ESTIMATIVA DA VAZÃO DE REFERÊNCIA PARA A OUTORGA DO DIREITO DE USO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO RIO MADEIRA, AMAZONAS

Elisandra Maria Farias da Cruz 1; Luiz Paulo Batista de Souza 2; Rosana Picanço Gato 3; Francisco Davy Braz Rabelo 3, Luciane Farias Ribas 4, Joecila Santos da Silva 5.

RESUMO – A gestão adequada dos recursos hídricos exige o conhecimento do regime hidrológico dos rios, especialmente para subsidiar a outorga do direito de uso das águas superficiais. Este estudo teve como objetivo estimar a vazão de referência para fins de outorga no rio Madeira, no trecho da estação fluviométrica de Manicoré (AM). Foram utilizados dados históricos de vazão diária no período de 1994 a 2024, disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). A metodologia consistiu na análise de ferramentas gráficas elaboradas no Excel, incluindo o hidrograma de vazões médias, gráficos de vazões máximas e mínimas anuais e a curva de permanência das vazões. Os resultados indicaram um regime hidrológico marcadamente sazonal, com vazões máximas médias de aproximadamente 45.899 m³/s em abril e mínimas em torno de 5.347 m³/s em outubro. A curva de permanência apontou uma vazão Q95 estimada em cerca de 4.872 m³/s, considerada adequada como vazão de referência para a outorga, conforme a Política Estadual de Recursos Hídricos do Amazonas. O estudo fornece subsídios técnicos para o planejamento e a gestão sustentável das águas do rio Madeira.

ABSTRACT– Proper water resources management requires knowledge of river hydrological regimes, particularly to support the granting of water use rights for surface water resources. This study aimed to estimate the reference discharge for water-use permitting purposes in the Madeira River, at the section corresponding to the Manicoré streamflow gauging station (Amazonas State, Brazil). Historical daily discharge data from 1994 to 2024, provided by the National Water and Basic Sanitation Agency (ANA), were used. The methodology consisted of analyzing graphical tools developed in Excel, including the mean discharge hydrograph, annual maximum and minimum discharge graphs, and the flow duration curve. The results indicated a markedly seasonal hydrological regime, with average maximum discharges of approximately 45,899 m³/s in April and minimum discharges of around 5,347 m³/s in October. The flow duration curve indicated an estimated Q95 discharge of approximately 4,872 m³/s, which was considered suitable as the reference discharge for water-use permitting in accordance with the Amazonas State Water Resources Policy. This study provides technical support for the planning and sustainable management of the Madeira River's water resources.

Palavras-Chave – Curva de permanência; Outorga; Rio Madeira.

INTRODUÇÃO

No contexto do tempo geológico, com a evolução da cordilheira dos Andes, o sistema que drenava a água para o Oceano Pacífico e no Caribe foi bloqueado, impedindo-o de desemborcar, o que contribuiu para a formação de um lago amazônico de vasta proporção, se apresentando atualmente pela unidade litoestratigráfica Formação Solimões. Em consequência desse processo, ocorreu uma inversão gradual do sentido de escoamento dos cursos d'água na região amazônica, fenômeno cuja origem é atribuída ao Mioceno Médio, há aproximadamente 16 milhões de anos. De acordo com a literatura científica, a configuração do atual sistema de drenagem amazônico teria se estabelecido no Plioceno, por volta de 2,5 milhões de anos atrás. Em apoio a essa interpretação, foram identificados grãos de areia de proveniência andina, com idades estimadas em cerca de 10 milhões de anos, reforçando as evidências da reorganização paleohidrológica da bacia (Adamy, 2016).

Nesse contexto, a bacia hidrográfica do rio Madeira caracteriza-se como uma drenagem de origem antiga, evidenciada pelo predomínio de um padrão meandrante. Contudo, o sistema fluvial apresenta também segmentos de traçado aproximadamente retilíneo, os quais indicam processos de rejuvenescimento tectônico (Adamy, 2016). Nesse sentido, o objetivo dessa pesquisa é estimar a vazão de referência através de análises de gráficos elaborados no programa Excel (Hidrograma, Máximos e Mínimas e Curva de Permanência) para a outorga do direito de uso da água no rio Madeira, estritamente na estação fluviométrica do município de Manicoré, no estado do Amazonas

MATERIAL E MÉTODOS

O rio Madeira é uma bacia que possui uma área de drenagem, por volta de 1,42 milhão km², no qual faz parte (7%) ao Peru, (51%) à Bolívia e (42%) ao Brasil. Tem características de um clima quente e úmido com estação seca, sua temperatura anual média varia entre 25°C à 27°C, a umidade relativa do ar, por volta de, 85% (Queiroz et al., 2011). Sua descarga média corresponde a cerca de 15% do total da Amazônia, com valor aproximado de 31.200 $m^3.s^{-1}$, vazão específica de 22,0 $L.s^{-1}$ e coeficiente de escoamento de 0,36 (Molinier et al., 1994).

Dessa forma a área de estudo para a análise da vazão se estabeleceu na sede do município de Manicoré, na estação fluviométrica: 15700000 (Figura 1).

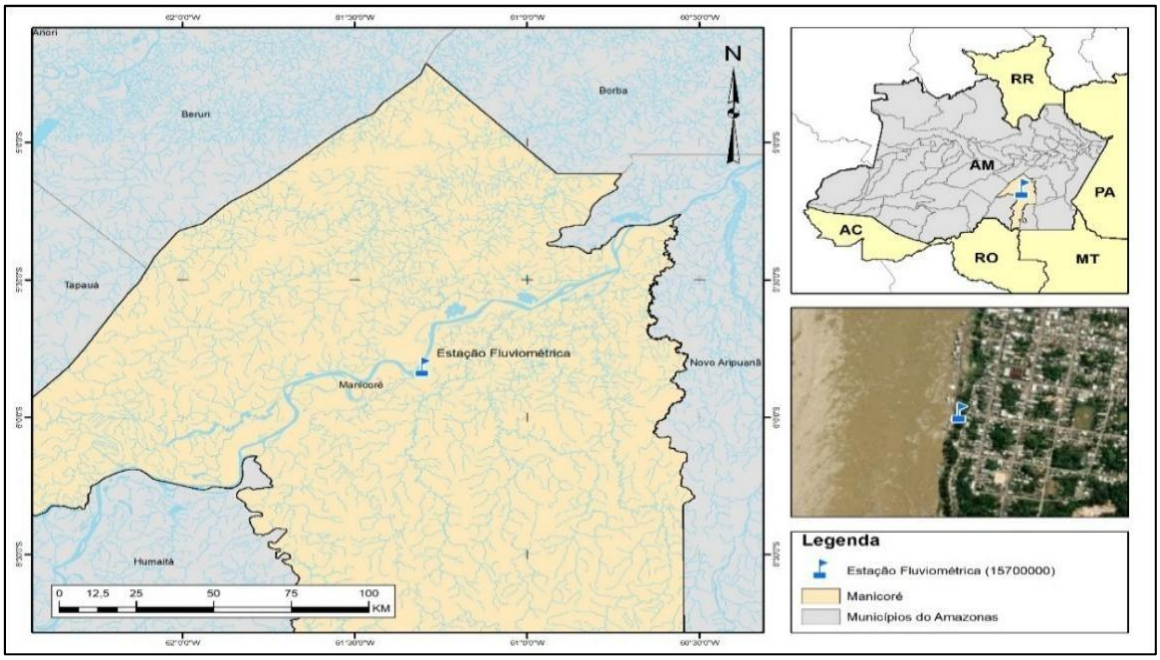


Figura 1 – Área de estudo rio Madeira

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados dados de vazão provenientes da Estação Fluviométrica "Manicoré", cadastrada no banco de dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) sob o código 15700000. Os dados foram obtidos por meio do Portal HidroWeb, disponível no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), que reúne séries históricas de dados hidrológicos coletados pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN).

A escolha da estação (Tabela 1) considerou como critérios principais a quantidade de dados de vazão disponíveis pela estação, cujo período de dados compreende de 01/01/1994 a 31/12/2024 (adotou-se 30 anos como quantidade mínima de anos necessários).

Tabela 1 – Estações fluviométricas do rio Madeira.

Estação	Código	Número de anos de dados
Manicoré	15700000	30

A partir dos dados de vazão disponíveis da estação escolhida, procedeu-se com elaboração de três ferramentas gráficas: o hidrograma, o gráfico de vazões máximas e mínimas e a curva de permanência. Para o desenvolvimento destas foi utilizado o programa Excel (ref. 365), desenvolvido pela Microsoft, na organização dos dados e geração dos gráficos.

RESULTADOS

No hidrograma obtido (Figura 2) o período de inundação ocorre entre os meses de novembro

a abril, onde a vazão máxima é de 45.899,00 m³/s ocorrendo no mês de abril; durante o período de estiagem que ocorrem entre os meses de abril a outubro, a vazão mínima é de 5.347,00 m³/s que é indicado no hidrograma no mês de outubro.

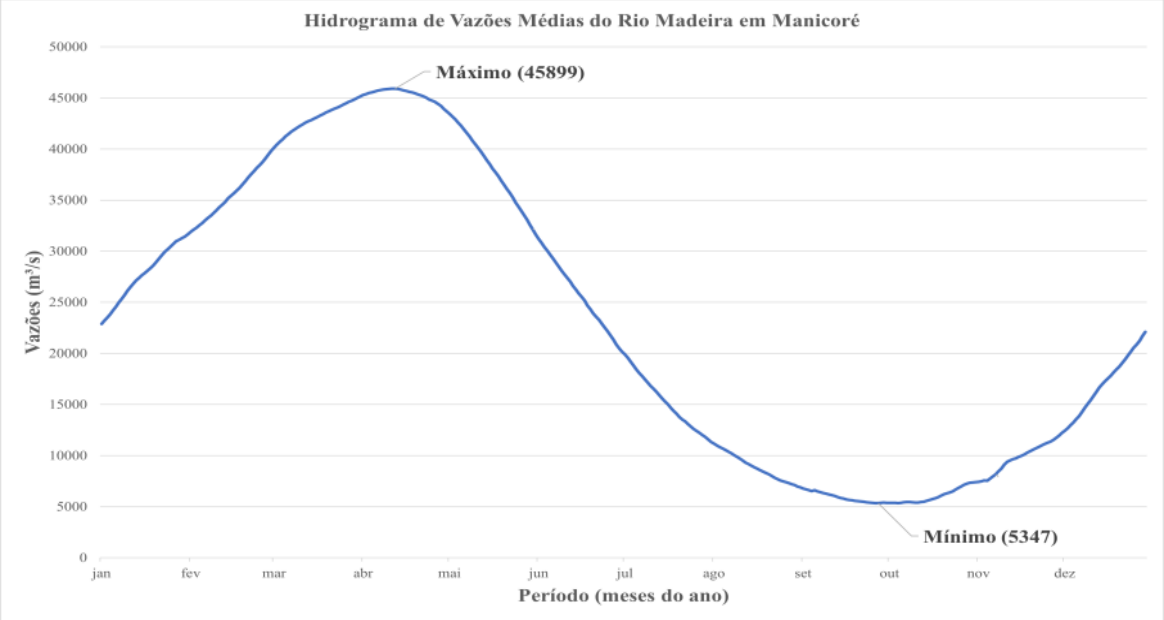


Figura 2 – Hidrograma de vazões médias do Rio Madeira em Manicoré (1994-2024).

A Figura 3 representa a variação dos eventos de máximas e mínimas anuais que foram analisados a partir da série histórica de 1994 – 2024, equivalente a 30 anos. O valor da vazão máxima é de 62.143,87 m³/s, ocorrendo no ano de 2014 e a vazão mínima corresponde a 32.446,34 m³/s, no ano de 2016.

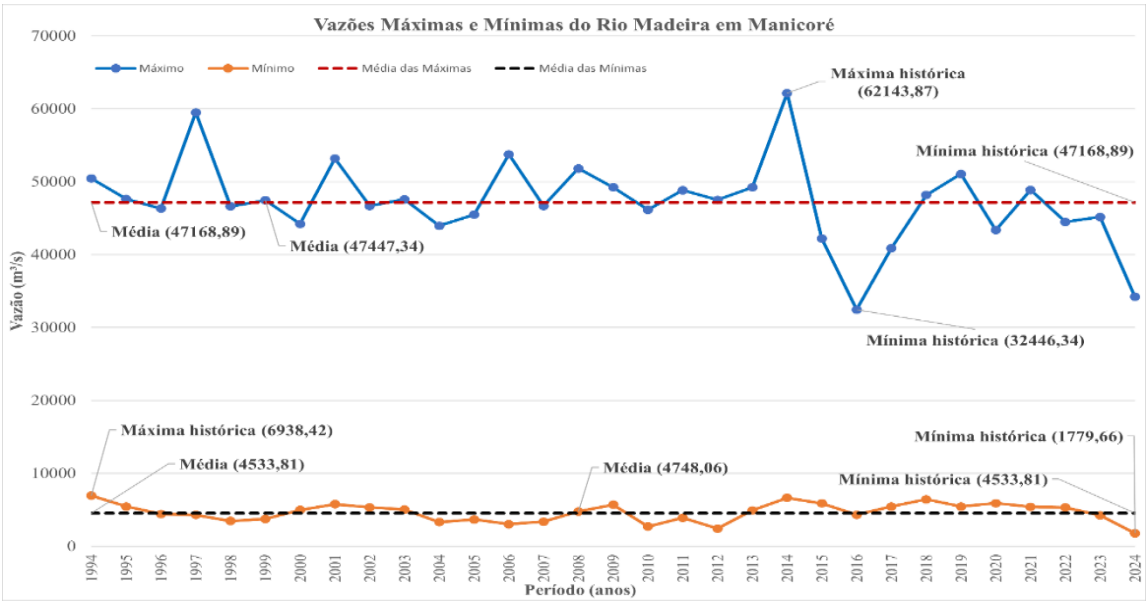


Figura 3 – Vazões máximas e mínimas anuais médias do Rio Madeira em Manicoré (1994-2024)

A Figura 4 apresenta a curva de permanência das vazões para o período de trinta anos (1994

– 2024). Com base no contexto legal do Estado do Amazonas, especialmente na Lei Estadual nº 2.712/2001, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, no estado do Amazonas a vazão de referência para fins de outorga é definida a partir de estudos hidrológicos que consideram as vazões de permanência, especialmente a Q95, por representar uma condição conservadora de disponibilidade hídrica e garantir a manutenção dos usos múltiplos e das funções ambientais do corpo d'água.

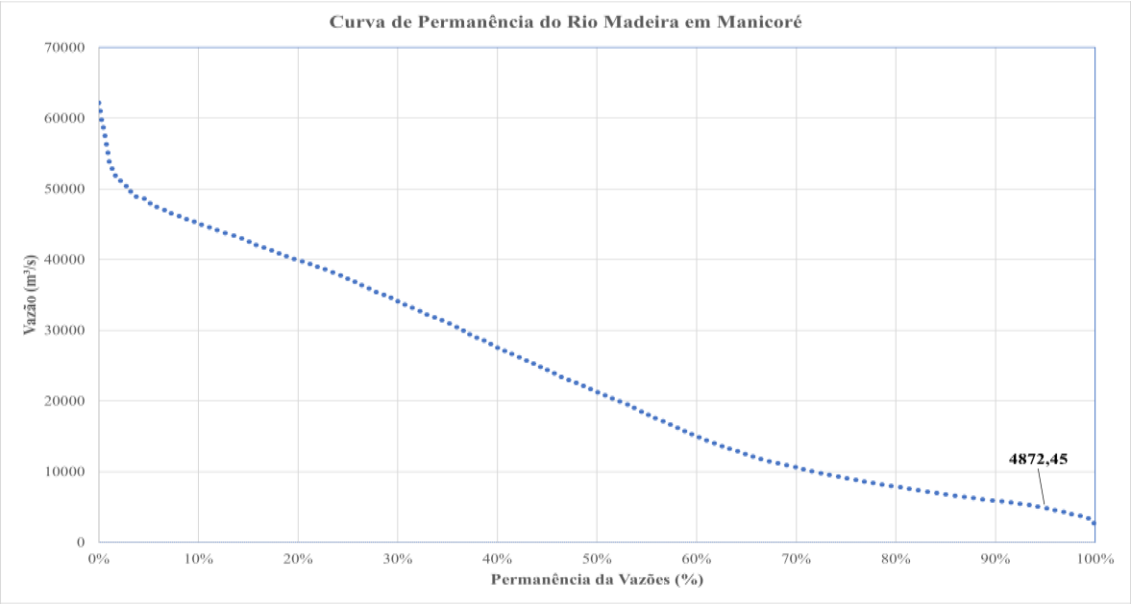


Figura 4 – Curva de permanência do rio Madeira em Manicoré (1994-2024).

CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu caracterizar o regime hidrológico do rio Madeira no município de Manicoré, evidenciando a forte sazonalidade típica dos grandes rios amazônicos, marcada por períodos bem definidos de cheia e estiagem. A análise da série histórica de vazões revelou amplitudes significativas entre os valores máximos e mínimos, refletindo a elevada variabilidade hidrológica da bacia e sua sensibilidade a eventos extremos.

A aplicação das ferramentas gráficas como hidrograma, análise de vazões máximas e mínimas e curva de permanência mostrou-se eficiente para a estimativa da vazão de referência, destacando a Q95 como um parâmetro tecnicamente consistente e conservador para fins de outorga do direito de uso das águas superficiais no contexto do Estado do Amazonas. A vazão Q95 estimada em aproximadamente 4.872 m³/s representa uma condição de segurança hídrica, garantindo a manutenção da vazão remanescente no leito do rio e a preservação dos usos múltiplos e das funções ambientais do sistema fluvial. Assim, os resultados obtidos fornecem subsídios importantes para os órgãos gestores estaduais, em especial o Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM),

contribuindo para o planejamento sustentável e a efetivação dos instrumentos previstos na Política Estadual e Nacional de Recursos Hídricos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), por meio do Convênio CAPES/UNESP nº 951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua e a Universidade do Estado do Amazonas - UEA pelo apoio técnico científico aportado até o momento, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amaparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM). Agradecimentos à ANA pela cessão dos dados hidrológicos distribuídos gratuitamente. Reconhecemos o apoio financeiro da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), por meio dos projetos PARHINTINS e GRHAMA.

REFERÊNCIAS

ADAMY, A. *Dinâmica fluvial do Rio Madeira.* In: SILVA, Ricardo Gilson da Costa (Org.). Porto Velho: cultura, natureza e território. Porto Velho: Temática; Edufro, 2016. p. 120-147.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Nota Técnica nº 1/2023/SRE: Proposta de Declaração de Situação Crítica de Escassez Quantitativa de Recursos Hídricos na Região Hidrográfica do Rio Madeira*. Brasília, DF: ANA, 2023.

MOLINIER, M. *et al. Hidrologia da bacia do rio Amazonas*. Água em Revista, v. 2, n. 3, p. 31–36, 1994.

QUEIROZ, M. M. A. *et al.* Mineralogia e química dos sedimentos de fundo do médio e baixo Madeira e de seus principais tributários: Amazonas - Brasil. *Acta Amazonica*, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 135-148, 2011.