

IV SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

Folha de Rosto do Artigo

TÍTULO DO TRABALHO

DESENVOLVIMENTO DO SETOR HIDROELÉTRICO E AS ALTERAÇÕES MICRO-CLIMÁTICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAMARI - RONDÔNIA
--

TÓPICO TEMÁTICO

Número

Descrição

11	Meio ambiente, políticas públicas e gestão territorial
----	--

AUTOR PRINCIPAL

INSTITUIÇÃO

Joiada Moreira da Silva	Fundação Universidade Federal de Rondônia
-------------------------	---

CO-AUTORES

INSTITUIÇÃO

1	Déborah Pereira Linhares	Fundação Universidade Federal de Rondônia
2	Wanderley Rodrigues Bastos	Fundação Universidade Federal de Rondônia
3	Ângelo Gilberto Manzatto	Fundação Universidade Federal de Rondônia

RESUMO DO TRABALHO

O desenvolvimento socioeconômico do sudoeste da Bacia Amazônica (Rondônia) está relacionado à evolução do setor energético, a partir da entrada em funcionamento da Usina Hidrelétrica de Samuel/UHE-Samuel no ano de 1989. A ampliação na capacidade de geração possibilitou a criação de um sistema regional interligado com a construção de linhas de transmissão. Estas estruturas foram fundamentais para o crescimento econômico e a melhoria das condições de vida da população, também acarretou inúmeras implicações ao meio ambiente. A submersão da floresta favoreceu a produção de "ácido húmico", que aumentou expressivamente a acidez da água e a liberação de gás carbônico e metano à atmosfera, gases que contribuem para o efeito estufa e mudanças climáticas globais. Outros são quase imperceptíveis a curto e médio prazo numa observação direta pela sociedade, necessitando de sofisticados instrumentos de aferição. Como um modelo teórico-metodológico de avaliação, preciso e ajustado, afim de assim constatar a variabilidade climatológica pós-implantação de uma hidrelétrica. Neste contexto, o objetivo desse estudo foi avaliar a variabilidade da pluviosidade diária, mensal e anual que possam ter ocorrido pós-enchimento do reservatório formado pela UHE-Samuel no rio Jamari. Os procedimentos metodológicos foram desenvolvidos em três etapas: 1) preparação da base cartográfica; 2) Escolha das estações de observação meteorológica; 3) Aplicação de métodos estatísticos espaciais e não-espaciais. O clima da área estudada apresentou sensível alteração na taxa de pluviosidade após a formação do lago. Este fenômeno pode estar associado ao aumento dos índices de evaporação propiciados pela lâmina d'água do reservatório. Eventos dessa magnitude expuseram os 218.284 habitantes do espaço de análise a viverem em constante alerta de tempestades tropicais, sobretudo no verão austral chuvoso, período de maior probabilidade de

pluviosidade com esta intensidade. Apesar dos índices de evapotranspiração real (diária, mensal e anual) apresentarem relativa alta nessa porção da bacia hidrográfica, estes não foram significativos ao ponto de influenciar a dinâmica climática local. É possível que os resultados de EP e ER observados, inferior à média regional, estejam relacionados à substituição da vegetação natural para formação de áreas em pastagem e lavoura, o que diminui a capacidade de evapotranspiração hídrica.

PALAVRAS- CHAVE

Desenvolvimento, evaporação, chuva e mudança climática

ABSTRACT

The socioeconomic development of the southwestern Amazon Basin (Rondônia) that related to the evolution of the energy sector, the entry into operation of the hydroelectric power of Samuel / UHE-Samuel in the year 1989. The expansion in generation capacity enabled the creation of a regional system linked to the construction of transmission lines. These structures were essential for economic growth and improvement of living conditions of the population, also led many implications for the environment. The submerging of the forest favored the production of humic acid, which significantly increased the acidity of the water and release carbon dioxide and methane to the atmosphere, gases that contribute to the greenhouse effect and global climate change. Others are almost imperceptible in the short and medium term in a direct observation by the company, requiring sophisticated instruments for measuring. As a model theoretical and methodological evaluation, accurate and adjusted in order to see the variability well climatologic post-deployment of a hydroelectric. In this context, the objective of this study was to evaluate the variability of rainfall daily, monthly and annual that may have occurred after filling of the reservoir formed by UHE-Samuel Jamari in the river. The methodological procedures were developed in three stages: 1) preparation of the base mapping; 2) Choice of meteorological observation stations; 3) Application of spatial statistical methods and non-space. This phenomenon can is associated to increased rates of evaporation of water provided by the blade of the tank. Events of this magnitude exposed the 218.284 inhabitants of the area of analysis to live in constant alert for tropical storms, especially in the austral summer rainy season, a period of greater probability of rainfall with this intensity. Despite the indexes of actual evapotranspiration (daily, monthly and annual) present on high that portion of the river basin, these were not significant to the point of influencing the local climate dynamics. It is possible that the results of EP and ER observed, lower than the regional average, are related to the replacement of natural vegetation for training in areas of pasture and farming, which reduces the ability of evapotranspiration water.

KEYWORDS

Development, evaporation, rain and climate change

INTRODUÇÃO

O potencial de energia hidráulica no Brasil está estimado em 260 Gw, com um total de 1.498 empreendimentos em operação, gerando 93.576.798 Kw de potência. Para os próximos anos, com objetivo de evitar “um novo apagão” está prevista ampliação da ordem de 27.769.977 kw na capacidade de geração. A partir de 73 empreendimentos em construção e mais 517 que estão em fase de licenciamento ambiental. Os quais estão aguardando autorização para iniciar as obras, a exemplo das hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau, ambas situadas no noroeste do estado de Rondônia, com previsão de inundar uma área de 529 Km² e potencial de gerar 6.880 MW. Isto demonstra o elevado “potencial hidráulico” da bacia hidrográfica Amazônica, estimada em 41%, com possibilidade de implementação de mais de trezentas hidroelétricas de diversos portes (BRASIL, 2006).

Apesar dos avanços tecnológicos que alcançou o setor de hidroeletricidade, ainda não se tem um modelo técnico – científico capaz de minimizar, a níveis aceitáveis, os impactos (socioeconômicos e ambientais) diretos e indiretos provenientes da construção de hidrelétricas. Geralmente o lago artificial formado por uma barragem apresenta impactos com distintas dimensões temporais e espaciais (RIBEIRO, 2004). Alguns destes são perceptíveis à sensibilidade humana, como a inundação de quilômetros de áreas de florestas e solos que poderiam ser utilizados para atividades extrativas e agrícolas. Outros, como a variabilidade climatológica dos índices de pluviosidade pós-implantação de uma hidrelétrica, são imperceptíveis na observação direta pela sociedade, necessitando, para ser medido e confirmado, de sofisticados instrumentos de aferição e modelo teórico-metodológico de avaliação preciso e bem ajustado.

Os estudos referentes à distribuição e variabilidade de chuvas intensas em bacias hidrográficas causadas por influência de lago artificial destinado a geração de eletricidade, que pudesse servir de referência, especialmente na Amazônia, são raros em virtude de dois fatos fundamentais: a) apesar da simplicidade da técnica de medição a pluviosidade é um parâmetro, que em condições naturais apresenta forte descontinuidade temporo-espacial, configura-se assim com um dos mais complexos e b) a deficiência de postos pluviométricos, estações automáticas e digitais de monitoramento de fenômenos climatológicos dificultam a obtenção de informações usadas na contabilidade do balanço hídrico versus geração hidráulica de eletricidade.

A década de 1980, apesar dos problemas econômicos pelos quais passava o País, é um marco histórico no desenvolvimento do setor energético Amazônico, bem como das externalidades negativas e positivas (técnicos infra-estruturais, financeiros, sociais e

ecológicos) que emanam especialmente como a construção das barragens de Curua-Uma/PA, Balbina/AM, Tucuruí/PA e Samuel/RO. Todavia, Fearnside (1990) aponta que a construção de UHE de Balbina-AM trouxe conseqüências desastrosas aos ecossistemas (terrestre e aquático) existentes na bacia do rio Uatumã-AM. Dos múltiplos impactos causados, a extensa lâmina d'água (2.360 mil km²), combinada com altas térmicas locais, elevou a perda de água superfície-atmosfera por evaporação e evapotranspiração. Além disso, a submersão da floresta, associada à decomposição da vegetação (98% não foram removidas na área do lago) favoreceram a produção de "ácido húmico", o que elevou a acidez da água (impacto negativo nos recursos hídricos) e liberação de gás carbônico (CO₂) e metano (CH₄) à atmosfera. Estes gases contribuem para o efeito estufa (fato contemporâneo na UHE Samuel/RO) e para o aquecimento global, por conseguinte às mudanças climáticas locais, regionais e globais.

Há 23 anos o Instituto de Pesquisa da Amazônia – INPA tem realizado pesquisa de monitoramento dos impactos ecológicos na região da bacia hidrográfica do baixo rio Tocantins, devido a formação do lago artificial da Usina Hidrelétrica de Tucuruí/PA. Os primeiros estudos sobre os impactos climatológicos anteriores e posteriores a inundação dos 2875 Km² desse ambiente foram desenvolvidos por Fisch *et. al* (1990), que avaliaram entre 1982 e 1986 os padrões sazonais de distribuição de chuva local, evapotranspiração, temperatura, velocidade dos ventos e fluxo de radiação solar. Dentre estes a evapotranspiração potencial estimada apresentou médias elevadas nos meses que antecederam ao enchimento do reservatório, superiores ao encontrados em literaturas pertinentes à temática, interação do fluxo e vapor da água superfície – floresta – atmosfera. Apesar do alto grau de aleatoriedade assumida quanto a distribuição temporal de precipitação, devido os dados terem sido obtidos em uma única estação meteorológica existente na área inundada em Tucuruí/PA (série histórica de 10 anos 1976 a 1986), algum fenômeno que rege o sistema superfície-atmosfera influenciou a manutenção do regime pluviométrico anual entre os anos 1984 a 1986, pois se mantiveram sempre superiores a 3000mm/ano, fato não registrado de 1976 a 1983.

Recentemente, com base em informações mais consistentes e uma série histórica de observações referente à geoclimatologia regional de Tucuruí/PA (12 anos para o pré-enchimento e 13 no pós-enchimento) Sanches e Fisch (2002) aplicaram diversos métodos de análises estatísticas para um conjunto de dados de precipitação diária. Estes foram agrupados em três classes de análise de chuva: superior a 1 mm, 5 mm e 25 mm. Foi observada uma sutil alteração no quantitativo de dias com chuvas superior a 5 mm/dia nos meses de outubro e novembro e um expressivo decréscimo nos índices de chuvas

consideradas fracas entre 1 e 5 mm no período de agosto a novembro, pós formação do lago. Exceto em outubro, onde foi registrado aumento de 1,8 dias para 2,8 dias. As análises realizadas deram respaldo aos pesquisadores de ratificarem a tese de que as alterações pluviométricas registradas não são expressivas a ponto de justificar que o reservatório produzido pela UHE de Tucuruí/PA provocou mudanças climáticas na área da bacia hidrográfica do baixo rio Tocantins/TO.

De acordo com Tucci (2001) e Beijo *et. al* (2005) a precipitação máxima é entendida como a ocorrência extrema de água precipitada com duração e variações temporais e espaciais críticas para uma dada área da bacia hidrográfica. Estas têm implicação direta na intensificação de processos erosivos do solo (erosividade), deslizamento de encostas, assoreamento de rios e lagos e inundação no meio rural e urbano. Portanto, o conhecimento da variabilidade das chuvas diárias máximas, sua origem e dinâmica, são de fundamental importância para se conhecer a vazão de enchentes e todos os riscos ambientais associados. Especialmente na bacia do rio Jamari/RO, localizada no Sul em uma das zonas climática mais chuvosa da bacia Amazônica e que constantemente sofre interferência de mecanismos atmosféricos de larga e meso escala, com distintas características físicas que chegam à área analisada afetando o clima local.

No bojo desse debate, que envolve a interação cíclica entre a disponibilidade da água armazenada no ecossistema terrestre e a dinâmica dos fenômenos climatológicos, o objetivo desse estudo foi avaliar a variabilidade da pluviosidade que possa ter ocorrido pós-enchimento do reservatório pela barragem da Usina Hidrelétrica de Samuel/RO na bacia hidrográfica do rio Jamari em Rondônia.

DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na área da bacia hidrográfica do rio Jamari - BHRJ/RO, importante afluente da margem direita do rio Madeira, e está situada na porção centro-Norte no estado de Rondônia, delimitada pelas coordenadas geográfica 8° 22' 59" – 11° 09' 55" de latitude Sul e 63° 14' 23" – 63° 17' 28" de longitude Oeste (Figura 1). Tem suas nascentes na chapada dos Pacaás Novos, aproximadamente a 500m de altitude, com extensão total de 560 Km até a foz no rio Madeira. Seus principais formadores são os rios Branco, Preto do Crespo, Massangana, Preto Candeias e Candeias.

A Usina Hidrelétrica de Samuel localiza-se no município de Candeias do Jamari, aproximadamente 52 Km de Porto Velho-RO (Capital). Esta tem 216MW de potência

instalada distribuída em cinco turbinas de 43,3MW. Para garantir seu funcionamento foi construído um reservatório que ocupa uma área no nível máximo de operação, cota 87m em uma área de 560 km², confinando um volume aproximado de 3,2 bilhões de m³ de água doce (BRASIL, 1988).

Figura 1- Localização da área de estudo

A Estrutura da barragem foi edificada em ambiente geológico composto essencialmente de rochas graníticas pertencente ao domínio estratigráfico Ariquemes /Porto Velho da Província Estrutural de Tapajós. A bacia do rio Jamari/RO apresenta em sua totalidade cinco (05) grandes unidades litológicas: Complexo Jamari (associação de rochas mais antigas da área de estudo), *Younger Granites* de Rondônia (grupo rochoso de grande importância econômica onde está situada as jazidas de cassiterita e topázio), Suíte Intrusiva Alto Candeias, formação sedimentares Parecis e formação aluvionares Solimões do Terciário e Quaternário localizadas nas adjacências do Distrito de São Carlos (SCANDOLARA, 1999).

O relevo está estreitamente condicionado aos traços estruturais da geologia local, que deram origem aos terraços morfológicos fluviais, posicionados acima do nível da água do rio. Assim o relevo da unidade hidrológica de análise foi agrupado em seis (06) conjuntos morfológicos: a) forma circular em estruturas plutônicas de colinas baixas, b) superfícies de aplainamento c) agrupamentos de Morros e colinas altas, d) unidades estruturais denudacionais, e) planícies de inundação de vales secundários e f) planície Aluvionais e depressões (RONDÔNIA, 1998a). Conforme a classificação taxionômica realizada por Rondônia (1998b) foi identificada cinco classes pedológicas: i) Latossolos (principal tipo do solo que ficou submerso com a construção do lago), ii) Argissolos (podzólicos), iii) Plintossolos, iv) Litossolos e v) Gleissolos.

Há quatro (04) grandes grupos fitogeográficos que revestem a bacia do Jamari, classificados no levantamento da vegetação brasileira realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BRASIL, 1992) e revisados por Rondônia (1998c): 1) floresta ombrófila aberta, 2) floresta ombrófila densa, 3) savana (arborizada, gramínea lenhosa e parque). Estas praticamente representam 65% da cobertura florestal nativa. E 4) “vegetação cultivada” originária da atividade agropastoril (vegetação antropogênica) classificada por conversão como vegetação plantada, que correspondente a cerca 35% da cobertura vegetal.

Na área de influência direta o lago de UHE Samuel se estende por cinco municípios: Candeias do Jamari/RO, Itapuã D’oeste/RO, Rio Crespo/RO, Alto Paraíso/RO e Ariquemes/RO. Esta área, durante a fase do estudo de viabilidade do empreendimento, era habitada por cerca de 1700 famílias constituídas basicamente por pequenos colonos que viviam da atividade econômica extrativista e agricultura de subsistência. Na área de influência indireta estima-se que no início da década de 1980 haviam 68.743 habitantes distribuídos em assentamentos oficiais e clandestinos e nos garimpos de cassiteritas (em

Vilarejo urbanos e rurais). Onde hoje são os municípios de Cacaulândia/RO, Monte Negro/RO, parte de Cujubim/RO, Buritis/RO e Governador Jorge Teixeira/RO (neste último está a principal nascente do Rio Jamari) (BRASIL, 1988).

A política de uso e ocupação do solo do então Território Federal de Rondônia, através de projetos de colonização desenvolvidos pelos governos Federal e estadual, propiciou um aumento populacional sem precedente à região, de 50,2%, elevando a população da bacia do rio Jamari/RO para 130.611 habitantes em 1996, com um incremento ainda maior em 2000 (taxa de crescimento \cong 10,63% entre 1980 e 2000) e 2007, 180.403 e 218.284 habitantes, respectivamente (Figura 2) (BRASIL, 2001; BRASIL, 2008).

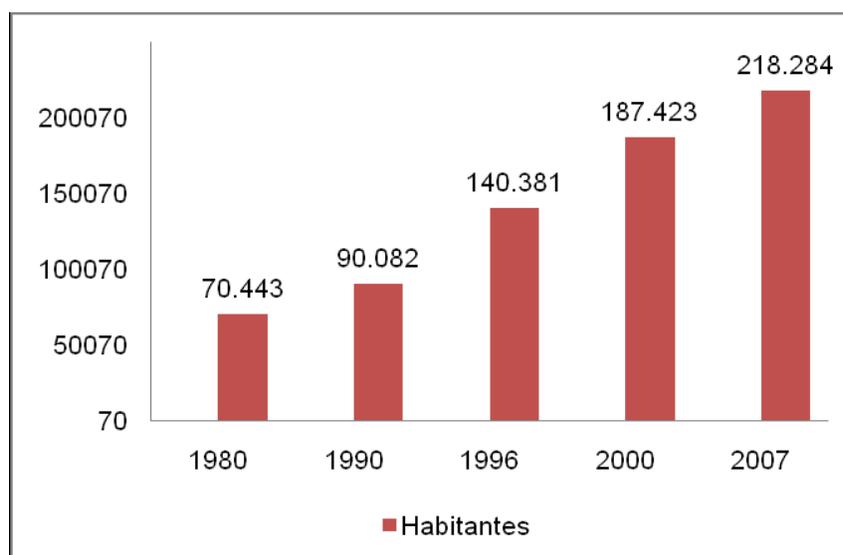


Figura 2 - Crescimento Populacional da Bacia do Rio Jamari/RO.

Fonte: IBGE (1991, 1997, 2001, 2008)

Em meados dos anos 90, precisamente em 1994, teve início a instalação do sistema de transmissão de eletricidade (230 KV) que interligaria a UHE Samuel à subestação situada no Município de Ji-paraná/RO. A partir dessa unidade de distribuição, através de uma linha de transmissão de 69 KV foi ampliada até os municípios de Cacoal/RO e Pimenta Bueno/RO. Quase dez anos depois do prazo estabelecido para entrar em

funcionamento, a quinta e última unidade, de 43,3 MW, foi acionada em agosto de 1996, possibilitando o fornecimento de hidroeletricidade para as demais localidades ao longo da rodovia BR 364 (RONDÔNIA, 2003).

A nova política energética “implementada” pelo governo brasileiro, permitiu a entrada de investidores independentes no setor e ampliou a capacidade de geração e disponibilidade de eletricidade através da construção de diversas unidades de termoelétrica, a exemplo da Usina da Termonorte, instalada em Porto Velho/RO com 64MW de potência.

A UHE Samuel projetada para suprir a demanda de energia elétrica da população residente no sudoeste da bacia Amazônica (Rondônia e Acre) não atende a crescente demanda de energia elétrica, de 8% ao ano. Atualmente gera apenas 14,5% da eletricidade necessária nesta porção da região Amazônica. O quantitativo remanescente é fornecido por 11 PCHs em operação (6,3%) e 171 unidades de geração de diversos portes movidas a queima de combustível derivados de petróleo, que corresponde a 79,2% da energia consumida (RONDÔNIA, 1997).

De modo geral, sem dúvida a construção da barragem de Samuel foi fundamental para o crescimento econômico e a melhoria das condições de vida da população rondoniense. Por conseguinte também acarretou inúmeras impactos negativos: a) inundação de uma extensa área de floresta; b) deslocamento da poluição local; c) e possíveis alterações climáticas nos ecossistemas diretamente atingidos pelo reservatório e não contabilizado no Estudo de Impacto Ambiental - EIA e Relatório de Impactos Ambientais – RIMA. Estas e outras implicações ambientais ocorridas na Bacia do rio Jamari-RO devem ser consideradas pelos órgãos ambientais competentes quando da construção de barragem para geração de eletricidade, a exemplo de de Santo Antônio e Jirau, projetadas para construção na bacia do rio Madeira.

FATORES DINÂMICOS ATMOSFÉRICOS PROMOTORES DE CHUVA

As chuvas que atingem a bacia do rio Jamari/RO estão associadas aos mecanismos físicos atmosféricos que atuam no processo dinâmico de organização e compartimentação que ocorrem no sudoeste Amazônico. Segundo Kousky e Molion (1985), Fisch *et. al* (1998); Dias *et. a.* (2002) e Marengo *et. al* (2004) os mecanismos que promovem a variabilidade diária de precipitações em Rondônia, e que atinge a área do reservatório da UHE Samuel, podem ser organizados em três grupos:

- 1) Macrossistemas atmosféricos: que corresponde às migrações periódicas de ventos do anticiclone do Atlântico Sul na direção sudoeste. Nesta trajetória há um incremento de umidade que através do processo de convecção termodinâmica propicia fortes chuvas na unidade analisada. Também do setor ocidental sopram ventos associados, da Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS, a episódios de intensos jatos de baixos níveis a leste dos Andes (LLJ) que se estende até o espaço estudado. A ZCAS caracteriza-se por uma faixa de nebulosidade com orientação geográfica noroeste/sudeste associada a fluxo convergente na baixa troposfera. Estas apresentam um eficiente sistema genético de precipitação intensa, especialmente no verão austral Amazônico entre os meses de dezembro a março.
- 2) Linhas de instabilidade tropical - mesossistema de circulação atmosférica que está relacionado a propagação de ventos de Sudoeste-Nordeste de sistemas frontais (*frente Frias – FP*). O contraste térmico da *FP* e do ar quente forma linhas de instabilidade que na área de estudo pode se deslocar de oeste para sudeste, acompanhadas de nuvens pesadas (cúmulos e cumulonimbos) que acarretam chuvas intensas, especialmente verão austral. Mas que podem ocorrer no inverno austral Amazônico entre os meses junho a agosto, com penetração mais acentuada da frente fria.
- 3) Formação de chuvas convectivas locais, devido o elevado potencial de energia solar diária que incide sobre a região de estudo. O que possibilita uma eficiente transferência de vapor de água para a atmosfera desde as primeiras horas do dia, através dos processos de evaporação direta em virtude da extraordinária massa líquida formada pela densa rede de drenagem e pela lâmina d'água formada pelo lago da UHE Samuel/RO, bem como pela acentuada taxa de evapotranspiração proporcionada pela extensa cobertura florestal, especialmente na parte central e norte da bacia do rio Jamari, onde estão localizadas várias Unidades de Conservação, a exemplo da Floresta Nacional do Jamari e Reserva Biológica de Samuel.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos foram desenvolvidos em três etapas: 1) preparação da base cartográfica e processamento digital das informações espaciais referentes rede de drenagem e massas de águas que permitiu a delimitação da bacia hidrográfica e da dimensão do lago de Samuel; 2) seleção das estações e dados

climatológicos, posicionadas no interior e exterior da unidade hidrológica analisada e definição de classes de precipitação pela intensidade e evento máximo (extremos) diário; 3) aplicação de métodos estatísticos e modelagem matemática de balanço hídrico proposto por Thonthwaite e Mather (1955).

Em função do volume de dados empregado e da complexidade das análises foram utilizados como ferramenta de armazenamento, recuperação e manipulação das variáveis os softwares: Sistemas de Informação geográfica / SIG (*SPRING 4.3*), aplicativo gráfico (*CORELDRAW 13*) e Microsoft Office Estatístico Excel 3.0. No ambiente computacional os dados climatológicos foram submetidos preliminarmente a tratamentos estatísticos de posição (Media e mediana), dispersão (desvio médio, padrão, variância) e testes de correlação e para verificar sua significância e relevância conforme proposto por Assis *et. al* (1996). Na determinação do vapor de água liberada para atmosfera pela cobertura vegetal (evapotranspiração) foram considerados como variáveis principais as médias de temperatura e precipitação, diária e mensal. A capacidade máxima de água disponíveis no solo adotada para o calculo foi de 100 mm. Os dados foram mensurados mês a mês e organizados em dois grupos: a) corresponde a série de informações entre 1980 a 1989 e b) a série entre 1990 a 2002.

Preparação da Base Cartográfica

Nesta fase foi preparada a base cartográfica, obtida por meio de cartas topográficas digitais, considerando dois temas (vetoriais): rede de drenagem e divisão política administrativa, elaboradas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e Diretoria de Serviço Geográfico do Ministério do Exército – DSG, disponíveis para a área da bacia na escala de 1/ 100000. Posteriormente foi confeccionado um mapa temático correspondente a área da bacia do Jamari com sobreposição de informações espaciais referente às estações e postos de observação de fenômenos climatológicos de superfície, rede de drenagem, lago formado pela UHE Samuel, e divisão política dos municípios atingidos pelo empreendimento (MOREIRA, 2001).

Seleção das Estações e Coleta de Dados Meteorológicos

Foram selecionadas previamente três (03) estações meteorológicas de superfície, duas convencionais e uma automática (INMET, SEDAM e ELETRONORTE) e sete (07) postos pluviométricos do tipo *Ville de Paris* (ANA e CPRM), todos em operação, situados

num raio de 150 Km linear nas adjacências do lago da UHE Samuel/RO (Tabela -1). Nestas foram coletados dados referentes a temperatura (°C), pluviosidade $\geq 0,25$ mm/dia, evaporação (mm), direção predominante dos ventos diários e pressão atmosférica (MB). Posteriormente estes parâmetros foram integrados para obtenção dos totais mensais e anuais.

A fixação teórica de limites para se considerar uma chuva como intensa é bastante complexa, pois no meio ambiente em uma aplicação prática é difícil estabelecer quando a precipitação é fraca ou forte, uma vez que os impactos podem ser distintos, dependendo da localização geográfica que ocorreu o evento, seja em área rural ou urbana (CRUCIANI *et. al*, 2002). A fim de classificar e selecionar as chuvas intensas optou-se pelos procedimentos estabelecidos por Azambuja (1996) que considera a proporção da água precipitada na bacia hidrográfica (1 mm/h em 1m² = 1litro de água precipitada ecossistema avaliada). Com base neste parâmetro classificou-se os eventos “muito francos” ≥ 5 mm, “Fracos” < 10 mm e < 20 mm, “moderados” entre < 20 e > 40 mm, “fortes” < 40 mm > 60 mm, “muito forte” < 60 mm e > 80 mm e “extremamente fortes” ≤ 90 mm.

Tabela 1 – Localização de postos pluviométricos e estações meteorológicas de superfície.

Estação	Bacia Hidrográfica	Latitude	Longitude	Distância	
				de Samuel (Km)	Período
Ariquemes	Rio Jamari	62° 57' 42" O	9° 56' 05" S	148	1975-2006
Cachoeirinha	Ig.Cachoeirinha	63° 05' 00" O	9° 27'00" S	70	1983-2002
Jacundá	Rio Jacundá	63° 57' 00" O	9° 11' 00" S	53	1981-2002
Massangana	Rio Massangana	63° 25' 00" O	10° 21' 00 S	98	1980-2002
Oriente Novo	Rio Preto	62° 30' 00" O	9° 38' 00" S	126	1978-2002
Porto Velho	Rio Madeira	63° 50' 45" O	8° 47' 42" S	52	1961-2006
UHE – Samuel	Rio Jamari	63° 28' 00" O	8° 45' 00" S	0	1975-2003
Tabajara	Rio Machado	62° 06'00"	8° 55' 00"	148	1978-2002

		O	S		
Faz rio	Igarapé	63° 00' 00"	9° 53' 02"	148	1978-2002
branco		O	S		
Stº. Antônio	Rio Jamari	63° 09' 59"	9° 57' 02"	60	1978-2002
		O	S		

Ig = Igarapé, denominação dada pelo Povo Amazônico a pequeno curso de água perene.

Para uma análise precisa e consistente foi calculada a frequência de precipitação para cada intervalo de classes, bem como definido o número de eventos que ocorreu em cada mês e para a sazonalidade climática avaliada. A frequência relativa da chuva foi obtida da relação entre o número específico de eventos de cada mês e o total de eventos no período chuvoso e de estiagem, pela equação:

$$FR = \frac{F_m}{F.c/e} \times 100$$

Onde, FR é a frequência relativa da precipitação para dados homogeneizados discreto aleatórios; F_m é o número de eventos específicos no mês observado e $F.c/e$ é o quantitativo de casos ocorridos durante o período chuvoso e de estiagem pré e pós enchimento do lago. Posteriormente foi calculada a diferença de todas as estações observadas.

Também foi calculados a frequência absoluta para as chuvas máximas extremas superiores a 90 mm/dia^{-1} considerando aqueles ocorridos no verão austral entre os meses de dezembro a março, inverno austral de junho a agosto e transição correspondendo aos meses de abril e maio (fim do período chuvoso) e setembro, outubro e novembro (início do período chuvoso) completando o ciclo hidro-meteorológico de análises na bacia do rio Jamari/RO (ASSIS *et. al*, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variabilidade anual, temporal e espacial das chuvas

A bacia hidrográfica rio Jamari apresenta um ciclo hidrológico aberto, pois o volume de água precipitado, que atinge as nascentes, médio curso e foz são oriundos de

dois fatores hidro-meteorológicos, dentre outros; i) da exportação de umidade evaporada notadamente do Oceano Atlântico que são transportados à região pelos sistemas de circulação atmosféricos ii) e da re-circulação de vapor d'água através dos processos de evaporação e evapotranspiração, que juntos influenciam no balanço hidrológico (precipitação – infiltração – escoamentos superficiais e subterrâneos) e no regime de distribuição das chuvas em toda a bacia Amazônica. Estes são responsáveis pela variabilidade de precipitação, ou seja, possibilita períodos extremamente chuvosos ou estiagem rigorosa, anuais, mensais e diárias (SALATI, 1985; MARQUES *et. al*, 1979; RONDÔNIA, 1998d).

A seqüência prolongada desses períodos interfere no equilíbrio dos constituintes ambientais (meio abióticos) e fundamentalmente no comportamento fisiológico de organismos bióticos existentes nos ecossistemas da bacia, seja qual for sua dimensão espacial (macro-bacia, sub-bacia e micro-bacia hidrográfica). Isso ocorre através da alteração da disponibilidade e dinâmica de nutrientes, orgânicos e inorgânicos, essenciais à manutenção da vida e biodiversidade nela existentes. Também das atividades socioeconômicas praticada pelo homem, a exemplo do abastecimento de água potável, dessedentação de animais, irrigação e geração de hidroeletricidade. Por essa razão, o conhecimento em longo prazo desses fenômenos climatológicos são importantes para a tomada de decisão pelo poder público, principalmente pós implantação de barragem, pois nesta fase são materializados todos os impactos, que passam a ser perceptíveis não somente na área diretamente atingida pelo reservatório, mas na totalidade da rede de drenagem.

A variabilidade das chuvas na bacia rio Jamari é bastante irregular, apresentando variações espaciais e temporais. As médias anuais de precipitação variam de mais de 2500mm / ano na porção central ou médio curso a montante do lago gerado pela UHE Samuel e \cong 1600 mm / ano na área de nascente na interface de floresta tropical densa da Amazônia com os cerrados arborizados, existentes nos contraforte da chapadas dos Pacaás Novos (BOHRER e GONÇALVES, 1990).

Com base em uma série 45 anos (1961 a 2005) de dados climatológicos disponíveis em 10 estações meteorológicas foi possível realizar uma análise sobre a distribuição anual de precipitação. Ao longo dessa série histórica a bacia do rio Jamari apresentou período de intensa pluviosidade, nos anos 1964, 1972, 1974, 1984 e 1994, com volume \geq 2.700mm/anos, superior a média global da bacia, que é da ordem de 2.303,6 mm/anos (exceto em 1964 que foi $>$ 2400mm/anos). Em 1963, 1982, 1984, 1997 e 1998 e 2002 registrou-se uma estiagem rigorosa, com chuvas em torno dos 1.900mm/anos. Estas

variações interanuais podem estar relacionadas às anomalias climáticas provocada pelos eventos El Nino e Al Nina (Oscilação Sul - ENOS). Silva (2000) e Dias e Marengo (2002) mostraram que o aquecimento das águas do Oceano Pacífico Equatorial influencia a redução entre 100 a 200 mm nos meses de estação chuvosa.

Em função desse fenômeno entre 1997/1998 registrou-se somente 1.731,6mm/anuais chuva. Entretanto, o resfriamento das águas superficiais na parte Central do Pacífico tem um efeito contrário, pois refletem a elevação de 200 a 300 mm na pluviosidade nos meses de novembro a janeiro, a exemplo do evento de Al Niña em 1984/1985, onde se registrou 2.941.4 mm/ano na bacia rio Jamari/RO (Figura 3).

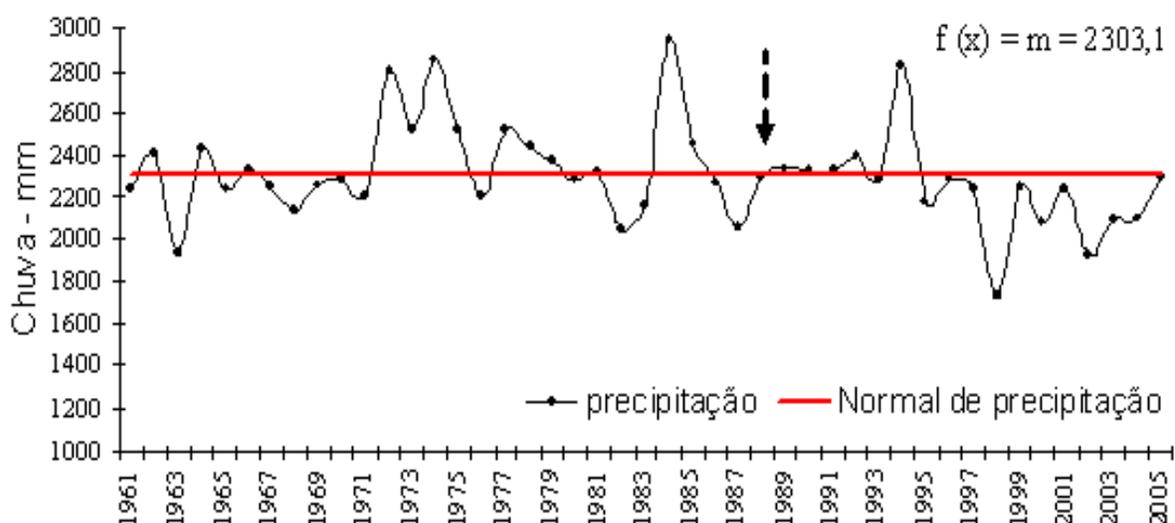


Figura 3 - Variabilidade interanual da precipitação na bacia do rio Jamari/RO

Fonte: BRASIL (2002) e RONDÔNIA (1998d).

Obs: ano de enchimento do reservatório da UHE Samuel/RO.

Estudos recentes do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE revelaram que o aquecimento de 0,5 °C na superfície da água do oceano Atlântico Tropical Norte nos últimos 50 anos elevaram a taxa de evaporação, logo a formação de massas de ar quente é intensa e gerou um sistema de baixa pressão onde normalmente formam centros de alta

pressão. Este fenômeno causou o enfraquecimento dos ventos alísios, prejudicaram a entrada de umidade do atlântico tropical para a bacia Amazônica e impediram a formação de nuvens responsáveis pelas chuvas especialmente do Sul e Sudoeste (quadrante onde esta localizada a bacia do rio Jamari – Rondônia). O déficit de umidade (precipitação) ocorrido no verão austral de novembro de 2004 até fevereiro de 2005 afetou os níveis dos rios que compõem a complexa rede de drenagem do rio Madeira. Diversas atividades econômicas foram afetadas pela maior seca já registrada na Amazônia, como o transporte fluvial, agropecuária e a geração de hidroeletricidade, cenário que reflete os efeitos do aquecimento global e as mudanças climáticas regionais e locais (RIMAS, 2008).

O fenômeno La Niña ocorrido no biênio 1997/1998 e o decréscimo de umidade dos ventos alísios provenientes do Atlântico norte entre 2004/2005 propiciaram uma sensível baixa nos índices pluviométricos regionais e interferiram no ciclo hidrológico do rio Jamari, assim como no volume de água do reservatório da UHE Samuel. Em consequência houve uma redução na geração de hidroeletricidade, o que levou a operadora do sistema a retirar de operação várias turbinas entre os meses de setembro a janeiro quando a geração média registrada ficou entre 46,6MW/H e 90 MW/H (Figura 4).

Figura 4 - Redução do volume de pluviosidade e energia gerada pela UHE Samuel/RO.

Fonte: RONDÔNIA (1997) e BRASIL (2002).

Variabilidade mensal da pluviosidade na bacia rio Jamari/RO

A variabilidade mensal de precipitação na bacia de estudo foi obtida a partir da integração de dados diários, considerando uma série de 11 anos de observação para o período pré (1978 a 1989) e 12 anos no pós-enchimento (1990 a 2002) do reservatório da UHE Samuel/RO. Os anos que apresentam meses com cinco ou mais dias sem medições foram descartados nessa etapa de avaliação. Com base nos totais mensais se extraiu um conjunto de informações estatísticas como, número de dias com precipitação, média diária e mensal, desvio padrão, máxima absoluta, mínima absoluta e direção.

Tem sido observado, como mostram as tabelas 2 e 3, que a bacia do rio Jamari possui um ciclo sazonal de chuva bem definido. O semestre compreendido de novembro a abril, antes e após a construção da barragem, concentra mais de 77% das precipitações, com pico máximo ocorrendo no verão austral entre dezembro a fevereiro, que acumula 984,8mm e tem média de 328,2 mm/mês. Este trimestre concentra 40,8% da ocorrência anual e no mês de fevereiro foi registrado o maior total mensal com 620,0mm para o pós-enchimento. No pré-enchimento as chuvas eram abundantes nos meses de dezembro, janeiro e março, com acúmulo de 1030,2mm, média de 343,4mm/mês (42,6% dos eventos), e volume total de 518,7mm em janeiro.

A Estação seca ocorre no “inverno austral” que abrange os meses de junho a agosto, concentração de apenas 4,2% e 3,8% das chuvas anuais nos dois períodos (pré e pós), cuja pluviometria total no trimestre ao longo da série climatológica de referência analisada raramente registra acumulação superior a 90 mm de precipitação. O mês de julho é o menos chuvoso, ou seja, o “mais seco”. Antes da construção da barragem chovia em média 16,08mm/mês e após o empreendimento o mês de agosto passou a registrar índice médio de 23,3mm de chuva, diminuta elevação, insuficiente para se atribuir que esta deva ter sido originada pela construção do reservatório da UHE Samuel.

A penetração de ventos frios e secos (baixa umidade relativa do ar) oriundos do sistema de circulação atmosférico denominado *Frente frias*, são responsáveis pela redução dos índices pluviométricos, além de propiciar queda bruscas da temperatura média do ar mensal de 26° C para aproximadamente 24,0° C nos mês, de junho a agosto registrando mínimas absolutas frequentemente no período noturno abaixo de 16,5 ° C. Curiosamente durante um evento de friagem ocorrido na região em junho de 1994 os termômetros

registraram uma redução da temperatura de 22,5° para 11,3° C (entre os dias 25 e 26 de junho) uma das mais baixas já registrada na região (OLIVEIRA *et. al*, 2004). Fenômeno regionalmente conhecido por “friagem” mantêm a temperatura baixa aproximadamente entre 5 a 6 dias, após este período começa a aumentar gradativamente até estabiliza-se em torno da térmica normal mês entre 25.5° C e 26,5°C (NIMER, 1989)

Tabela 2 - Análise estatísticas pré-enchimento do lago UHE Samuel/RO (1978/1989)

Variáveis	Jan	Fev	Mar	Abr	Ma i	Jun	Ju l	Ago	Set	Out	No v	Dez
Nº.dias com chuva	20	18	20	14	10	4	2	2	8	13	16	19
Máx. absoluta (mm)	518	441	490	410	19 8	161	74	111	46 3	430	50 3	510
Mín. absoluta (mm)	267	213	231	150	44	0	0	0	9	83	16 0	155
Média mensal (mm)	367	306	340	248	12 5	48	16	36	90	227	28 4	321
Desvio padrão	69	68	84	71	46	48	21	28	40	92	90	84
Média diária (mm)	11	10	11	8	4	1	0,5	1	3	7	9	10
Temperatura (° C)	25	25	25	25	25	24	24	26	26	26	25	26
Média diária (dez/jan/mar) = 11,5 mm/dia					Média diária seco (jun/jul/ago) = 1,1 mm/dia							
Acumulado no trimestre chuvoso = 1030,2 mm					Acumulado do trimestre seco = 101,4 mm							
% da média para trimestre chuvoso = 42,6					% da média para trimestre seco = 4,2							

Fonte: BRASIL (2002) e RONDÔNIA (1998d).

Tabela 3 - Análises estatísticas pós-enchimento (1989/2002) do lago UHE Samuel/RO.

Variáveis	Jan	Fev	mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ag o	Set	Out	Nov	De z
Nº. dias com chuva	21	19	19	16	10	5	3	4	8	12	15	19
Máx. absoluta (mm)	469	620	492	344	226	115	72	60	214	317	400	504
Mín. absoluta (mm)	137	223	85	97	11	4	0	0	10	55	89	176
Média mensal (mm)	322	338	292	215	107	43	27	23	100	188	247	324
Desvio padrão	83	120	103	70	52	31	24	20	58	77	77	95
Média diária (mm)	10	12	9	7	3	1	1	0, 8	3	6	8	10
Temperatura (°C)	26	25	26	26	25	24	24	25	25	26	26	27
Média diária (dez/jan/fev) = 11,06 mm/dia					Média diária seca (jun/jul/ago) = 1,01 mm/dia							
Acumulado no trimestre chuvoso = 984,8 mm					Acumulado do trimestre seco = 93,7							

Estudo desenvolvido por Salati (1985) demonstrou que na Amazônia a média de água precipitável é de 40 mm, quantitativo que aumenta no interior de determinadas massas a medida que esta penetra em direção ao continente. Esta afirmação indica que do total de água precipitada na região, cerca de 50% saem através de escoamento pelos rios e outra parte volta à atmosfera na forma de vapor (evaporação e evapotranspiração). Fica evidente que existe uma relação de dependência entre clima e o tipo de cobertura de solo (pastagem, floresta e lagos natural, e artificial), sobretudo na área estudada que constantemente sofre influência de mecanismos atmosféricos devido sua localização em uma zona de baixa pressão de forte atividade convectiva.

Dessa forma foi estimado o fluxo de vapor de água liberado pelo sistema superficial à atmosfera, entre os anos de 1980 a 1989 (pré-enchimento) e 1990 a 2002 (pós-enchimento). Os resultados analíticos do balanço hídrico apresentaram uma evapotranspiração potencial – EP, média da ordem de 1486,92mm/anuais. Em termos percentuais a EP calculada para BHRJ/RO é de 7,25%, acima do estimada por Victoria *et. al* (2005) para a Bacia Hidrográfica do rio Machado – BHRM/RO (1379 mm/anuais) e proporcional ao mensurado por Vila Nova *et. al* (1976) e Ribeiro & Vila Nova *et. al* (1979), 1503 mm/ano⁻¹ e 1493 mm ano⁻¹ para a porção central da bacia Amazônica. As maiores Taxas de EP ocorreram no trimestre de estiagem com média mensal superior a 128mm/EP (junho = 128,02 mm, julho = 132,24mm e agosto = 137,96mm) e valores inferiores a 126mm/EP para o período chuvoso. A evapotranspiração real – ER é definida por Nimer e Brandão (1989) como a perda de água reduzida total ou parcial por falta de umidade no solo, assim esse parâmetro pode apresentar variações inferior ou igual a EP, uma vez que é diretamente proporcional aos valores de pluviosidade. A ER apresentou valor médio de 1250,35 mm/ano⁻¹, cerca de 6,67% superior a média (1166 mm/ano⁻¹) encontrada na BHRM/RO, com variação mensal superior a 114 mm/ER no final da estação chuvosa (março =119,21 mm, maio = 120,67 mm e junho = 114,55 mm) (Figura 5).

Figura 5 - Média mensal de EP e ER na BHRJ/RO entre 1990 a 2002

Fonte: RONDÔNIA (1998d) e BRASIL (2002)

A distribuição da ER na bacia hidrográfica do rio Jamari – BHRJ/RO apresentou média de 1180 mm/anos inferior à média calculada para a BHRJ/RO, especialmente na área da nascente, indiretamente atingida pelo lago da UHE Samuel. Porém, a partir dos dados coletados nas estações meteorológicas na área de influência direta a ER foi superior a 1250,35 mm/anos, especialmente na estação Samuel, onde a média anual para a série climatológica de 15 anos foi superior a 1318,62 mm/ER/anos, tendência que foi também observada para a EP. Pode-se inferir que com a construção do reservatório de Samuel houve um acréscimo médio de 70 mm/ER (evaporação + transpiração) no balanço hídrico na BHRJ/RO, valor que pode contribuir para alteração do regime pluviométrico local (micro-clima) principalmente na área diretamente atingida pelo lago da barragem (Tabela 04).

Tabela 04 - Evapotranspiração EP e Real – ER na Bacia do rio Jamari/RO

Sub-Bacia Hidrográficas	EP	ER
Rio Jamari Nascente	1409,25	1181,42
Rio Jamari Confluência com o rio Canaã	1442,23	1197,89
Rio Jamari Confluência com o rio Massangana	1480,41	1240,74

Nascente rio Massangana	1465,9	1218,39
Nascente rio Candeias	1456,49	1239,98
Igarapé Santa Cruz	1539,9	1296,89
Rio Preto	1513,3	1287,45
Nascente Rio Jacundá	1491,52	1259,81
Rio Jamari confluência com o Ig. São Pedro	1503,98	1262,27
Rio Jamari Barragem UHE Samuel	1566,25	1318,68
Média	1486,92	1250,35

Fonte: Elaborado a partir de RODÔNIA (1998d) e BRASIL (2002)

Precipitação diária na bacia do rio Jamari/RO

A variabilidade diária da frequência relativa de chuva manteve-se $6,0\text{mm}/\text{dia}^{-1}$ com média diária mais elevada no mês de fevereiro de $12,1\text{mm}/\text{dia}^{-1}$ no pós-enchimento, e a mais baixa em julho com apenas $5,0\text{mm}/\text{dia}^{-1}$ no pré-enchimento. No trimestre chuvoso foi registrado $\cong 11,0\text{mm}/\text{dia}^{-1}$ e no seco $\cong 1,0\text{mm}/\text{dia}^{-1}$. Em ambos os períodos a média de dias com chuva apresentam quase a mesma proporção. Na estação chuvosa 19,5 dias no pré-enchimento e 20,5 dias pós-enchimento, com uma pequena elevação na média de dias com chuva após a formação do lago, de 1% no período chuvoso e 4% na “estação de estiagem” (junho a agosto), tendência observada em todas as estações meteorológicas situadas nas adjacências do reservatório, exceto nos postos pluviométricos de Massangana, Tabajara e Porto velho.

Em análise a classificação das chuvas adotadas neste estudo e com base nos quantitativos de eventos ocorridos pré e pós-construção do reservatório, foi observada uma distribuição de frequência com poucas diferenças das precipitações para os índices das chuvas classificadas entre “moderada” a “extremamente forte” em algumas estações pluviométricas ao longo da bacia do rio Jamari. Entretanto, para os eventos classificados “muito fracos”, os casos $\leq 5\text{mm}$, verifica-se maior frequência de ocorrência pós-enchimento, em torno de 7,0%, especialmente no final do período chuvoso (abril a maio) e de estiagem (setembro e outubro). Enquanto para os eventos $> 5\text{mm}$ e $\leq 10\text{mm}$, classificados como “chuvas fracas” os testes estatísticos mostraram uma redução na frequência de eventos, pós – formação do reservatório, de 6,97% no período chuvoso. Silva (2003) estudou a distribuição diária de chuva na cidade de Itapuã D’ Oeste/RO, situada à 50 Km da barragem, e observou que as maiores frequências ocorriam entre 14 e 18 horas,

período de elevada temperatura, tendência registrada por Costa *et. al* (1998) ao observar a frequência diária de chuva na região da bacia do rio Ji-Paraná/RO, em análise de ambiente com distinta cobertura do solo.

Fisch *et. al* (2007) esclarecem que a variabilidade espacial das chuvas no sudoeste Amazônico é predominantemente de caráter local e convectivo. Entretanto a descontinuidade de sua ocorrência induz uma grande distribuição espacial que por sua vez provoca alto grau de incerteza nos resultados pontualizados. No entanto, os testes de correlação realizados com pares de pluviômetros distante em torno de 1 Km apresentaram alta correlação, entre 0,7 e 0,9. Com o aumento da distância entre as estações de observação de pluviosidade os índices de correlação decresceram, atingindo valores entre 0,2 e 0,4 para os pares de pluviômetros situados a 5 Km. Com este comportamento os pesquisadores ratificaram a tese que chuvas de curta duração nesta parte da Amazônia são essencialmente originadas por processos convectivos locais. Partindo dessa hipótese, já confirmada, é evidente que o aumento na frequência relativa das chuvas “muito fraca” (≤ 5 mm) pode perfeitamente ter sido favorecida pela dispersão vertical de vapor de d’água do ecossistema terrestre/atmosfera através do balanço hídrico que envolve os processos de evaporação e transpiração propiciados pela lâmina de água formada de reservatório da UHE Samuel/RO (Figura 6).

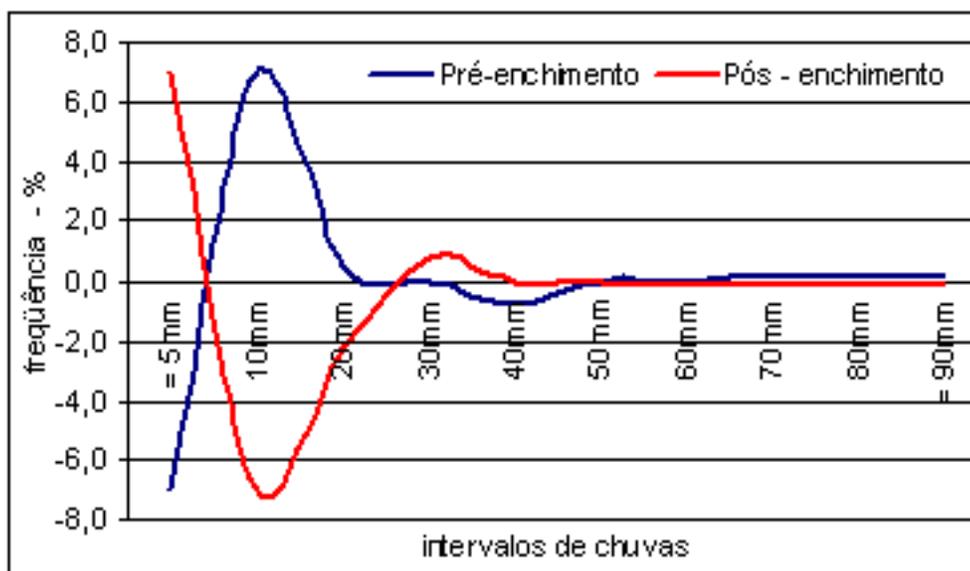


Figura 6 – Frequência de chuvas pré e pós-enchimento do reservatório
Fonte: BRASIL (2002) e RONDÔNIA (1998c).

As chuvas maiores que 20 mm/dia apresentaram pouca diferença frequencial, exceto para os eventos classificados de precipitações “moderadas” (>20 mm e < 40 mm) que apresentaram um modesto acréscimo de 0,8% após o fechamento das comportas do vertedouro.

Fato interessante e intrigante foi observado através da série de dados de chuvas diárias máximas mensais relativas aos anos estudados pré e pós formação do lago Samuel. A Análise de frequência absoluta dos dados obtidos através dos postos pluviométricos de, Oriente Novo, Cachoeirinha e Jacundá, situadas na área de maior pluviosidade de Rondônia, à montante da barragem, anterior à formação do lago apresentavam chuvas superiores a 90 mm/24H classificadas de “extremamente forte” entre 1 e 2 evento/ano (esporádica), bem distribuídos ao longo do ano no período chuvoso e de estiagem, com quantitativo mais elevado entre novembro a março, peculiaridade inerente a posição geográfica na bacia do rio Jamari/RO. Tendência também observada nos registros de chuvas máxima em Samuel posicionado a jusante da barragem. Porém, entre os anos de 1990 e 2002 foi observado um quantitativo maior de ocorrências, entre 2 a 4 eventos/anos, o que representa um aumento da ordem de 60,42% no quantitativo de chuvas “extremamente forte” (≥ 90 mm/24h). Estes, devido o volume de água precipitada geralmente apresenta longa duração, e o período de maior incidência no verão austral podem estar relacionados a atuação de mecanismos atmosféricos de larga escala, como a zona de convergência do atlântico sul – ZCAS, e outros de meso escala (linhas de instabilidade) que propiciam a formação de aglomerados convectivos como afirma Muza e Carvalho (2006):

“A variabilidade climática sobre o centro-sul da Amazônia é influenciada tanto por aspectos tropicais quanto subtropicais. O ciclo anual da precipitação nessa região mostra um máximo durante o verão austral relacionado à Zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS).”

Com a finalidade de verificar se há correlação entre o número de chuvas máximas extremas e o acréscimo de vapor de água por evapotranspiração real diária média no período de pré e pós-enchimento nos últimos 24 anos (1978-2002), foi realizado o cálculo de evapotranspiração diária real. Esta manteve-se em torno $4,0 \text{ mm dia}^{-1}$ na área de estudo, sobretudo na diretamente atingida pelo reservatório, sendo na estação chuvosa a máxima foi registrada no mês de dezembro ($5,0 \text{ mm dia}^{-1}$) em ambos os períodos e a mínima no pré-enchimento o mês de agosto com $2,0 \text{ mm dia}^{-1}$ e no pós-enchimento no mês de setembro com $3,3 \text{ mm dia}^{-1}$

Este fenômeno pode ser relacionado à manutenção da floresta, em virtude da existência de Unidade de Conservação próxima ao reservatório (Floresta Nacional do Jamari e Estação Ecológica de Samuel). Peculiaridade que pode ter influenciado o resultado de correlação linear, Evapotranspiração Real diária – ERd e os quantitativos aguaceiros determinado no experimento, que revelaram uma forte correlação positiva entre os parâmetros testados no pré-enchimento $r = 0,63$ e pós-enchimento $r = 0,70$ (Figuras 7 e 8). Porém, a diferença na taxa de evapotranspiração não é significativa para promover alteração hidro-climática e o aumento das chuvas $> 90 \text{ mm}/24\text{H}$.

CONCLUSÃO

Nos estudos de impacto ambiental para implantação de hidroelétrica na bacia Amazônica, independente do porte, é essencial a avaliação da variável climatológica, pois os impactos gerados pelo reservatório são geralmente irreversíveis e de longo prazo. Alguns detectados pós-enchimento e com implicações locais na área diretamente atingida, regionais na área de influência indireta e global através da liberação de gases para atmosfera, a exemplo do gás dióxido de carbono, metano e outros, que contribuem para o aquecimento global.

No entanto, na ausência de uma série histórica completa de informações diárias de pluviosidade de determinados períodos, dificulta uma análise precisa e detalhada da variabilidade e distribuição espacial e temporal da área de estudo.

No que diz respeito aos aspectos ambientais, a substituição da floresta tropical por lâmina de água com a construção do reservatório de UHE Samuel na área da bacia do rio Jamari, certamente casou modificação do balanço hídrico na área diretamente atingida pelo empreendimento, pois os dados analíticos de dias de chuva inferiores a 5 mm, classificadas de “muito fraca” e “moderada” apresentaram uma sensível alteração no regime e ritmo de pluviosidade entre os anos de 1990 a 2002.

Na observação das estações meteorológicas Oriente Novo, Cachoeirinha e Jacundá, localizadas à montante da barragem e Samuel (a jusante) no período anterior à formação do reservatório (1978 a 1989), que as chuvas $\geq 90\text{mm}/24\text{h}$ ocorriam esporadicamente, de 1 a 2 eventos/ano. As estações não apresentavam um padrão de acontecimento deste fenômeno na área de estudo. Enquanto de 1990 a 2000 houve um aumento da ordem de 60,1% de eventos $\geq 90\text{mm}/24\text{h}$.

A análise de correlação, envolvendo os índices de Evapotranspiração Real diária – ERd e de chuvas máximas extremas $\geq 90\text{mm}/24\text{h}$ revelaram uma forte correlação positiva entre os parâmetros testados no pré-enchimento $r = 0,63$ e pós-enchimento $r = 0,70$. Apesar da área diretamente atingida pelo reservatório apresentar um aumento na taxa de evapotranspiração em relação a outras áreas da bacia hidrográfica do Jamari, não apresentou valores que justifique acentuação das chuvas $\geq 90\text{mm}/24\text{h}$. Inferência que nos remete a afirmar que a entrada de sistemas atmosféricos de larga escala possa estar contribuindo para geração de chuvas desse porte na bacia hidrográfica do rio Jamari – Rondônia, a exemplo da Zona de Convergência Intertropical.

Em função do incremento da chuva máxima diária os 218.284 habitantes da área da bacia hidrográfica vivem em constante alerta quanto a ocorrência de tempestades tropicais, sobretudo no verão austral chuvoso, período de maior probabilidade de pluviosidade dessa magnitude.

Referências

ASSIS, F.N. de; ARRUDA, H. V. de; PEREIRA, A.R. **Aplicações de Estatística à Climatologia: Teoria e Prática**. Pelotas: Editora Universitária, 1996.

Azambuja, J. M. V. de. **O Solo e o Clima na Produtividade Agrícola**. Rio Grande do Sul: Livraria e Editora Agropecuária, 1996.

BEIJO, L. A.; MUNIZ, J. A.; CASTRO NETO, P. **Tempo de retorno das precipitações máximas em lavras (MG) pela distribuição de valores extremos do tipo I**. Ciência Agrotécnica, Vol. 29, nº. 3, 657-667, 2005.

BOHRER, C. B. de A. GONÇALVES, L. M. C. Vegetação. In: BRASIL. Instituto de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil: Região Norte**. Rio de Janeiro: SEGRAF/IBGE, 1990. p. 137-168.

BRASIL. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A. **Estudos de impacto ambiental (EIA)**. Vol. 2 (Metodologia e Diagnóstico Ambiental). Porto Velho: ELETRONORTE, 1988.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo da População Brasileira – 1990**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contagem da População Brasileira – 1996**. Rio de Janeiro: IBGE, 1997.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo da População Brasileira – 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Boletim Meteorológico**. Brasília: ANA, 2002.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Plano decenal de expansão do setor elétrico brasileiro**. Brasília: ANEEL, 2006.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contagem da População Brasileira – 2007**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

COSTA, R. F. da; EFEITOSA, J.R.D.; FISCH, G.; SOUZA, S. S. de; NOBRE, C. A. **Variabilidade Diária da Precipitação em Regiões de Floresta e Pastagem na Amazônia**. Acta Amazônica. Vol. 28 (4). 395-408, 1998.

CRUCIANI, D. E.; RONALTON, E. M.; SENTELHAS, P. C. **Modelos da distribuição temporal de chuvas intensas e Piracicaba, SP**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, n. 1, 76-82, 2002.

DIAS, P. L. da S.; MARENGO, J. A. Águas Atmosféricas. *In*: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.) **Águas Doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2002. p. 65-118

Fearnside, P.M.. **A Hidrelétrica de Balbina: O Faraonismo Irreversível versus o Meio Ambiente na Amazônia**. Instituto de Antropologia Meio-Ambiente (IAMÁ), São Paulo, Brazil. 1990, 63 pp.

FISCH, G. F.; JANUÁRIO, M.; SENNA, R. C. **Impacto ecológico em Tucuruí (PA): Climatologia.** Acta Amazônica, v. 20, 49-60, 1990.

FISCH, G.; MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A.; **Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia.** Acta Amazônica 28 (2), 101-126, 1998.

FISCH, G.; VENDRAME, I. F.; HANAOKA, P.C. de M. **Variabilidade espacial das chuvas durante o experimento LBA/TRMM 1999 na Amazônia.** Acta Amazonica, Vol. 37 (4), 583-590, 2007.

KOUSKY, V. E.; MOLION, L. C. **Uma contribuição à climatologia da dinâmica da troposfera sobre a Amazônia.** Acta Amazônica, Vol. 15 (3-4), 311-320, 1985.

MARENGO, J. A.; FISCH, G.; MORALES, C.; VENDRAME, I.; DIAS, P. C. **Diurnal variability of rainfall in Southwest Amazonia during the LBA-TRMM Field campaign of the Austral Summer of 1999.** Acta Amazônica, Vol. 34 (4), 593-603, 2004.

MARQUES, J.; SANTOS, J. M. dos; SALATI, E. **O campo do fluxo de vapor d'água atmosférico sobre a região Amazônica.** Acta Amazônica, Vol. 9 (4), 701-713, 1979.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação.** São José dos Campos: INPE, 2001.

MUZA, M. N.; CARVALHO, I. M.V. de. Variabilidade intrasazonal e interanual de extremos na precipitação sobre o centro-sul da Amazônia durante o verão austral. Revista Brasileira de Meteorologia, Vol. 21,Nº. 3, 29-41, 2006.

NIMER, E.; BRANDÃO, A. M. P. M. **Balanco hídrico e clima da região dos cerrados.** Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

OLIVEIRA, J. P.; ROCHA, E. J. P.; FISCH, G.; KRUIJT, B.; RIBEIRO, J. B. M. **Efeitos de um evento de friagem nas condições meteorológicas na Amazônia: um estudo de caso. 2004.** Acta Amazônica, Vol. 34 (4), 613-619, 2004.

RIBEIRO, M. N. G.; VILLA NOVA, N. A. **Estudos climatológicos da reserva florestal Duke, Manaus, AM.** III Evapotranspiração. Acta Amazônica, v. 9, n. 2, p. 306-309, 1979.

RIBEIRO, H. **Estudos de impactos ambiental como instrumento de planejamento.** In: PHILIPPI Jr., ROMERO, M. de A.; BRUNA, G. C. Curso de Gestão Ambiental. São Paulo: Manole, 2004.

RIMAS, R. **A culpa é do aquecimento global?** Ciência Hoje, Vol. 42, nº 249, 56-57, 2008.

RONDÔNIA. Federação das Indústrias do Estado de Rondônia. Rondônia – **Perfil socioeconômico Industrial.** Porto Velho: FIERO, 1997.

RONDÔNIA. Federação das Indústrias do Estado de Rondônia. Rondônia – **Perfil socioeconômico Industrial.** Porto Velho: FIERO, 2003.

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. **Diagnóstico Sócio-econômico-Ecológico do Estado de Rondônia e Assistência Técnica para Formulação da Segunda Aproximação do Zoneamento-Sócio-Econômico-Ecológico.** Porto Velho: PLANAFLORO 1998a. (Relatório Técnico de Geomorfologia, v. 2, anexo A, parte 2)

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. **Diagnóstico Sócio-econômico-Ecológico do Estado de Rondônia e Assistência Técnica para Formulação da Segunda Aproximação do Zoneamento-Sócio-Econômico-Ecológico.** Porto Velho: PLANAFLORO 1998b. (Relatório Técnico de Solos, v. 5)

RONDÔNIA. Secretaria do Estado do Desenvolvimento Ambiental. **Avaliação do desmatamento em Rondônia, 1978 – 1997.** Porto Velho: SEDAM, 1998c.

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. **Diagnóstico Sócio-econômico-Ecológico do Estado de Rondônia e Assistência Técnica para Formulação da Segunda Aproximação do Zoneamento-Sócio-Econômico-Ecológico.** Porto Velho: PLANAFLORO 1998d. (Relatório Técnico de Climatologia, v. 1, texto)

SANCHES, F.; FISCH, G. **As possíveis alterações microclimáticas devido a formação do lago da hidrelétrica de Tucuruí.** In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Foz do Iguaçu: SBMET, 2002.

SALATI, E. **Floresta e as águas.** Ciência Hoje, v. 3, nº 16, 58-64, jan/fev, 1985.

SCANDOLARA, J. E. **Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia.** Porto Velho: CPRM, 1999. CD.

SILVA, J. de F. **El Niño: O fenômeno Climático do Século.** Brasília: Thesaurus, 2000.

SILVA, J.M. da. **Distribuição diária da precipitação pluviométrica e sua importância no planejamento da rede de drenagem urbana: Estudo de caso - Município de Itapuã D'Oeste-RO.** Porto Velho: UNIR, 2003.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **Potencial evapotranspiration and water balance.** New Jersey: Laboratory of Climatology. Publicacion 10, 1955.

TUCCI, C. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre:UFRGS, 2001.

VICTORIA, D. de C.; BALLESTER, M. V. R.; PEREIRA, A. R. **Balanço hídrico da bacia do Ji-Paraná (RO) por modelo hidrológico simples, especialmente distribuído.** In: Anais do XII Simpósio de Sensoriamento Remoto. Goiânia: INPE, 2563-2569, 2005.

VILLA NOVA, N. A.; SALATI, E.; MATSUI, E. **Estimativa da evapotranspiração na Bacia Amazônica.** Acta Amazônica, v. 6, n. 2, 215-228, 1976.