XVIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE
XVIII ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE

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

Flávio Bernardo Silveira[1]; Janaina da Fonseca Barbosa[2]; Rosana Picanço Gato[3]; Rafael Jovito Souza[4]; Luciane Farias Ribas[5]; Joecila Santos da Silva[6]

RESUMO – A outorga do direito de uso das águas superficiais requer critérios técnicos que representem adequadamente a disponibilidade hídrica. Este estudo teve como objetivo estimar a vazão de referência para a outorga no rio Purus, com base na análise do regime hidrológico e na aplicação de métodos estatísticos. Foram utilizados dados de vazão da estação fluviométrica de Lábrea (ANA 13870000), referentes ao período de 1994 a 2024, totalizando 31 anos de dados contínuos. A metodologia incluiu a elaboração do hidrograma médio anual, a análise das vazões máximas e mínimas e a construção da curva de permanência. Os resultados indicaram elevada sazonalidade do escoamento, com períodos bem definidos de cheia e estiagem. A vazão Q95 foi estimada em 872,82 m³/s, sendo adotada como vazão de referência conforme a Resolução CERH nº 01/2016. Conclui-se que esse critério é adequado às características hidrológicas da bacia e fornece subsídios técnicos para a gestão e a concessão de outorgas no rio Purus.

Palavras-Chave: Vazão de referência; Q95; rio Purus.

ABSTRACT – The granting of surface water use rights requires technical criteria that adequately represent water availability. This study aimed to estimate the reference flow for water allocation in the Purus River based on the analysis of the hydrological regime and the application of statistical methods. Discharge data from the Lábrea gauging station (ANA 13870000), covering the period from 1994 to 2024 and totaling 31 years of continuous records, were used. The methodology included the construction of the mean annual hydrograph, the analysis of annual maximum and minimum flows, and the flow duration curve. The results indicated a high seasonal variability of streamflow, with well-defined flood and low-flow periods. The Q95 flow was estimated at 872.82 m³/s and adopted as the reference flow in accordance with Resolution CERH No. 01/2016 of the State of Amazonas. It is concluded that this criterion is suitable for the hydrological characteristics of the basin and provides technical support for water resources management and water allocation in the Purus River.

Keywords: Reference flow; Q95; Purus River.

[1] Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Centro de Estudos Superiores de Parintins (CESP/UEA), Estrada Odovaldo Novo, nº 3578, Bairro Djard Vieira, CEP 69152-470, Parintins, Amazonas, Brasil. Fone: (+55 92) 99436-4576. E-mail: fbs.mgr25@uea.edu.br.
[2] Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Centro de Estudos Superiores de Parintins (CESP/UEA), Estrada Odovaldo Novo, nº 3578, Bairro Djard Vieira, CEP 69152-470, Parintins, Amazonas, Brasil. Fone: (+55 92) 99521-2719. E-mail: jdfb.mgr25@uea.edu.br.
[3] Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Centro de Estudos Superiores de Parintins (CESP/UEA), Estrada Odovaldo Novo, nº 3578, Bairro Djard Vieira, CEP 69152-470, Parintins, Amazonas, Brasil. Fone: (+55 92) 99105-1856. E-mail: rpg.mgr24@uea.edu.br.
[4] Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Centro de Estudos Superiores de Parintins (CESP/UEA), Estrada Odovaldo Novo, nº 3578, Bairro Djard Vieira, CEP 69152-470, Parintins, Amazonas, Brasil. Fone: (+55 97) 99433-5554. E-mail: rjovito@uea.edu.br.
[5] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), Avenida Sete de Setembro, nº 1975, Centro, CEP 69020-120, Manaus, Amazonas, Brasil. Fone: (+55 92) 99262-2285. E-mail: luciane.ribas@ifam.edu.br.
[6] Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Escola Normal Superior (ENS/UEA), Avenida Djalma Batista, nº 2470, Bairro Chapada, CEP 69050-030, Manaus, Amazonas, Brasil. Fone: (+55 92) 98120-8998. E-mail: jsdsilva@uea.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) estabelece a água como bem público e prioriza o abastecimento humano em situações de escassez. Nesse contexto, a outorga é um instrumento essencial para controlar o uso da água e garantir sua disponibilidade de forma sustentável. (ANA, 2020; ANA, 2022).

Para embasar tecnicamente esse procedimento, emprega-se a vazão de referência como critério essencial para determinar o volume máximo que pode ser concedido, sendo que essa vazão é, na maioria das vezes, calculada a partir de dados estatísticos de permanência, como a Q90 e a Q95, ou de mínimas históricas em períodos críticos de estiagem, como a Q7,10 (Santos, 2015; Oliveira; Gonçalves, 2022).

Conforme indica (Macedo; Stinghen; Mannich, 2024), a estimativa da vazão de referência apresenta limitações, pois a adoção de um único valor anual pode não representar adequadamente a variabilidade hidrológica e a sazonalidade da bacia. Isso pode resultar em superestimação da disponibilidade hídrica durante períodos de estiagem ou em restrições excessivas ao uso da água em épocas de maior vazão.

Outro ponto é que a definição do critério estatístico impacta diretamente sobre o volume que pode ser concedido e o quanto um curso d'água fica comprometido, o que torna essencial realizar uma análise cuidadosa do método que se escolhe (Menegon, 2022).

Na bacia do rio Purus, a grande extensão territorial, a diversidade hidrológica e a limitada rede de monitoramento intensificam os desafios da gestão hídrica. Além disso, a ocorrência crescente de eventos extremos e períodos de baixa vazão evidencia a necessidade de critérios de outorga mais sensíveis às variações sazonais, uma vez que o uso de uma única vazão de referência pode comprometer a eficácia da gestão e aumentar conflitos entre usuários da água. (Coutinho et al., 2020; ANA, 2023).

Diante da importância estratégica da bacia do rio Purus, a realização de estudos para estimar a vazão de referência é fundamental para aprimorar o processo de outorga. A adoção de metodologias adequadas às características hidrológicas da região contribui para decisões mais seguras, transparentes e alinhadas aos princípios da gestão sustentável dos recursos hídricos. (ANA, 2022; Menegon, 2022).

Assim, o propósito desta pesquisa consiste em determinar a vazão de referência para a concessão do direito de uso das águas superficiais do rio Purus, analisando critérios estatísticos que podem ser utilizados e sua adequação às particularidades hidrológicas da bacia, com o intuito de fornecer suporte técnico para a melhoria na gestão e alocação dos recursos hídricos na área.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O rio Purus (Figura1) é um dos principais afluentes do rio Solimões, com aproximadamente 2.770 km de extensão, drenando uma área de cerca de 370.100 km². Cerca de 73% da sua bacia está localizada no estado do Amazonas, 21% no Acre, 5,5% no Peru e 0,5% na Bolívia. Sua nascente fica no Peru, em uma altitude próxima de 500 metros, desaguando no Solimões a cerca de 200 km de Manaus. (Santos, 2015)

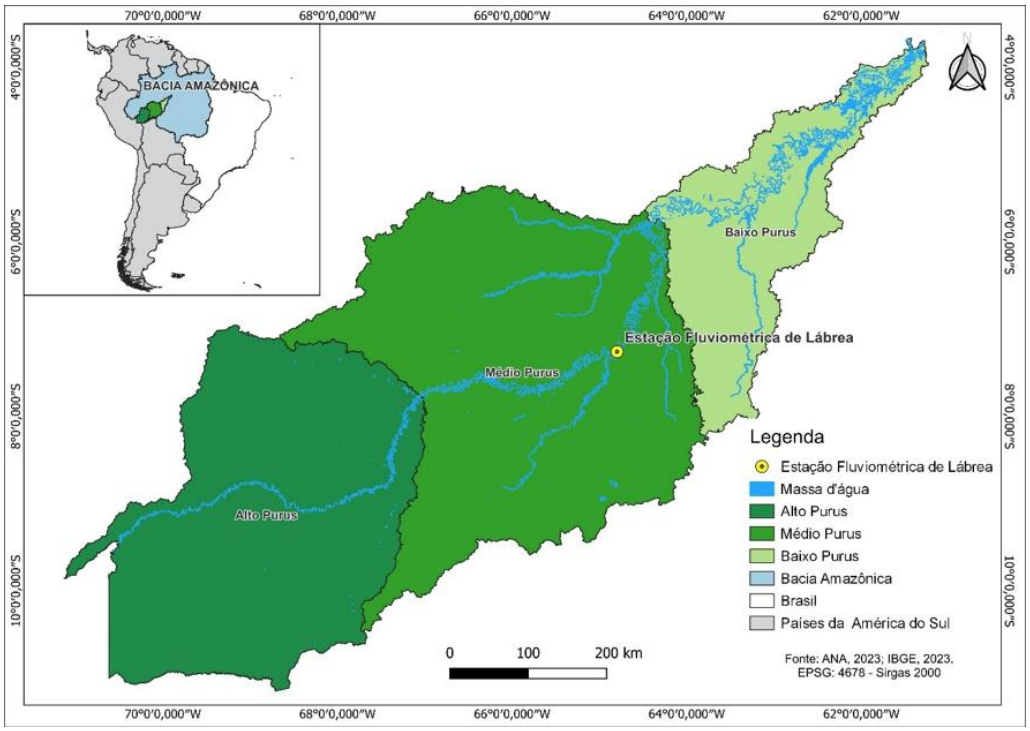


Figura 1. Área de estudo rio Purus.

2.1.1 Características hidrológicas e morfológicas

O rio Purus é classificado como um rio de água branca, de padrão meândrico, apresentando águas barrentas ricas em sedimentos andinos, o que confere alta turbidez à água (Rios-Villamizar; Junior; Waichman, 2011; Brandão et al., 2010).

Possui um canal bastante sinuoso e quatro afluentes principais na porção acreana da bacia., sendo eles rio Acre, rio Iaco (ou Yaco), rio Chandless e rio Ituxi.

O Purus corta áreas de aluviões holocênicos, que são ricos em nutrientes devido à influência de sedimentos subandinos.

O clima na região é marcado por dois períodos distintos: chuvoso e seco.

2.1.2 Propriedades geoambientais

A bacia do rio Purus é composta predominantemente por formações sedimentares da Formação Solimões e apresenta solos eutróficos, ricos em nutrientes, especialmente nas áreas de várzea, favorecendo a manutenção da qualidade ambiental e dos recursos hídricos. (Silva et al., 2023).

2.1.3 Aspectos de manejo e monitoramento

O transporte de sedimentos no rio Purus pode ser monitorado por sensoriamento remoto, cujas propriedades ópticas refletem a quantidade e o tipo de sedimentos presentes na água. Além disso, a análise geomorfológica da bacia fornece subsídios importantes para o planejamento e a gestão dos recursos naturais da região. (Santos, 2015).

2.2 Dados

Foram utilizados dados de vazão da estação Lábrea (código 13870000), obtidos no Portal HidroWeb da ANA. A estação foi selecionada por possuir uma série histórica contínua e consistente, abrangendo o período de 1994 a 2024, com 31 anos de registros hidrológicos.

2.3 Métodos

A partir dos dados de vazão disponíveis na 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 desses procedimentos foi utilizado o software Excel (ref. 16.0.14334.20402 64 bits), desenvolvido pela Microsoft, na organização dos dados e geração dos gráficos.

2.3.1 Hidrograma

O gráfico foi obtido a partir da ordenação, no Excel, dos dados de vazão de forma que cada coluna representasse um ano e cada linha dessa coluna, um dia. Desse modo, uma matriz de 366 linhas (considerando o dia 29/fev) e Na (número de anos) colunas foi formada. De cada linha foi obtido o valor médio, representando, assim, a vazão média daquele dia considerando todos os anos registrados, conforme equação 1, de Montgomery e Runger (2003).

$$q_{md} = \frac{\sum qd}{n_{rd}} \qquad (1)$$

Onde: q_{md}: Vazão média diária (m3/s); q_d: Vazão diária (m3/s); e n_{rd}: Número de registros do dia.

O gráfico foi elaborado colocando no eixo das abscissas os dias equivalentes ao período de um ano inteiro, do dia 01/jan ao dia 31/dez. No eixo das ordenadas foram distribuídas as vazões médias diárias considerando todos os anos.

2.3.2 Vazões máximas e mínimas

Utilizando a mesma organização dos dados para o hidrograma, a obtenção dos valores máximos e mínimos, foi feita a partir dos dados de cada ano, separadamente, dos quais foram extraídos os valores máximos e mínimos anuais e, para fins de otimização do potencial de análise, foram inseridas as linhas representativas da média de cada grupo (média das máximas e média das mínimas).

Onde:

$\bar{q}máx$: vazão anual máxima [m³/s];

$\bar{q}mín$: vazão anual mínima [m³/s];

O gráfico foi elaborado colocando no eixo das abscissas os anos equivalentes ao período estudado. No eixo das ordenadas foram distribuídas as vazões máximas e mínimas considerando todos os anos.

2.3.3 Curva de permanência

A elaboração dessa curva ocorreu, inicialmente, a partir da organização dos dados de vazão. Para a definição das classes, adotou-se as equações 2, de Montgomery e Runger (2003).

$$A = q_{max} - q_{min} \quad (2)$$

Onde: A: Amplitude das classes; qmax: Vazão máxima registrada (m3/s); e qmin: Vazão mínima registrada (m3/s).

Em seguida, com auxílio do software Excel, ordenou-se as vazões de forma crescente, e atribuiu-se, a cada vazão, uma posição correspondente à sua posição na sequência, sendo 1 para a menor vazão registrada e nr para a maior vazão do conjunto. Desse modo, calculou-se a frequência acumulada de cada vazão segundo as equações 3 e 4, de Montgomery e Runger (2003).

$$f = \frac{N_o}{n_r} \quad (3)$$

$$f_{acum} = f + f_a \quad (4)$$

Por fim, procedeu-se à determinação da permanência das vazões, conforme equação 5, de Montgomery e Runger (2003).

$$P = 1 - f_{acum} \quad (5)$$

Onde: f: frequência de ocorrência da vazão; nr: número de registros das vazões; No: número de ocorrências da vazão; fa: frequência da vazão analisada; $facum$: frequência acumulada; e P: permanência da vazão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do regime hidrológico

No hidrograma obtido observam-se dois períodos hidrológicos bem definidos ao longo do ano, evidenciando as características de sazonalidade do rio Purus, na estação de Lábrea. O período de inundação desenvolve-se ao longo de vários meses e permanece na sua superfície máxima durante alguns dias, resultando num hidrograma modal assimétrico. Este apresenta uma ascensão lenta e uma recessão acelerada. (Silva, Marcel Barros da; Silva, Demetrius David da; Moreira, 2015)

O período de inundação ocorre entre os meses de novembro a abril, onde a vazão máxima é de 11.409,73 m³/s, ocorrendo no mês de abril; durante o período de estiagem, que ocorre entre os meses de julho a outubro, a vazão mínima é de 984,25 m³/s que é indicado no hidrograma no mês de outubro.

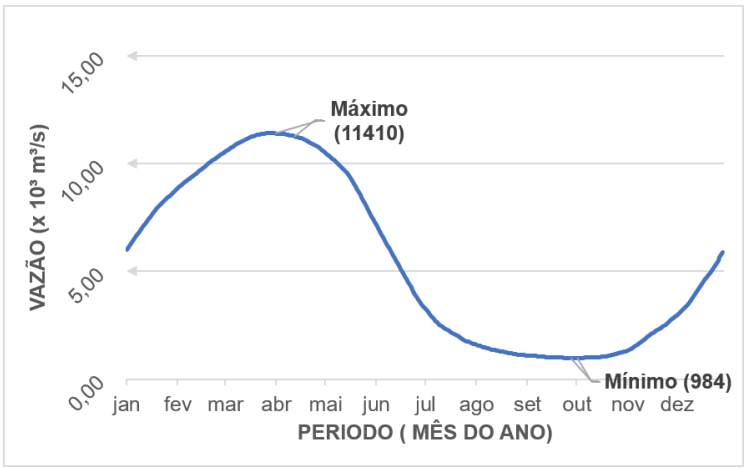


Figura 2. Hidrograma de vazões do rio Purus, em Lábrea (1994-2024).

Os resultados obtidos da estimativa da vazão de referência no rio Purus sublinham a relevância do regime de vazões como um elemento crucial na gestão dos recursos hídricos da bacia. A constatação das vazões estimadas evidencia que a alta variabilidade sazonal do escoamento impacta diretamente na disponibilidade hídrica ao longo do ano, determinando o volume que pode ser outorgado e a segurança dos diversos usos da água. (Santos, João Victor Maciel dos; Alves, 2025)

Esse resultado indica que decisões de gerenciamento baseadas em valores isolados de vazão podem não ser as mais adequadas para representar as condições críticas de baixa vazão, especialmente durante os períodos de estiagem, quando a pressão sobre o recurso hídrico é geralmente maior.

Nessa perspectiva, a análise dos resultados considerando o comportamento hidrológico do rio Purus indica que a vazão não pode ser vista unicamente como um dado técnico isolado, mas sim como um indicador integrado da capacidade da bacia para suportar múltiplos usos, manter processos ecológicos e minimizar conflitos entre usuários, alinhando-se às recomendações mais recentes da literatura e às diretrizes institucionais de gestão (ANA, 2022; Coutinho et al., 2020).

3.2 Vazões máximas e mínimas

A Figura 3 apresenta a variação dos eventos de máximas e mínimas anuais que foram analisados a partir da série histórica de 1994-2024, equivalente a 31 anos.

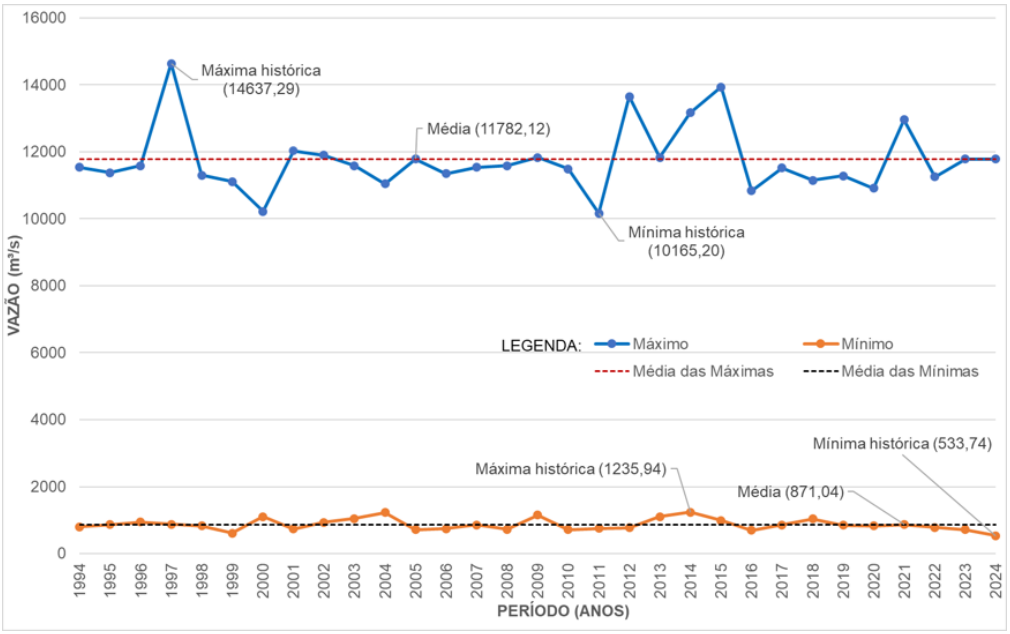


Figura 3. Vazões máximas e mínimas anuais do rio Purus (1994-2024).

A análise das vazões máximas e mínimas anuais do rio Purus evidencia a grande variabilidade hidrológica da bacia ao longo do período de 1994 a 2024. Foram registrados extremos de 14.637,29 m³/s para a vazão máxima, em 1997, e de 533,74 m³/s para a vazão mínima, em 2024, demonstrando os contrastes entre os períodos de cheia e estiagem.

Essas informações são fundamentais para a gestão dos recursos hídricos, pois as vazões máximas subsidiam ações de prevenção e mitigação de inundações, enquanto as vazões mínimas servem de referência para a avaliação da disponibilidade hídrica e para a definição de critérios de outorga. Dessa forma, a análise conjunta desses indicadores contribui para uma gestão mais eficiente e sustentável do rio Purus, considerando os riscos associados aos eventos extremos e a necessidade de preservação dos usos prioritários da água e dos ecossistemas aquáticos.

3.3 Vazão outorgável no rio Purus

A curva de permanência das vazões do rio Purus, referente ao período de 1994 a 2024, permitiu determinar a vazão de referência Q95 em 872,82 m³/s, conforme os critérios estabelecidos pela Resolução CERH nº 01/2016 do Estado do Amazonas. Essa vazão é utilizada como parâmetro técnico para a análise da disponibilidade hídrica e para a concessão de outorgas de uso da água. A legislação determina que o volume total outorgado não pode ultrapassar 75% da Q95, sendo que a emissão de novas outorgas deve ser restringida quando o comprometimento atingir 70% desse valor, garantindo a preservação do regime hidrológico e dos usos prioritários do recurso hídrico.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo determinar a vazão de referência para a concessão do direito de uso das águas superficiais do rio Purus, utilizando análises hidrológicas e critérios estatísticos em conformidade com a legislação do Estado do Amazonas. A partir de uma extensa série histórica de dados, verificou-se que o rio apresenta forte sazonalidade, com períodos de cheia entre novembro e abril e estiagem entre julho e outubro.

A análise das vazões máximas e mínimas evidenciou a ocorrência de extremos hidrológicos relevantes para o planejamento de inundações e para a gestão da disponibilidade hídrica em períodos de seca. Com base na curva de permanência das vazões, a Q95 foi definida como a vazão de referência adequada para a outorga, conforme a Resolução CERH nº 01/2016.

Os resultados demonstram a importância de utilizar parâmetros técnicos fundamentados em dados históricos para garantir a segurança hídrica, a conservação ambiental e a compatibilização dos diferentes usos da água. Além disso, conclui-se que a vazão de referência deve ser entendida como um indicador dinâmico, sendo recomendadas análises futuras que considerem a variabilidade climática e o aprimoramento do monitoramento hidrológico da bacia do rio Purus.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), por meio do Convênio CAPES/UNESP nº 951420/2023. Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua pelo suporte técnico-científico ao desenvolvimento desta pesquisa. Reconhecemos ainda o apoio financeiro da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), por meio dos projetos PARHINTINS e GRHAMA.

REFERÊNCIAS

AMAZONAS. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Resolução CERH nº 01, de 19 de julho de 2016. Estabelece critérios técnicos a serem utilizados pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) para o processo de análise de pedido de outorga do direito de uso de recursos hídricos de domínio do Estado do Amazonas. **Diário Oficial do Estado do Amazonas**, Manaus, ano 123, 2 ago. 2016. Disponível em: https://www.ipaam.am.gov.br. Acesso em: 14 dez. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020**: informe anual. Brasília, DF: ANA, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/ana. Acesso em: 14 dez. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília, DF: ANA, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/ana. Acesso em: 14 dez. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023**: regiões hidrográficas brasileiras. Brasília, DF: ANA, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/ana. Acesso em: 14 dez. 2025.

BRANDÃO, P. C. et al. Caracterização de geoambientes da Floresta Nacional do Purus, Amazônia Ocidental: uma contribuição ao plano de manejo. **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p. 115-126, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rarv/a/vWCkW7c8XDMbVmqSqKZWNft/?lang=pt. Acesso em: 1 dez. 2025.

COUTINHO, E. de C. et al. Variabilidade do regime hidrológico da Bacia Amazônica. **Boletim de Geografia**, v. 37, n. 2, p. 129-147, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v37i2.38424. Acesso em: 12 dez. 2025.

MACEDO, A. S. A. D. D.; STINGHEN, C. M.; MANNICH, M. Vazões de referência sazonal e sua aplicação na outorga de recursos hídricos. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 21, e21, 2024. Disponível em: doi.org. Acesso em: 10 dez. 2025.

MENEGON, Isadora. **Manual para estimativa de vazões de referência aplicado à outorga de uso da água**. 2022. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Hídrica) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/252954. Acesso em: 17 dez. 2025.

MONTGOMERY, D. C. e RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003 (2a Edição).

OLIVEIRA, T. C. C.; GONÇALVES, F. A. Tamanho ideal de séries históricas de vazões mínimas anuais e suas aplicações em estudos hidrológicos: estudo de caso nas regiões hidrográficas Paraná e São Francisco. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 4, p. 805-816, 2022. Disponível em: https://www.scielo.br/j/esa/a/GxZf9MKXxYmdpDx7tBZDjnq/?lang=pt. Acesso em: 11 dez. 2025.

RIOS-VILLAMIZAR, E. A.; JUNIOR, A. F. M.; WAICHMAN, A. V. Caracterização físico-química das águas e desmatamento na Bacia do Rio Purus, Amazônia Brasileira Ocidental. **Revista Geografia Acadêmica**, v. 5, n. 2, p. 54–65, 2011. Disponível em: https://biblat.unam.mx/hevila/Revistageograficaacademica/2011/vol5/no2/5.pdf. Acesso em: 17 dez. 2025.

SANTOS, J. V. M. dos; ALVES, M. P. **A utilização da curva de permanência de vazões como ferramenta para a gestão sustentável dos recursos hídricos**. 2025. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Teresina, 2025. Disponível em: http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/4335/1/2025_tcc_jvmsantos.pdf. Acesso em: 14 dez. 2025.

SANTOS, A. L. M. R. dos. **Variabilidade no aporte de sedimentos do rio Purus**: avaliação por sensores remotos e aspectos observacionais. 2015. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Natureza e Cultura, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/4810. Acesso em: 9 dez. 2025.

SILVA, M. B. da; SILVA, D. D. da; MOREIRA, M. C. Influência da sazonalidade das vazões nos critérios de outorga de uso da água: estudo de caso da Bacia do Rio Paraopeba. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 3, p. 623-634, 2015. Disponível em: ambi-agua.net. Acesso em: 11 dez. 2025.

SILVA, G. do N. e et al. Caracterização morfológica do alto curso da Bacia Hidrográfica do Rio Purus na porção acreana: uma abordagem para a gestão dos recursos hídricos. In: **Innovate**: engenharia sanitária e ambiental. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2023. p. 8–22. DOI: DOI:10.22533/at.ed.4482315052.