobre o tema; softwares disponíveis; base de dados existentes a nível internacional e nacional; Técnicas de estimativa das características físicas; estimativa das variáveis temporais: precipitação, temperatura, etc; (completar) 40 horas.
- *Prognóstico com Modelos Climáticos*: Conceitos sobre prognóstico, previsão e predição; Técnicas de estimativa de variáveis hidroclimáticas; modelos climáticos: características, usos e precisão; modelos hidrológicos: características, usos e precisão; Integração entre modelos hidroclimáticos; Uso de Modelos no Prognóstico. 40 horas.

G12. *Treinamento de médio e Longo prazo*: Este componente prevê a combinação de dois componentes: (a) treinamento de profissionais que atuarão do prognóstico na bacia; e (b) desenvolvimento de parte dos componentes previstos na etapas de prognóstico para bacia piloto. Este treinamento prevê o uso de Bolsa de estudo para dois profissionais por país da bacia Amazônica para um período de dois anos visando complementar seu conhecimento onde cada país é mais deficiente. Este treinamento pode ser concentrado nos centros mais desenvolvidos da bacia e preferencialmente com grupos de alunos tanto de meteorologia como de hidrologia, dentro de uma visão de formação mais integrada e associados a bacia Amazônica.

3.6.3 Informações

As atividades previstas neste componente envolvem a revisão das informações disponíveis visando os estudos de prognóstico, seja previsão ou estudo de cenários na predição.

II. *Revisão das informações da bacia*: A base de dados envolve: dados meteorológicos, hidrológicos e físicos da bacia. Nesta atividade estão previstos: (a) Levantamento dos projetos desenvolvidos e, em desenvolvimento na bacia, informações disponíveis nos projetos; (b) Avaliação dos dados da rede e dos projetos e sua representatividade para os estudos de prognóstico na bacia; (c) Levantamento de bases de informações e sistema de aquisição de dados de satélite, radar e de reanálise sobre a bacia; (d) Planejamento de uma base dados para

toda a bacia, composto por sub-bacia. Esta base poderá ser disponibilizada nos centros de prognóstico de cada país. Esta atividade se complementa com a atividade G5 que define a rede de monitoramento complementar.

I2. *Implementação da base de dados*: A base de dados deverá cobrir o conjunto de dados da bacia e deve se adaptar as bases de dados já existentes nas instituições dos países, complementando e ampliando quando necessário. Cada país seria responsável pela inserção dos dados da área de abrangência e a mesma base pode se reproduzir em cada país.

3.6.4 Processos

Este componente trata de desenvolver conhecimento e produtos que possam ser utilizados no prognóstico, integrando modelos sobre meteorologia, hidrologia e características físicas. Atualmente existe um número considerável de pesquisas neste contexto distribuída em todo o mundo sobre a Amazônia. Para o prognóstico climático são necessários modelos de tempo e clima que reproduzam a interação atmosfera e solo, modelos hidrológicos que retratem os processos físicos no solo e no escoamento que permitam estudar cenários de alteração do uso do solo e permitir a previsão em tempo atual e de longo prazo. Os modelos de previsão possuem características diferenciadas dos modelos de predição e cenários.

PR1. *Modelos de Previsão*: Identificação dos modelos que podem ser utilizados na previsão de vazão de curto e longo prazo de acordo com as necessidades nos países e, em cada sub-bacia ou rio principal da Amazônia. Esta atividade é de criar um banco de modelos apropriados a diferentes cenários e está associado ao treinamento. Escolhidos os modelos os mesmos devem ser ajustados aos trechos de interesse.

PR2. *Modelos de Predição*: Nesta atividade é necessário inicialmente definir os cenários que poderão ser estudados de variabilidade e modificação climática e alteração do uso do solo. Com base nestas necessidades são escolhidos modelos mais apropriados para os estudos de cenários e utilizados de acordo com projetos com questões específicas, relacionadas com as vulnerabilidades da bacia.

PR3. *Limitações de conhecimento*: Com base nas atividades anteriores deste componente serão identificadas limitações ao conhecimento sobre determinados componentes dos processos ou dos elementos físicos da bacia hidrográfica. Esta atividade prevê que poderão ser desenvolvidos projetos específicos para melhorar este conhecimento que permita melhorar o prognóstico. Esta atividade se baseará em duas etapas: (a) identificação das limitações do conhecimento e projetos para ampliar este conhecimento; (b) desenvolvimento de projetos específicos para responder e resolver as questões pendentes.

3.6.5 Prognóstico

Esta atividade trata do principal produto do projeto que é determinação do prognóstico para a bacia de forma sistemática pelos Centros para as diferentes partes da bacia hidrográfica, cobrindo os países e os trechos transfronteiriços. A seguir são destacadas as previsões em curto e em longo prazo e os cenários de predição necessários a gestão dos riscos extremos na bacia.

Previsão de Curto Prazo

A gestão de curto prazo trata da previsão com antecedência de dias ou mesmo meses da ocorrência de inundações e secas em diferentes locais da bacia. Devido as diferenças importantes de tempo de resposta da bacia as variáveis climáticas é necessário que cada Centro avalie dentro da sua área de interesse do país as antecedência que podem ser obtidas à partir dos diferentes tipos de modelos e a efetividade de sua implementação. Na região mais montanhosa os tempos de antecedência depois de ocorrida a chuva são pequenos e são necessários modelos de previsão que combinem previsão de chuva e modelo hidrológico que transforme precipitação em vazão, enquanto que para trecho da planície é possível utilizar modelos simples e prever com base em posto à montante com erros pequenos e pequena quantidade de dados. Portanto, combinações dos são utilizados para obter resultados de antecedência curta e longa, de acordo com a sub-bacia.

Nos trechos à montante que agregam o comportamento das bacias de montante exigirá uma interação entre os Centros de Prognóstico uso das informações e estabelecimento de padrões de troca de dados entre os países e funcionamento da rede.

As atividades previstas são as seguintes:

PC.1 *Identificação de previsão de curto prazo* (em cada país) de previsão de vazão e/ou nível em curto prazo em função de inundações, secas e operação de sistemas hidráulicos. As atividades principais são: (a) escolha dos locais de previsão e justificativa dos benefícios potenciais que a previsão poderá trazer ao local e ao sistema. Os locais devem ser priorizados por grupos em face dos benefícios. (b) Avaliação para cada um dos locais das *alternativas de previsão* e do tempo de antecedência possível de acordo com as estratégias de previsão. A estratégia deverá ser escalonada no tempo de acordo com: quantidade de dados, monitoramento e transmissão de dados; tipo de modelo; antecedência de previsão; transferência para os interessados. Esta atividade complementa G4;

PC2. *Implementação da previsão*: Envolve: (a) o ajuste do modelo(s) e avaliação do seu desempenho em módulo de previsão; (b) desenvolvimento de software apropriado para operação em tempo real associado a recepação dos dados e demanda dos usuários. O sistema deve prever as diferentes possibilidades de falhas de dados e o uso de informações alternativas e a triagem da qualidade da informação que chega; (c) desenvolvimento de um protocolo de transferência de informação a Defesa Civil e outras entidades e disponibilidade da web; (c) desenvolvimento de previsão experimental para um período de no mínimo seis meses.

Previsão de Longo Prazo

A previsão de longo prazo tem a finalidade de permitir o planejamento a atividades na Amazônia como: navegação, potenciais condições críticas de secas e cheias, usos de obras hidráulicas e deslocamento de equipes de serviços ao longo da região.

PL1 *Estratégia da previsão de longo prazo*: Identificação das variáveis a serem previstas e os locais de interesse em cada país através de consulta em função dos usos potenciais. ; Avaliação das estratégias de modelos que podem ser utilizados e as metas a serem atingidas. Desenvolvimento dos termos de referência para os locais de interesse dentro de uma visão integrada e complementar da bacia;

PL2 *Desenvolvimento da previsão*: Com base nos modelos identificados e operados na fase PR2, implementar e operacionalizar para previsão de longo prazo dentro de Centro de Previsão para os locais escolhidos em cada país.

Predição

A predição é utilizada para Analisar cenários potenciais de ocorrem na bacia devido a condições de variabilidade e modificação climática, além de alteração dos usos do solo. As atividades a seguir refletem estas predições para estes cenários

PE1 – *Cenário de Uso do Solo*: Alterações do uso do solo na bacia Amazônica têm efeitos importantes nos processos climáticos e hidrológicos. Esta atividade envolve: (a) Identificação das principais tendências de alteração do uso do solo na bacia, passado, presente e futuro; (b) ajuste do modelo hidrológico/climático a estes cenários e uso de informações de monitoramento para obter uma visão dos impactos; (c) análise integradora dos cenários nas sub-bacias.

PE2 – *Cenários de variabilidade e Mudança Climática*: Com foi destacado neste relatório existem tendência interdecadais na bacia que podem ser efeito da variabilidade combinada com a mudança climática que pode produzir efeitos importantes e diferenciada na bacia. Esta atividade deve procurar: (a) estabelecer as principais tendências de alterações da variabilidade climática e hidrológica; (b) analisar os efeitos potenciais; (c) analisar com modelos climáticos associados a modelos hidrológicos os efeitos potenciais da mudança climática. Esta atividade deve considerar os resultados da atividade anterior.

3.6.6 Gestão de Impactos

Como destacados anteriormente, os principais impactos ou os riscos da sociedade estão relacionados com os usos da água, desastres naturais como cheias e secas e alterações das condições ambientais. Em cada um destes aspectos tanto a sociedade como o ambiente pode estar sujeito a riscos (vulnerabilidade) e o prognóstico é a ferramenta aqui utilizada para prevenir e mitigar estes efeitos. As atividades aqui previstas possuem a finalidade de fazer a integração entre o Centro de Previsão e os usuários da informação. Os principais usuários são a Defesa Civil, usuários da água e gestores privados e do governo.

GI1- *Alerta de Inundações*: A alerta de inundação é uma atividade que envolve a definição de protocolo relacionado com o monitoramento e transferência de informações para a Defesa Civil em diferentes locais das bacias onde forma definidos os locais de interesse. Esta atividade visa estabelecer procedimentos para os usuários recebam a informação de forma adequada. Associado a Alerta de Inundação é necessário conhecer as áreas de risco. Portanto esta atividade deve desenvolver um zoneamento das áreas de inundações e mapa de inundação que oriente as cidades e as áreas rurais quando os locais de risco, associado aos valores previstos.

GI2- *Alerta de Secas*: Esta atividade envolve: (a) identificar as principais fragilidades a seca na região; (b) Mapeamento das condições de seca e permitir que as variáveis previstas viabilizem sua estimativa; (c) estabelecer mecanismos insituacionais de transferência de informações para a Defesa Civil e outras entidade e outros usuários que reduzam seus impactos.

G3 – *Previsão para usos da água*: Existem vários usuários da água na Bacia de acordo com o seu trecho, como a navegação, energia elétrica e abastecimento. As atividades previstas são: (a) estabelecer um mecanismo de transferência de informação aos usuários; (b) avaliar as necessidades e as conseqüências das incertezas para os usuários; (c) avaliação dos benefícios

da previsão. Neste caso, devem-se estabelecer os protocolos de troca de informações para previsões de curto e longo prazo. No primeiro caso, para medidas emergenciais do uso da água e no segundo para planejamento.

G4 – *Mitigação de cenários*: Com base nos cenários previstos para o futuro de alteração do solo e mudança climática o projeto deve analisar o seguinte: (a) potenciais medidas de mitigação e suas conseqüências; (b) discutir com decisores da bacia sobre os impactos identificados e como podem se devem ser incorporados as estratégias de planejamento da bacia.

3.7 Cronograma

Na Figura 40 é apresentado um fluxo das atividades destacadas nos itens anteriores, caracterizando os tempos estimados para cada uma das atividades.

3.8 Operacionalização da previsão

É apresentada uma proposta para operacionalização do prognóstico, incluindo a apresentação, com uma estimativa preliminar dos custos, de um sistema de previsão de vazões com base na previsão climática para toda a bacia do Amazonas. O sistema proposto poderá permitir que uma entidade torne operacionais as metodologias desenvolvidas e avaliadas ao longo deste projeto.

São apresentados:

- os dados e informações necessários, bem como a sua forma de obtenção para implementação e operacionalização do sistema;
- equipe técnica necessária;
- a sistemática de aplicação da metodologia proposta;
- horizonte de previsão proposto em função dos resultados obtidos e da experiência adquirida no projeto.

Os *prazos* de previsão são entendidos aqui como a antecedência na qual a previsão é realizada. O intervalo de tempo no qual os valores são apresentados corresponde a *discretização* temporal. A *freqüência* de previsão é entendida como o intervalo de tempo entre o lançamento de novas previsões. Por exemplo, a previsão de vazão com prazo (antecedência) de um a quatro meses pode ser realizada com intervalo diário, semanal ou mesmo mensal de vazões até quatro meses no futuro. Esta previsão pode ser repetida a cada dia, semana ou mês, representando a freqüência.

Os prazos, freqüências e discretização temporal dependem da antecedência que a bacia permite e a capacidade de previsão da bacia. Alguns das antecedências são:

- Previsão de longo prazo: horizonte de 12 meses com discretização mensal e freqüência mensal. Geralmente até 6 meses incorporam conhecimento determinístico dos modelos, para 6 a 12 meses o componente principal passa a ser estatístico no tempo (estocástico)
- Previsão de curto prazo: horizonte de até 3 meses, dependendo do local. Para bacias da cabeceira da Amazônia a antecedência pode ser algumas horas ou poucos dias. No trecho de jusante, devido a demora no deslocamento do deslocamento as antecedência aumentam. Isto também da capacidade de previsão dos modelos de tempo.

Os centros devem possuir capacidade de operar pelo menos o seguinte:

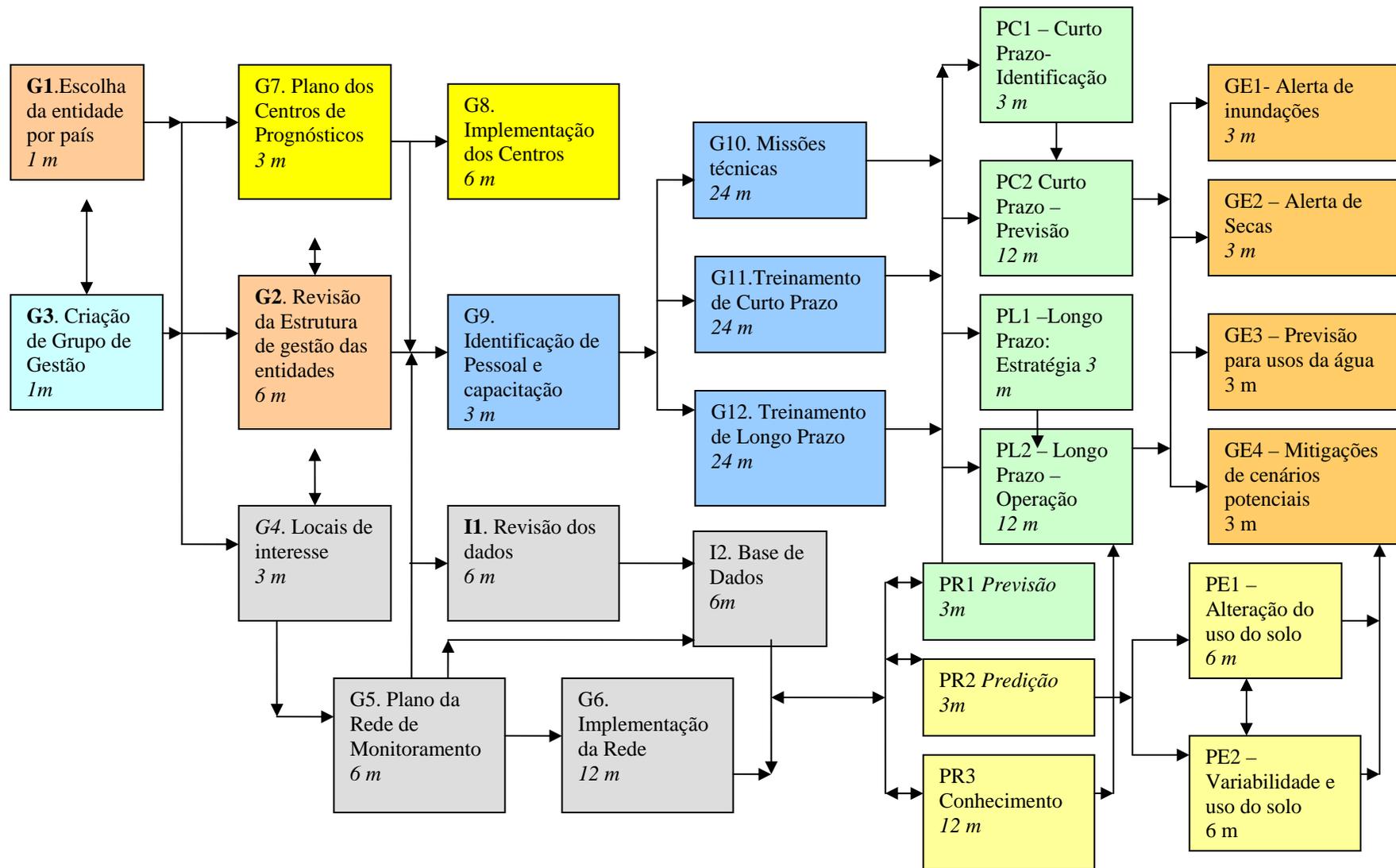


Figura 40. Fluxo de atividades

- um modelo regional climático com base em saídas disponíveis de modelos globais de Centro dos países da Região ou de outros centros mundiais;
- um modelo hidrológico precipitação-vazão para aplicação em diferentes tamanhos de bacia;
- Modelos empíricos que relacionam várias variáveis através de equações empíricas e mesmo a própria estatística local.

Previsão de longo prazo (até 12 meses)

As etapas previsão podem seguir as etapas a seguir. No fluxograma da **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** é apresentado o ciclo mensal típico da previsão, com os devidos tempos de execução esperados.

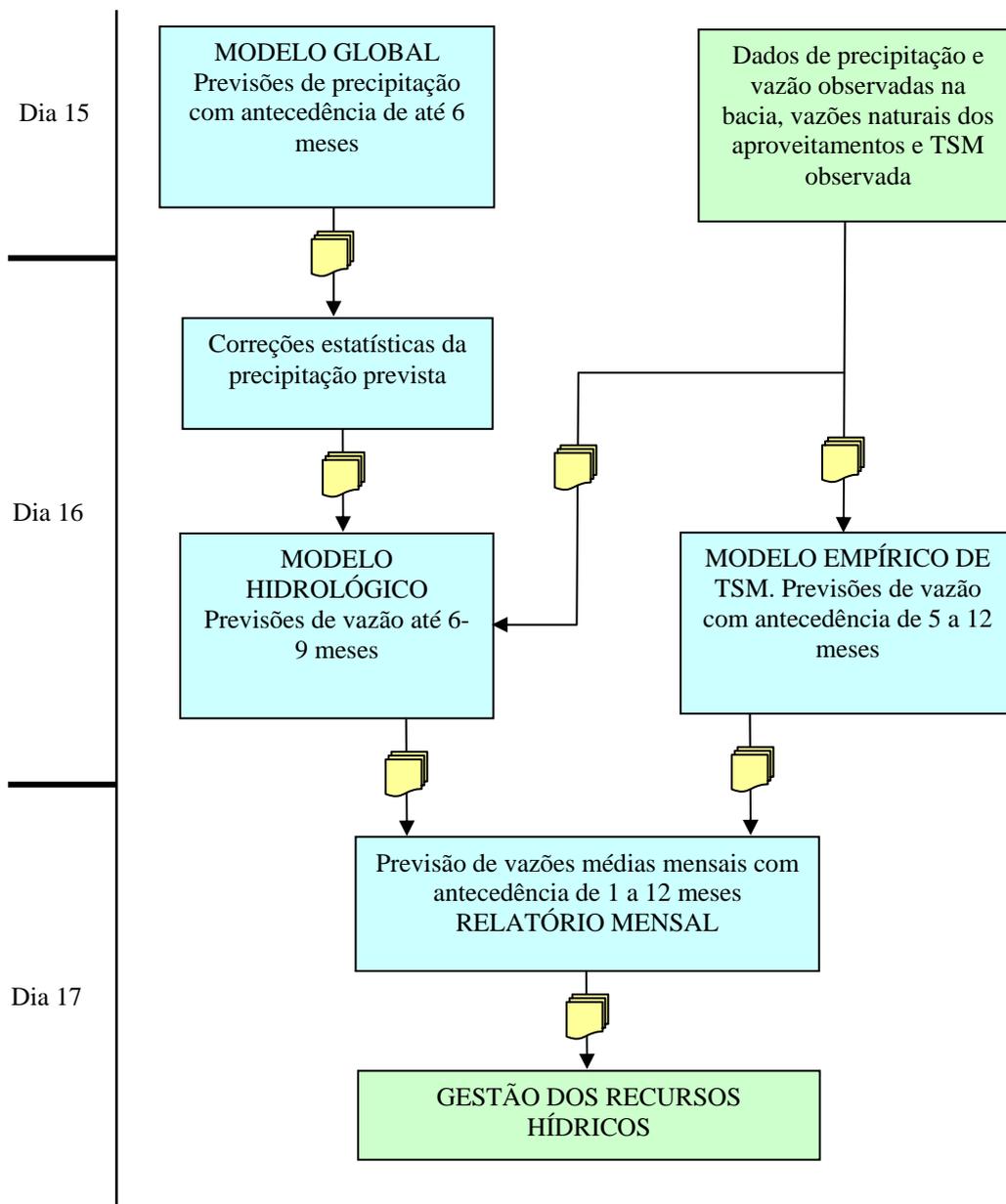


Figura 41: Ciclo mensal de previsão de longo prazo e tempos de execução

- A. Execução do modelo climático global (ou obter as saídas de centros) para gerar previsões com antecedência de 4 meses. Esta atividade envolve a execução do modelo com 5 condições iniciais diferentes, gerando um conjunto de membros. Esta saída geralmente está disponível em grandes centros mundiais de previsão e no Brasil pelo menos no CPETEC Centro de Previsão de Tempo e Clima do INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais;
- B. Transferência das previsões para a equipe de hidrologia. Esta atividade é praticamente imediata. Isto é possível através de acesso das informações anteriores pela Internet ou estabelecimento de procedimento entre os Centros nos países e os Centro de interesse que fazem este tipo de previsão;
- C. Correção estatística das previsões: Geralmente as estimativas dos modelos Globais necessitam de correções de tendências de previsão para uma determinada região;
- D. Recepção e avaliação dos dados de chuva observados. Esta atividade depende da operacionalização de um sistema de monitoramento em tempo real e/ou imagens de satélites. O sistema deverá transmitir os dados com frequência diária para uma central de monitoramento, onde os mesmos serão consistidos, buscando detectar erros de medição ou transmissão.
- E. Recepção e avaliação dos dados de vazão. Esta atividade também depende da operacionalização do sistema de monitoramento em tempo real. Recomenda-se uma rede de monitoramento. Os dados de vazão serão obtidos a partir de dados de níveis nos postos fluviométricos e, portanto, as curvas-chave destes postos devem ser constantemente atualizadas. Os dados deverão ser transmitidos com frequência diária e também deverão ser consistidos em busca de erros.
- F. Execução do modelo Hidrológico para os 12 meses no futuro. Esta atividade pode ser executada com base nas previsões de chuva corrigidas e nos dados. Estes hidrogramas estarão discretizados em intervalo de tempo diário, mas podem ser transformados em um hidrograma médio em intervalo de tempo mensal.
- G. Estimativas de previsão com modelos empíricos para o o período futuro. Permite também comparar os resultados esperados, dentro das antecedências e intervalos de tempo de análise. Este tipo de análise pode trabalhar com intervalo de tempo mensal ou trimestral.

Relatórios das previsões de longo prazo

Relatório mensal. Este relatório sintetiza e comenta os resultados obtidos e tendências para os quatro meses seguintes, incluindo gráficos e estatísticas padronizadas a serem definidos com os usuários.

Relatório semestral: Com o objetivo de se analisar a qualidade da previsão de todo período anterior. Estes resultados devem ser analisados e discutidos em workshops com os usuários do sistema.

Previsão de curto prazo

A previsão de curto prazo pode ser realizada por meio das seguintes etapas (figura 42):

- A. Execução do modelo global de previsão de tempo. Esta atividade envolve a execução do modelo para um período de 1 a 2 meses, com algumas condições iniciais diferentes, gerando um conjunto de vários membros (“ensemble”). Com base nos resultados do modelo Global simular a bacia com malha específica com modelo Regional. Neste caso, é mais provável que a simulação do modelo Global seja realizada por Centros citados no caso anterior e o modelo regional seja simulado especificamente para a bacia Amazônica com a malha adequada a obter resultados mais precisos para esta região, podendo até separar a sua parte superior da planície, dependendo dos resultados.
- B. Transferência das previsões para a equipe de hidrologia. Esta atividade é praticamente imediata.
- C. Recepção e avaliação dos dados de chuva observados. Esta atividade depende da operacionalização de um sistema de monitoramento em tempo. O sistema deverá transmitir os dados com frequência diária para uma central de monitoramento, onde os mesmos serão consistidos, buscando detectar erros de medição ou transmissão.
- D. Recepção e avaliação dos dados de vazão. Esta atividade também depende da operacionalização de um sistema de monitoramento em tempo real.
- E. Execução do modelo Hidrológico para até 3 meses no futuro. Esta atividade será executada com base nas previsões de chuva do modelo global. Estes hidrogramas estarão discretizados em intervalo de tempo diário, mas poderão transformados em valores semanais, dependendo da sub-bacia

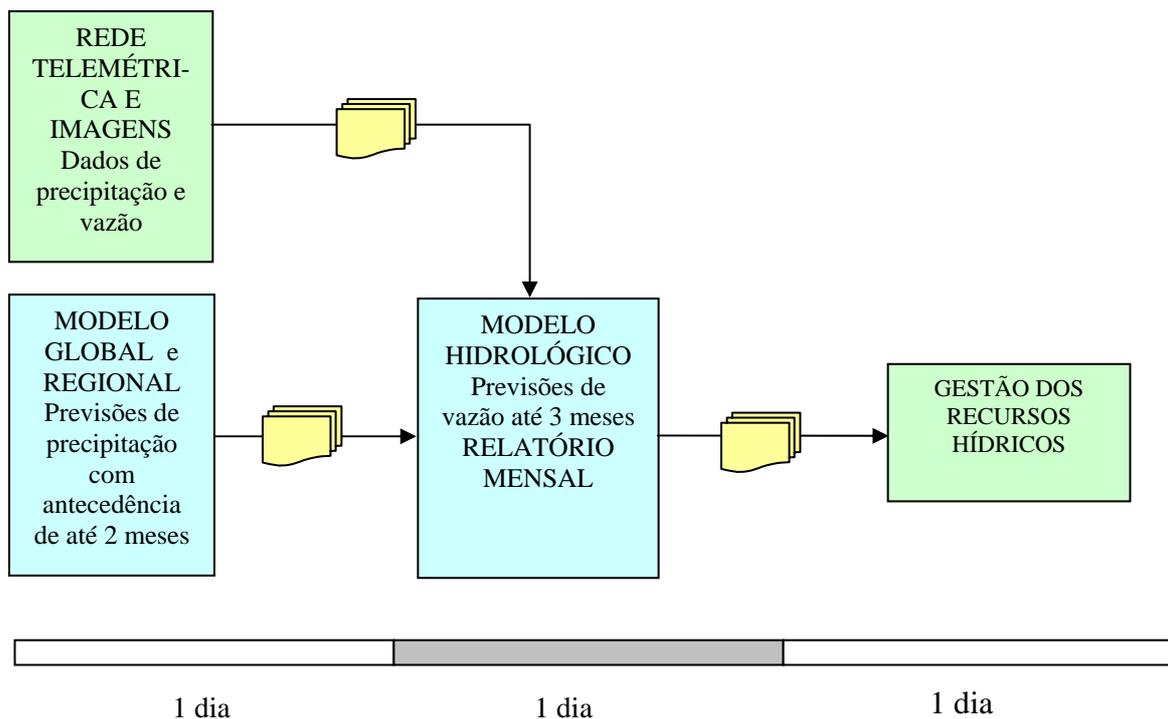


Figura 42: Ciclo mensal de previsão de curto prazo e tempos de execução.

Relatórios da previsão de curto prazo

Relatório mensal: relatório sintetiza e comenta os resultados obtidos e tendências para Os 3 meses seguintes, incluindo gráficos e estatísticas padronizadas a serem definidos, com base nos interesses dos usuários da informação.

Relatório semestral: Com o objetivo de se analisar a qualidade da previsão de todo período anterior em conjunto com os usuários das informações.

Todos os relatórios devem estar disponibilizados aos usuários e a comunidade em geral através do site pela Internet, recebendo também sugestões para aprimoramento.

3.9 Estimativa dos Custos

As estimativas de custo foram sub-divididas em itens maiores como a rede de monitoramento, pessoal para o Centro, sua infra-estrutura e as atividades previstas para implementação do projeto.

3.9.1 Rede de Monitoramento

A estimativa das variáveis foi planejada considerando três grupos de dados e se basearam em critério a OMM (Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1994) para uma rede tradicional, adaptando este critério as condições da Amazônica e a viabilidade numa área de difícil acesso e operação de uma rede.

Foram considerados o seguinte:

A. *Rede Básica:* Rede que não está conectada em tempo real com os centros de previsão, mas podem ter seu dados transmitidos ou acessados.

1. Rede de Postos Pluviométricos: medidas de precipitação (a razão de um posto a cada 1000 Km² em regiões com acessibilidade normal, 250 Km² em região de montanha e 2500 Km² na área com sérios problemas de acessibilidade)
2. Rede de Postos Pluvio-Fluviométricos: medidas de níveis e registros de vazão para determinação da curva-chave (a razão de um posto a cada 1.875 Km² em regiões com acessibilidade normal, 500 Km² em região de montanha e 3500 Km² na área com sérios problemas de acessibilidade). O fato de instalar postos pluvio-fluviométrico diminui os custos quando comparado com a instalação de postos por separado.

B. *Rede telemétrica:* Rede conectada em tempo real com os centros de previsão e utilizados no sistema de previsão.

3. Rede de Postos Pluviométricos (10% das necessidades de postos tradicionais)
4. Rede de Postos Pluvio-Fluviométricos (10% das necessidades de postos tradicionais)
5. Rede de postos climatológicos: posto climatológico padrão com medidas de variáveis como: temperatura do ar, vento, radiação solar, evaporação, umidade e precipitação (a razão de um a cada 50.000 Km², e pelo menos um posto em cada país)

Os números utilizados são estimativas da rede complementar a existente. Estes valores devem ser revisados em função de demanda específica regional que se baseará em critérios combinados do seguinte: (a) necessidade de cobertura para representação dos processos

hidrológicos; (b) necessidade de demandas dos usuários da previsão, ou locais característicos (c) existência de observadores e (d) possibilidade de complementação com valores estimados por satélite (Quadro 6).

3.9.2 Equipe Necessária

Em cada Centro de Previsão é necessária uma equipe para desenvolvimento da previsão, acompanhamento e manutenção das redes. O projeto proposto poderá apoiar a formação das equipes, mas será responsabilidade das entidades a contratação e manutenção de um equipe permanente em cada Centro. Considerando as dificuldades institucionais foram previstos apoio financeiro na forma de bolsa para recém graduados e com formação de pós-graduação por um período de médio de 3 anos visando a consolidação dos centros.

Quadro 6. Custos da Rede, Pessoal e Infra-estrutura¹

Item	Custo Unitário (US \$)	Número	Total US \$ 1.000
1. Rede			
1.1 Instalação rede convencional			
1.1.1 Climático			
1.1.2 Pluviométrico	1.000	2.000	2.000
1.1.3 Hidrológico (plu+flu)	1.500	2.500	3.750
1.1.4 Operação e Manutenção ²	750 /ano	5.500	16.500
1.2 Instalação rede telemétrica			
1.2.1 Climático	35.000	50	3.750
1.2.2 Pluviométrico	15.000	60	1.800
1.1.3 Hidrológico (plu+flu)	20.000	150	6.000
1.2.4 Operação e Manutenção ³	6.000 /ano	260	4.680
sub-total			38.480
2. Pessoal			
2.1 Meteorologia	24.000 /ano	2	192
2.2 Hidrologia	24.000 /ano	2	192
2.3 Administração	12.000 /ano	1	192
2.4 Rede	18.000 /ano	2	48
2.5 Apoio	12.000 /ano	3	144
Sub-total			768
3. Centro de Prognóstico			
3.1 Infra-estrutura	130.000/centro	8	1040
3.2 Manutenção	10.000 /ano/centro	8 centros e 4 anos	320
sub-total			1.360

1 – foram previstos quatro anos de fundos para operação e manutenção e pessoal.

2 – O valor unitário fornecido pela ANA de US\$500/posto por visita, considerando 2 visitas por ano e quatro anos de manutenção. O valor foi reduzido em função da diferença de custo entre países e a economia de escala de uma rede deste tamanho.

3 - O valor unitário de telemétrica pela ANA de US\$ 3000/posto por visita, considerando 2 visitas por ano e quatro anos de manutenção. O valor foi reduzido em função da diferença de custo entre países e a economia de escala de uma rede deste tamanho.

A equipe proposta para o sistema de previsão e alerta nos centros é de no mínimo o seguinte:

- Dois meteorologistas
- Dois hidrólogos
- um analista de sistema de informática;
- um analista para suporte de banco de dados e geoprocessamento.
- Três técnicos de apoio.

Neste estudo não foi previsto pessoal para operação e manutenção, processamento de dados da rede básica. Este componente deve fazer parte do estágio atual de uma instituição que opera dados hidrometeorológico. De qualquer forma este custo pode ser incorporado dentro de uma avaliação específica de cada instituição e em função da abrangência espacial e dificuldades operativas das mesmas, que varia muito de país para país. O custo é apresentado no quadro 6.

3.9.3 Infra-Estrutura do Centro de Prognóstico

A estimativa de infra-estrutura mínima para o funcionamento do Centro para elaboração do prognóstico se baseou no custo de equipamento e softwares necessários ao prognóstico, mas não considerou a infra-estrutura física relacionado com local, móveis entre outros.

A infra-estrutura prevista é a seguinte:

- Computador com processamento paralelo de Cluster com 16 processadores;
- 9 computadores pessoais
- impressora laser
- projetor
- scanner
- infra-estrutura básica: mesas e cadeiras, ar condicionado, infra-estrutura de sala de reunião.

3.9.4 Custos das Atividades

As estimativas para a implementação das atividades do projeto é apresentada no Quadro 7. Um resumo dos custos é apresentado no Quadro 8.

Pode-se observar destes valores que o custo de operação e manutenção e implementação da rede representa um valor muito alto se comparado (considerando quatro anos de operação) com os outros componentes do projeto. Este custo poderá ser reduzido na medida que os novos satélites de radar passarem a funcionar em tempo real e uma análise mais detalhada da redução de custo por economia de escala e também da diferença dos custos brasileiros, utilizados no cálculo e os custos dos outros países onde o dólar é mais valorizado em comparação com a moeda local.

Os componentes, sem o item gestão, somam R\$ 3,240 milhões, portanto mais adequado a magnitude do financiamento do GEF.

Quadro 7. Custos das Atividades.

Atividade	Características	Custos	Valor (US \$)
Gestão			
G1 – Entidade para cada país	Cada país deverá escolher e designar oficialmente a entidade que abrigará o Centro de Prognóstico	s/c	s/c
G2 – Revisão e Implementação da Estrutura da Organização	Apresentar uma estrutura de funcionamento para cada centro do país, à partir de um documento de referência para a bacia e de estrutura específicas em cada país	1 consultor regional e 1 consultor por país	54.000
G3 – Estabelecimento de um grupo de Gestão	Os representantes dos países devem definir sua representação para a formação do grupo de gestão	Reunião deliberativa	12.000
G4 Identificação em cada país dos locais de interesse	Levantamento das necessidades de implementação de rede de monitoramento considerando usuários e características da previsão.	1 consultor por país e um consultor regional que integrará os estudos dos países	54.000
G.5 Rede de Monitoramento complementar: básica e telemétrica (meteorológica e hidrológica)	Levantamento detalhado da rede existente e funcionamento dos equipamentos em operações, identificação das necessidades e planejamento de uma rede complementar de coleta de dados básica e telemétrica que atenda as necessidades identificadas considerando a previsão e estudos de cenários	1 consultor por país e um consultor regional que integrará os estudos dos países	90.000
G.6 Implementação da Rede	Envolve a implementação da rede planejada para cada um dos países e manutenção	Ver quadro 6	38.480.000
G.7 Planejamento dos Centros de Prognóstico	Levantamento das condições dos Centros em cada país e a estrutura planejada (G2) detalhar os recursos e funcionamento do Centro	1 consultor por país	54.000
G.8 Implementação dos Centros de Prognósticos	Implementação da infra-estrutura dos Centros de Prognósticos de acordo com o planejamento previsto no item anterior	Ver quadro 6	1.360.000
G9. Identificação da necessidade de pessoal e capacitação	Equipe mínima para atuar na Instituição no Sistema de Prognóstico e os programas de capacitação	Ver quadro 6	768.000
G10. <i>Missões técnicas</i>	Envolve intercâmbio para conhecimento dos Centros, troca de conhecimento e avaliações de instalações.	Previsão que cada país terá duas viagens por ano de profissionais em pelo menos dois outros centro da região.	120.000
G11. <i>Treinamento de Curto Prazo</i>	Treinamento sobre temas específicas em Prognóstico climático na bacia	Valores estimados em função de 5 cursos de 1 semana de duração e apoio a pelo menos 2 profissionais de cada centro fora da origem	150.000
G12. <i>Treinamento de médio e Longo prazo</i>	Este componente prevê a combinação de dois componentes: (a) treinamento de profissionais que atuarão do prognóstico na bacia; e (b) desenvolvimento de parte dos componentes previstos na etapas de prognóstico para bacia piloto	Este treinamento prevê o uso de Bolsa de estudo para dois profissionais por país da bacia Amazônica para um período de dois anos visando complementar seu conhecimento onde cada país é mais deficiente.	300.000

Quadro 7 (continuação)

Atividade	Características	Custos	Valor (US \$)
Informações			
I1 – Revisão das informações da bacia	Avaliação dos dados da rede e dos projetos e sua representatividade para os estudos de prognóstico na bacia	Estudo específico para cada rede do país. Varia o custo em função das dimensões. Foram estimados valores em função da área.	160.000
I2 - Implementação da base de dados	A base de dados deverá cobrir o conjunto de dados da bacia e deve se adaptar as bases de dados já existentes nas instituições dos países, complementando e ampliando quando necessário. Cada país seria responsável pela inserção dos dados da área de abrangência e a mesma base pode se reproduzir em cada país.	Foi previsto o desenvolvimento de uma base de dados e a sua adaptação pra cada país buscando unifiromização para troca e uso de informações entre os países	350.000
Processos			
PR1. Modelos de Previsão	Identificação dos modelos que podem ser utilizados na previsão de vazão de curto e longo prazo de acordo com as necessidades nos países e, em cada sub-bacia ou rio principal da Amazônia.	Documentação dos modelos disponíveis nos Centros, recomendação de modelos de uso comum meteorológicos e hidrológicos de acordo com as demandas por país. Estudo regional	150.000
PR2. Modelos de Predição	Definir os cenários que poderão ser estudados de variabilidade e modificação climática e alteração do uso do solo.Com base nestas necessidades são escolhidos modelos mais apropriados para os estudos de cenários e utilizados de acordo com projetos com questões específicas, relacionadas com as vulnerabilidades da bacia	Desenvolvimento de metodologias para ser utilizada para os Centros com base no conhecimento adquirido. Representa um espécie de manual. Estudo Regional	150.000
PR3. Limitações de conhecimento	(a) identificação das limitações do conhecimento e projetos para ampliar este conhecimento; (b) desenvolvimento de projetos específicos para responder e resolver as questões pendentes.	Proposta e desenvolvimento de projetos pilotos	400.000
Previsão de Curto Prazo			
PC1 Identificação de previsão de curto prazo	Identificação em cada país de previsão de vazão e/ou nível em curto prazo em função de inundações,secas e operação de sistemas hidráulicos	Estudo regional de orientação com apoio de consultores	80.000
PC2. Implementação da previsão	(a) o ajuste do modelo(s) e avaliação do seu desempenho em módulo de previsão; (b) desenvolvimento de software apropriado para operação em tempo real associado a recepação dos dados e demanda dos usuários.	Envolve consultores e desenvolvimento de software, mas com atividade desenvolvida pela equipe do Centro	300.000

Quadro 7 (continuação)

Atividade	Características	Custos	Valor (US \$)
Previsão de Longo Prazo			
PL1 <i>Estratégia da previsão de longo prazo</i>	Identificação das variáveis a serem previstas e os locais de interesse em cada país através de consulta em função dos usos potenciais. ; Avaliação das estratégias de modelos que podem ser utilizados e as metas a serem atingidas.	Estudo regional	80.000
PL2 <i>Desenvolvimento da previsão</i>	Com base nos modelos identificados e operados na fase PR2, implementar e operacionalizar para previsão de longo prazo dentro de Centro de Previsão para os locais escolhidos em cada país	Envolve consultores e desenvolvimento de software, mas com atividade desenvolvida pela equipe do Centro	200.000
Predição			
PE1 – <i>Cenário de Uso do Solo</i>	(a) Identificação das principais tendências de alteração do uso do solo na bacia, passado, presente e futuro; (b) ajuste do modelo hidrológico/climático a estes cenários e uso de informações de monitoramento para obter uma visão dos impactos; (c) análise intergradadora dos cenários nas sub-bacias.	Investimentos em consultores para orientar as equipes no uso dos modelos e aplicação com dados de campo	200.000
PE2 – <i>Cenários de variabilidade e Mudança Climática</i>	(a) estabelecer as principais tendências de alterações da variabilidade climática e hidrológica; (b) analisar os efeitos potenciais; (c) analisar com modelos climáticos associados a modelos hidrológicos os efeitos potenciais da mudança climática	Envolve estimativas de cenários, realizado com as equipes dos centros	120.000
Gestão de Impactos			
GI1- <i>Alerta de Inundações</i>	visa estabelecer procedimentos para os usuários recebam a informação de forma adequada.; desenvolvam um zoneamento das áreas de inundações e mapa de inundação que oriente as cidades e as áreas rurais quando os locais de risco, associado aos valores previstos.	Custos de obtenção de dados, mecanismos de transferência de dados em tempo real, preparação dos estudos com apoio e consultores	250.000
GI2- <i>Alerta de Secas</i>	(a) identificar as principais fragilidades a seca na região; (b) Mapeamento das condições de seca e permitir que as variáveis previstas viabilizem sua estimativa; (c) estabelecer mecanismos institucionais de transferência de informações para a Defesa Civil	Levantamento de dados específicos e orientação para elaboração dos estudos	200.000
G3 – <i>Previsão para usos da água</i>	(a) estabelecer um mecanismo de transferência de informação aos usuários; (b) avaliar as necessidades e as conseqüências das incertezas para os usuários; (c) avaliação dos benefícios da previsão.	Levantamento de dados específicos e orientação para elaboração dos estudos	300.000
G4 – <i>Mitigação de cenários</i>	(a) potenciais medidas de mitigação e suas conseqüências; (b) discutir com decisores da bacia sobre os impactos identificados e como podem se devem ser incorporados as estratégias de planejamento da bacia.	Levantamento de dados específicos e orientação para elaboração dos estudos	300.000

Quadro 8. Resumo dos custos do projeto

Atividades	Valor US \$ milhões
Gestão	41,388
Informações	510
Processos	700
Previsão de curto Prazo	380
Previsão de Longo Prazo	280
Predição	320
Gestão de Impactos	1050
Total	44,628

4. CONCLUSÕES

Um sistema de prognóstico para a bacia Amazônica requer cooperação entre os países para redução das perdas devido aos riscos no qual estão sujeita a sociedade e o meio ambiente. Os riscos estão relacionados com a variabilidade e a modificação climática e alteração do uso do solo, que compõem efeitos naturais e antrópicos. Estes efeitos são significativos na medida que a população possui alta vulnerabilidade por suas condições sócio-econômicas.

Este estudo analisou a situação dos sistemas de monitoramento dos países da bacia verificou-se grande discrepância na capacidade de prognóstico e na capacidade atual de uma ação mais integrada dentro de objetivos internos de cada país e dos trechos transfronteiriços. A bacia possui características diversificadas de comportamento e tempos de antecedência para o prognóstico hidroclimáticos de acordo com a posição geográfica dentro da bacia. No trecho superior os eventos são rápidos e possui pequena antecedência para o prognóstico, enquanto no trecho médio e na Planície as antecedências são altas o que permite maior flexibilidade para o prognóstico. Os principais riscos aos eventos de extremos de inundações e secas envolvem a rede ribeirinha, a navegação e as áreas fragilizadas pelo alteração do uso do solo.

No termo de referência apresentado foram previstos quatro grandes componentes estruturais baseados na melhoria da informação, no melhor entendimento dos processos na bacia, na previsão de eventos e na predição de cenários de risco, completado pelo efetivo uso do prognóstico para prevenir e mitigar os efeitos resultantes através do mecanismos da sociedade como a Defesa Civil, usuários da água e outras entidades que utilizam o prognóstico. Este conjunto é desenvolvido com base num sistema de gestão como um grupo coordenador regional e uma instituição por país, que operará uma rede monitoramento e um Centro de Prognóstico. Foram também especificadas as atividades para ao longo do horizonte do projeto estabelecer o sistema de Prognóstico e sua sustentabilidade ao longo do tempo.

5. RECOMENDAÇÕES

Para o desenvolvimento das atividades será essencial a construção do sistema de gestão. Observa-se que o sucesso e as falhas de sistemas de prognósticos estão associados principalmente com a Gestão. No caso da bacia do rio Amazonas, o grupo coordenador do OCTA tem o papel essencial de construir um ambiente de cooperação e orientação em nível

da bacia, enquanto a entidade de cada país terá a atribuição fundamental dentro do país. Portanto, a principal recomendação é o fortalecer o grupo coordenador do projeto e as instituições com recursos humanos e materiais com permanência no tempo. A formação de pessoal é essencial para dar sustentabilidade de longo prazo ao projeto, da mesma forma que a busca de condicionantes para garantir a permanência do monitoramento e do emprego do pessoal.

Os workshops de integração devem ser priorizados para dar maior integração entre as equipes dos países e permitir maior troca de conhecimento, além favorecer o entendimento ao longo das atividades dos Centros de Prognóstico. Existe um risco muito grande dos Centros de cada países se isolarem nos interesses específicos de cada país e reduzirem a integração e os objetivos transfronteiriços, portanto é essencial que exista uma coordenação de atividades dinâmica mantendo o compromisso da integração entre os Centros.

Um dos principais princípios dentro do projeto é o da livre disponibilização das informações tanto dentro do país como entre os países. Recomenda-se fortemente que o grupo coordenador trabalhe fortemente na manutenção deste princípio, pois a desconfiança e falta de troca de dados pode comprometer um projeto desta envergadura. Desta forma é importante que a base de dados não seja única, mas reproduzida de acordo com o interesse dos países nos diferentes Centros de Prognóstico.

A elaboração das páginas de Internet dos Centros deve priorizar a disponibilização dos dados e a prognóstico dentro de protocolos que permitam o acompanhamento dos eventos e cenários.

Para tornar os produtos do projeto amplamente divulgados sé essencial que anualmente seja organizado um workshop para divulgação dos resultados. Recomenda-se que esta atividade e seu detalhamento sejam definidos antecipadamente, associando-se a eventos nacionais e internacionais, permitindo que o maior número de pesquisadores, profissionais e decisores tomem conhecimento dos estudos e possam utilizar os prognósticos elaborados.

Recomenda-se também que o projeto desenvolva indicador(s) de eficiência relacionado com o uso das informações, do prognóstico e da prevenção por parte da sociedade dos países. Isto permitirá uma avaliação do retorno do investimento realizado.

6. PRINCIPAIS ATORES

Na Quadro 9 são apresentados por país o coordenador e suplente que atuam no projeto GEF Amazonas.

Quadro 9. Atores

País	Coordenador Nacional	Suplente
Bolívia	Ing. Carlos Diaz Escobar Servicio Nacional de Meteorología e Hidrologia – SENAMHI Calle Reyes Ortiz No. 41 3er. Piso – La Paz, Bolivia Tel: Central: (591-2) 2355824 Personal: (591-2) 2361329 Celular: (591-2) 7153.1750 Fax: (591-2) 2392413 E-mail cdiaz@senamhi.gov.bo	Ing. F.Carlos Delgado Miranda Director de Cuencas – Ministerio del Agua Calle Reyes Ortiz No. 41 3er. Piso – La Paz, Bolivia Tel: (591-2) 2355824 Fax: (591-2) 2392413 Telefone celular: (591) 71296087 E-mail charlie_877@hotmail.com

Brasil	<p>Dr. Paulo Lopes Varella Neto Agência Nacional de Águas/Ministério do Meio Ambiente – ANA/MMA Setor Policial - Área 5 - Quadra 3 Bloco B sala 206 70610-200 Brasília – DF, Brasil Tel: (55-61) 2109-5220 – Cel: 9128.2347 – Fax (55-61) 2109-5296 E-mail: paulovarella@ana.gov.br</p>	<p>Francisco Hoilton Araripe Rios Agência Nacional de Águas / Ministério do Meio Ambiente – ANA/MMA Setor Policial - Área 5 - Quadra 3 Bloco B sala 206 70610-200 Brasília – DF, Brasil Tel: (55-61) 2109-5220 – Fax (55-61) 2109-5296 Endereço residencial: SQSW 304 Bl. K - Apto. 107 CEP 70673-411 Tel: 3341-4620 E-mail hoilton.rios@ana.gov.br</p>
---------------	--	--

Quadro 6. Atores (continuação)

País	Coordenador Nacional	Suplente
Colômbia	<p>Dr. Hebert Gonzalo Rivera Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM Subdirección de Hidrología Carrera 10 # 20 - 30 Piso 6 PBX (57-1) 3527119 Fax 3527160 ext. 1628 A.A. 93337 Bogotá, Colombia E-mail: hidrologia@ideam.gov.co</p>	<p>Dr. Henry Romero Pinzon Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM Subdirección de Hidrología Carrera 10 # 20 - 30 Piso 6 PBX (57-1) 3527119 Fax 3527160 ext. 1628 A.A. 93337 Bogotá, Colombia E-mail: hidrologia@ideam.gov.co hromero@ideam.gov.co</p>
Equador	<p>Ing. Victor Mendoza Andrade Consejo Nacional de Recursos Hídricos – CNRH Av. Eloy Alfaro y Amazonas, Edif. Mag, 3er Piso – Quito, Ecuador Tel: (593-2) 252.8234 / 255.4255 / 255.4376 Fax (593-2) 255.4171 <i>E-mail CNRH-Q@ANDINANET.NET</i></p>	<p>Ing. Juan Fernando Recalde Morejón Coordinador Proceso Gestión para la Conservación, Preservación y Uso del Agua – Secretaría del Consejo Nacional de Recursos Hídricos Av. Eloy Alfaro y Av. Amazonas – Edificio Ministerio de Agricultura y Ganadería, Piso 3 - Quito, Ecuador Tel: (593-2) 2554154 Ext. 208 Fax: (593-2) 255-4251 <i>e-mail: cnrh-q@andinanet.net / mc05@cnrh.gov.ec</i></p>
Guiana	<p>Mr. Dilip Jaigopaul Chief Hydrometeorological Officer Hydrometeorological Service – Ministry of Agriculture 18 Brickdam, Stabroek Georgetown, Guyana – P.O. Box 1088 Tel: (59-2) 225-4247 Fax: (59-2) 226-1460</p>	<p>Aguardando</p>

E-mail dkjhym@broadbandguyana.com

Peru	Ing. Abrahan Eddie Rosazza Asín Intendente de Recursos Hídricos Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA Calle Diecisiete Nro. 355, Urb. El Palomar, San Isidro, Lima, Peru Apartado postal 4452 Tel: (51-1) 224 3497 / 224 7559 – Telefax (51-1) 224 8936 / 224 7719 E-mail eddierosazza@yahoo.com	Ing. Guillermo Serruto Bellido Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA Calle Diecisiete Nro. 355, Urb. El Palomar, San Isidro, Lima 27, Peru Apartado postal 4452 Tel.: (51-1) 224 3497 / 224 7559Telefax (51-1) 224 8936 / 2247719 E-mail: gserruto@inrena.gob.pe
-------------	---	---

Quadro 6. Atores (continuação)

País	Coordenador Nacional	Suplente
Suriname	Dr. Margret Kerkhoffs-Zerp Policy Officer, Ministry of Labour, Technological Development and Environment Heerenstraat No. 40, 3rd FL PO Box 911 Paramaribo, Suriname Tel: (59-7) 475368 Fax: (59-7) 420960 E-mail: milieu_atm@yahoo.com	Ms. Shelley Soetesenojo Staff Official at the Environment Section Ministry of Labour, Technological Development and Environment Heerenstraat no. 40 3rd floor – P.O.B. 911 Tel: (59-7) 420960 / 475368 Fax: (59-7) 420960/ 410465 E-mail: milieu_atm@yahoo.com
Venezuela	Ing. Rodolfo Roa Dirección General de Cuencas Hidrográficas / Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales – DGCH/MARN Torre Sur, piso 5, CSB – Caracas 1010-A, Venezuela Tel: (58-212) 4082175 / 2176 Fax: (58-212) 4082177 E-mail rroa@marn.gov.ve	Ing. Noel Ramon Javier Perez Dirección General de Cuencas Hidrográficas / Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales – DGCH/MARN Torre Sur, piso 5, CSB – Caracas 1010-A, Venezuela Tel: (58-212) 4082180 – Fax: (58-212) 4082177 E-mail njavier@marn.gov.ve

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS SELECIONADAS

- ANDERSON, M.L. KARVAS, M.L. & MIERZWA, M.D., 2001, Probabilistic/ensemble forecasting: a case study using hydrologic response distribution associated with El Niño/Southern Oscillation (ENSO), *Journal of Hydrology*, V249, pp 134-146.
- ASKEW, A.J. 1999. Water in the International Decade for Natural Disaster Reduction. In: Leavesley, G.; Lins, H.F.; Nobilis, F.; Parker, Randolph S.; Schneider, V.; van de Ven, F.H.M. (eds) *Descriptive Water: Water Caused Natural Disasters, their Abatement and Control*. IAHS Publication n. 239 3-11p.
- ANA. 2006. Site da Agência Nacional de Águas. Disponível em www.ana.gov.br Acesso em Outubro de 2006.
- CARRASCO GALLARDO, H. 2006. La meteorología en Bolivia. <http://www.senamhi.gov.bo/meteorologia/hgc.php>. Acesso en 12/10/2006.
- CARRASCO ELIZALDE, E., SEGARRA MONTESDEOCA, M, SUAZNABAS DE LOS PINOS, P. 2005. Determinacion de modelos matematicos estocasticos en flujos reales de las cuencas vertientes de la amazonia ecuatoriana. Estudio de caso: cuenca papallacta. IN.
- CARRASCO GALLARDO, H. 2006. La meteorología en Bolivia. <http://www.senamhi.gov.bo/meteorologia/hgc.php>. Acesso en 12/10/2006.
- CENAPM. 2006. Página do INAMEH - Centro Nacional de Alerta y Pronósticos Hidrometeorológicos de Venezuela. Disponible em www.cenaph.gob.ve/. Acesso em Setembro de 2006.
- CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO (CAF). 2000. Las lecciones de El Niño : Memorias del Fenómeno El Niño 1997 - 1998 : Retos y propuestas para la Región Andina : Venezuela. Caracas, VE; nov. 2000 www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc15908/doc15908-5c.pdf
- DHA (1992) International Agreed Glossary of Basic Terms Related to Disasters Management. United Nations Department of Humanitarian Affairs, Geneva.
- DHA (1994) Disasters Around the World – a Global and Regional View. Information paper n.4 World Conference on Natural Disasters Reduction. Yokohama May 1994.
- DIAMOND, J. (1997) Armas, Germes e Aço o destino das sociedades humanas. Record 472p.
- DOMÍNGUEZ E., 2002. Aplicación De La Ecuación De Fokker-Planck-Kolmogorov Para El Pronóstico de Afluencias A Embalses Hidroeléctricos Y La Formulación De Escenarios Hidrológicos Ante Un Eventual Cambio Climático. IDEAM, Bogotá
- DOMINGUEZ, E. 2002. Hydrological scenarios modeling for climate change conditions using the fokker-plank-kolmogorov equation Kick-Off Meeting in Brasilia, 20-22 November 2002. Predictions in Ungauged Basins (PUB) / IAHS.
- DRUCE, D. J. 2001 Insights from a history of seasonal inflow forecasting with a conceptual hydrologic model. *Journal of Hydrology* Vol. 249 pp. 102-112.
- EGMA-UNC (Escuela de Geociências y Médio Ambiente – Universidad Nacional de Colômbia, sede Medellín). 2006. Atlas hidrológico de Colômbia vers. 3.0.
- FAOCLIM 2 (v.2.0.1). Worldwide agroclimatic database. FAO-Agrometeorology Group. Rome 2000, CIMMYT (Centro Internacional del Maíz y el Trigo)
- FILIZOLA JR, Naziano Pantoja. O Fluxo de Sedimento Em Suspensão Nos Rios da Bacia Amazônica rasileira. 1997. Dissertação (Geologia) - Fundação Universidade de Brasília, (Orientador) Geraldo Rsende Boaventura.
- FREITAS, M. A. V. 2006. Vulnerabilidades Climáticas e Antrópicas da Bacia Amazônica da Bacia Amazônica — Desafios para a Gestão Integrada da Água. In: 2nd Meeting of National Coordinators of the Project "Integrated and Sustainable Management of the Transboundary Water Resources in the Amazon River Basin" Equador - Quito, 18 de junho de 2006.

- GARCÍA F.;PALACIOS E., 2004 Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI Ecuador. Disponível em http://hispagua.cedex.es/documentacion/documentos/cong_valencia2004/PRESENTACIONES/Ecuador.doc
- GEORGAKAKOS, K.P.; KRZYSZTOFOWICZ, R. Probabilistic and ensemble forecasting. *Journal of Hydrology*. [S.l.], v. 249, p. 1, 2001
- GONZÁLEZ MAREN, H. 2005. El pronóstico meteorológico en Colombia: ciencia mas arte. *In Anais da SEMANA DE GEOMÁTICA*. Bogotá D. C, Colombia
- IDEAM, 2006. Sitio web do Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Disponível em <http://www.ideam.gov.co/>. Acesso em Setembro de 2006.
- INRENA, 2006. Sítio web do Instituto Nacional de Recursos Naturales del Peru. <http://www.inrena.gob.pe/inrena/inrena.htm>. Acesso em Outubro/2006.
- INMET. 2006. Página do Instituto Nacional de Meteorología. Disponível em www.inmet.gov.br/. Acesso em Outubro de 2006.
- ISDR, 2005. Introduction – International Strategy of Disaster Reduction <http://www.unisdr.org/disaster-statistics/introduction.htm>
- IPCC 2001. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. A Report of Working Group II of Intergovernmental Panel on Climate Change.
- JARGER, C. C. et al (2001). Risk, Uncertainty, and Rational Action London, Earthscan Publications.
- MAHRER, Y. e R.A. PIELKE, 1977: A numerical study of the airflow over irregular terrain. *Beitrag zur Physik der Atmosphere*, 50, 98-113.
- MARGOLIS, H. (1996) *Dealing with Risk*. The University of Chicago Press. Chicago 227p.
- MARENGO, J. A. 2004. Characteristics and spatio-temporal variability of the Amazon River Basin Water Budget. *Climate Dynamics* 24: 11–22, 2005. (DOI 10.1007/s00382-004-0461-6).
- MATOS, R; CRESPO, A. 2000. Informe Nacional Sobre La Gestion Del Agua En Bolivia. Disponível no endereço Web: www.aguabolivia.org/situacionaguaX/GestRecAgua.PDF. Acesso em Setembro de 2006.
- MALOKA. 2006. Panorama hídrico colombiano en el Día Mundial del Agua. Disponível em <http://www.maloka.org/2003/malokaorg/Espanol/Actualidad/2006/marzo/aguaColombia.htm>. Edição de 22 de março de 2006.
- MARGOLIS, H. (1996) *Dealing with Risk*. The University of Chicago Press. Chicago 227p.
- MATOS, R e CRESPO, A. 2000. INFORME NACIONAL SOBRE LA GESTION DEL AGUA EN BOLIVIA. Disponível no endereço Web: www.aguabolivia.org/situacionaguaX/GestRecAgua.PDF. Acesso em Setembro de 2006.
- MINAMBIENTE (Ministério de Meio Ambiente), 2006. Política de Bosques. Disponível em: www.minambiente.gov.co/viceministerios/ambiente/dir_ecosistemas/gestion_forestal/documentos/politica_de_bosques.pdf Acesso em Outubro de 2006.
- MOLINIER, M., GUYOT, J. L., DE OLIVEIRA, E., GUIMARÃES, V. & CHAVES, A. 1995. Hydrologie du bassin de l'Amazone. In: Proc. Grands Bassins Fluviaux Péri-atlantiques, vol. 1, 335–344. PEGI, Paris, France, 1995.
- MDS. 2006. Site do Serviço Meteorológico de Suriname (Meteorologische Dienst Suriname) <http://www.meteosur.sr/>. Acesso em Outubro de 2006.
- NURMOHAMED. R, NAIPAL. S, AND F. DE SMED. 2006a. Hydrologic modeling of the Upper Suriname River basin using WetSpa and ArcView GIS. *In Journal of Spatial Hydrology Vol. 6, No. 1 Spring 2006*. ISSN: 1530-4736
- NURMOHAMED. R E NAIPAL. S. 2006. Variability of rainfall in Suriname and the relation with ENSO-SST and TA-SST. *In. Advances in Geosciences*, 6, 77–82, 2006b
- OEA (1990). Desastres naturais podem ser classificados em grandes grupos como apresentou

- PLATE, E.J. (2002). *Risk and Decision in Flood Management*. International workshop on Water Hazard and Risk Management. January 20-22, 2004. Tsukuba, Japan.
- PHI. 2006. Comitês nacionais e pontos focais de América Latina e o Caribe. In: Programa Hidrológico Internacional de la Unesco para América Latina y el Caribe. Disponível em: http://www.unesco.org/uy/phi/comites_puntos_focales/pais.pt.php?lano=gy. Acesso em 12/10/2006.
- RAHAMAN, Z. 2006. The National Weather, Hydrological and Meteorological services in Guiana. Personal communication.
- REES, J.A. (2002) *Risk and Integrated Water Management*. TEC Background Water Management n. 6 GWP Global Water Partnership. Estocolmo 48p.
- RIBEIRO NETO, A., 2006 Simulação Hidrológica da Amazônia. Tese de Doutorado COPPE/UFRJ 178p.
- SENAMHI, 2002. Mapa de localización de estaciones meteorológicas del Perú. <http://www.minem.gob.pe/dep/renovab/MENSUAL%5C18%20UBICACION.jpg>
- SENAMHI. 2005. Reporte de las actividades de la predicción climática en el Perú. Material de divulgação. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Lima. Perú
- SENAMHI. 2006. Página Web do *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología* de Bolívia. <http://www.senamhi.gov.bo/hidrologia/index.php>. Acesso em Setembro de 2006.
- THOMPSON, G. 2006. Localização de todos os postos METAR cadastrados no WMO. <http://www.rap.ucar.edu/weather/surface/stations.txt>
- TUCCI, C.E.M. Modelos hidrológicos. Porto Alegre: Ed. Universidade, UFRGS, ABRH, 1998. 669p.
- TRIPOLI, G. J.; W. R. COTTON, 1982. The Colorado State University three-dimensional cloud/mesoscale model--1982, Part I, General theoretical framework and sensitivity experiments. *Journal Rech. Atmospheric*; v. 16, p. 185-219; 1982.
- TUCCI, C.E.M.; CLARKE, R.T.; 1998. Environmental Issues in the La Plata Basin. *Water Resources Development* Vo. 14 N.2 p 157-173.
- TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T.; COLLISCHONN W.; DIAS, P. L. S.; SAMPAIO, G. O. 2003. Long term flow forecast based on climate and hydrological modeling: Uruguay river basin. *Water Resources Research*. [S.l.], v. 39, n. 7, p. 1-11.
- UN, 2005. Proceeding of World Conference on Disaster Reduction. ISDR Kobe January 2005. 146p.
- US CORPS OF ENGINEERS, 1998. Evaluación de los Recursos de Agua del Ecuador. Distrito de Mobile y Centro de Ingeniería Topográfica. Disponível em www.sam.usace.army.mil/en/wra/Ecuador/Ecuador%2520%2520WRA%2520Spanish.pdf
- US CORPS OF ENGINEERS, 2001. Water resources assessment of Suriname. Mobile district & topographic Engineering Center. Suriname
- VILLANUEVA, ZAMANILLO, ED. & TUCCI, C.E.M, 1987, Previsão de Vazão para Irrigação, VII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos Anais, Vol 1, pp 536-549.
- WWAP (2005) – Managing Risks - World Water Assessment Programme. www.unesco.org/water/wwap/targets/index.shtml. Acesso September 21, 2005.