



Precipitação pluviométrica e vazão da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, Amazônia Ocidental

doi: 10.4136/ambi-agua.809

Maria de Nazaré Costa de Macêdo^{1*}; Herly Carlos Teixeira Dias²; France Maria Gontijo Coelho²; Edson Alves Araújo³; Maria Lúcia Hall de Souza¹; Elias Silva²

¹Cooperativa de Trabalho do Acre – COOTAC/
Secretaria Municipal de Meio Ambiente - SEMEIA, Rio Branco-AC,

²Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG,

³Embrapa CPAF Acre, Rio Branco, AC

*Autor correspondente: e-mail: macedo.ac@gmail.com,
herly@ufv.br, fmcoelho@ufv.br, eshamir@ufv.br,
earaujo.ac@gmail.com, luciahall@ibest.com.br

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar aspectos que influenciam o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, por meio do uso de instrumentos de análise descritiva. Com vistas em realizar uma análise representativa da precipitação média da bacia, foram instalados 14 pluviômetros. Para a coleta dos dados de chuva, referentes aos anos de 2007 e 2008, contou-se com a participação voluntária dos moradores da região, que, ao concordar em participar da pesquisa, foram treinados, desde o momento da instalação dos pluviômetros. Para delimitar e calcular a área dos polígonos de Thiessen, utilizou-se o software ArcGis 9.2 e, em ambiente Excel, foram calculados as médias Aritmética e de Thiessen. Os valores encontrados de precipitação média foram de 1.428 mm pela média Aritmética e de 1.450mm pelo método de Thiessen. Com dados da Agência Nacional de Águas (ANA), calculou-se a precipitação pluviométrica e vazão da bacia para o período de 1998 a 2005. A sazonalidade da precipitação reflete no comportamento temporal da vazão, que atingiu picos de 1.276,9 m³/s em período de cheia e, 4,1 m³/s em períodos com menor pluviosidade. Este comportamento está fundamentalmente relacionado aos aspectos naturais e sociais como: ocorrência de rede hidrográfica com características de cabeceiras associado a um regime hidrológico marcado pela alta sazonalidade, baixa permeabilidade de seus solos e intensificação do desmatamento na região, em sua maioria, com pecuária extensiva.

Palavras-chave: Método de Thiessen, método da média aritmética, etnociência, bacia do rio Acre.

Rainfall and flow of the Riozinho do Rôla Basin on Western Amazon

ABSTRACT

The present study was conducted to analyze the factors influencing the hydrological behavior of the Riozinho do Rôla hydrographic basin, and was based on descriptive analysis tools. Fourteen pluviometers were set up in order to conduct a representative analysis of the rainfall in the basin. Residents of the area voluntarily participated in collection of the rainfall data in the years 2007 and 2008; the residents were trained to collect the data before the pluviometers were installed. ArcGis 9.2 software was used to outline and calculate the area of the Thiessen polygons, and both arithmetic and Thiessen precipitation means were calculated using Excel software. The average precipitation values were 1,428 mm and 1,450 mm, as calculated using the arithmetic mean and Thiessen method, respectively. Using data from the

Agência Nacional de Águas (ANA), the rainfall and flow rate in the basin were calculated for the period from 1998 to 2005. The seasonality of precipitation is reflected in the temporary flow rate activity, which reached a peak of 1,276.9 m³/s during the flood period and 4.1 m³/s during periods of the dry season. This behavior is fundamentally related to natural and social aspects of the basin, such as the occurrence of a hydrographic network with characteristics of a headwater associated with a hydrological regime marked by high seasonality; the low permeability of the soils in the basin; and the intensification of deforestation in the region in order to develop livestock as a privileged form of land use.

Keywords: Thiessen method, arithmetic mean method, ethnoscience, rio Acre basin.

1. INTRODUÇÃO

O estado do Acre, situado no extremo oeste da Amazônia ocidental, em razão da proximidade da Cordilheira dos Andes, apresenta características hidrológicas e de solos distintas dos demais estados da Amazônia Brasileira (Bardales et al., 2010; Wadt et al., 2010). Nesse sentido, em decorrência dos índices pluviométricos de aproximadamente 2.000 mm anuais e de solos, em sua maioria de argila de atividade alta e de baixa capacidade de armazenamento de água (solos rasos a pouco profundos), a região apresenta contraste marcante nas cotas fluviométricas de seus rios e igarapés (Araújo et al., 2011; Resende e Machado, 1988)

A bacia do rio Acre possui diversos afluentes, dentre estes se destaca o Riozinho do Rôla, que está localizado nas proximidades de Rio Branco, capital do Acre. Este é o rio de maior importância para o Estado e suas principais nascentes originam-se no interior da Reserva Extrativista Chico Mendes, que é a área mais conservada do território. Além disso, 74,3% da bacia hidrográfica está localizada no município de Rio Branco, que, por sua vez, requer cuidados por parte do poder público e da sociedade, tanto em relação à manutenção da cobertura florestal quanto a utilização racional das áreas desmatadas.

A bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla destaca-se como uma bacia prioritária para conservação, uma vez que é um dos principais contribuintes para o abastecimento de água na capital, além de ser a principal hidrovia durante a maior parte do ano. Dessa forma, essa bacia, ao longo dos seus cursos d'água e no seu entorno, possibilita desde o suprimento alimentar (pesca) e o escoamento da produção até a busca de serviços para atendimento básico nos setores de educação e saúde.

Cabe destacar que são poucos os estudos referentes à análise da distribuição da precipitação, a produção de água e de monitoramento dos processos que fazem parte do ciclo hidrológico na região (Carmo e Latuf, 2008a; 2008b). Contudo, em princípio é válido hipotetizar que a degradação do meio ambiente e da qualidade dos recursos hídricos da região irá depender dos avanços no desflorestamento para introdução da pecuária extensiva, da abertura de estradas e ramais, além das estratégias públicas de gerenciamento dos recursos hídricos. A combinação de todos esses fatores reflete-se, sobremaneira, na qualidade e quantidade dos recursos hídricos da bacia.

Diante desse contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a distribuição da precipitação pluviométrica e da vazão, o uso social do solo e a sua influência no comportamento hidropedológico da região da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, com vistas a subsidiar tomadas de decisões para uma gestão pública mais sustentável dos recursos hídricos da região.

2. MATERIAIS E MÉTODO

2.1. Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla é considerada um dos principais afluentes da margem esquerda do rio Acre, que, por sua vez, deságua no rio Purus, sendo este um dos principais afluentes do Amazonas. A referida bacia localiza-se no extremo leste do Estado do Acre, entre os paralelos 10° e 11°S, nas regiões do Alto Acre, Baixo Acre e Purus, com escoamento fluvial no sentido de oeste para leste, tendo como principais afluentes da margem direita os igarapés Espalha, São Raimundo, Vai-Se-Ver e Caipora (Figura 1).

2.2. Clima

O clima da região do Acre é quente e úmido com temperatura mínima anual em torno de 24 °C e apresenta duas distintas estações: seca (verão Amazônico, que geralmente ocorre entre os meses de maio e setembro) e chuvosa (inverno Amazônico, que geralmente ocorre entre os meses de outubro e abril), com umidade relativa do ar variando acima de 80%. Predominam dois subclimas, de acordo com a classificação de Köppen, o equatorial chuvoso - *Af* e o tropical de monção - *Am* (Acre, 2010). O *Af* ocorre na parte oeste do estado e o *Am* na parte central - leste, região de abrangência da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla.

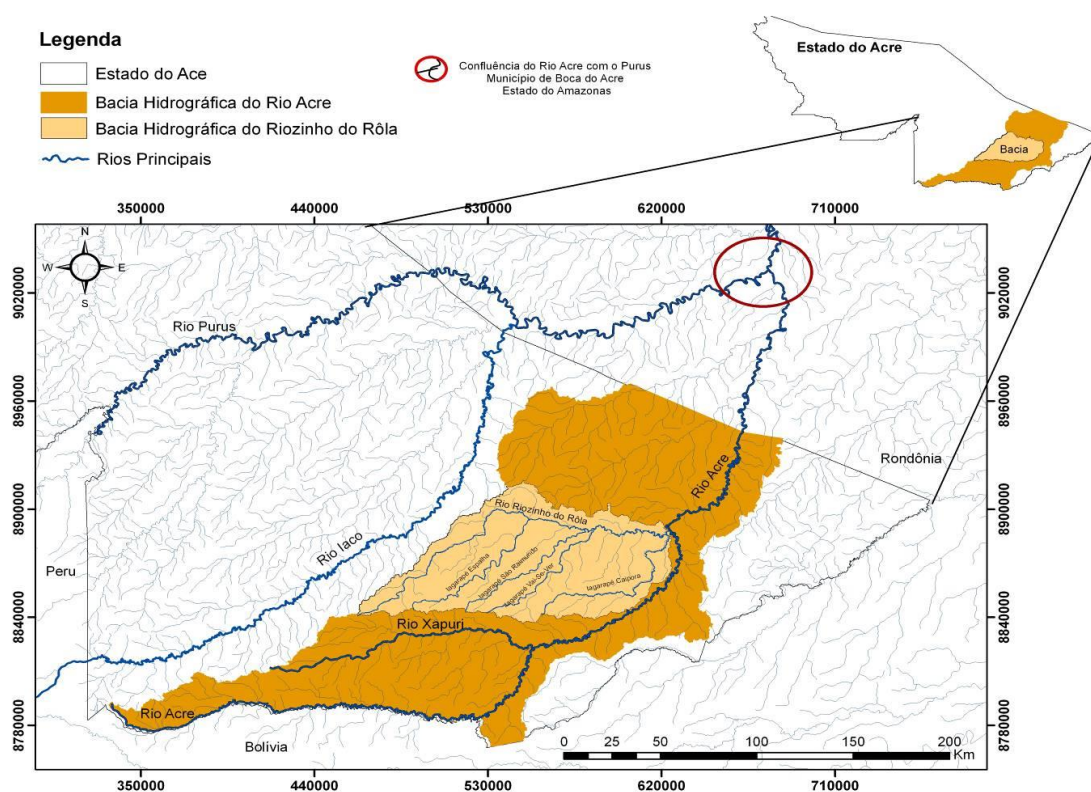


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla no Estado do Acre.

2.3. Geologia, geomorfologia, solos e vegetação

A formação geológica da bacia do rio Acre, denominada Formação Solimões, é originada de rochas sedimentares, formadas principalmente por arenitos, siltitos e argilitos de origem continental (Cavalcante, 2010). As unidades morfológicas, relevo, clima, formação do solo e hidrografia da região estão diretamente relacionadas com a Formação Solimões.

O estado do Acre engloba nove unidades geomorfológicas, das quais quatro ocorrem na bacia do Riozinho do Rôla, a saber: a Depressão do Iaco - Acre, Depressão do Juruá - Iaco,

Depressão de Rio Branco e Planície Amazônica (Acre, 2010; Cavalcante, 2010), sendo que essa última abrange maior proporção da bacia.

Os solos predominantes da bacia são Argissolos (Vermelho, Vermelho-Amarelo e Amarelo), Gleissolos, Luvisolos e Plintossolos, desenvolvidos a partir de sedimentos Terciários da Formação Solimões (Acre, 2010; Cavalcante, 2010).

A tipologia florestal, que predomina na região, é dominada por Floresta Ombrófila Densa e Domínio da Floresta Ombrófila Aberta, sendo classificada em diferentes tipologias: floresta aberta com bambu e aberta com palmeira; floresta aberta com bambu densa; floresta aberta com palmeira; floresta aberta com palmeira e densa; e floresta aberta com palmeira e aluvial (Acre, 2010; Pereira e Bersch, 2010;).

2.4. Coleta de dados e instrumentos de pesquisa

A coleta de dados ocorreu no período de agosto de 2007 a dezembro de 2008. Para a construção dos dados da pesquisa foram realizadas várias coletas de campo que contou com a participação de alguns membros das comunidades que vivem ao longo do riozinho e de seus afluentes. Os passos realizados para viabilizar o estudo são apresentados conforme a Figura 2. Os locais de instalação dos pluviômetros constam na Tabela 1.

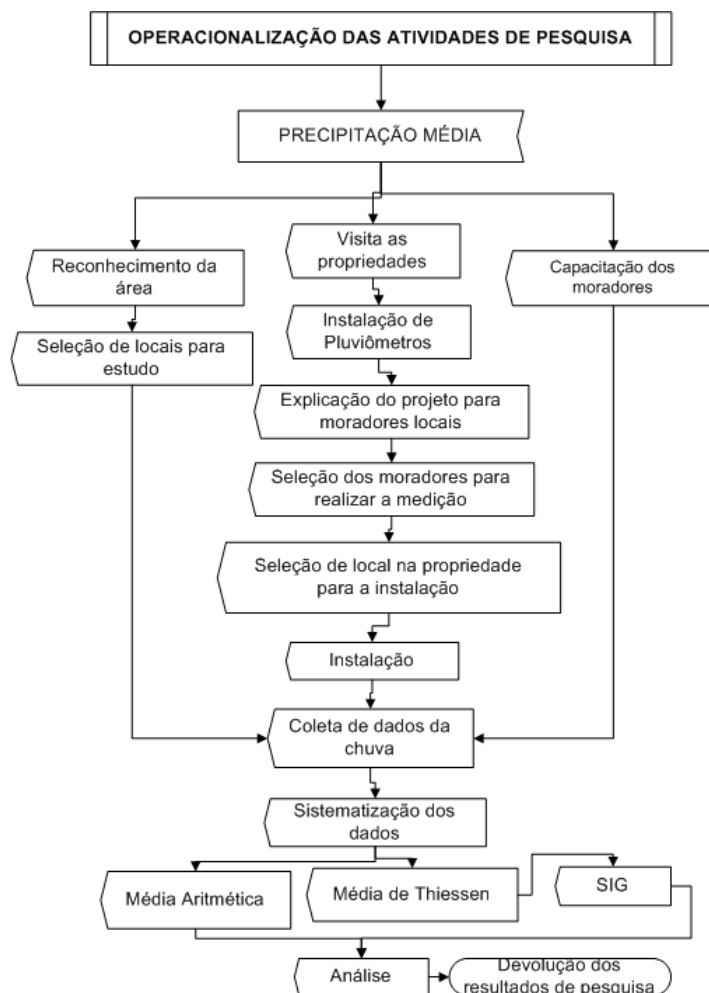


Figura 2. Processo operacional das atividades de pesquisa.

Tabela 1. Informações sobre os locais de instalação dos pluviômetros e de procedimentos para a medição da chuva.

ID	Coordenadas UTM		MUNICÍPIO	ECORREGIÕES	LOCALIDADE		CURSOS D' ÁGUA	HORA DA MEDIÇÃO (Matutino)
	X	Y						
01	533227	8871062	Xapuri	Médio	Seringal Boa Vista	Colocação Samaúma	Igarapé Espalha	Até 9 horas
02	469710	8841556	Brasiléia	Alto	Seringal Amapá	Colocação Boa Vista	Riozinho do Rôla	Até 9 horas
03	534339	8900365	Rio Branco	Médio	Projeto de Assentamento Oriente	Colônia Divisa 1	Riozinho do Rôla	Até 9 horas
04	551564	8893893	Rio Branco	Baixo	Seringal Belo Horizonte	Colocação Macaúba	Riozinho do Rola	Até 9 horas
05	582970	8894755	Rio Branco	Médio	Fazenda Batista	Fazenda Batista	Riozinho do Rôla	Até 7 horas
06	577884	8886705	Rio Branco	Baixo	Seringal Cachoeira	Colocação Alto Alegre I	Igarapé São Raimundo	8 horas
07	580870	8881630	Rio Branco	Baixo	Seringal Cachoeira	Colocação Morada Nova	Igarapé Vai-Se-Ver	6 horas
08	609632	8886863	Rio Branco	Baixo	Antigo Seringal Barro Alto – área em fase de desapropriação.	Colônia Santo Antônio	Riozinho do Rôla	Até 9 horas
09	619346	8879376	Rio Branco	Baixo	Antigo Seringal - Assentamento Moreno Maia	Colônia Santa Luzia	Igarapé Caipora	Sem informação
10	534450	8850405	Xapuri	Alto	Seringal Bela Vista	Colocação Bom Jardim	Igarapé São Raimundo	Até 9 horas
11	544355	8846146	Xapuri	Alto	Seringal Bela Vista	Colocação Maloca Queimada II	Igarapé Vai-Se-Ver	Até 9 horas
12	614994	8873180	Rio Branco	Baixo	Fazenda Talismã -	Colocação Santana	Igarapé Caipora	Até 9 horas
13	524399	8885370	Rio Branco	Médio	Seringal Sacado	Colocação Dominginho	Riozinho do Rôla	Até 9 horas
14	543546	8895050	Rio Branco	Médio	Seringal Bom Destino	Fazenda Nice	Riozinho do Rôla	Até 9 horas

Para a seleção das ecorregiões do alto, médio e baixo riozinho, consideraram-se a altitude, a cobertura florestal, aspectos ligados aos usos da terra e hidrografia, conforme metodologia preconizada por Souza e Fernandes (2000).

Durante o período de seleção dos pontos de instalação dos pluviômetros houve dificuldades, tanto para encontrar os pontos selecionados em razão da falta de informações sobre as localidades, bem como em razão do difícil acesso no interior da bacia, principalmente nas nascentes e cabeceiras dos principais afluentes. Com isso, para encontrar os locais de instalação dos pluviômetros, foram utilizadas coordenadas georreferenciadas e, muitas vezes, informações fornecidas pelos próprios moradores que residem ao longo dos ramais, varadouros e cursos d'água da região, pois eram os que conheciam o ambiente em detalhes.

Os pluviômetros foram confeccionados com canos de PVC e montados previamente, padronizados com as mesmas aberturas de 15 cm de diâmetro, 73 cm de altura e acompanhadas de provetas de 100 ml, 100 ml e 500 ml.

Para a instalação dos pluviômetros, alguns critérios e princípios foram estabelecidos, tais como: 1. O pluviômetro teria que ser instalado na propriedade das famílias selecionadas e a leitura deveria ser realizada por seus moradores; 2. Primeiramente era necessário conversar com o (a) morador(a) sobre o trabalho e informá-lo da possível instalação dos pluviômetros em sua propriedade; 3. A decisão de instalação do pluviômetro na propriedade teria que ser da própria família.

Assim, os pluviômetros foram instalados ao longo do canal principal do Riozinho do Rôla e seus afluentes, levando em consideração as ecorregiões (porção alta, média e baixa da bacia) (Figura 3).

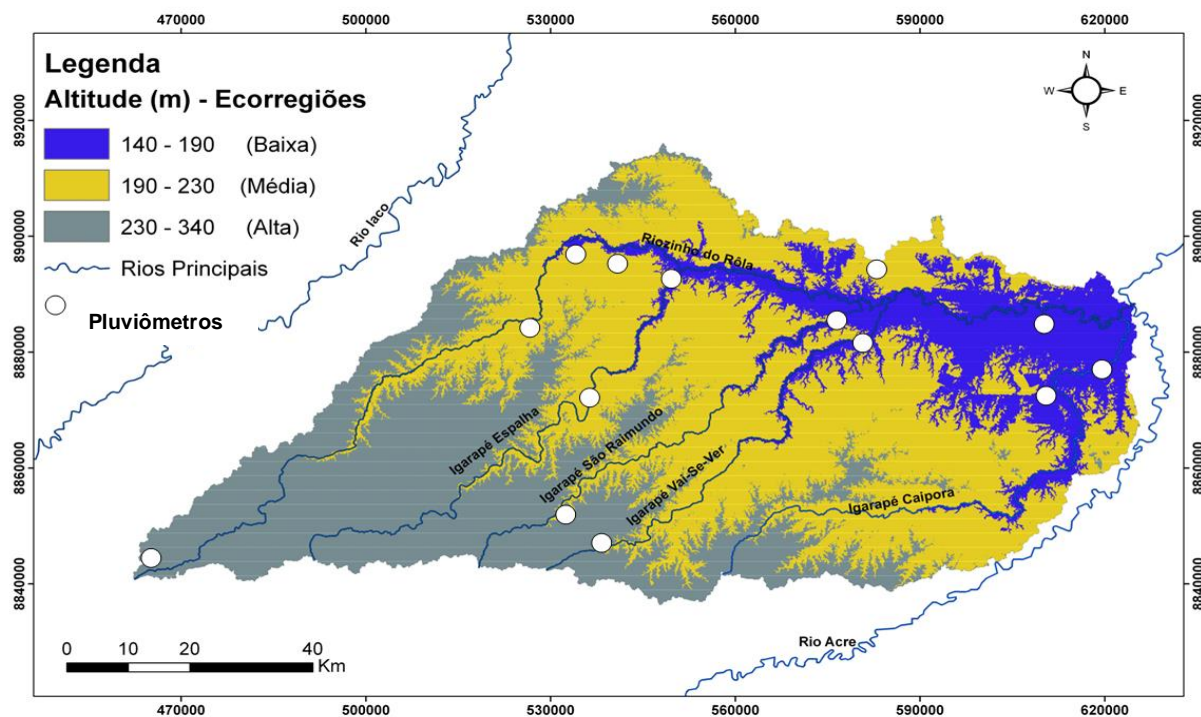


Figura 3. Localização dos pluviômetros instalados nas ecorregiões (alta, média e baixa) da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, AC.

Os pluviômetros foram instalados a 1,5 m de altura do chão, prendidos com fios de arame em um poste de madeira, de forma que o aparelho estivesse na altura indicada e com sua “boca” livre sem nenhum impedimento que pudesse dificultar a entrada de água da chuva no aparelho.

Para registrar o volume de água da chuva armazenado no pluviômetro, foi entregue a cada morador uma prancheta com uma planilha mensal, em papel cartão, para preenchimento de dados diários, na qual em cada linha deveria ser registrada a medida que se referia a um período de 24 horas. Na maioria dos casos, as medições foram realizadas até as nove horas da manhã. No entanto cada morador definiu o horário mais adequado para realizar a medição de acordo com sua rotina matinal.

Com o propósito de consolidar a participação dos moradores para realizar a leitura dos pluviômetros e favorecer a atuação dos mesmos como agentes diretos do processo de construção do conhecimento, teve-se a preocupação de abordar os seguintes pontos com os moradores locais: 1. A que se destinava o estudo; 2. As atividades que seriam desenvolvidas; 3. A razão dessas atividades destacando a importância da participação das famílias no processo.

Feito isso, era indagado aos moradores se eles estavam interessados em participar da pesquisa. Ao obter a confirmação das famílias para participar do trabalho, as pessoas eram selecionadas, tendo como pré-requisito a necessidade de ser alfabetizada, verificação esta feita com cautela e respeito para não constrangê-los (as).

A participação dos moradores da comunidade nas operações de instalação dos pluviômetros foi de fundamental importância. Em momento oportuno eram explicados aspectos mais delicados do processo, como: o momento mais adequado da medição diária da chuva; os cuidados a serem tomados com o aparelho e a construção de cercado para evitar danos provocados por agentes externos (animais e curiosos).

Para estimativa do volume da precipitação média mensal, foi coletado o volume diário de água, sendo expresso em mililitro (mL), no intervalo de 24 horas. Para obter o valor da precipitação em milímetros (mm), primeiramente foi calculada a área circular do pluviômetro (“boca” coletora), conforme a expressão: $A = \pi R^2$, em que $A =$ área em cm^2 ; π (π) = constante cujo valor aproximado é de 3,1415926 e $R =$ raio (7,5 cm).

Dividiu-se o volume total mensal da precipitação pluviométrica coletada pela área da “boca” de coleta (176,625 cm^2) obtendo-se a altura da água em centímetros. Esse valor foi convertido para milímetros (mm), conforme expressão e exemplificação a seguir:

$$P(\text{mm}) = \frac{V(\text{cm}^3)}{A(\text{cm}^2)} \times 10$$

em que:

$P =$ precipitação pluviométrica (mm);
 $V =$ volume (cm^3) e $A =$ Área (cm^2)

Diante das dificuldades de acesso até os locais de monitoramento da chuva, assim como de recursos financeiros escassos, não foi possível a coleta de uma série completa dos 14 pluviômetros. Nesse caso, consideraram-se dados pluviométricos de apenas 11 dos 14 pluviômetros. Utilizou-se o software MS Excel para análise dos dados correspondendo à série histórica de dois anos (2007 e 2008), na qual foram obtidos valores médios anuais de cada posto, o que possibilitou determinar a precipitação média da bacia por meio do método da média aritmética e método de Thiessen.

Além disso, realizou-se análise dos dados de chuva correspondendo à série histórica para os anos de 1998 a 2005, conforme Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional

de Água (ANA, 2008). Nesse caso, não foi possível analisar dados dos anos posteriores a 2005 devido à ocorrência de falhas nas séries de dados para esses anos.

Para identificar a distribuição das alturas pluviométricas no interior da bacia, foi utilizada a média aritmética, que possibilitou determinar a média entre as quantidades medidas na área.

A média pluviométrica foi calculada com base na média aritmética dos valores obtidos de acordo com a seguinte expressão:

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

em que:

P_m é a precipitação média na área (mm);

P_i , precipitação média das medidas dos pluviômetros instalados na bacia;

n , número total de pluviômetros.

Em decorrência da grande extensão da bacia, com vistas a comparar as médias pluviométricas, utilizou-se o método de Thiessen que é indicado quando não existe uma distribuição uniforme de pluviômetros no interior da bacia (Lima, 2008). O método possibilita obter-se a média ponderada das alturas de chuva obtidas nos diferentes pluviômetros, por meio do qual o fator de ponderação para o cálculo da média é a área de influência de cada aparelho, sendo essa uma essência do método de Thiessen (Raghunath, 2006). Esse método é frequentemente utilizado em áreas de grande extensão, como bacias hidrográficas, e foi calculado utilizando a seguinte expressão:

$$P_m = \frac{\sum A_i P_i}{A}$$

em que:

P_m é a precipitação média na bacia (mm);

P_i , precipitação no posto i (mm);

A_i , área de influência do posto;

A , área total da bacia.

Para geração automatizada dos polígonos de Thiessen, foram consideradas as coordenadas geográficas dos pontos pluviométricos instalados na bacia e estações pluviométricas da ANA, instaladas no entorno da área de drenagem da bacia. No entanto, para o cálculo da média foram considerados somente os pluviômetros que estão dentro da bacia. Para a obtenção da média de Thiessen, com geração de mapa foi utilizado o *software ArcGis 9.2* por meio da ferramenta *ArcToolBox (Analysis Tools – Proximity)*, no qual foi considerado apenas a área de influência dos pluviômetros que estão dentro da bacia, com suas respectivas áreas, percentual de cada área, e precipitação média anual.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os anos de 2007 e 2008, as precipitações médias para os métodos da média aritmética e o método de Thiessen foram de 1.428 mm e 1.450 mm, respectivamente (Tabela 2 e Figura 4).

Ao se comparar as médias de precipitação dos métodos da média aritmética e de Thiessen (Tabela 2), percebe-se que as diferenças foram pequenas, aproximadamente de 1,5%, considerando ambos os valores obtidos pelo método de Thiessen e pela média aritmética.

As médias anuais da precipitação de cada pluviômetro pelo método da média aritmética estiveram sempre acima de 1000 mm, com exceção dos pluviômetros P₂ (781 mm), e P₁₀ (829 mm), fato que pode ser decorrente da variação na distribuição das chuvas na área. Pelo método de Thiessen, os valores para as áreas delimitadas (Figura 4) variaram de 29,9 mm a 418,3 mm.

Tabela 2. Precipitação média da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, AC, pelo método de Aritmética e de Thiessen entre os anos de 2007 – 2008.

Pontos pluviométricos	Área	Localidade	Precipitação anual (mm)	Área	% em relação ao total da área	Precipitação ponderada (PxA) (mm)
				km ²		
P1	A1	Seringal Boa Vista/Colocação Boa Vista	1.659	1.925,7	25,2	418,3
P2	A2	Seringal Amapá/ Colocação Boa Vista	781	686,9	9,0	70,2
P3	A3	Seringal Belo Horizonte/ colocação Macaúba	1.411	577,4	7,6	106,7
P4	A4	Fazenda Batista	1,408	252,8	3,3	46,6
P5	A5	Seringal Cachoeira Colocação Alto Alegre	1.664	281,2	3,7	61,3
P6	A6	Seringal Cachoeira Colocação Morada Nova	1.861	1.353,5	17,7	329,8
P7	A7	Assentamento Barro Alto Colônia Santo	1.619	339,9	4,5	72,1
P8	A8	Projeto de Assentamento Moreno Maia Colônia Santa Luzia	1.493	137,5	1,8	26,9
P9	A9	Projeto de Assentamento Moreno Maia/	1.106	804,2	10,5	116,5
P10	A10	Seringal Sacado	829	820,7	10,7	89,1
P11	A11	Fazenda Nice/ Colônia Bom Destino	1.873	457,1	6,0	112,1
Total	Média Arimética		1.428	7.637,0	100,0	
	Média de Thiessen					1.450

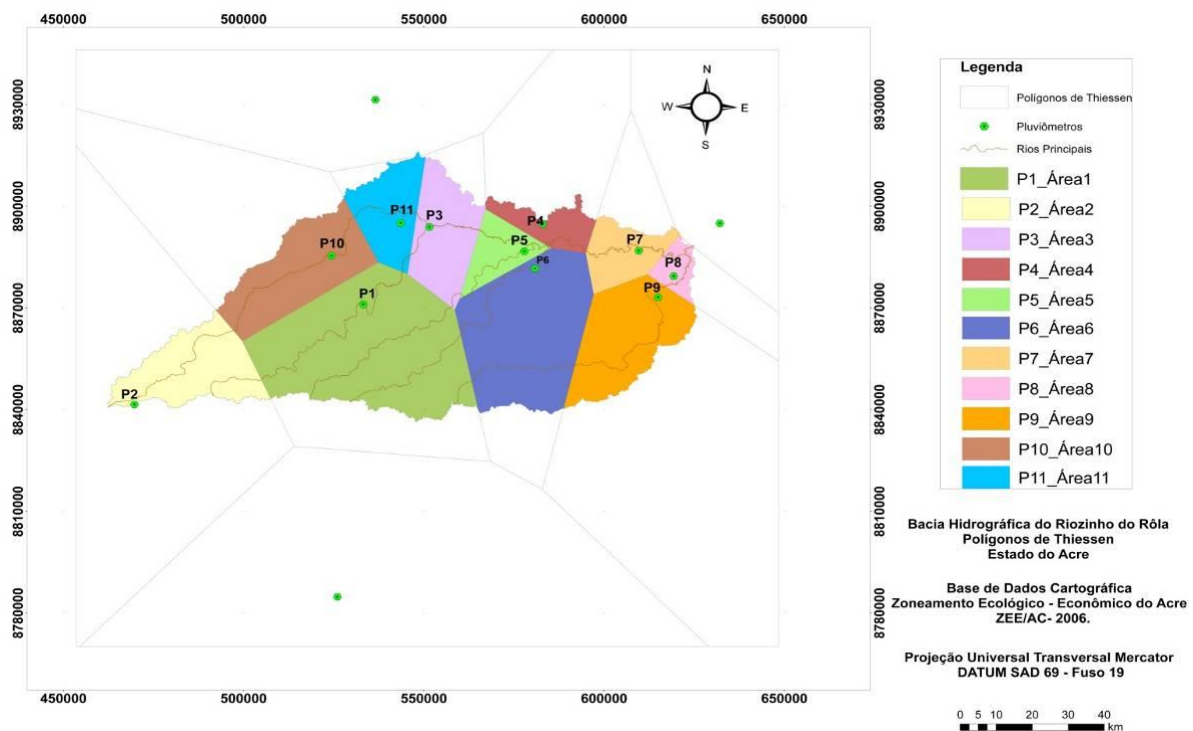


Figura 4. Polígonos de Thiessen com área de influência dos pluviômetros localizados no interior da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, AC, 2009.

Ao analisar os anos de 2007 e 2008, observou-se que para o ano de 2007 os dados mostram uma redução das chuvas de forma significativa no mês de março, que alcançou uma média de 31 mm, contrário ao que ocorreu no ano de 2008 (176 mm) (Figura 5). E com relação aos menores índices pluviométricos, observa-se uma altura de apenas 9 mm para 2007. No caso de 2008, para os meses de janeiro a maio foram identificadas médias mensais máximas de chuva superior a 200 mm e nos meses com menor pluviosidade (junho a setembro) observaram-se médias mínimas chegando a 13 mm, especialmente, para o mês de junho, que aparece como o período de maior estiagem e não o mês de agosto, como acontece normalmente no Acre (Duarte, 2006).

Dessa forma, ao se observar esses resultados, verifica-se que existe uma sazonalidade da precipitação pluviométrica contrastante na bacia no período estudado, semelhante aos resultados encontrados para a bacia do rio Acre. Houve ausência de chuvas no ano de 2007 para alguns dias do mês de janeiro e a totalidade do mês de fevereiro, em que o nível do rio Acre chegou a 5 m no mês de fevereiro, representando menos da metade da média para o referido período (Duarte, 2005).

A média pluviométrica anual para o ano de 2007 foi de 870 mm, mesmo considerando falhas nas medições para os meses de janeiro e fevereiro, inferior ao ano de 2008 que alcançou 1.227 mm, semelhante a análise realizada com dados da ANA (2008)/Estação Santo Afonso para o ano de 2007 (Foz do Riozinho do Rôla), onde foi observado um total anual de 950 mm, enquanto em 2008 a precipitação anual alcançou 1.875 mm. Nesse sentido, o que pode ter provocado esse fenômeno em 2007, foi a queda na temperatura, onde a máxima alcançou 33°C e a mínima 17°C, houve a permanência maior de massas de ar frio as quais provocaram o fenômeno da “friagem” na região, que pode ter causado a redução da precipitação, aumento de focos de calor nesse período, assim como do início do

estabelecimento no mês de maio do fenômeno *La Nina* no Pacífico Equatorial Leste, onde ocorreu a expansão de água mais frias (INFOCLIMA, 2007).

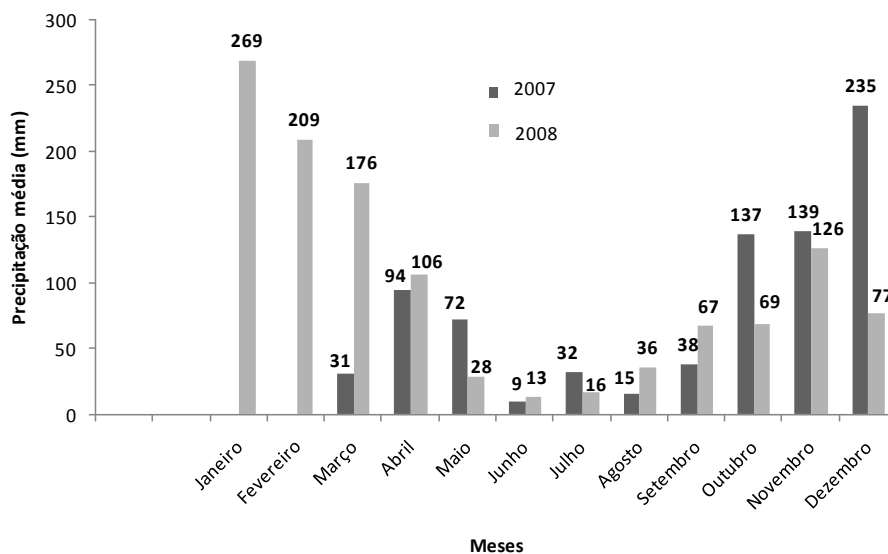


Figura 5. Precipitação média mensal da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, para os anos de 2007 e 2008.

A dinâmica fluvial da bacia é semelhante aos demais afluentes da bacia do Acre, na qual tem uma relação com a precipitação. Analisando os dados pluviométricos do HidroWeb (ANA, 2008) correspondentes ao período de 1998 a 2005, a precipitação anual alcançou uma média de 1.846 mm, enquanto a vazão $1.267,9 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Nos meses que correspondem a uma pluviometria mais elevada de janeiro a abril, a precipitação alcançou uma máxima de 306,6 mm e para os meses de maior estiagem uma mínima de 29,8 mm. No que se refere à vazão média mensal, nos períodos de alta pluviosidade, alcançou valor máximo de $301,2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, e de menor pluviosidade o valor mínimo de $4,1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Figura 6).

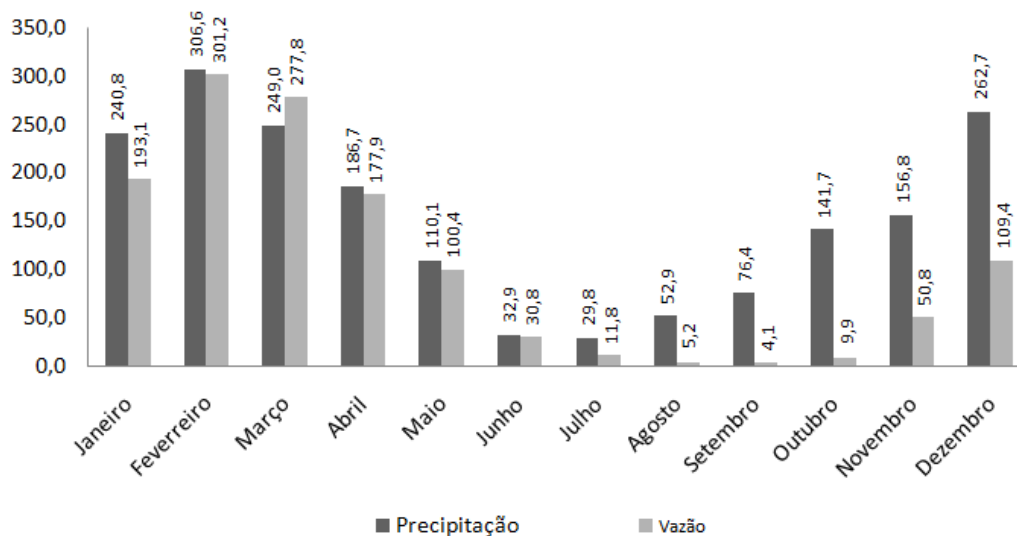


Figura 6. Precipitação (mm) e vazão (m^3s^{-1}) média mensal da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, AC correspondendo ao período de 1998 a 2005.

Fonte: adaptado de ANA (2008).

A variação da precipitação causa extremos de vazão dos cursos d'água, entre cheias e vazantes, o que resulta em enchentes em anos de intensa precipitação, como sucedeu de 2008 a 2012, e escassez hídrica em 2005, como ocorreu na região baixa da bacia. Observou-se que o comportamento da vazão esteve correlacionado com a precipitação ($R^2 = 0,52$) (Figura 7), pois ao se comparar os meses de menor pluviosidade (maio a outubro), verificou-se que a vazão do rio reduziu-se significativamente. Essa correlação é influenciada pelas condições de restrição de drenagem do solo (Plintossolos e Argissolos Plínticos), relevo movimentado, desflorestamento e por ser uma bacia com características de cabeceira. Além disso, conforme estudo realizado por Sena et al (2012a), a região da Bacia do Acre, onde está inserida a Bacia do Riozinho, foi considerada como sendo de extrema vulnerabilidade a eventos climáticos.

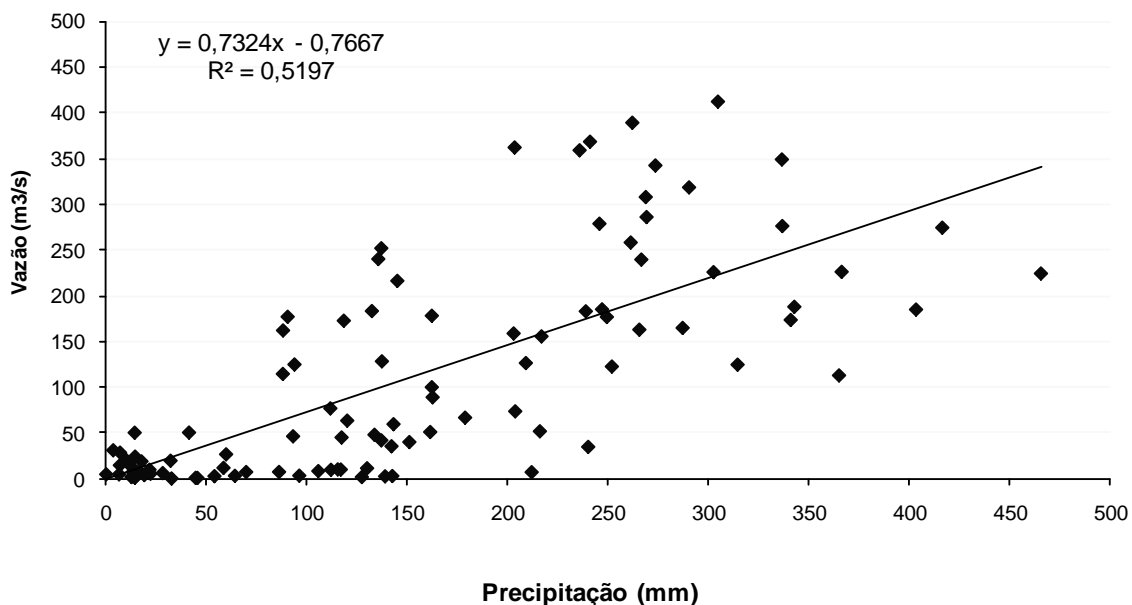


Figura 7. Correlação entre vazão e precipitação da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla para o período de 1998 a 2008.

Estudos de Latuf e Carmo (2008), na Bacia Hidrográfica do Riozinho do Rôla, demonstram que a vazão ocorrida no período de 1998 a 2005 teve uma tendência máxima positiva, com aumento considerável chegando a $5,96 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Porém no que se refere à vazão média e mínima, a tendência do comportamento hidrológico se mostrou negativa em decorrência de ter ocorrido uma redução na média da vazão de $2,42 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e na mínima de $0,20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Duarte (2005), ao estudar a tendência do comportamento médio das precipitações de 1971 à 2003 da bacia do rio Acre, observou que a dinâmica das vazões médias e mínimas também alcançou desvios negativos em decorrência da redução dos índices pluviométricos na bacia. Esse fenômeno pode ter sido provocado pela concentração de chuva em curto espaço de tempo e em razão do acelerado processo de antropização no interior da bacia, com o uso intensivo da pecuária na região do médio e baixo riozinho.

Nesse sentido, durante a pesquisa de campo foi notada a presença de pastagens extensivas ao longo do canal principal do riozinho, tributários e nascentes, em substituição a áreas de floresta, com vistas à instalação de áreas de pastagem extensiva. Neste caso, a intensificação desse cenário poderá resultar em impactos negativos na qualidade e quantidade de água da bacia. Muito embora esta relação de causa e efeito possa não ocorrer em todos os locais.

As maiores alturas limnimétricas estão centradas nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril, correspondendo a cotas fluviométricas que variam de 11,53 m para janeiro e 9,35 m para abril, enquanto as cotas fluviométricas mínimas estão para os meses de junho a outubro, com uma variação de 2,02 m para junho a 1,17 para outubro, com isso os meses de maio, novembro e dezembro apresentam alturas intermediárias (Figura 8).

Como se pode observar, a variação no nível d'água entre os extremos máximos e mínimos (12,64 m a 1,42 m) é de aproximadamente 11,4 m. Esses dados corroboram o estudo realizado por Resende e Machado (1988), sobre a fluviometria da bacia do rio Acre em que constatarem cotas de 12,11m para o mês de março e 3,18 m para o mês de setembro, no período de 1968 a 1970, semelhante ao encontrado na bacia do Riozinho do Rôla. Dessa forma, a baixa fluvial para a bacia do Acre pode ser um indicador de reduzido poder da capacidade de armazenamento de água do lençol freático no período de estiagem. Além disso, esse reduzido poder de armazenamento está relacionado a condições de baixa capacidade de armazenamento solo da região, caracterizado pela restrição de drenagem em razão do material de origem sedimentar derivado de argilitos e siltitos (Bardales et al., 2010; Lani et al., 2008).

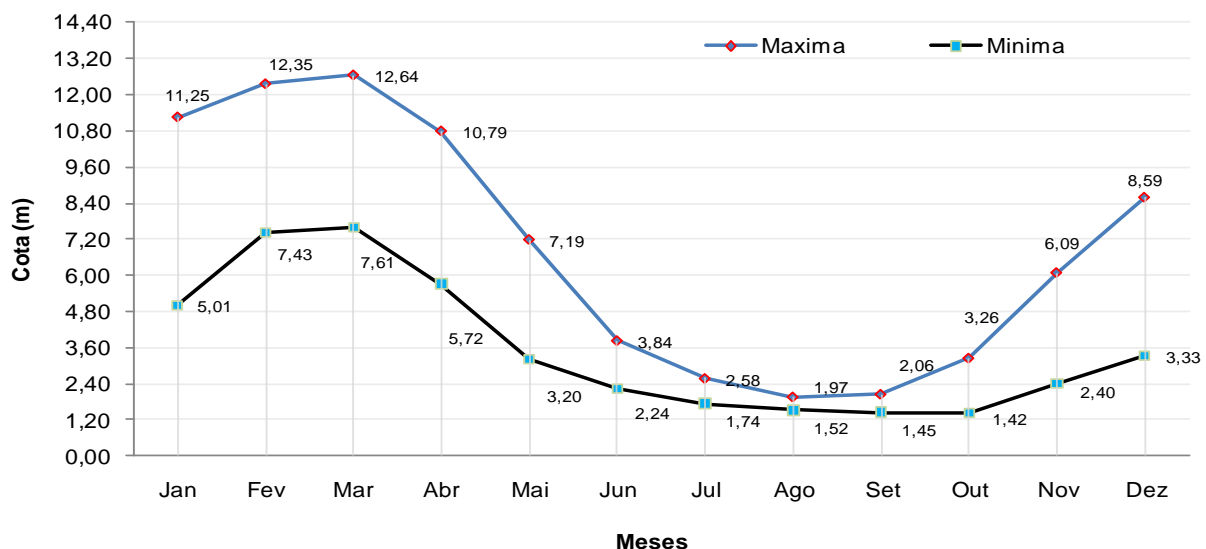


Figura 8. Cotas fluviométricas máxima e mínima da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, AC para o período de 1998 a 2005.

Fonte: adaptado de ANA (2008).

Essa variação, nas cotas fluviométricas, significa que os solos da região não funcionam como um potencial reservatório de água. Isso se deve à baixa capacidade de armazenamento desses ambientes, uma vez em que os solos da região tiveram seus processos de formação diminuídos em razão da natureza pelítica do material de origem (Araújo et al., 2011; Bardales et al., 2010; Resende e Machado, 1988), tais como a presença de carbonatos e gipsita na calha de alguns rios do Acre, o que sugere a evidência de períodos mais secos que o atual (Kronberg e Benchimol, 1993).

Ao mesmo tempo, nos afluentes, com drástica diminuição das cotas fluviométricas, no período de estiagem, o rio principal chega quase a secar (Figura 9). Isso limita a manutenção das redes de trocas sociais da população local, pois impede a navegação e a população fica impedida de se deslocar, dentro da bacia ou para os centros urbanos.



Figura 9. Variação do nível da água do igarapé São Raimundo em duas épocas distintas. (a esquerda) Setembro de 2006 (período de estiagem); (a direita) março de 2007 (período de cheia).

A grande variação na altura das cotas fluviométricas é natural, no entanto, pode vir a ser alterada devido ao processo de antropização das áreas dentro da bacia. Este processo tende a ser sinergizado em razão da substituição da floresta por áreas de pastagem extensiva, o que leva a impactos negativos sobre os recursos hídricos, assim como pode vir a alterar o balanço de energia da bacia. Ao mesmo tempo, deve-se destacar que a cobertura florestal ainda existente é responsável pela indução do equilíbrio no ciclo hidrológico e pela regulação do clima (Trancoso et al., 2009), fato que pode ser considerado como positivo para a bacia do Riozinho do Rôla.

Com isso, a dinâmica fluvial (vazante e cheia) ocorre a cada ano na bacia do Riozinho e de certa forma está se intensificando na região Amazônica, ou seja, cada vez mais os ciclos de enchentes e seca estão ocorrendo com maior frequência (Sena et al., 2012b). De um lado, em razão da ocorrência de enchentes, as populações locais que residem nas margens dos cursos d'água têm manifestado preocupação na medida em que as enchentes provocam prejuízos nas propriedades, estejam elas mais próximas de centros urbanos ou em localidades rurais. Por outro lado, a seca coloca-se como outra preocupação, pois a maioria dos moradores locais, especialmente na região do baixo da bacia, se encontra sem água de qualidade para o uso doméstico entre os meses de julho a setembro. Essa carência é preocupante, pois outros estudos também têm apontado para uma gradual redução da capacidade de suprimento de água na bacia do rio Acre, a principal fonte de abastecimento da capital do Estado, e para a redução na precipitação pluviométrica (Rio Branco, 2005; Duarte, 2005).

4. CONCLUSÕES

A distribuição da precipitação pluviométrica da bacia do Riozinho do Rôla é flutuante, o que influencia diretamente na dinâmica fluvial da área de drenagem da bacia. Verificam-se picos de cheia no inverno, chegando a 200 mm/mês, e estiagem no verão, com 9 mm/mês.

Associado à precipitação, a vazão atinge picos que atingem 1.276,9 m³/s em período de cheia e 4,1 m³/s em períodos com menor pluviosidade. Esse comportamento tem afetado diretamente a navegabilidade dos rios pelos moradores locais, com sérias implicações no modo de vida e interações sociais da região.

A obtenção dos dados de pesquisa por intermédio da medição da precipitação pluviométrica, feita por parte de alguns membros das comunidades que vivem na bacia, demonstrou ser de grande valia uma vez que proporcionou aos mesmos a obtenção de novas habilidades e integração desses conhecimentos à realidade local.

Como processo de mitigação, sugere-se que qualquer programa de desenvolvimento local da bacia do Riozinho do Rôla leve em consideração as razões e condições de uso das sub-bacias e que o foco se faça no sentido de melhor orientar formas de uso mais sustentáveis dos recursos naturais, só possíveis quando são criadas situações para geração de renda e garantia de escoamento da produção. Todos esses aspectos econômicos, socioculturais e ambientais da região deverão ser levados em conta na definição de políticas de desenvolvimento que tenham como premissa e expectativa os princípios de sustentabilidade e equidade.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos moradores da bacia, à Petrobras, Programa Petrobras Ambiental (2006) e ao CNPq, Instituto de Meio Ambiente do Acre - IMAC, e à Prefeitura Municipal de Rio Branco/AC.

6. REFERÊNCIAS

- ACRE. Secretaria Estadual de Meio Ambiente – SEMA. Programa Estadual do Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre. **Recursos naturais**: geologia, geomorfologia e solos do Acre. ZEE/Acre, fase II, escala 1:250.000. Rio Branco, 2010. 100 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (Brasil). **Sistema de informações hidrológicas - HidroWeb**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 20 set. 2008.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; AMARAL, E. F.; LANI, J. L. **Potencialidades, restrições e alternativas sustentáveis de uso da terra no Acre**. 1. ed. Curitiba: CRV, 2011. 108p.
- BARDALES, N. G.; RODRIGUES, T. E.; OLIVEIRA, H.; AMARAL, E. F.; ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L. et al. Formação, classificação e distribuição geográfica dos solos do Acre. In: SOUZA, C. M.; ARAÚJO, E. A.; MEDEIROS, M. F. S. T.; MAGALHÃES, A. A. (Org.). **Recursos naturais**: geologia, geomorfologia e solos do Acre. Rio Branco: SEMA, 2010. V. 2. p. 48-60.
- CARMO, L. F. Z.; LATUF, M. O. Comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, Município de Rio Branco/AC. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 7.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 2., 2008, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UGB, 2008a.
- CARMO, L. F. Z.; LATUF, M. O. Determinação da capacidade de armazenamento de água nos solos do município de Rio Branco/AC. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 7.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 2., 2008, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UGB, 2008b.
- CAVALCANTE, L. M. Geologia do estado do Acre. In: SOUZA, C.M; ARAÚJO, E.A; MEDEIROS, M. F. S. T; MAGALHÃES, A. A. (Org.). **Recursos naturais**: geologia, geomorfologia e solos do Acre. Rio Branco: SEMA, 2010, v. 2, p. 10-29.
- DUARTE, A. F. Variabilidade e tendência das chuvas em Rio Branco, Acre, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 20, n. 1, p. 37-42, 2005.
- DUARTE, A. F. Aspectos da climatologia do Acre, Brasil, com base no intervalo 1971 – 2000. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 21, n. 3b, p. 308-317, 2006.

MACÊDO, M. N. C.; DIAS, H. C. T.; COELHO, F. M. G.; ARAÚJO, E. A.; SOUZA, M. L. H.; SILVA, E. Precipitação pluviométrica e vazão da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, Amazônia Ocidental. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 206-221, 2013. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.809>)

INFOCLIMA. **Boletim de Informações Climáticas**, São José dos campos, ano 14, n. 6, p. 3, 2007.

KRONBERG, B. I.; BENCHIMOL, R. E. Aridez no Acre: a história climática de uma região. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 93, p. 44-47, 1993.

LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; BARDALES, N. G.; ARAÚJO, E. A.; AMARAL, E. F.; CARMO, L. F. Z. **Diagnóstico dos tipos de solos do município de Rio Branco - AC**. 1. ed. Rio Branco: Prefeitura Municipal de Rio Branco, 2008. 62p .

LATUF, M. O.; CARMO, L. F. Z. Comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do riozinho do Rôla, município de Rio Branco-AC. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 7.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 2., 2008, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UGB, 2008.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ, 2008. 253 p.

PEREIRA, V. F. G.; BERSCH, D. Mapeamento da vegetação do estado do Acre. In: SOUZA, C. M.; ARAÚJO, E. A.; MEDEIROS, M. F. S. T.; MAGALHÃES, A. A. (Org.). **Recursos naturais: biodiversidade e ambientes do Acre**. Rio Branco: SEMA, 2010. V. 3, p. 10-43.

RAGHUNATH, H. M. **Hydrology: principles, analysis and design**. 2. ed. New Delhi: New Age International, 2006. 476p.

RESENDE, M.; MACHADO, R. P. Cotas fluviométricas do rio Acre, suas causas e implicações na política de colonização. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 18, n. 3/4, p. 85-92, 1988.

RIO BRANCO, AC. Prefeitura. **Bacia do Riozinho do Rôla**. Rio Branco, 2005.

SENA, J.; FREITAS, M.; BERREDO, D.; FERNANDES, L.; FREITAS, A.; BERREDO, M. et al. Evaluation of vulnerability to extreme climatic events in the Brazilian Amazonia: methodological proposal to the rio Acre Basin. **Water Resources Management**, New York, v. 26, n.15, p.4553-4568, 2012a. <http://dx.doi.org/10.007/s11269-012-0166-2>

SENA, J.; BESER DE DEUS, L.; FREITAS, M.; COSTA, L. Extreme events of droughts and floods in Amazonia: 2005 and 2009. **Water Resources Management**, New York, v. 26, n. 6, p. 1665-1676, 2012b. <http://dx.doi.org/10.007/s11269-012-9978-3>

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentável das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p. 15-20, 2000.

TRANCOSO, R.; CARNEIRO FILHO, A.; TOMASELLA, J.; SCHIETTI, J.; FORSBERG, B. R.; MILLER, R. P. Deforestation and conservation in major watersheds of the Brazilian Amazon. **Environmental Conservation**, United Kingdom, v. 36, n. 4, p. 277-288, 2009. <http://dx.doi.org/10.1017/S0376892909990373>

WADT, P. G. S.; ARAÚJO, E. A.; COSTA, F. S. Manejo de fertilizantes e resíduos na Amazônia sul - ocidental. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. (Orgs.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 141-170.