

Universidade Federal do Acre
Grupo de Estudos e Serviços Ambientais

**Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico (CNPq)**

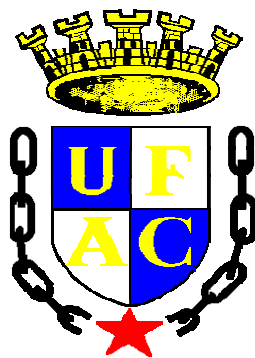
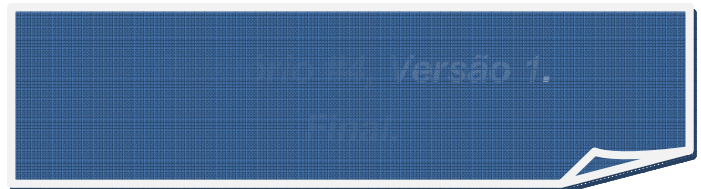
CT-Hidro 37-2006, Processo 555413/2006-3

**MEDIÇÕES DE VAZÃO E PLUVIOMETRIA NA BACIA DO RIO ACRE,
AMOSTRAGEM E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA**

Cursos de Capacitação
Módulos 1,2,3 e 4

Alejandro Fonseca Duarte

fd.alejandro@gmail.com



Rio Branco – AC
Agosto, 2009

ÍNDICE

RESUMO.....	3
RESULTADOS	4
Cursos, alunos e organismos.....	4
Áreas de monitoramento.....	7
Organização de dados e informações na internet.....	9
Livros publicados	11
Livros em elaboração.....	11
Artigos publicados em revistas	11
Artigos submetidos para publicação em revistas	11
Participação em eventos.....	11
Trabalhos aceitos para participação em eventos.....	11
Textos em jornais de notícias	12
Estação fluviométrica instalada.....	12
OUTROS RESULTADOS QUE SERÃO REANALISADOS PARA POSTERIOR DIVULGAÇÃO	12
Morfometria da bacia hidrográfica do rio Acre	12
Erros no monitoramento fluviométrico na bacia do rio Acre.....	15
Curva-chave.....	17
Hidrogramas	20
Volumes de água de escoamento superficial R, volumes de chuvas P e coeficiente $C = R/P$ para intervalos de tempo entre 2004 e 2009.....	24
Hidroquímica.....	24
CONCLUSÃO.....	27

RESUMO

Este projeto de pesquisa e capacitação se desenvolveu na bacia do rio Acre com o interesse de beneficiar a formação de habilidades teóricas e práticas em meteorologia, fluviometria, hidroquímica fluvial, deposição úmida, hidrologia básica e a dinâmica sazonal do rio Acre. A capacitação foi organizada em quatro módulos ou cursos, certificados pela Pró-Reitoria de Extensão da Universidade Federal do Acre. Estiveram ligados aos cursos mais de 80 alunos, dos quais foram certificados 50 alunos concludentes, que aprenderam sobre medições e operações, no âmbito dos temas principais e sua interdisciplinaridade, no contexto das bacias hidrográficas da Amazônia, em particular da bacia do rio Acre, que foi dividida convencionalmente em cinco microbacias, cujas características morfológicas foram objeto de estudo e interpretação em relação com o clima, a floresta, os campos, as cidades e a intervenção social frente às consequências de chuvas, enchentes e secas. Os conceitos discutidos foram levados à prática pela via da participação na elaboração de pluviômetros, medição da altura da chuva, criação de seções de controle, medição da velocidade e nível das águas e realização de cálculos. Os processamentos de dados e da informação foram prejudicados devido à falta da infraestrutura adequada e de tempo para o exercício sistemático individual dos alunos nessa atividade. Os resultados sobre distribuição espacial das chuvas, seu volume e volume das águas de escoamento superficial por períodos nas microbacias estudadas possibilitou estimar, no balanço hídrico da região, que as águas de escoamento superficial correspondem em média a 20 % da chuva a montante de Rio Branco. As medições de hidroquímica fluvial incluíram somente as grandezas físicas pH e condutividade elétrica, mas elas foram sistemáticas durante os anos 2008 e 2009 e a continuidade desse monitoramento pode levar, com os anos, a uma caracterização das águas do rio. Os resultados alcançados estão disponíveis na internet, foram divulgados 8 artigos em jornais de notícias, escritos 2 livros de texto, publicados 2 artigos em revistas científicas e um terceiro está submetido a revisão, também 3 trabalhos foram apresentados em eventos científicos e um quarto trabalho foi aceito para participar de um congresso no próximo mês de novembro.

RESULTADOS

Cursos, alunos e organismos

O projeto de capacitação em hidrometria ***Medições de vazão e pluviometria na bacia do rio Acre, amostragem e análise físico-química da água***, foi vinculando a ações de pesquisa e ensino; se desenvolveu entre julho de 2007 e agosto de 2009 e suas ações foram organizadas na forma de quatro cursos de extensão ou módulos de capacitação com atividades teóricas e práticas. O nome, quantidade de horas e objetivos de cada curso são os seguintes:

I. Pluviometria. (60 h).

Objetivo: Desenvolver habilidades operacionais em localização geográfica, pluviometria e estações meteorológicas.

II. Fluviometria e medições de pH e de condutividade da água. (60 h).

Objetivo: Desenvolver habilidades operacionais em fluviometria.

III. Hidrologia básica. Morfometria da bacia do rio Acre. Microbacias. (60 h).

Objetivo: Conhecer as características da bacia do rio Acre, suas microbacias e drenagem.

IV. Modelagem sazonal da relação chuvas e vazão no rio Acre. (60h).

Objetivo: Evidenciar a influência das chuvas nas vazões de enchentes e de vazantes para um sistema de alerta à população.

Os cursos foram certificados pela Pró-Reitoria de Extensão da Universidade Federal do Acre (UFAC). Na Tabela 1 está apresentada a quantidade de alunos concludentes por município.

Tabela 1. Cursos por município e quantidade de alunos concludentes.

<i>Curso</i>	<i>Município</i>	<i>Quantidade de alunos concludentes</i>
I	Rio Branco	4
	Porto Acre	17
	Brasiléia	1
	Epitaciolândia	1
II	Porto Acre	11
	Rio Branco	1
III	Porto Acre	9
	Rio Branco	1
IV	Porto Acre	4
	Rio Branco	1
<i>Total</i>		<i>50</i>

Em torno de 30 alunos se matricularam em algum dos cursos e desistiram ou nunca participaram. Os organismos participantes foram:

CONDIAC – Consórcio para o Desenvolvimento Intermunicipal do Alto Acre e Capixaba, que compreende os municípios de Assis Brasil, Epitaciolândia, Brasiléia, Xapuri e Capixaba

PMPA – Prefeitura Municipal de Porto Acre, que compreende as Secretarias de Educação, Meio Ambiente, Saúde, Cultura e a Administração

UFAC – Universidade Federal do Acre

CEBRB – Colégio Estadual Barão do Rio Branco

FEM – Fundação “Elias Monsour”, Centro Cultural de Porto Acre

ELN - EletroNorte

Na Tabela 2 estão apresentados os nomes dos alunos concludentes e seus organismos de trabalho.

Tabela 2. Nomes de alunos concludentes por cursos e organismos

	ALUNOS	Cursos				ORGANISMO
		I	II	III	IV	
1	Pedro Cláudio do Nascimento Neto	X				CONDIAC
2	Pavel Jezek	X				CONDIAC
3	Edinaldo da Silva Amaral	X				UFAC
4	Camilo Lelis Gouveia	X				UFAC
5	Teresinha da Silva Carneiro	X	X	X	X	UFAC
6	Maria do Socorro D´ávila Nascimento	X				CEBRB
7	Antonio Cesar dos Santos Lima	X	X			ELN
8	Dulcimar da Silva Duarte	X				PMPA
9	Zélia Maria Ferreira Lima da Silva	X				PMPA
10	Altemir Oliveira do Nascimento	X				PMPA
11	Ivanise Moreira de Moraes	X	X	X		PMPA
12	Maria da Conceição dos Santos Souza	X	X	X		PMPA
13	Raimunda Nonata de Souza Santos	X		X		PMPA
14	Radija Maria Mascarenhas Carruta	X				PMPA
15	Pablo Wolter Caruta Gondim	X				PMPA
16	Eli Gomes Pereira	X	X	X	X	PMPA
17	Marcelo Ferreira de Albuquerque	X	X			PMPA
18	Ana Galdino da Silva	X	X	X		PMPA
19	José Enrique Barbosa	X	X			PMPA
20	Raimundo Mendes de Souza	X	X	X	X	PMPA
21	Pedro Ferreira da Silva	X	X	X	X	PMPA
22	Francisco Otacílio Feitosa	X	X	X	X	PMPA
23	João Batista Roberto de Melo			X		PMPA
24	Adinane da Silva Ribeiro	X	X			FEM

Foram abordando os assuntos:

Curso I

A Terra e sua atmosfera, Coordenadas geográficas e localização por GPS, Climatologia das chuvas no Acre, Sítios pluviométricos na bacia do rio Acre, Instrumentos de estações meteorológicas convencionais, Plataforma de Coleta de Dados agrometeorológica e seus sensores, Observação do ritmo do tempo, Pluviômetros Ville de Paris e de báscula (pluviômetro digital), Construção de pluviômetros e medição da altura da chuva, Realização do trabalho operacional de um pluviômetro Ville de Paris, Instalação e coleta de dados de pluviômetros digitais, Erro das medições, Tabelas e gráficos, Sistematização das medições e atualização de informações na internet

Curso II

Fluxo do rio, Características do canal, Seção de controle, Estabelecimento de uma seção de controle no rio Acre, Medição da área da seção de controle para vários níveis do rio Estações fluviométricas convencionais e automáticas, Instalação de lances de réguas limnimétricas, Medição da velocidade superficial e em várias profundidades do rio, Medição do nível do rio, Registro de nível, Hidroquímica, Medições de pH e condutividade elétrica, Erro das medições, Tabelas e gráficos, Sistematização das medições e atualização de informações na internet

Curso III

Bacia hidrográfica do rio Acre, Microbacias Trinacional Brasil-Peru-Bolívia, Xapuri, Rôla, Porto Acre e Biestadual Acre-Amazonas, Área de drenagem, Perímetro, Comprimento do rio, Trajetória do rio, Índice de forma, Índice de compacidade, Comprimento axial, Fator de forma, Cursos de água, Densidade de cursos de água, Rede de drenagem, Ordem dos cursos de água, Densidade de drenagem, Declividade, Tempo de concentração, Nuvens e chuvas, Escoamento superficial, infiltração, retenção, evapotranspiração, Ciclo hidrológico, Balanço hídrico, Computação e internet para estudos hidrológicos

Curso IV

Chuvas, Registro de nível do rio, Vazão e suas características, Vazão e Curva-chave, Volume de chuvas na área de drenagem, Vazão integrada, Relação gráfica e numérica entre as chuvas na bacia do rio Acre a montante de Rio Branco e as vazões na seção de controle nesta cidade, Balanço hídrico, Evapotranspiração, Interceptação, Retenção, Infiltração, Escoamento superficial, Chuva excedente, Coeficiente de escoamento superficial, Interpretação da relação entre chuvas e enchentes para previsão de impactos sociais negativos

Áreas de monitoramento

A área de atuação para as atividades de capacitação e pesquisas correspondeu à bacia do rio Acre (Figura 1).



Instalações presentes no leste do Acre e alunos em atividades (Figura 2):

No campus da UFAC, em Rio Branco:

- Uma Plataforma de Coleta de Dados (INPE),
- Uma estação meteorológica convencional (INMET),
- Um pluviômetro digital,
- Um pluviômetro Ville de Paris (de garrafas plásticas),
- Uma estação fotométrica solar, estudos de água e fumaça na atmosfera.

Em outros pontos da cidade de Rio Branco:

- Um pluviômetro de garrafas no bairro Bosque,
- Um pluviômetro de garrafas no bairro João Eduardo,
- Um pluviômetro de garrafas no bairro Apolônio Sales,
- Um pluviômetro digital no bairro Alto Alegre,
- Um amostrador de chuvas para deposição úmida,
- Duas estações fluviométricas (ANA).

Em fazendas e projetos de assentamento do INCRA:

- Um pluviômetro digital na fazenda Catuaba,
- Uma Plataforma de Coleta de Dados (INMET) na fazenda Alfenas,
- Um pluviômetro digital no projeto de assentamento Colibri (Limoeiro),
- Um pluviômetro digital no projeto de assentamento Baixa Verde.

Em outros municípios:

- Um pluviômetro digital em Capixaba,
- Um pluviômetro digital em Xapuri,
- Um pluviômetro digital em Tucandeira (Acrelândia),
- Vários pluviômetros de garrafa em Porto Acre, Epitaciolândia e Brasiléia,
- Estação fluviométrica (ANA) em Epitaciolândia, Xapuri e Porto Acre.

Em áreas de floresta:

- Um pluviômetro digital no seringal Espalha,
- Um pluviômetro digital no seringal São Pedro de Icó (Oriente).



Figura 2. Alunos em aulas de localização geográfica e de reconhecimento do rio Acre em Porto Acre para o estabelecimento de uma seção de controle e uma estação limnimétrica.

Organização de dados e informações na internet

Nas seguintes páginas na internet se encontram dados e informações para a capacitação e a pesquisa.

<http://acrebioclima.pro.br>, <http://www.acrebioclima.net/net/portal>,
http://www.acrebioclima.net/net/portal/?page_id=2 e
<http://www.acrebioclima.org/grl>

Grupo de Estudos e Serviços Ambientais - *AcreBioClima*

<u><i>Meteorologia</i></u>	<u><i>Radiometria solar</i></u>	<u><i>Poluição do ar</i></u>	<u><i>Nível do rio Acre</i></u> <u>Rio Branco</u> <u>Porto Acre</u>
<ul style="list-style-type: none">Alto AlegreApolônio SalesBaixa VerdeBrasiléiaBosqueCapixabaCatuabaCruzeiro do SulEirunepe/AMEpitaciolândia	<ul style="list-style-type: none">João EduardoLimoeiroPorto AcreRio Branco - UFACTarauacáTransacreamaTucandeiraUFACXapuri	<ul style="list-style-type: none">Boca do Acre/AMSena Madureira - ChandlessCruzeiro do SulParna - Serra do divisorRio Branco - UFACRio Branco - Transacreama	<ul style="list-style-type: none">CptecInmetAeronetSolRad-NetAODModisEmbrapaLISN Ciclo HidrológicoHidrometriaEnergias alternativasPublicações



Alejandro Fonseca Duarte © 2000 - 2009 *AcreBioClima*

Ademais foram oferecidas informações ao Cadastro de Projetos de Pesquisa CT-Hidro.

As atividades relacionadas com o andamento do projeto foram disponibilizadas na internet no seguinte endereço:

<http://acreibioclimate.pro.br/IndexHidrometria.html>

Universidade Federal do Acre	
Grupo de Estudos e Serviços Ambientais	
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)	
CT-Hidro 37-2006, Processo 555413/2006-3	
MEDIÇÕES DE VAZÃO E PLUVIOMETRIA NA BACIA DO RIO ACRE, AMOSTRAGEM E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA	
	<u>Nível do rio Acre em Rio Branco</u>
	<u>Nível do rio Acre em Porto Acre</u>
<u>Projeto</u>	MÓDULOS DE ENSINO-PESQUISA-EXTENSÃO
<u>Início das atividades</u>	<u>Programa</u>
<u>Fotos Porto Acre 1</u>	I. Pluviometria (<u>Relatório de conclusão</u>)
<u>Fotos Porto Acre 2</u>	II. Pluviometria (<u>Relatório de conclusão</u>)
<u>Fotos Porto Acre 3</u>	III. Hidrologia básica (Concluído)
<u>Fotos Porto Acre 4</u>	IV. Modelagem da dinâmica sazonal do rio Acre (Concluído)
<u>Alunos Porto Acre na UFAC</u>	Divulgação
<u>Fotos Epitaciolândia 1</u>	<u>O Acre, suas florestas, chuvas e seca</u>
<u>Fotos Epitaciolândia 2</u>	<u>Considerações sobre a bacia do rio Acre</u>
<u>Fotos Brasília</u>	<u>Tendências no Acre e o ambiente globalizado das catástrofes</u>
<u>Fotos Rio Branco</u>	<u>O oriente muito seco do Acre</u>
<u>Entrega de certificados</u>	<u>Capacitação e monitoramento meteorológicos no ambiente da Amazônia</u>
	<u>Hidrometria no Acre para o ensino médio, técnicos e a população</u>
	<u>Ficha descritiva da Estação pluviométrica Porto Acre</u>
	<u>As chuvas, o sobe-e-desce do nível do rio Acre e a ameaça anual de "alagação"</u>
	<u>As chuvas nas florestas, no campo e nas cidades da bacia do rio Acre (1ª parte)</u>
	<u>As chuvas nas florestas, no campo e nas cidades da bacia do rio Acre (final)</u>

Esta página divulga o projeto, o programa dos cursos, relatórios parciais, fotos de atividades, publicações em jornais sobre os conteúdos do curso no contexto dos acontecimentos de chuvas, secas e enchentes na bacia do rio Acre. A página informa também sobre os níveis do rio Acre em Rio Branco e Porto Acre, segundo as medições realizadas com base nos cursos. A ficha descritiva da estação pluviométrica de Porto Acre diz respeito à instalação feita pelos alunos e cadastrada na Agência Nacional de Águas (ANA) com o número 13610000.

Livros publicados

DUARTE, A.F. Hidrometria no Acre: Clima, medições e informações meteorológicas (Vol.1). ISBN: 978-85-98499-48-2. Ed.: EDUFAC, Rio Branco, 121p; 2007.

DUARTE, A.F. Hidrometria no Acre: Fluviometria e hidroquímica (Vol. 2). ISBN: 978-85-98499-66-6. Ed.: EDUFAC, Rio Branco, 121p; 2009.

Livros em elaboração

DUARTE, A.F. Hidrometria no Acre: Modelagem de chuvas e vazões (Vol. 3).

Artigos publicados em revistas

DUARTE, A.F.; SANTOS, F.A.; GOUVEIRA, C.L.; do NASCIMENTO, M.S.D; CARNEIRO, T.S. Capacitação e monitoramento meteorológicos no ambiente da Amazônia: uma experiência no Acre. Boletim SBMet, p.36-43, ago-dez, 2007.

SCHAFER, J.S.; ECK, T.F.; HOLBEN, B.N.; ARTAXO, P.; DUARTE, A.F. Characterization of the optical properties of atmospheric aerosols in Amazônia from long-term AERONET monitoring (1993 1995 and 1999 2006). Journal of Geophysical Research, v. 113, p. D04204, 2008.

Artigos submetidos para publicação em revistas

Duarte, A.F. Hidrometeorologia na bacia do rio Acre. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. ABRH, 2009.

Participação em eventos

DUARTE, A.F.; HERDIES, D.L.; SANTOS, F.A.; GOUVEIRA, C.L. Distribuição espaço temporal irregular das chuvas e sua diminuição na bacia do rio Acre, Amazônia Ocidental. III Conferência Regional sobre Mudanças Globais: América do Sul. São Paulo, de 4 a 8 de novembro de 2007.

DUARTE, A.F. XV Congresso Brasileiro de Meteorologia. São Paulo, 24 – 29 Agosto, 2008.

DUARTE, A.F. A pesquisa participativa, exemplos no Acre. Seminário Universidade Federal do Acre - Universidade da Flórida. UFAC, Julho, 2009.

Trabalhos aceitos para participação em eventos

DUARTE, A.F. A Comissão Científica do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos tem o prazer de comunicar que o seu trabalho intitulado “CAPACITAÇÃO EM HIDROMETRIA NA BACIA DO RIO ACRE”, PAP000577, FOI APROVADO para inclusão nos anais e apresentação durante o Evento. Campo Grande – MS, 22 – 26, Novembro, 2009.

Textos em jornais de notícias

DUARTE, A. F. O Acre, suas florestas, chuvas e seca. Página 20, Rio Branco - AC, p. 13 - 13, 06 set. 2007.

BROWN, I. F.; SOLIMON, C.; DUARTE, A.F. O desflorestamento no leste do Acre. A gazeta, Rio Branco - AC, p. 2, 07 dez. 2007.

DUARTE, A. F. Tendências no Acre e o ambiente globalizado das catástrofes. Jornal Página20, Rio Branco - AC, p. 6 - 6, 08 maio 2008.

DUARTE, A. F. O oriente muito seco do Acre. Jornal Página20, Rio Branco - AC, p. 3 - 3, 02 set. 2008.

DUARTE, A. F. Hidrometria no Acre para o ensino médio, técnicos e o conhecimento da população. Jornal Página 20, Rio Branco - AC, p. 3 - 3, 08 nov. 2008.

DUARTE, A. F. As chuvas, o sobe-e-desce do nível do Rio Acre e a ameaça anual de alagação. Jornal Página20, Rio Branco - AC, p. 3 - 3, 20 jan. 2009.

DUARTE, A. F. As chuvas na floresta, no campo e nas cidades da bacia do rio Acre (primeira parte). Jornal Página20, Rio Branco - AC, p. 16 - 16, 14 abr. 2009.

DUARTE, A. F. As chuvas na floresta, no campo e nas cidades da bacia do rio Acre (final). Jornal Página20, Rio Branco, p. 4 - 4, 25 jul. 2009.

Estação fluviométrica instalada

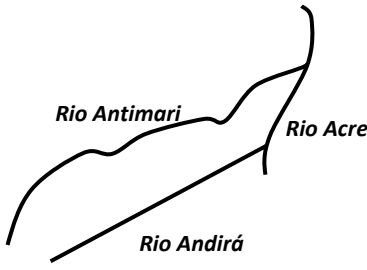
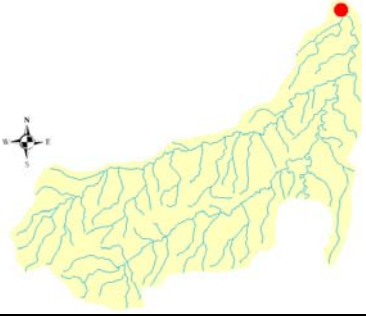


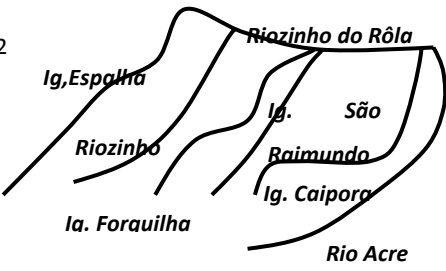

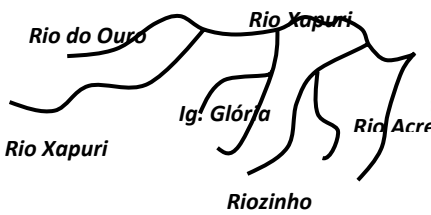



Estação fluviométrica de Porto Acre: Lat: 9° 35' 26" S; Lon 67° 31' 56".
ANA nº 13610000.

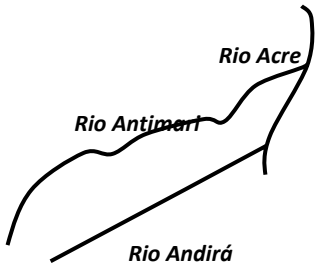
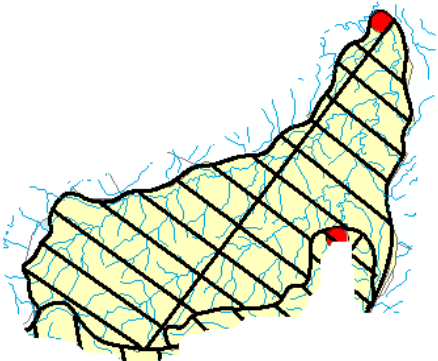


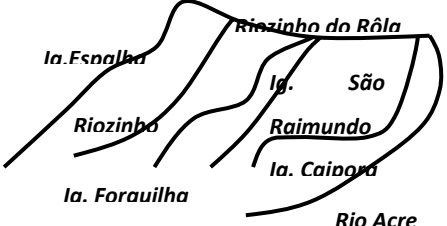

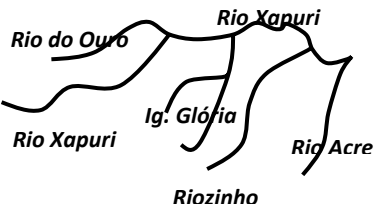


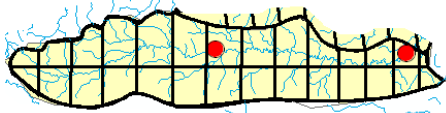
OUTROS RESULTADOS QUE SERÃO REANALISADOS PARA POSTERIOR DIVULGAÇÃO

Morfometria da bacia hidrográfica do rio Acre

Os valores que aparecem nos seguintes quadros foram obtidos de maneira independente durante a realização da presente pesquisa; seu significado foi objeto de estudo e discussão durante os cursos de capacitação. A bacia do rio Acre foi dividida em cinco microbacias: Trinacional (Brasil-Peru-Bolívia), Xapuri, Rôla, Porto Acre e Biestadual (Acre-Amazonas). As grandezas definidas no livro de texto e que aparecem no quadro abaixo são as seguintes:

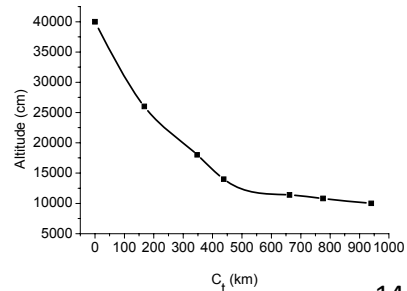
P – perímetro, A – área de drenagem, Cr – comprimento do rio, Ct – trajetória do rio, If – índice de forma, Ic – índice de compacidade, Ca – comprimento axial, Ff – fator de forma, St – declividade, H – altitude.

Micobacia	Representações	
<p>Biestadual</p> <p>$P = 560$ km</p> <p>$A = 9.300$ km²</p> <p>$C_r = 100$ km</p> <p>$C_t = 165$ km</p> <p>$I_f = 0,93$</p>		
<p>Porto Acre</p> <p>$P = 260$ km</p> <p>$A = 2.700$ km²</p> <p>$C_r = 70$ km</p> <p>$C_t = 115$ km</p> <p>$I_f = 0,55$</p>		
<p>Rôla</p> <p>$P = 520$ km</p> <p>$A = 10.200$ km²</p> <p>$C_r = 100$ km</p> <p>$C_t = 224$ km</p> <p>$I_f = 1,02$</p>		
<p>Xapuri</p> <p>$P = 360$ km</p> <p>$A = 5.200$ km²</p> <p>$C_r = 150$ km</p> <p>$C_t = 170$ km</p> <p>$I_f = 0,23$</p>		
<p>Trinacional</p> <p>$P = 500$ km</p> <p>$A = 7.600$ km²</p> <p>$C_r = 220$ km</p> <p>$C_t = 350$ km</p> <p>$I_f = 0,16$</p>		

Micobacia	Representações	
Biestadual $I_c = 1,63$ $B = 54 \text{ km}$ $C_a = 170 \text{ km}$ $F_f = 0,32$		
Porto Acre $I_c = 1,40$ $B = 32 \text{ km}$ $C_a = 65 \text{ km}$ $F_f = 0,49$		
Rôla $I_c = 1,44$ $B = 57 \text{ km}$ $C_a = 174 \text{ km}$ $F_f = 0,33$		
Xapuri $I_c = 1,40$ $B = 41 \text{ km}$ $C_a = 144 \text{ km}$ $F_f = 0,28$		
Trinacional $I_c = 1,61$ $B = 35 \text{ km}$ $C_a = 216 \text{ km}$ $F_f = 0,16$		

O perfil do rio Acre está apresentado na Figura 3.

Figura 3. A declividade envolve as correspondentes variações de altitude e comprimento da trajetória do rio. O perfil do rio mostra a variação da sua altitude segundo avança.



Os dados para o gráfico da Figura 3 aparecem na Tabela 3.

Tabela 3. Dados de altitude, comprimento da trajetória e declividade para visualização do perfil do rio Acre.

Trecho	C_t (km)	H (m)	ΔC_t (km)	ΔH_n (m)	S_{tn} (cm/km)
Nascente	0	400	0		
Assis Brasil	168	260	168	140	83,3
Brasileia	348	180	180	80	44,4
Xapuri	438	140	90	40	44,4
Rio Branco	662	114	224	26	11,6
Porto Acre	776	108	114	6	5,3
Boca do Acre	940	100	164	8	4,9

Erros no monitoramento fluviométrico na bacia do rio Acre

Estes erros surgem de três fontes principais: 1) a falta de manutenção adequada da estação fluviométrica com o qual perde em confiabilidade, 2) o descumprimento de um padrão metodológico para as leituras, 3) a definição imprecisa do zero de referência para o registro do nível. Alguns destes erros são grosseiros, outros sistemáticos. Está claro que o acontecimento de situações assim obedece tanto à falta de recursos econômicos e humanos quanto à falta de preparação institucional para o entendimento do que se trata, ficando as atividades de monitoramento ambiental sem a devida prioridade.

As consequências que derivam destes erros induzem a uma apreciação distorcida da realidade vista através do comportamento do ambiente, do rio e das chuvas, bem como também levam a tomada de decisões incorretas. Como a função do monitoramento fluviométrico ganha maior relevância com o passar dos anos, uma série histórica de dados não confiáveis impossibilitará fundamentar conclusões, que de outra forma seriam importantes.

A falta de manutenção e padronização para as leituras se revela, por exemplo, na ausência do número de identificação na parte superior da régua, no caso da estação de Rio Branco, ANA, nº 13600002, Figura 4.

É de interesse lembrar que o número N na parte superior da régua forma parte do instrumento e do método de medição: indica o valor inteiro, em metros, do nível das águas que está sendo medido. Também, representa a possibilidade para que qualquer pessoa possa medir corretamente.



Figura 4. Falta do número de identificação em um lance das réguas limnimétricas.

Tal tipo de descuido e a não aplicação de uma metodologia de leitura única, assim como a inexistência de um zero de referência bem definido têm prejudicado as informações fluviométricas.

Por exemplo, o nível mínimo do rio Acre em Rio Branco durante a época de vazante é divulgado como estando em média um pouco acima de 2 m, embora as medições diretas no lugar mais fundo da seção de controle indicam valores abaixo disso.

Em Rio Branco, em 30 de outubro de 2008, a régua 3 marcava 40 cm, o que segundo a norma mede um valor de 3,40 m; em Xapuri, em 25 de outubro de 2008, a régua 3 marcava 38 cm, o que segundo a norma mede um nível do rio correspondente a 3,38 m; em Brasileia, em 25 de outubro de 2008, a régua 2 marcava 44 cm, o que segundo a norma mede um nível do rio correspondente a 2,44 m. As informações sobre o nível dos rios divulgadas na internet pela Defesa Civil (CEDC/AC), reportaram para esses mesmos dias e lugares os valores dados na Tabela 4, que contrastam com as observações e medições evidenciadas mais acima.

Tabela 4. Valores do nível do rio reportados e valores conferidos nas estações fluviométricas apontadas.

Estação fluviométrica	Data	Valores reportados CEDC/AC	Valores medidos <i>in-situ</i>	Erro sistemático
Brasileia	25/10/08	1,30 m	0,93 m	0,40 m
Xapuri	25/10/08	2,50 m	1,33 m	1,20 m
Rio Branco	30/10/08	2,40 m	1,34 m	1,05 m

O erro de natureza sistemática é susceptível de ser corrigido nos dados históricos, supondo que o seu valor tenha ficado o mesmo ao longo do tempo.

Curva-chave

As medições feitas nas estações fluviométricas da bacia do rio Acre, entre 2007 e 2008, têm apresentado valores de velocidades entre 0,4 e 1,2 m/s.

A quantidade de medições e sua distribuição pelos momentos de cheias e vazantes não foram suficientes para a realização de estimativas do perfil de velocidades do rio ao longo de suas seções de controle, nem como este perfil se modifica sazonalmente.

Mas as observações complementares expressam que a vazão do rio depende mais da área da seção de controle do que da velocidade das águas. Isto quer dizer, que a velocidade média se modifica pouco porque o caudal do rio, mais veloz à medida que aumenta seu nível, permanece praticamente estático perto das margens; além do fluxo ser limitado também pelo curso meandrante, pela baixa declividade a partir da saída da microbacia Xapuri, pelo espalhamento das águas nas planícies de inundação, pelo aglomerado de “balseiros” e pelo represamento na desembocadura.

Nestas condições o aumento da área transversal da correnteza contribui substancialmente para o maior volume de água transportada.

Na Tabela 5, os valores de vazão do rio Acre, em Rio Branco, foram estimados considerando o valor médio de velocidade das águas sendo de 0,7 m/s.

Tabela 5. Relação entre largura, área da seção da corrente, nível e vazão do rio Acre em Rio Branco.

Largura (m)	Área (m ²)	Nível (m)	Vazão (m ³ /s)	Largura (m)	Área (m ²)	Nível (m)	Vazão (m ³ /s)
64	16	0,50	11	125	421	6,75	294
66	25	0,75	17	127	445	7,00	311
69	34	1,00	24	129	469	7,25	329
71	44	1,25	31	132	495	7,50	346
74	55	1,50	39	134	521	7,75	364
76	66	1,75	47	137	547	8,00	383
78	78	2,00	55	139	574	8,25	402
81	91	2,25	64	142	602	8,50	421
83	104	2,50	73	144	630	8,75	441
86	118	2,75	82	146	659	9,00	461
88	132	3,00	93	149	689	9,25	482
91	147	3,25	103	151	719	9,50	503
93	163	3,50	114	154	750	9,75	525
95	179	3,75	125	156	781	10,00	547
98	196	4,00	137	159	813	10,25	569
100	213	4,25	149	161	846	10,50	592
103	231	4,50	162	164	879	10,75	615
105	250	4,75	175	166	913	11,00	639
108	269	5,00	188	168	947	11,25	663
110	289	5,25	202	171	982	11,50	688
112	309	5,50	216	173	1018	11,75	712
115	330	5,75	231	176	1054	12,00	738
117	352	6,00	246	178	1091	12,25	764
120	374	6,25	262	181	1128	12,50	790
122	397	6,50	278	183	1166	12,75	817

Mesmo em épocas de vazante em que o nível do rio chega a ser muito raso, entre meio metro e setenta e cinco centímetros na parte mais profunda da seção de controle, a sua largura não é inferior a 60 m. Em épocas de cheia a maior largura atinge em torno de 200 m quando o nível alcança perto de 13 m; antes disso começa a penetração das águas nas planícies de inundação.

Os valores do nível e da vazão permitem obter a curva-chave ou relação nível - vazão, característica do fluxo do rio Acre em Rio Branco, mostrada graficamente na Figura 5.

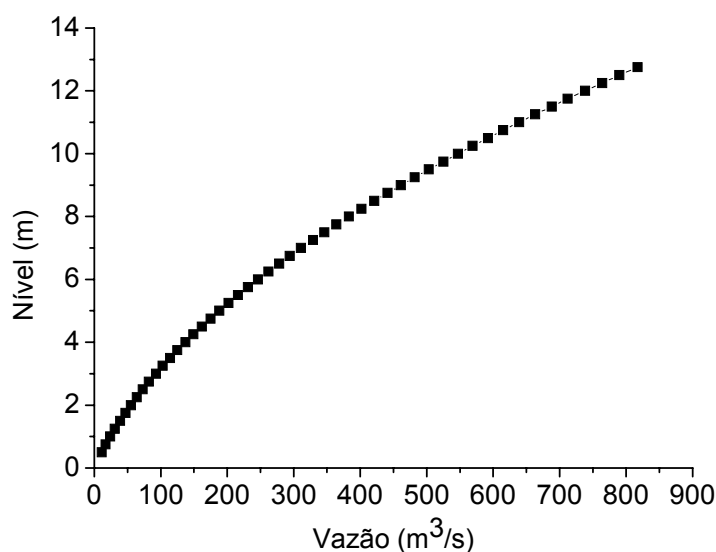


Figura 5. Curva-chave para o rio Acre em Rio Branco.

A partir desta curva é possível deduzir a vazão mediante as medições do nível do rio. Para isso convém construir uma tabela com a relação indicada pela curva-chave ou utilizar a seguinte equação, que corresponde à relação expressada pela curva.

$$Q = 3,4047 h^2 + 20,632 h - 2 \cdot 10^{-12}$$

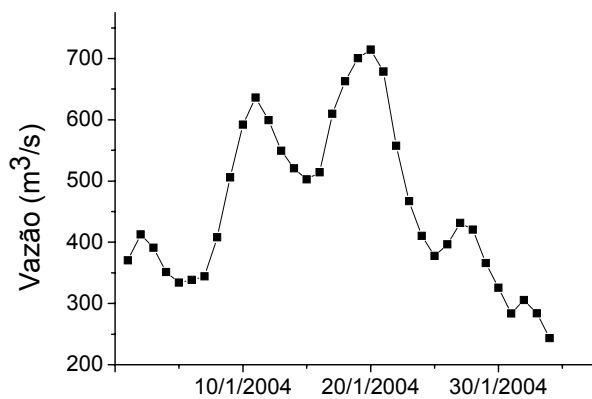
Onde h representa o nível em metros e Q a vazão em metros cúbicos por segundo. Enquanto as características do rio e da seção de controle não mudem a relação anterior será útil para calcular a vazão.

É importante sublinhar a necessidade de manutenção das estações fluviométricas e da realização de medições confiáveis, bem como da

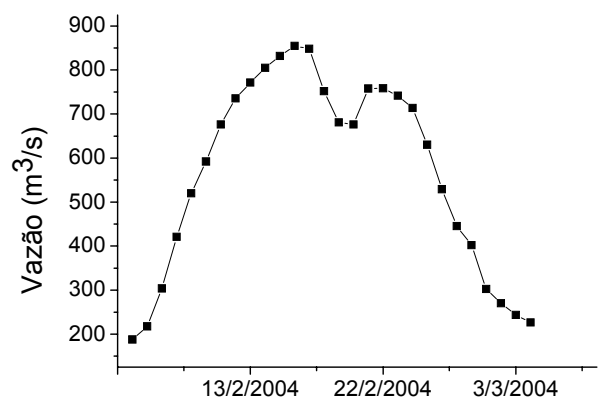
preservação ambiental dos ecossistemas aquáticos. Por exemplo, o desmatamento nas margens do rio ocasiona o aumento da erosão hídrica, o aumento do transporte de materiais em suspensão e o assoreamento. A modificação causada pelo homem na morfologia do canal devido aos danos ambientais influencia no fluxo das águas.

Hidrogramas

Abaixo estão apresentados alguns hidrogramas de enchentes e vazantes observados no rio Acre em Rio Branco (Figura 6). Mediante integração numérica é possível obter em cada caso o volume de água que escoou durante o tempo considerado.



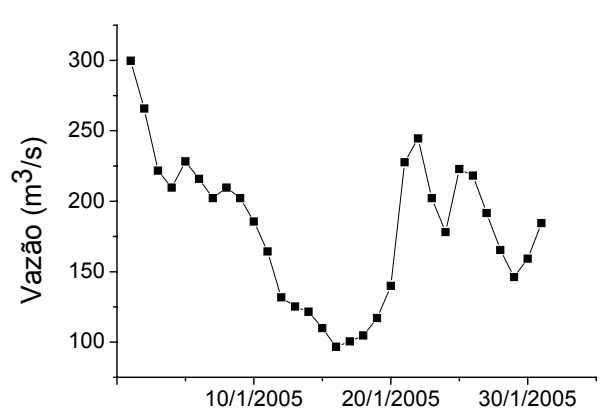
(a) De 1 de janeiro a 3 de fevereiro de 2004.



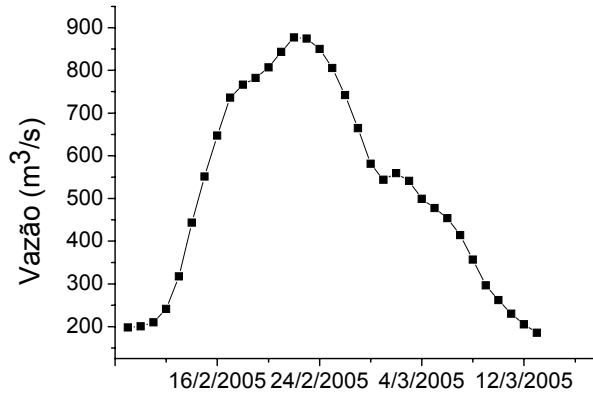
(b) De 5 de fevereiro a 4 de março de 2004.



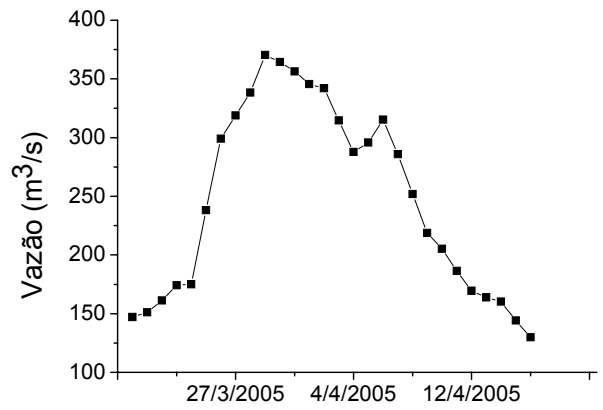
(c) De 14 de março a 13 de abril de 2004.



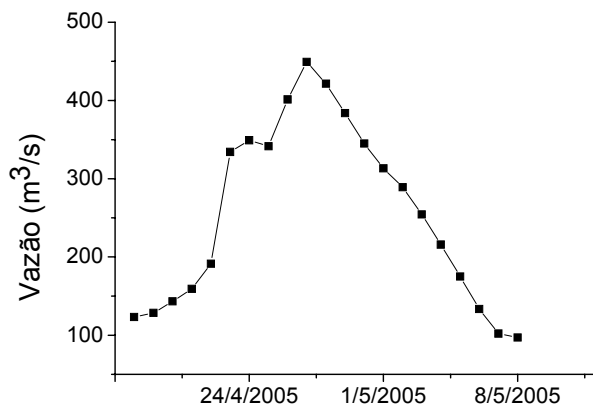
(d) De 1 a 31 de janeiro de 2005.



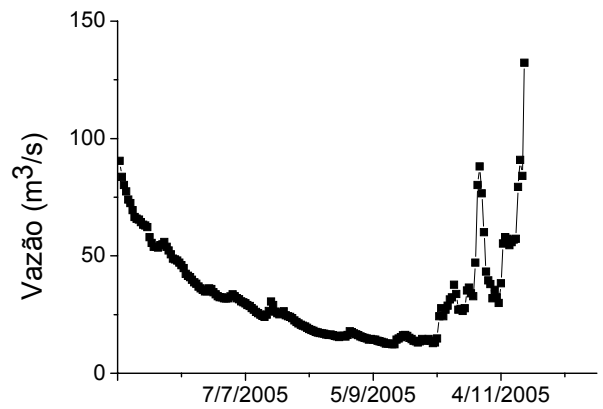
(e) De 9 de fevereiro a 13 de março de 2005.



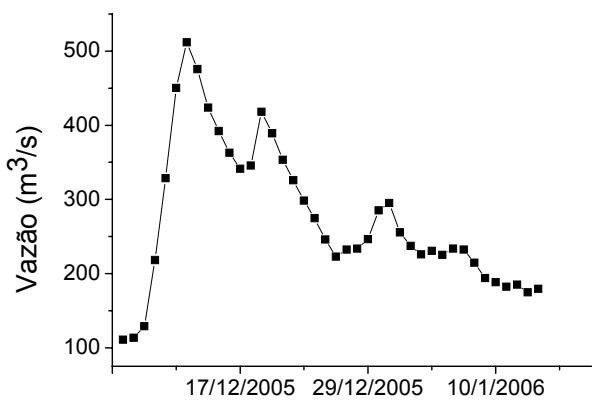
(f) De 20 de Março a 16 de abril de 2005.



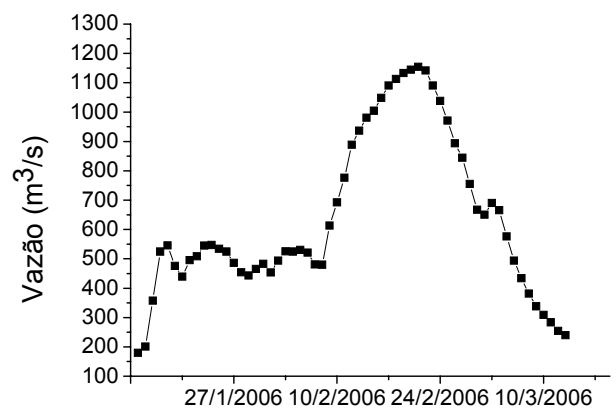
(g) De 18 de abril a 8 de maio de 2005.



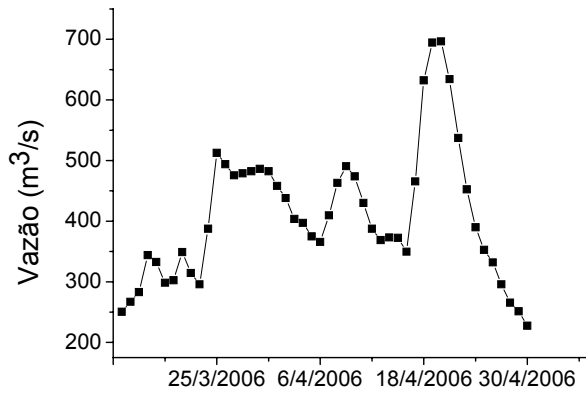
(h) De 9 de maio a 15 de novembro de 2005.



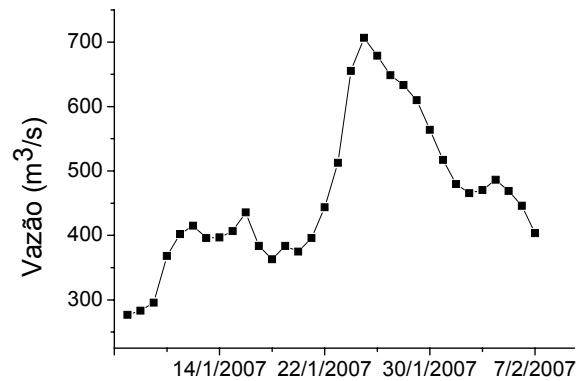
(i) De 6 de dezembro de 2005 a 14 de janeiro de 2006.



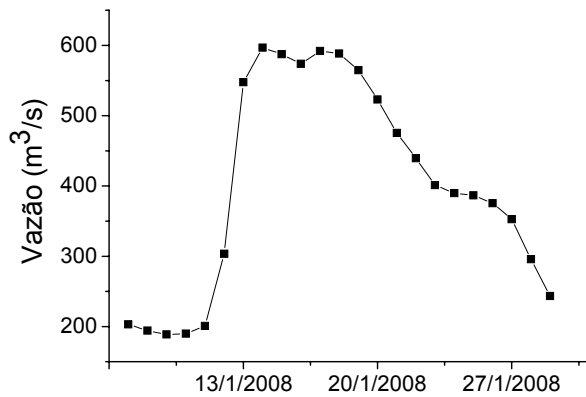
(j) De 14 de janeiro a 13 de março de 2006.



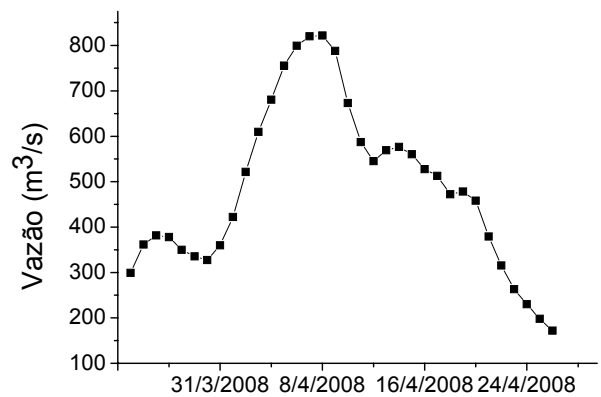
(k) De 24 de março a 26 de abril de 2006.



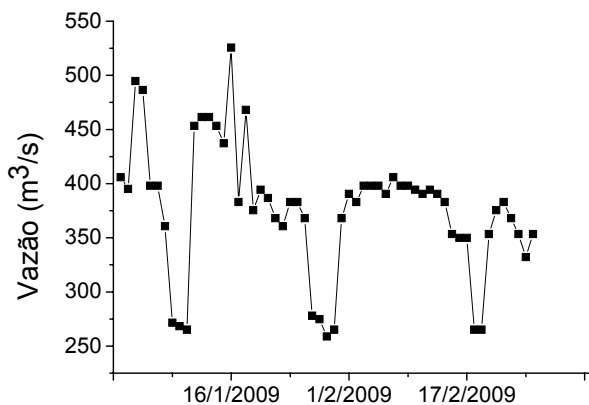
(l) De 7 de janeiro a 7 de fevereiro de 2007.



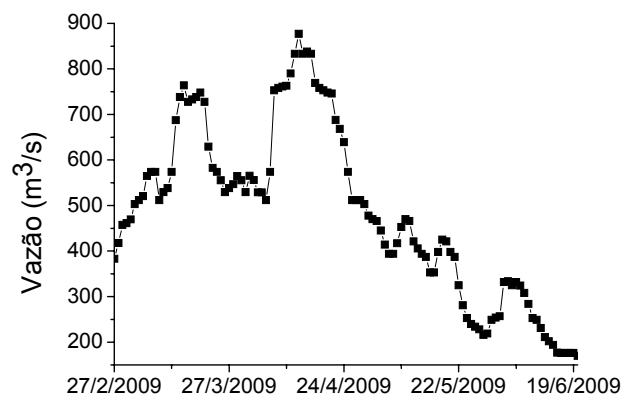
(m) De 7 de janeiro a 29 de janeiro de 2008.



(n) De 14 de março a 26 de abril de 2008.



(o) De 1 de janeiro a 26 de fevereiro de 2009.



(p) De 27 de fevereiro a 20 de junho de 2009.

Figura 6. Hidrogramas de enchentes e vazantes do rio Acre em Rio Branco.

Na Tabela 6 aparecem tais volumes, em bilhões de metros cúbicos (Gm^3).

Tabela 6. Volume de água escoada em diferentes épocas do ano pelo rio Acre, em Rio Branco.

Intervalo	R (Gm^3)
(a) De 1 de janeiro a 3 de fevereiro de 2004	1,337
(b) De 5 de fevereiro a 4 de março de 2004	1,363
(c) De 14 de março a 13 de abril de 2004	1,322
(d) De 1 a 31 de janeiro de 2005	0,475
(e) De 9 de fevereiro a 13 de março de 2005	1,475
(f) De 20 de Março a 16 de abril de 2005	0,591
(g) De 18 de abril a 8 de maio de 2005	0,458
(h) De 1 de maio a 30 de novembro de 2005	1,048
(i) De 6 de dezembro/2005 a 14 de janeiro de 2006	0,941
(j) De 14 de janeiro a 13 de março de 2006	3,230
(k) De 14 de março a 30 de abril de 2006	1,685
(l) De 7 de janeiro a 7 de fevereiro de 2007	1,258
(m) De 7 de janeiro a 29 de janeiro de 2008	0,785
(n) De 24 de março a 26 de abril de 2008	1,420
(o) De 1 de janeiro a 26 de fevereiro de 2009	1,839
(p) De 27 de fevereiro a 20 de junho de 2009	4,801

A simples inspeção dos hidrogramas demonstra a dinâmica sazonal no comportamento durante os meses chuvosos e de seca.

Observa-se, por exemplo, os vários eventos de cheias, que acontecem durante a época chuvosa; a intermitência das cheias por sequências de vazantes; a alternância de cheias e vazantes durante os meses chuvosos do início do ano, de janeiro a abril; a repetição de vazantes expressivas mesmo durante janeiro e fevereiro; o início paulatino do aumento do caudal a partir de novembro; os reduzidos valores relativos das vazões de vazantes ao longo da seca, cuja mais severa amostra foi observada durante a seca de 2005.

Estas observações são fundamentais para o entendimento dos valores característicos e das particularidades da distribuição das vazões ao longo do tempo para diferentes formas das manifestações sazonais.

Volumes de água de escoamento superficial R , volumes de chuvas P e coeficiente $C = R/P$ para intervalos de tempo entre 2004 e 2009

Na Tabela 7 estão resumidos os volumes de chuva P , de escoamento superficial R e do coeficiente C , registrados entre 2004 e 2009, para as bacias a montante de Rio Branco. Verifica-se que, aproximadamente, 20 % do volume da chuva escoam superficialmente.

Por outro lado, grosso modo, em torno de 60 % do volume de chuva evapora, assim 20 % são interceptados pela vegetação ou ficam retidos no solo. Da tabela se observa que somente em 2005, o coeficiente de escoamento superficial ficou bem diferente de 0,20. As condições do solo seco, longe da saturação, podem ter influenciado nesse resultado.

Tabela 7. Volumes de chuvas P , de água de escoamento superficial R , e coeficiente de escoamento superficial C para as microbacias a montante de Rio Branco para intervalos entre 2004 e 2009.

Intervalo	P (Gm ³)	R (Gm ³)	C
Janeiro a fevereiro de 2004	14,8	2,8	0,19
Janeiro a abril de 2004	22,9	4,8	0,21
Janeiro a abril de 2005	19,7	3,2	0,16
Mai a dezembro de 2005	17,7	1,7	0,09
Janeiro a dezembro de 2005	37,4	4,8	0,13
Janeiro a fevereiro de 2006	16,6	2,9	0,18
Janeiro a abril de 2006	24,5	5,2	0,21
Janeiro a abril de 2007	20,0	4,7	0,24
Janeiro a maio de 2008	23,2	4,8	0,21
Janeiro a junho de 2009	38,8	6,6	0,17

Hidroquímica

A Figura 7, apresenta a dispersão de valores de pH da água da chuva para os anos 2007 a 2008. Existem casos de chuvas com valor de pH inferior a 5,6. A observação de chuva ácida na Amazônia pode estar relacionada com as queimadas de biomassa florestal e de vegetação secundária; as queimadas são usadas como método de limpeza de áreas para plantios. Com as

queimadas se libera nitrogênio, cuja oxidação e posterior contato com a água da atmosfera conduz à formação de ácido nítrico. Medições de profundidade ótica de aerossóis na atmosfera mediante fotometria solar na estação AERONET da UFAC em conjunto com outros métodos permitem estimar que, em dias de alta presença de fumaça, a concentração de particulado no ar está entre 400 e 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Outras influências para a poluição atmosférica regional advêm do transporte de gases e aerossóis a partir de veículos, fertilização na agricultura, etc. tanto de fontes próximas quanto distantes.

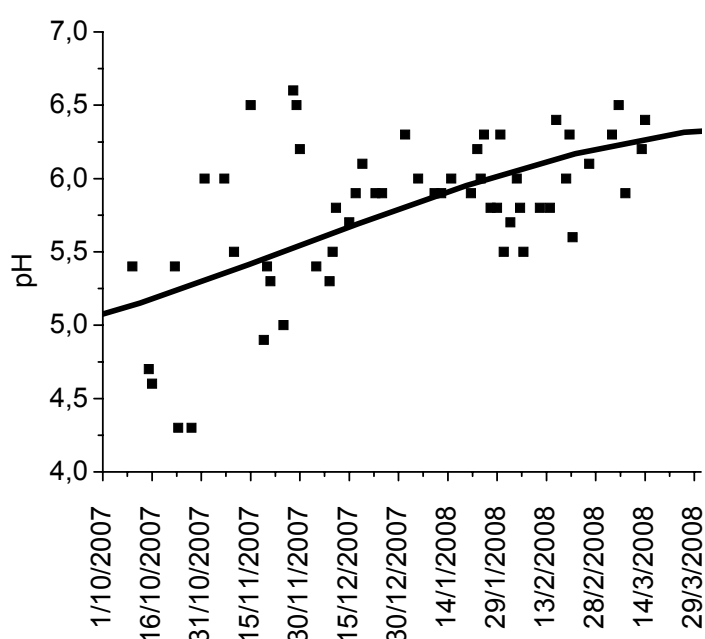


Figura 7. Dispersão de valores de pH da água de chuva em Rio Branco, entre 2007 e 2008.

Por outro lado foram registrados valores de pH superiores a 5,6, alguns ainda no intervalo entre 6 e 7. Esses valores indicam a presença de substâncias na atmosfera que neutralizam a acidez da chuva no contexto da área em estudo ou regional. Tais substâncias podem ser sais marinhos chegados do oceano Atlântico pela ação dos ventos do leste, poeira do solo e de fertilizantes e também emissões de queimadas.

A Figura 8 oferece os valores de condutividade elétrica das amostras de água de chuva entre 2007 e 2008. A maioria dos valores está entre 1 e 14 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Nota-se certa tendência à diminuição dos valores no intervalo de outubro a março, quer dizer, maiores durante a seca e menores a partir da chegada do “inverno amazônico”, obedecendo ao fato de que as chuvas limpam a atmosfera de poluentes.

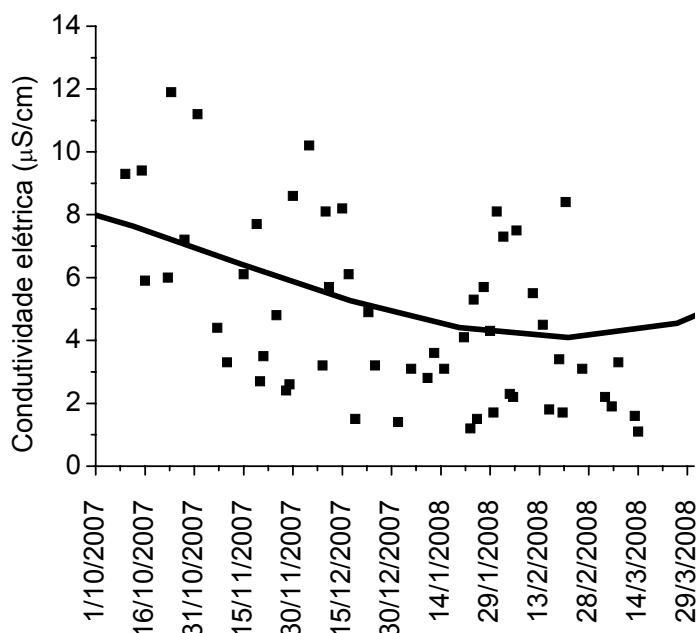


Figura 8. Dispersão dos valores da condutividade elétrica da água de chuva em Rio Branco, entre 2007 a 2008.

Possivelmente as medições de pH e de condutividade elétrica da água de chuva reportadas neste trabalho sejam as de mais longo intervalo de tempo registradas na Amazônia. A sua importância será ainda maior na medida da continuidade das pesquisas em deposição úmida.

Em contraste com o pH da chuva, os valores de pH das águas do rio são maiores, devido à lixiviação da floresta e à característica dos solos. Para as águas do rio Acre os valores encontrados variaram entre 6,8 e 7,4 durante os anos 2008 e 2009.

Os valores de condutividade elétrica das águas do rio Acre medidos de outubro de 2008 a maio de 2009 estiveram no intervalo entre 40 e 120 μS/cm. Estes valores superam até em mais de cem vezes os valores de condutividade elétrica observados para a água de chuva. Entende-se que esse comportamento é devido às interações da água com a floresta e o solo.

Aparentemente são valores muito altos, mas a carga de material em suspensão e dissolvido nas águas do rio Acre é realmente muito grande, a turbidez é visivelmente alta e os depósitos de sedimentos formam praias a cada volta de meandro e cobrem com profusão as encostas. É material inorgânico e orgânico, principalmente areia, folhas, ramas, galhos e troncos de todos os tamanhos.

CONCLUSÃO

Os estudos realizados sobre chuvas, bacia hidrográfica e sazonalidade do fluxo do rio Acre e sua inserção imediata, pela via da capacitação, no domínio de agentes e de órgãos públicos de municípios contribuirão para uma melhor gestão das águas, sua conservação e uso racional em diferentes esferas socioeconômicas. A participação de professores e de funcionários das prefeituras representa a oportunidade de que os conhecimentos e habilidades adquiridos possam ser multiplicados. O fato de se contar com os textos para estudo, em forma de livros, entregues gratuitamente aos alunos, bibliotecas e outras áreas das prefeituras deixou uma referência permanente para posteriores revisões. Também ter utilizado uma metodologia participativa foi fundamental para a realização dos procedimentos, operações e medições, que fazem parte do perfil de habilidades em técnicas da meteorologia, da fluviometria e da hidrologia; significando que o aprendizado servirá de utilidade na continuação do monitoramento das chuvas e de como estas se refletem no nível e caudal do rio. Tudo isto aproximou as pessoas de compreender a importância das águas, em quantidade e qualidade para fins diversos. A utilização de novas tecnologias de processamento de dados e de informação, como programas de computação e internet, embora que com alguns problemas de infraestrutura nos municípios, abriu as chances da organização de bancos de dados, da procura por informações interdisciplinares e da comunicação. A manutenção de um sítio atualizado em internet com os dados do monitoramento pluviométrico e fluviométrico feito pelos alunos e ademais com as informações em torno das atividades desenvolvidas possibilitou a divulgação da atuação das entidades e indivíduos que participaram da capacitação, bem como a disseminação dos resultados práticos obtidos.