



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA,
INOVAÇÃO E TECNOLOGIA PARA A AMAZÔNIA –
CITA



DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO RIO ACRE PARA FINS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

DANIELA SILVA TAMWING

RIO BRANCO, AC
Junho / 2022

DANIELA SILVA TAMWING

**DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO RIO ACRE PARA FINS
DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia, da Universidade Federal do Acre, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências e Inovação Tecnológica**.

Orientador: José Genivaldo do Vale Moreira

Co-orientador: Rodrigo Otávio Peréa Serrano

RIO BRANCO, AC
Junho / 2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, INOVAÇÃO E
TECNOLOGIA PARA A AMAZÔNIA – CITA

DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO RIO ACRE PARA FINS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA

DANIELA SILVA TAMWING

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 26 de julho de 2022.

Dr. José Genivaldo do Vale Moreira
Universidade Federal do Acre

Dr. Marconi Gomes de Oliveira
Universidade Federal do Acre

Dr. Alexandre de Oliveira Franco
Universidade Federal do Acre

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

- T159d Tamwing, Daniela Silva, 1990 -
Disponibilidade hídrica no Rio Acre para fins de abastecimento de água / Daniela Silva Tamwing; orientador: Prof. Dr. Rodrigo Otávio Peréa Serrano e coorientador Dr. José Genivaldo do Vale Moreira e coorientador: Rodrigo Otávio Peréa Serrano. – 2022.
110 f.: il.; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia, Rio Branco, 2022.
- Inclui referências bibliográficas, apêndice e anexo.
1. Oferta hídrica. 2. Vazões de referência. 3. Abastecimento público de água. I. Moreira, José Genivaldo do Vale (orientador). II. Serrano, Rodrigo Otávio Peréa (coorientador). III. Título.

Dedico esta dissertação a Deus que é o autor da minha vida, e a minha filha, Laurinha, que nasceu durante minha formação e é fonte de todas minhas inspirações.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que me conduziu até aqui, me dando oportunidade de trilhar esse caminho juntamente com pessoas tão importantes que tornaram possível a conclusão deste mestrado. Por que dele (Deus), por ele e para ele são todas as coisas, e sempre a Ele será toda honra e glória da minha vida!

Agradeço a minha família por todo amor e apoio dedicados a mim, em especial a minha mãe que sempre investiu na minha educação e me incentivou a dar voos mais altos, e também ao meu marido que compartilha comigo todos esses momentos tão importantes, me encorajando, motivando e me auxiliando em tudo que for preciso.

Grata pela vida da minha filha Laurinha, que desde a barriga assistiu as aulas comigo e que com a sua chegada me motivou ainda mais a buscar melhorar em todos os âmbitos da minha vida, no qual também inclui a busca pelo conhecimento e o crescimento profissional. Aqui também registro toda minha gratidão pelo apoio da mãe e meu marido que demonstraram todo amor, paciência e cuidado comigo durante o puerpério, que também coincidiu com a finalização das disciplinas e entrega do projeto de pesquisa.

Não poderia deixar de demonstrar minha imensa gratidão pelo meu orientador Prof. Dr. José Genivaldo, que teve um papel fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa, um profissional de extrema competência, um professor com uma dedicação admirável e uma pessoa extremamente generosa que acredita e motiva a todos a sua volta. Professor muito obrigada pela sua paciência, zelo e incentivo, tenho certeza que levarei seus ensinamentos para vida.

Agradeço ao grupo de pesquisa de Recurso Hídricos do CITA, na pessoa do meu co-orientador Rodrigo Peréa e a Engenheira Civil Carolina Accorsi que estiveram juntos comigo compartilhando ideias, dados e conhecimento.

Meu muito obrigada ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para Amazônia da Universidade Federal do Acre e a todos os professores e servidores que tornaram possível a conclusão deste Mestrado.

Minha gratidão ao Secretaria de Estado de Infraestrutura e ao Saneacre que permitiram que eu pudesse me dedicar ao Mestrado.

Por fim, agradeço a todos os amigos e familiares que de alguma forma contribuíram para que pudesse chegar até aqui.

“A persistência é o menor caminho do êxito”. (Charles Chaplin)

RESUMO

O aumento dos cenários de escassez hídrica a nível mundial e nacional provocados por intensos processos de urbanização desordenada e consequente aumento do consumo dos recursos hídricos, evidenciam a importância do conhecimento da disponibilidade hídrica para o aproveitamento dos recursos hídricos. No Acre, em especial na sua capital, os problemas causados pela característica de sazonalidade da Bacia do Rio Acre, onde no período chuvoso tem ocorrência de alagamentos e enchentes e no período de seca desabastecimento de água para população, justificou o estudo desta pesquisa que tem como objetivo geral estudar a disponibilidade hídrica do rio Acre para fins de abastecimento na cidade de Rio Branco. Nesse sentido, através da análise do regime fluvial do Rio Acre, da estimativa das vazões de referência e mínimas a partir de modelagens estatísticas das séries históricas das vazões de cinco estações fluviométricas na ANA e da estimativa de demanda para fins de abastecimento da população urbana e total dos municípios de Rio Branco, Xapuri, Assis Brasil e Brasileia no de 2022 e projeções até 2042, foi possível concluir que o Rio Acre tem disponibilidade hídrica, no quesito quantitativo para atender as demandas de abastecimento público de água. Com os resultados das vazões mínimas e uso de critérios de outorgas utilizados em outros estados, verificou-se que mesmo no cenário mais rígido utilizando $50\%Q_{7,10}$, a oferta hídrica é suficiente para atender a demanda de abastecimento público total de todos os municípios, mesmo no horizonte de 20 anos.

Palavras-chave: Oferta hídrica, Vazões de referência, Abastecimento público de água.

ABSTRACT

The increase in water scarcity scenarios worldwide and nationally, caused by intense processes of disordered urbanization and consequent increase in the consumption of water resources, highlights the importance of knowledge of water availability for the use of these resources. In Acre, especially in its capital, the problems caused by the seasonality of the Acre River basin, where the occurrence of flooding and flooding in the rainy season and lack of water for the population in the dry season, justified the study of this research. whose general objective is to analyze the water availability of the Acre River for supply purposes in the city of Rio Branco. In this sense, through the analysis of the fluvial regime of the Acre River, the estimation of reference and minimum flows from statistical modeling of the historical series of flows of five fluviometric stations managed by ANA and the estimate of demand for the purpose of supplying the urban population and total of the municipalities of Rio Branco, Xapuri, Assis Brasil and Brasileia in 2022, in addition to projections until 2042, it was possible to conclude that the Acre River has water availability, in the quantitative aspect to meet the demands of public water supply. With the results of minimum flows and the use of grant criteria used in other states, it was found that even in the strictest scenario using $50\%Q_{7,10}$, the water supply is sufficient to meet the total public supply demand of all municipalities, even within 20 years.

Keywords: Water supply, reference flows, public water supply.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Acre.	26
Figura 2 - Gráficos das vazões mensais máximas e médias Estações Fluviométricas... 29	29
Figura 3- Fluviogramas das vazões mensais mínimas das Estações Fluviométricas	30
Figura 4 - Fluviogramas das vazões anuais médias e mínimas das Estações Fluviométricas	32
Figura 5 – Fluviograma com as vazões médias dos anos (2012 e 2015) com ocorrências extremas (cheias e secas) no município de Rio Branco.....	34
Figura 6 - Fluviograma das vazões mínimas nos anos de 2005, 2010 e 2016 da Estação Fluviométrica de Rio Branco.....	35
Figura 7 - Delimitação da área de estudo, bacia hidrográfica do rio Acre.....	44
Figura 8 - Curva chave da relação cota-vazão na cidade de Rio Branco, estação 13600002.	47
Figura 9 - Curva chave da relação cota-vazão na cidade de Brasileia, estação 136470000.	48
Figura 10 - Curva chave da relação cota-vazão na cidade de Xapuri, estação 13550000.	48
Figura 11 - Curva chave da relação cota-vazão na cidade de Assis Brasil, estação 13450000.....	49
Figura 12 - Curva chave da relação cota-vazão na cidade de Boca do Acre, estação 13650000.....	50
Figura 13- Curva chave para os períodos de 1967-1980, 1981-2000, e 2001-2020 da estação fluviométrica, localizada em Rio Branco, Acre.....	52
Figura 14 - Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Acre.....	63
Figura 15 - Gráfico comparativo das curvas de permanência a partir dos dados das cinco estações fluviométricas estudadas ao longo do Rio Acre.....	68
Figura 16- Localização das captações outorgadas pelo estado e pela ANA para fins de abastecimento.	71
Figura 17 - Captação da Estação de Tratamento 1 mostrando duas formas de captação de água do Rio Acre	75
Figura 18 - Captação da Estação de Tratamento 2. a) Captação através de bombas flutuantes. b) Torre de tomada para captação desativada.....	76
Figura 19 - Comparativo da demanda para abastecimento público de água em 2022, 2032 e 2042 para população total dos municípios em relação a vazões de referências e mínimas encontradas.	77
Figura 20 - Comparativo da demanda para abastecimento público de água em 2022, 2032 e 2042 para população urbana dos municípios em relação a vazões de referências e mínimas encontradas.	77
Figura 21 - Curva de Permanência da estação fluviométrica Rio Branco (13600002)..	78

Figura 22 - Curvas de permanência da estação fluviométrica de Rio Branco, considerando a sazonalidade.....	79
Figura 23 - Comparativo das curvas de permanências da estação fluviométrica 13600002 de Rio Branco, dividindo a série histórica toda em períodos de 10 em 10 anos.	81
Figura 24 - Fotos do trecho do Rio Acre no município de Rio Branco durante cheia em 2015 e seca 2016.	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados das Estações Fluviométricas na Bacia do Rio Acre	27
Tabela 2 - Variação entre os valores de vazões médias, mínimas e máximas mensais da Estação Fluviométrica de Rio Branco, no período de 1967 a 2020.	31
Tabela 3 - Meses com menor disponibilidade hídrica das estações fluviométricas analisadas.....	34
Tabela 4 - Dados das Estações Fluviométricas na bacia hidrográfica do rio Acre	44
Tabela 5- Equações das curvas-chaves do tipo potencial.....	50
Tabela 6 - Equações das curvas-chaves do tipo polinomial	50
Tabela 7 - Equações da curva chave por período	53
Tabela 8 - Estimativa da vazão a partir da curva chave para a rio Acre, na cidade de Rio Branco.....	54
Tabela 9 - Especificações das Estações Fluviométricas na Bacia do Rio Acre	63
Tabela 10 - Estimativa da População Total dos municípios de Rio Branco, Xapuri, Brasileia e Assis Brasil	66
Tabela 11 - Estimativa da População Urbana dos municípios de Rio Branco, Xapuri, Brasileia e Assis Brasil	66
Tabela 12 - Média dos indicadores de perdas na distribuição segundo a série histórica do SNIS de 2010 a 2020, nos municípios de Rio Branco, Xapuri, Brasileia e Assis Brasil	67
Tabela 13 - Valores das vazões mínimas encontradas da série histórica toda das vazões diárias das cinco estações fluviométricas estudadas.....	69
Tabela 14 - Critérios adotados para outorga de captação de águas superficiais.....	71
Tabela 15 - Comparação das vazões mínimas apresentadas no PLERH, os resultados da pesquisa e critério de 50%Q _{7,10}	72
Tabela 16 - Demandas para abastecimento público da população total dos municípios de Rio Branco, Xapuri, Brasileia e Assis Brasil.....	73
Tabela 17 - Demandas para abastecimento público da população urbana dos municípios de Rio Branco, Xapuri, Brasileia e Assis Brasil.....	73
Tabela 18 - Vazões mínimas encontradas para os municípios do estado do Acre frente as demandas de abastecimentos dos respectivos municípios.....	74
Tabela 19 - Valores das vazões mínimas Q ₉₀ e Q ₉₅ , a partir dos dados da estação fluviométrica 13600002, considerando a sazonalidade.....	80
Tabela 20 - Vazões mínimas Q ₉₀ e Q ₉₅ estimadas a partir das curvas de permanência, analisando toda a série histórica em períodos de 10 em 10 anos.	81
Tabela 21 - Vazões mínimas Q ₉₀ e Q ₉₅ estimadas a partir das curvas de permanência, analisando o período seco da série histórica (julho, agosto, setembro e outubro) em períodos de 10 em 10 anos.	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGEAC – Agência Reguladora de Serviços Públicos do Acre

ANA – Agência Nacional de Água e Saneamento Básico

CPMR – Serviço Geológico do Brasil

ETA – Estação de Tratamento de Água

hab – Habitante

HGE – Hidrologia de Grande Escala

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

l – Litro

m³/s – Metros cúbicos por segundo

ONU – Organização das Nações Unidas

PLERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos

PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos

Q₉₀ – Vazão mínima existente no curso d'água em 90% do tempo

Q₉₅ – Vazão mínima existente no curso d'água em 95% do tempo

Q_{7,10} – Vazão mínima de 7 dias consecutivos com tempo de retorno de 10 anos

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	16
CAPÍTULO I – CARACTERIZAÇÃO DO REGIME FLUVIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ACRE.....	22
RESUMO	23
INTRODUÇÃO.....	24
METODOLOGIA.....	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
AGRADECIMENTOS	37
REFERÊNCIAS	37
CAPÍTULO II – RELAÇÃO COTA-VAZÃO E AJUSTE DA CURVA CHAVE: ESTUDO DE CASO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ACRE, BRASIL	40
RESUMO	41
ABSTRACT	41
INTRODUÇÃO.....	42
METODOLOGIA.....	43
RESULTADOS	47
DISCUSSÕES	51
CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS	55
CAPÍTULO III – ESTIMATIVA DE VAZÕES MÍNIMAS E DE REFERÊNCIA NA BACIA DO RIO ACRE, BRASIL	58
RESUMO	59
ABSTRACT	59
INTRODUÇÃO.....	60
METODOLOGIA.....	62
RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
Vazões mínimas e de referência	67
Considerações sobre Plano Estadual de Recursos Hídricos	69
Oferta hídrica x demanda para fins de abastecimento	73
Análise das vazões mínimas e de referência em Rio Branco	78
CONSIDERAÇÕES FINAIS	83

REFERÊNCIAS	83
CONCLUSÕES GERAIS	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
ANEXO I – Artigo publicado na Research, Society and Development	91
ANEXO II – Aceitação do Artigo apresentado no Capítulo II, na Revista Ibero- americana de Ciências Ambiental	105
ADENDO 1 – Série histórica de dados do SNIS para os municípios de Rio Branco, Assis Brasil, Xapuri e Brasileia	108

INTRODUÇÃO GERAL

A água é um elemento essencial e indispensável para manutenção da vida no planeta. Seu valor é notório não somente no tocante à saúde e ao desenvolvimento das atividades humanas, mas também por sua relevância social, ambiental e econômica, pois é matéria-prima para diversos processos industriais, para a agricultura, além das funções de geração de energia e meio de transporte (CARVALHO et al, 2012).

De acordo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2020, o consumo mundial de água aumentou seis vezes nos últimos cem anos e segue crescendo a uma taxa de 1% por ano constantemente, creditando-se ao crescimento populacional, ao desenvolvimento econômico e às mudanças nos diversos usos da água (UNESCO, 2020). Frente ao aumento da demanda dos recursos hídricos, muitos países vivenciam um crescente estresse hídrico, ou seja, uma proporção desequilibrada entre quantidade de água retirada e a quantidade de recursos hídricos renováveis (UNESCO, 2019).

No Brasil, a evolução tecnológica, o crescimento da atividade econômica, além do crescimento populacional estão entre os diversos fatores que impulsionaram o aumento do consumo dos recursos hídricos. A utilização da água sem consciência, adicionada à ausência de planejamento em atividades como agricultura, indústria, pecuária, serviços e consumo humano tem tornando mais difícil o equacionar o abastecimento de água em regiões com uso intenso ou com baixa disponibilidade hídrica (QUEIROZ, 2012).

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA estima um aumento aproximadamente 80% no total retirado de água, no Brasil, nas últimas duas décadas. A previsão é de que, até 2030, a retirada aumente 23% e tal cenário contribui para o aumento do estresse hídrico. Apesar do Brasil possuir uma boa quantidade de água, esse recurso é mal distribuído. Na região Norte, por exemplo, onde se concentra aproximadamente 80% da quantidade de água disponível do país, possui apenas 5% da população brasileira, enquanto as regiões próximas aos Oceano Atlântico, que possuem mais de 45% da população, dispõe de menos de 3% dos recursos hídricos disponíveis (ANA, 2020)

Diante do exposto, torna-se imprescindível o estudo da disponibilidade hídrica, bem como a formulação de planejamento e gestão eficazes da água considerando as demandas atuais e futuras dos recursos hídricos, de modo a garantir que este recurso esteja presente tanto em quantidade e qualidade apropriadas para utilização. Além disso, é

imprescindível que a manutenção do equilíbrio ambiental dos sistemas hídricos, com vistas à conservação de ecossistema fluvial que retroalimenta tais sistemas (VESTENA et al., 2012).

Em atenção a multiplicidade do uso dos recursos hídricos é importante ressaltar a tendência de intensificação dos conflitos existentes nos grandes centros urbanos devido o déficit hídrico, em função de condicionantes naturais e antrópicas, tais como: ocupação desordenada do solo, contaminação, desmatamento, mudanças climáticas, desperdício, aumento de demanda e redução do potencial natural de fornecimento. Dessa forma é fundamental conhecer as disponibilidades hídricas a fim de compatibilizar os usos múltiplos da água e reduzir os riscos de conflitos (GARCIA et al, 2007).

Uma gestão adequada dos recursos hídricos visa primordialmente propiciar o uso sustentável dos recursos hídricos disponíveis, minimizar os conflitos oriundos dos múltiplos da água subsidiando o planejamento de políticas públicas a luz do conhecimento da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica. Destaca-se que a gestão dos recursos hídricos deve ser compartilhada, descentralizada e participativa que concilie os múltiplos interesses e necessidades da sociedade considerando as condicionantes ambientais para manutenção dos recursos hídricos (ANA, 2020).

Atualmente no Brasil, a gestão dos recursos hídricos é fundamentada pela Lei Federal 9.433/1997, intitulada por “Lei das Águas”, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, na qual se estabelece que a gestão da água não deve dissociar aspectos de quantidade e qualidade para atendimento do seu uso múltiplo, usando como unidade territorial a bacia hidrográfica (BRASIL, 1997)

A PNRH é o instrumento de planejamento e gestão dos recursos hídricos, com abrangência nacional e deve considerar a diversidade geográfica e socioeconômica das diferentes regiões do país (BRASIL, 1997). Assim, para a implementação das suas diretrizes são necessárias a gestão integrada e a cobrança pelos diferentes usos, reconhecendo a água como um bem, dotado de valor econômico, visando incentivar a conscientização do uso, a manutenção e a preservação da disponibilidade hídrica.

Os instrumentos da Lei Federal 9.433/1997 que devem garantir o cumprimento dos seus objetivos são: os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos cursos de água, a outorga, a cobrança pelo uso dos recursos e o sistema de informação sobre recursos hídricos.

A outorga foi implantada para assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água (NOVO e HORA, 2019). Desse modo, é um ato administrativo facultado

pelo poder público outorgante, que tem por finalidade a garantia quanto à disponibilidade hídrica, ou seja, a garantia de um saldo hídrico suficiente para atender às emergências ambientais de interesse comum da coletividade (SANTOS et al, 2011).

Em atenção ao planejamento quantitativo dos recursos hídricos é essencial o estudo de duas variáveis são: disponibilidade e demanda. Esta avaliação objetiva verificar a quantidade de água disponível em períodos mais extremos de seca bem como projeções a longo prazo e comparando-a com as demandas oriundas dos múltiplos usos da água e, assim, antecipar-se aos conflitos de forma a minimizá-los ou mesmo evitá-los (SILVA, 2012).

A Lei Federal 9.433/1997 estabelece como usos prioritários, em situações de escassez, o consumo humano e a dessedentação de animais. Nessa perspectiva, tendo como ênfase a demanda dos sistemas públicos de abastecimento de água, essa ocorre em função das variáveis de perdas, desperdícios e consumo efetivo, no entanto como no Brasil não são consolidadas as informações de perdas e desperdícios, utiliza-se para fins de estimativa de demanda a base do consumo médio *per capita*, que é a quantidade de água que um indivíduo usa por dia para satisfazer aos consumos doméstico, comercial, público e industrial (LIBÂNIO, et al, 2010).

A demanda para abastecimento de água para uma população varia de acordo com existência ou não de um sistema de distribuição de água, o clima e cultura da região, podendo o consumo per capita variar, para populações abastecidas com ligação domiciliares de água, entre 100 a 300 l/hab./dia (BRASIL, 2019).

Em relação ao abastecimento público de água potável é importante destacar que a garantia desses serviços é imprescindível à saúde das populações humanas além de proporcionar o aumento da vida produtiva do indivíduo, quer pelo aumento da vida média, quer pela redução do tempo perdido com doença (BRASIL, 2019).

O conhecimento da disponibilidade hídrica é fundamental para o adequado planejamento e uso dos recursos hídricos, sendo avaliado através da análise das vazões mínimas, caracterizadas pela sua duração e frequência de ocorrência, onde é possível estimar a disponibilidade de água o abastecimento de água para população, bem como os demais usos necessários (SILVA NETO, 2011).

A estimativa da disponibilidade hídrica ocorre através da análise de séries históricas de vazões e outras variáveis hidrológicas, em diferentes escalas temporais, complementadas por estudos estatísticos, análise de frequência e outros instrumentos que

tornam possível o conhecimento da distribuição espacial e temporal da água, em termos quantitativos, nas bacias hidrográficas (DE PAULA et al, 2011).

A análise e avaliação da disponibilidade hídrica são basilares para a formulação de políticas públicas com vistas à segurança hídrica a todos os setores, com sustentabilidade econômica e ambiental, tanto em curto como em médio e longo prazo (ANA, 2020).

Além disso, a disponibilidade hídrica é a uma ferramenta fundamental para o estabelecimento de critérios para as decisões sobre a outorga de direito de uso da água, de modo a “assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso” (BRASIL, 1997).

O conhecimento do comportamento temporal e espacial das variáveis hidrológicas de uma bacia hidrográfica bem como as vazões das demandas oriundos os usos da água na região são essenciais para definir estratégias de gestão dos recursos hídricos disponíveis, pois a partir das correlações dessas informações é possível quantificar a oferta hídrica de uma região, bem como identificar os locais onde ocorre ou poderá ocorrer déficit hídrico (DE PAULA et al, 2011; SANTOS et al, 2011).

Considerando essa temática no contexto do estado do Acre (Brasil), o intenso processo de urbanização as margens do Rio Acre e a ocupação desordenada do solo trazem consequências prejudiciais para região uma vez que provoca a alteração dos padrões naturais de infiltração da água no solo, bem como do escoamento superficial, refletindo em variações com maiores magnitudes tanto das cheias, quanto das vazantes, que tem sido notada nas últimas décadas nos municípios que fazem parte desta bacia hidrográfica (ACCORSI et al, 2017).

A ocupação do território da bacia do Rio Acre está historicamente atrelada ao desenvolvimento de capital, Rio Branco, impulsionando o crescimento populacional urbano, este, somado ao avanço do desmatamento na bacia e mudanças climáticas, inserem a bacia hidrográfica do rio Acre em um contexto de expressiva vulnerabilidade socioambiental (LATUFF, 2011; ACCORSI et al, 2017).

O Rio Acre tem importante papel geopolítico no Estado do Acre, além de ser fonte de captação para o abastecimento de água, o que gera necessidade alerta ao comportamento do Rio Acre e a disponibilidade hídrica da região, frente a crescente demanda dos múltiplos usos da água (DUARTE, 2011; TAMWING et al., 2021).

A Bacia do Rio Acre apresenta uma característica de sazonalidade, típica da região amazônica, o que traz problemas hidrológicos principalmente, na capital, Rio Branco,

pela escassez de água no período seco, conhecido por verão amazônico, onde se potencializam os problemas relacionados ao abastecimento de água. Em contrapartida, ocorre outro evento hidrológico extremo, durante o inverno amazônico, período notadamente chuvoso e de altos valores registrados de vazão, por vezes ocasionando inundações que acumulam severos danos à população, especialmente àqueles que habitam as áreas mais vulneráveis. (ACRE, 2012; MOREIRA e NAGHETTINI, 2016).

Nesse contexto de problemas relacionados a falta de abastecimento público de água na capital acreana, potencializados no período de seca, surgiu as seguintes problemáticas: Quais as vazões mínimas do Rio Acre? A disponibilidade hídrica do Rio Acre tem capacidade para atender as demandas de abastecimento público na capital acreana, atualmente? E futuramente, o Rio Acre terá condições de abastecer a demanda de distribuição de água para população?

Norteados nessa problemática, o presente trabalho analisou a disponibilidade hídrica através do estudo do regime fluvial da Bacia Hidrográfica do Rio Acre, realizando a estimativa de vazões mínimas de referência, com a finalidade de quantificar as ofertas hídricas, frente as demandas de abastecimento público de água, através da vazão de projeto de captação de água para consumo populacional na cidade de Rio Branco, Xapuri, Brasileia e Assis Brasil.

Além disso, o presente estudo é relevante, uma vez que possibilita a compreensão da frequência e duração dos eventos hidrológicos extremos, que são conhecimentos fundamentais para a gestão eficiente dos recursos hídricos.

Desta forma, o presente trabalho, tem como objetivo central estudar a disponibilidade hídrica do rio Acre para fins de abastecimento na cidade de Rio Branco e demais municípios acreanos que fazem parte da bacia, bem como, estimar os valores vazões de referência e vazões mínimas considerando a necessidade de assegurar a manutenção e prevenção do Rio Acre. Este objetivo foi atingido através dos objetivos específicos definidos, a saber:

- Elaborar os fluviogramas das vazões médias anuais e mensais do Rio Acre;
- Analisar a dinâmica espaço-temporal da Bacia do Rio Acre;
- Elaborar a curva chave a partir de série histórica de cotas e vazões do Rio Acre;
- Elaborar curvas de permanência a partir de série histórica de vazões do Rio Acre;
- Estimar através de modelagem estatística as vazões mínimas e de referência do Rio Acre;

- Comparar as vazões mínimas com a demanda de abastecimento público de água na capital Rio Branco, Xapuri, Brasileia e Assis Brasil;

Este trabalho foi estruturado em capítulos, sendo que cada capítulo está desenvolvido como artigo científico que foram ou serão publicados separadamente, com metodologias e resultados específicos de acordo com cada temática. Dessa forma, a dissertação contém três capítulos, além Introdução Geral e Conclusões Gerais, conforme descrito a seguir.

No Capítulo 1 deste trabalho apresenta-se a caracterização do regime fluvial da bacia hidrográfica do Rio Acre, através da análise da dinâmica espaço-temporal e elaboração do gráfico de vazões médias anuais e mensais, a partir dos dados fluviométricos de cinco estações fluviométricas da ANA ao longo do Rio Acre.

Já o Capítulo 2, dedica-se a elaborar a curva chave para o estabelecimento da relação cota-vazão, nos cinco trechos do Rio Acre estudados, a partir dos dados fluviométricos estações da ANA.

Por fim, o Capítulo 3, apresenta-se a estimativa e a análise das vazões de máximas, mínimas e de referência (Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$) do rio Acre através de modelagem estatística dos dados das séries históricas das vazões, sendo que as estimativas de Q_{90} , Q_{95} foram através da elaboração da curva de permanência e a $Q_{7,10}$ através do ajuste das distribuições teóricas de probabilidade Weibull para mínimos, a Log-normal de 2 parâmetros e a Gama.

Na sequência, apresentam-se as Conclusões Gerais com o compilado de dados gerados em todos os artigos e a resposta a problemática da pesquisa, logo depois tem-se as referências bibliográficas gerais utilizadas no trabalho e os anexos pertinentes.

CAPÍTULO I – CARACTERIZAÇÃO DO REGIME FLUVIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ACRE

O capítulo I foi publicado em forma de artigo completo na *Research, Society and Development*, v. 10, n. 17, e93101724461, 2021, cujo Qualis para o quadriênio 2013-2016 é B4 e A3 no Qualis preliminar 2009.

CARACTERIZAÇÃO DO REGIME FLUVIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ACRE

RESUMO

O regime fluvial de um rio representa a variação do volume de água durante um período, e é uma ferramenta essencial para o estudo da disponibilidade hídrica. Nesse sentido, este trabalho objetivou caracterizar o regime hídrico fluvial da bacia hidrográfica do rio Acre, considerando a dinâmica espaço-temporal a fim de estudar a sua disponibilidade hídrica. Foram identificadas as vazões médias, máximas e mínimas anuais e mensais, obtidas através de tratamento estatístico dos dados fluviométricos de cinco estações ao longo do rio Acre, disponibilizados pela ANA (Agência Nacional de Água e Saneamento Básico). Verificou-se que o período de maior disponibilidade hídrica, para as séries históricas estudadas, ocorreu entre os meses de dezembro a abril, enquanto o período com menores vazões médias mensais ocorreram entre julho e outubro.

Palavras-Chaves: Regime Fluvial, Rio Acre, Disponibilidade Hídrica.

CHARACTERIZATION OF THE FLUVIAL REGIME OF THE ACRE RIVER BASIN

ABSTRACT

The fluvial regime of a river represents the volume variation of the water during a period, being an essential tool for the study of water availability. In this sense, this study aimed to characterize the fluvial water regime of the Acre river basin, considering the space-time dynamics to study its water availability. The average, the maximum and minimum annual and monthly flows were identified, which were obtained through statistical treatment of the fluviometric data of five stations along the Acre river, made available by ANA (National Agency for Water and Basic Sanitation). It was verified that the period of highest water availability, for the historical series studied, occurred between December and April, while the period with lower average monthly flows occurred between June and September.

Keywords: River regime; Acre River; Water availability.

INTRODUÇÃO

No decorrer da história foi crescente, em diversidade e exigências, o uso da água, tornando-se essencial para à sobrevivência humana o aproveitamento e a conservação dos recursos hídricos. Isso reforça a necessidade de estudos hidrológicos a fim de subsidiar a gestão pública na concepção, planejamento, projeto, construção e operação de meios para o controle da quantidade e qualidade da água (HELLER, 2010).

No contexto hidrológico, a vazão dos rios tem importante representatividade na gestão dos recursos hídricos, além de papel fundamental para a formação das cidades e de seu desenvolvimento cultural, econômico e social, sendo uma das principais fontes de captação para o abastecimento de água da população (SHIKLOMANOV, 1998).

Considerando que o regime fluvial de um rio representa a variação do volume de água durante um período hidrológico (TUCCI, 2012), o conhecimento e análise deste é uma importante base para estudos de balanço hídrico e estimativa do ciclo sazonal da vazão (SIMON et al., 2013).

O regime fluvial de um rio está relacionado pela interação dos cursos de água com as características da bacia hidrográfica, a condição climática regional e global, além das ações antrópicas sobre o sistema fluvial (TUCCI, 2002; LIMA et al., 2015). Segundo Capozzoli et al. (2017), os tipos de chuvas e a qualidade da estação chuvosa tem papel fundamental no que se refere a recarga dos aquíferos, evidenciando forte relação entre chuva e a vazão.

A obtenção do regime fluviométrico caracteriza a dinâmica espaço-temporal dos volumes de água nos rios através de dados diários, mensais e anuais de séries históricas das vazões, sendo possível identificar a média, máxima e mínima anual. Essas informações são basais para a tomada de decisão no âmbito do planejamento ambiental para o equilíbrio dos ecossistemas e a sustentabilidade dos recursos hídricos (ROCHA e DOS SANTOS, 2018).

Nesse sentido, é indiscutível a relevância do estudo hidrológico para a garantia da disponibilidade e a segurança hídrica das populações dependentes desses recursos. No entanto, ainda existem dificuldades quanto ao desenvolvimento de pesquisas nesta área, sobretudo em escala regional, como é o caso de algumas localidades da região amazônica. Isso se deve, em muitos casos, desde a carência de informações hidrológicas abrangentes à área de estudo até o apoio à realização de pesquisas voltadas a regiões específicas, mesmo que sejam menos complexas, mas que produzam resultados favoráveis à gestão.

No Brasil, a promulgação da Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, foi um avanço, visto que o intuito é obter maior controle no uso da água no território nacional, estabelecendo a bacia hidrográfica como unidade de gestão, regulamentando assim os planos e estudos sobre recursos hídricos (ANA, 2021).

A partir da Lei das Águas, supracitada, os estados brasileiros passaram pelo processo de reflexão para a construção de uma política voltada à gestão dos recursos hídricos. Nesse contexto, o estado do Acre, no ano de 2012, elaborou o seu Plano Estadual de Recursos Hídricos (ACRE, 2012), todavia, até o momento, não houve atualizações necessárias à continuidade do processo, regulamentado pela Lei Federal nº 9433/97. Com isso, evidencia-se a necessidade de avanços no tocante a ações planejadas frente aos eventos hidrológicos extremos recentes, ao aumento progressivo das demandas hídricas em diversas áreas, ao efeito das ações antrópicas, além da deficiência de investimentos em projetos e operação de estruturas e sistemas hídricos inescusáveis.

O curso de água é utilizado de fonte de captação para o abastecimento de água tanto da capital Rio Branco quanto de outras cidades. O desígnio é obter informações das vazões máximas e mínimas mensais e anuais ao longo da série histórica dos dados das estações fluviométricas monitoradas pela Agência Nacional de Água e Saneamento Básico – ANA, as quais devem auxiliar na tomada de decisão para a gestão dos recursos hídricos presentes na região, bem como subsidiar novos estudos.

Além do exposto, o estudo se justifica, sobretudo porque o regime hídrico da bacia do rio Acre se alterna mediante acentuado dinamismo sazonal. Historicamente, o estado do Acre e, principalmente a sua capital Rio Branco, tem uma problemática hidrológica caracterizada pela escassez de água no período seco, compreendido entre os meses de maio e setembro, conhecido por verão amazônico. Nesse período, é comum a potencialização dos problemas relacionados ao abastecimento de água. Por outro lado, apresenta um período notadamente chuvoso e de altos valores registrados de vazão, por vezes ocasionando inundações que acumulam severos danos à população, especialmente àqueles que habitam as áreas mais vulneráveis (ACRE, 2012; MOREIRA e NAGHETTINI, 2016).

Nesse sentido, o presente estudo visa caracterizar o regime fluvial do rio Acre, considerando a dinâmica espaço-temporal, no intento de embasar decisões quanto à disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica.

METODOLOGIA

Área de Estudo

O estudo delimita-se à bacia hidrográfica do Rio Acre, que se situa na Amazônia Sul ocidental, compartilhada pelos estados brasileiros do Acre e Amazonas, pelo departamento peruano de Madre de Dios e pelo departamento boliviano de Pando, conforme se exhibe na Figura 1 (Acre, 2012).

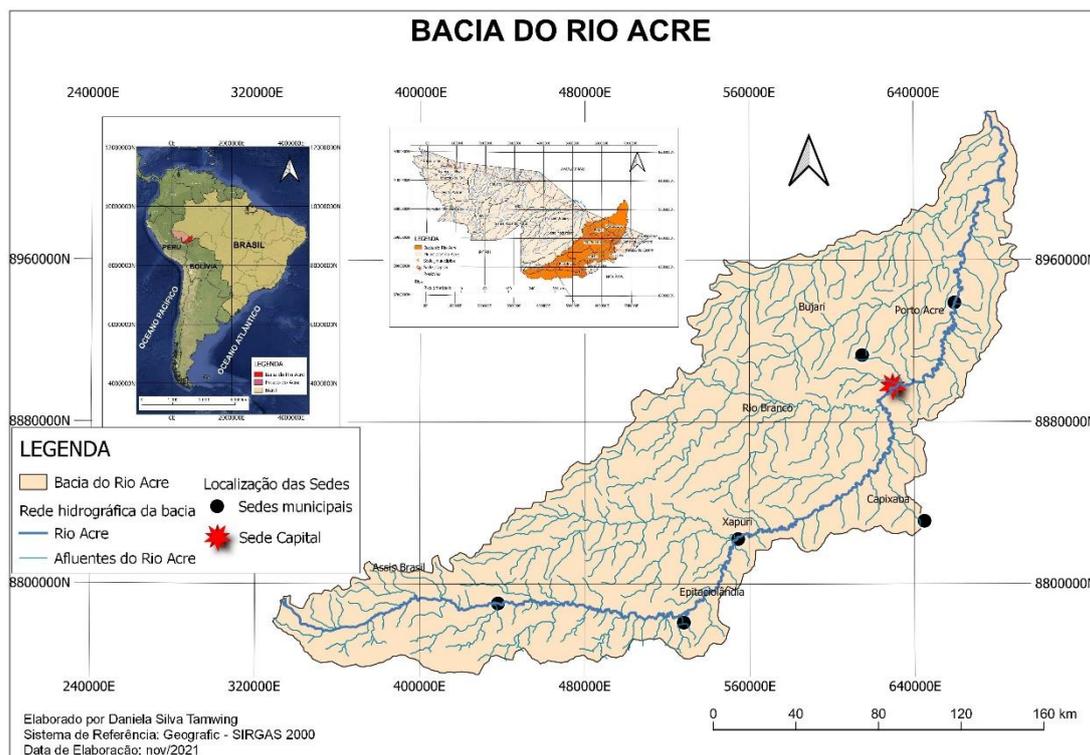


Figura 1 - Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Acre.
Fonte: Autores, 2021

A bacia do Rio Acre apresenta uma rede hidrográfica formada por cursos de água volumosos e sinuosos, que escoam no sentido do Sudoeste para o Nordeste (Acre, 2012). Destacam-se cinco microbacias na bacia do rio Acre, sendo elas: Trinacional (Brasil, Peru, Bolívia), Biestadual (Acre, Amazonas), Xapuri, Riozinho do Rôla e Porto Acre (Duarte, 2011).

O rio Acre possui uma extensão de aproximadamente 1.200 km e 35.792km² de área (ACRE, 2017; CPMR, 2021). Tem um papel geopolítico importante no estado do Acre, atravessando os limites territoriais de dez municípios: Assis Brasil, Brasiléia, Epitaciolândia, Xapuri, Capixaba, Porto Acre, Rio Branco, Bujari, Sena Madureira e

Senador Guimard, abrangendo 1/5 da área total do Estado e mais de 60% da população acreana (ACRE, 2012; DUARTE, 2011).

Referente ao regime de chuvas na bacia do rio Acre, tem como referência aproximadamente 1.900 mm de pluviosidade média anual, com período mais úmido e com tendência de ocorrência no mês de janeiro e período mais seco com tendência de ocorrência no mês de julho. Já o clima predominante na região é classificado, segundo Köppen, como equatorial quente e úmido (ACRE, 2012; SILVA et al., 2020).

Obtenção dos dados

As séries históricas de dados fluviométricos utilizados no presente trabalho foram obtidos no site 1da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. Na base de dados da ANA é possível identificar vinte e cinco estações fluviométricas em operação na Bacia do rio Acre. Todavia, foram descartadas as estações com dados insuficientes para a análise estatística necessária nesta pesquisa.

Deste modo, esta pesquisa utilizou dados de vazão de cinco estações fluviométricas listadas na Tabela 1. Destaca-se que o município de Boca do Acre está localizado no estado do Amazonas, onde o rio Acre deságua na margem direita do rio Purus.

Tabela 1 - Dados das Estações Fluviométricas na Bacia do Rio Acre

Código	Município	Latitude	Longitude	Área de drenagem (km²)	Período analisado
13450000	Assis Brasil	-10,9436	-69,5656	3760	1983 – 2020
13470000	Brasileia	-11,0178	-68,745	7020	1982 – 2020
13550000	Xapuri	-10,6511	-68,5075	8270	1967 – 2020
13600002	Rio Branco	-9,975	-67,8008	23500	1967 – 2020
13650000	Boca do Acre	-9,0667	-67,3969	34400	1967 – 2020

Fonte: (ANA, 2021)

Adicionalmente, foram utilizados os dados históricos dos últimos censos realizados no município de Rio Branco-Acre, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro

1 Link de acesso: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>

de Geografia e Estatística (2010), bem como informações hídricas fornecidas pelos órgãos municipais, estaduais e federais, entre outros.

Tratamento estatístico

Os dados foram submetidos ao crivo de diferentes ferramentas estatísticas, para fins de análise de comparação dos resultados obtidos. Primeiramente a uma verificação preliminar, com vistas a uma análise exploratória suficientemente capaz de levantar hipóteses ou sugerir tendências temporais.

Para caracterização do regime fluvial foram elaborados fluviogramas, que representam a variação de vazão em relação a um período, a fim de realizar análises estatísticas descritivas, tais como: medidas de posição, medidas de dispersão e variabilidade, análise de distribuição.

A rotina de cálculos foi executada a partir do pacote básico do Software Livre R-Project e do Microsoft Excel (R Core Team, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As ferramentas de estatística descritiva oportunizaram a obtenção da variação das vazões mínimas, máximas e médias para os registros fluviométricos das estações em estudo.

As vazões mensais máximas e médias das Estações Fluviométricas nos municípios de Assis Brasil, Brasileia, Xapuri, Rio Branco e Boca do Acre (Estação Floriano Peixoto), estão apresentadas na figura 2, conforme o fluxo do rio, de montante a jusante, onde é possível visualizar através dos fluviogramas os períodos de maior disponibilidade hídrica ao longo do ano, ocasionadas pelo aumento da descarga.

A partir da Figura 2, observa-se as alterações das médias mensais das vazões do Rio Acre, ou seja, a oscilação do volume de água no rio durante o ano, tal variação caracteriza o regime fluvial em termos de quantidade, periodicidade e variabilidade conforme os dados da série histórica analisada.

De acordo com Rocha et al (2009), essa variação da vazão pode ter relação além dos aspectos hidrológicos como por exemplo o da origem da água através das precipitações, com fatores como característica do relevo da bacia hidrográfica, a cobertura do solo, processo de uso e ocupação do solo, anomalias climáticas, ações antrópicas, dentre outros.

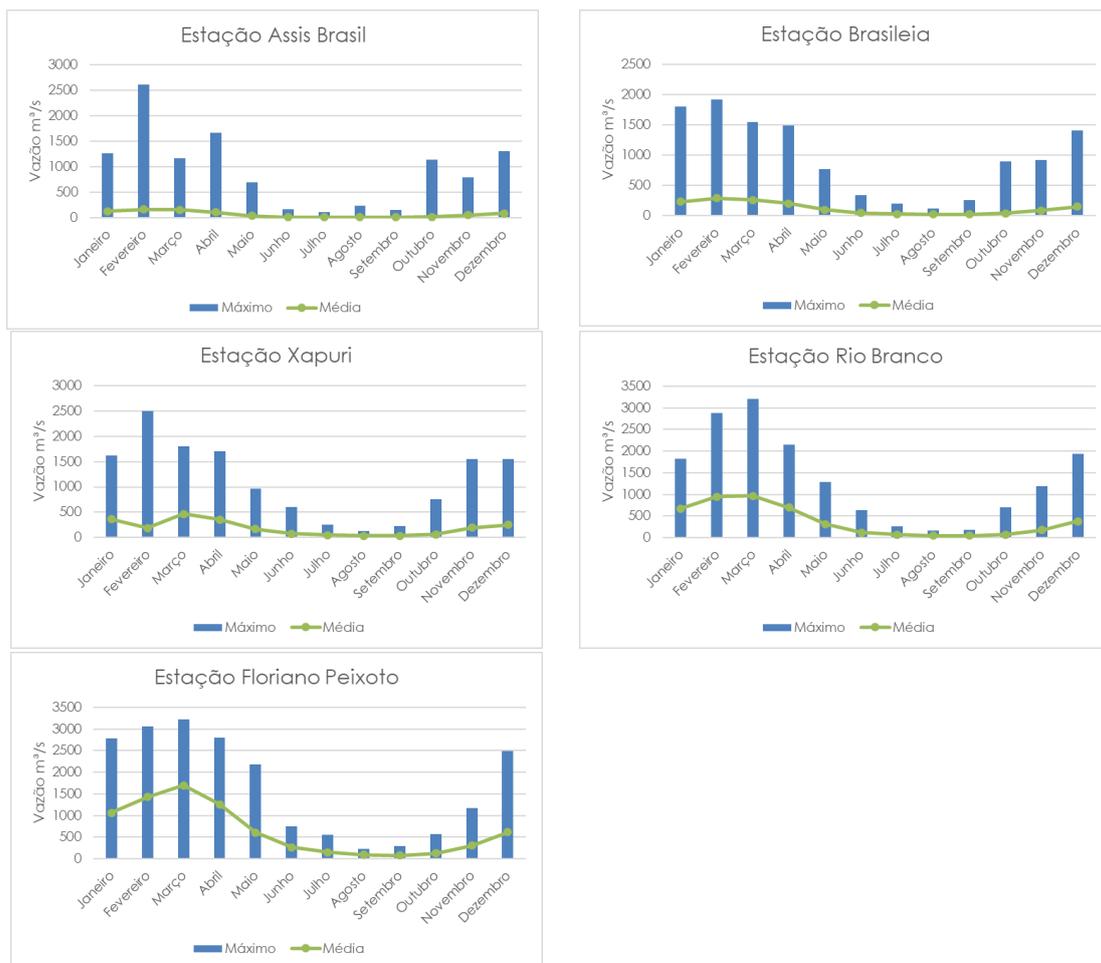


Figura 2 - Gráficos das vazões mensais máximas e médias Estações Fluviométricas.
Fonte: Autores, 2021

A Estação de Floriano Peixoto, localizada no município de Boca do Acre, na fronteira do Amazonas com o Acre, apresenta as maiores vazões mensais médias e máximas dentre as estações estudadas. Essa é a estação mais à jusante entre as incluídas no presente estudo.

Quanto à distribuição mensal da disponibilidade hídrica, semelhantemente aos registros atinentes à cidade de Rio Branco, caracterizando-se o período entre os meses de dezembro a abril as maiores vazões, tendo como contraponto o período compreendido entre os meses de junho a outubro, com menores valores.

A Estação localizada no município de Assis Brasil apresenta regime fluviométrico que se destaca em relação às demais por apresentar as menores médias mensais, variando de 4,97m³/s, em setembro, a 162,32 m³/s, em fevereiro. Essa característica é de razoável compreensão, uma vez que é a estação mais à montante entre as analisadas, ou seja, compreende o trecho o rio mais próximo da nascente e no âmbito da bacia hidrográfica possui menor alimentação do processo de escoamento superficial.

Em relação às vazões mínimas, a Figura 3 apresenta o fluviograma referente às estações analisadas.

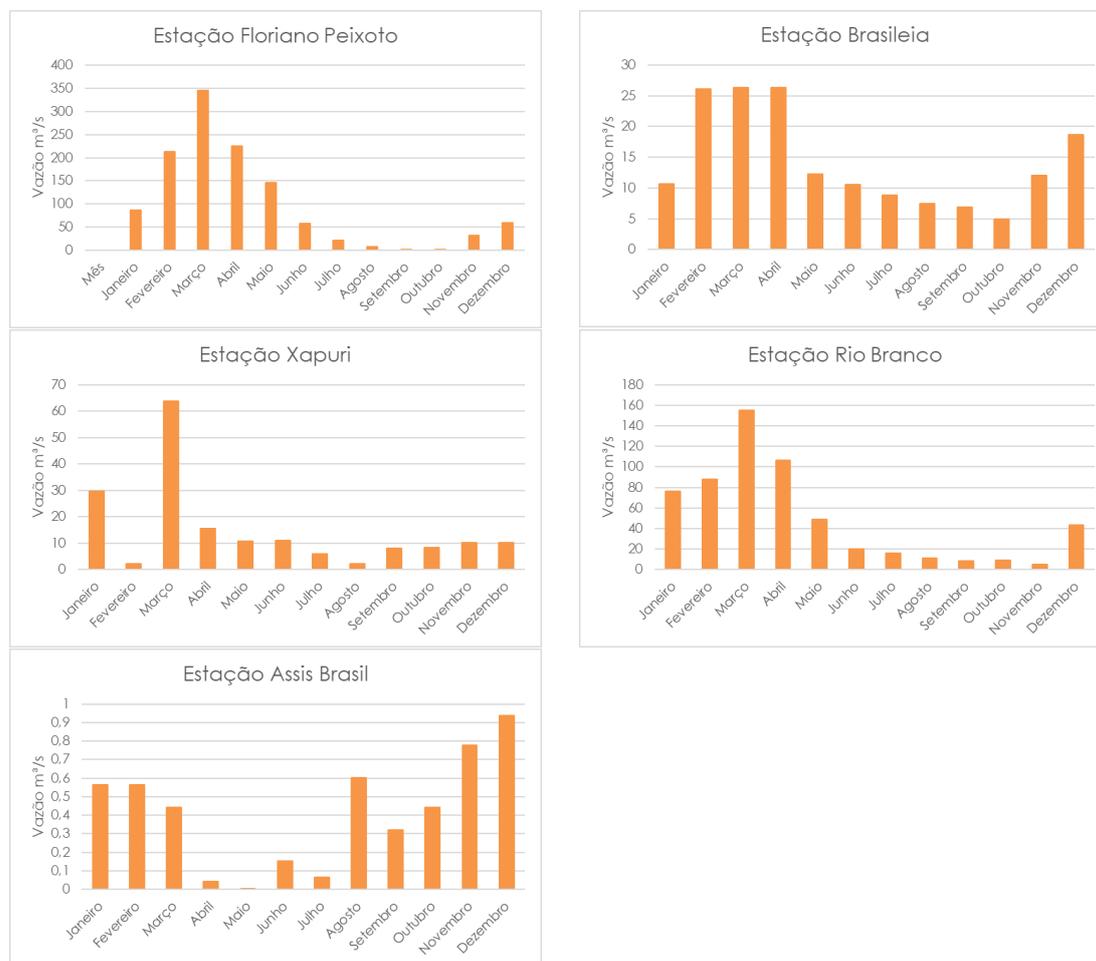


Figura 3- Fluviogramas das vazões mensais mínimas das Estações Fluviométricas
Fonte: Autores, 2021

A partir do fluviograma das vazões mensais mínimas (Figura 3), verifica-se a variabilidade de vazão ao longo do curso do rio Acre, onde se encontra a vazões mínimas menores na estação de Assis Brasil e as maiores na estação do município de Boca do Acre, denominada Floriano Peixoto, coincidindo o fluxo de nascente a foz. Em relação às vazões mínimas, também é possível verificar similaridade quanto à variabilidade mensal nas estações do município de Boca do Acre e Rio Branco.

De acordo com o fluviograma da vazões médias (Figura 2), na estação de Assis Brasil o período com menor disponibilidade hídrica é junho até setembro, mas destaca-se que no mês de maio ocorreu a menor vazão mínima (Figura 3), de 0,004m³/s, registrada no ano de 2005. Em contrapartida o período de cheias ocorreu entre dezembro e abril, com destaque para fevereiro que apresentou 162,32 m³/s, a maior média mensal (Figura 2).

Quando se analisa o fluviograma da estação de Xapuri (Figura 2 e 3), os meses de agosto e setembro tem a menor média mensal, com 38,85m³/s e 38,59m³/s, respectivamente. Ressalta-se, ainda, que o mês agosto registrou a vazão mínima mensal da série, com 2,22 m³/s no mês de agosto em 1985.

Considerando-se as vazões médias, mínimas e máximas mensais da estação de Rio Branco, os meses com menor disponibilidade hídrica são julho, agosto, setembro e outubro. No entanto, também se verificou a ocorrência de anos em que a estiagem se prolonga até novembro, como o caso do ano 2010, que apresentou a vazão mínima mensal da série de 5,26m³/s em novembro, sendo a média deste mês no referido ano de 21,13 m³/s, apresentando uma diferença de 75,11% da média de novembro de 2010 e de 97,10% de diferença em relação à média do mês de novembro da série histórica que é de 181,13 m³/s.

Na estação Floriano Peixoto, localizada em Boca do Acre, observa-se que as médias mensais apresentaram as mesmas características da estação de Rio Branco com as menores médias de vazões mensais nos meses entre julho e outubro.

A partir das verificações das vazões máximas, mínima e médias mensais é possível notar variações diárias na magnitude das vazões ao longo do ano em todas as estações analisadas ao longo do Rio Acre, os registros do monitoramento são amortecidos pelas médias mensais. Assim deve-se ter cautela na definição dos intervalos de disponibilidade hídrica através do regime a distribuição anual das vazões médias mensais. Na tabela abaixo apresenta-se, como exemplo, a variação da vazão média em relação as vazões máximas e mínimas mensais da estação fluviométrica de Rio Branco.

Tabela 2 - Variação entre os valores de vazões médias, mínimas e máximas mensais da Estação Fluviométrica de Rio Branco, no período de 1967 a 2020.

Mês	Média	% Máxima	%Mínima
Janeiro	676,43	-169%	89%
Fevereiro	945,93	-204%	91%
Março	964,97	-232%	84%
Abril	699,01	-206%	85%
Mai	314,08	-310%	84%
Junho	121,73	-424%	84%
Julho	70,14	-284%	77%
Agosto	49,27	-227%	78%
Setembro	46,94	-274%	82%
Outubro	74,26	-840%	88%
Novembro	181,13	-557%	97%
Dezembro	378,77	-413%	89%

Fonte: (ANA, 2021)

No tocante aos registros temporais, a Figura 4 apresenta a série histórica referente às estações analisadas, contemplando os valores médios e mínimos das vazões, bem como o valor médio da série.

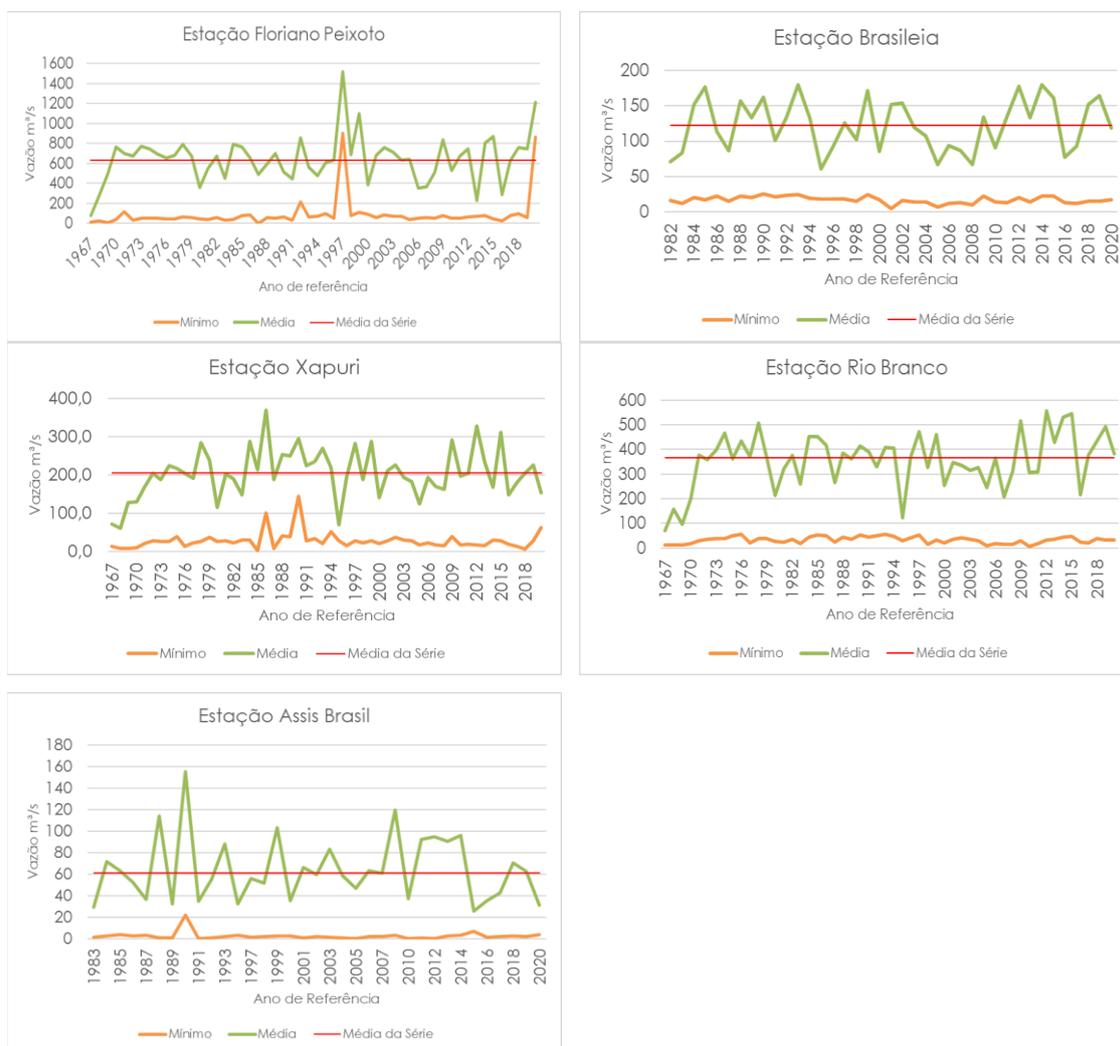


Figura 4 - Fluviogramas das vazões anuais médias e mínimas das Estações Fluviométricas
Fonte: Autores, 2021

Os resultados obtidos a partir das séries históricas da estação fluviométrica no município de Brasileira (Figura 4) apresentam vazão média anual de 122,67m³/s. Entre o período de 1982 e 2020 a vazão média anual varia de 61,03m³/s, registrado em 1995, a 179,47m³/s, registrado em 2014, o que demonstra a variação dados com desvio padrão de 36,21 m³/s.

O trecho do rio Acre localizado no município de Assis Brasil, apresenta uma vazão média anual de 61,06m³/s na série histórica de 1983 a 2020 (Figura 4). Destaca-se que a menor média anual registrada ocorreu no ano de 2015, neste ano a vazão máxima foi de 189,65 m³/s ocorrida em dezembro e mínima de 7,08 m³/s nos meses de setembro e outubro.

Conforme apresentado na Figura 4, a menor vazão média encontrada na série histórica de 1967 a 2020, da estação fluviométrica de Xapuri foi de 61,67 m³/s no ano de 1968. A vazão média anual da série foi de 206,41m³/s, apresentando um desvio padrão de 63,38m³/s.

Quando o Rio Acre passa por Rio Branco, verificou-se vazão média anual 364,95 m³/s na série histórica de 1967 a 2020 (Figura 4), sendo a menor média anual de 71,77m³/s registrada em 1967, e maior média anual de 556,40m³/s. Isso demonstra a variação da série no decorrer dos anos das médias anuais, cujo desvio padrão desta série foi 110,36m³/s. Destaca-se que nas últimas duas décadas as vazões médias anuais não foram inferiores a 206,42m³/s.

As vazões médias anuais da estação Floriano Peixoto, no município de Boca do Acre, na fronteira do Acre com o Amazonas, apresentaram variabilidade maior que as demais estações, com desvio padrão 234,47m³/s, o que pode ser observado quando se compara a média da série de 632,70m³/s, com a menor média anual de 76,7m³/s em 1967 e a maior média anual de 1.518,23m³/s em 1997.

Com os resultados obtidos, verifica-se que as vazões médias anuais das séries das estações fluviométricas, assim como das vazões mensais, variam ao longo do rio Acre, sendo a menor de 61,06 m³/s no município de Assis Brasil e maior de 632,70 m³/s no município de Boca do Acre, o que coincide com o fluxo do rio da sua nascente até a foz.

Segundo Duarte (2011) pode-se relacionar a ocorrência ou falta de chuvas na bacia com o aumento ou diminuição do nível ou vazão do rio, a jusante. Desse modo, considerando o estudo de Sousa (2020), o mês que apresentou maior chuva foi fevereiro, enquanto o que apresentou menor foi o de julho, relacionando esses resultados com obtidos nesse estudo verifica-se que o mês de fevereiro apresentou a segunda maior vazão média mensal e o mês de julho a terceira menor vazão média mensal.

A partir dos fluviogramas das vazões médias é possível diferenciar períodos de maior disponibilidade hídrica devido ao aumento da descarga líquida em todas as estações e os períodos de estiagem, ou seja, caracterizados por períodos de cheias e secas. De acordo com Sena et al. (2012), esses ciclos de enchentes e seca tem ocorrido de forma intensa da região Amazônica.

Essa característica de variabilidade da distribuição mensal da vazão também foi verificada em trabalhos sobre a bacia do rio Acre (Duarte, 2009; Duarte, 2011; CPMR, 2021; Accorsi et al., 2017). Macêdo et al. (2013) e Duarte (2011) apontam que a variabilidade climática interanual e as ocorrências dos extremos de vazão dos cursos

d'água, colaboram com a vulnerabilidade social na população que reside nas áreas situadas nas planícies de inundação e o desabastecimento de água devido à escassez hídrica nos períodos de baixas vazões. Na tabela abaixo, apresenta-se a indicação dos meses com menor disponibilidade hídrica para cada estação fluviométrica, conforme as vazões mínimas e médias analisadas.

Tabela 3 - Meses com menor disponibilidade hídrica das estações fluviométricas analisadas

Código	Município	Meses de menor disponibilidade hídrica
13450000	Assis Brasil	junho, julho, agosto, setembro e outubro
13470000	Brasileia	julho, agosto, setembro e outubro
13550000	Xapuri	junho, julho, agosto, setembro e outubro
13600002	Rio Branco	julho, agosto, setembro e outubro
13650000	Boca do Acre	agosto, setembro e outubro

Fonte: (ANA, 2021)

Nesse sentido, é importante destacar que, devido a sua abrangência territorial e populacional, a análise do rio Acre no trecho que envolve a capital acreana, Rio Branco, Buffon e Bonotto (2018) apontam que no ano de 2015 ocorreu a maior enchente da história do rio Acre, que superou a enchente ocorrida em 2012. O autor destaca, ainda, que em 2012 também ocorreu a seca mais severa até então, sendo superada apenas em 2016, quando o rio Acre chegou a nível mínimo registrado, apresentando nesse ano a vazão mínima de 24,92 m³/s.

A Figura 5 apresenta um fluviograma comparativo para as vazões registradas na cidade de Rio Branco, destacando os anos de 2012 e 2015.

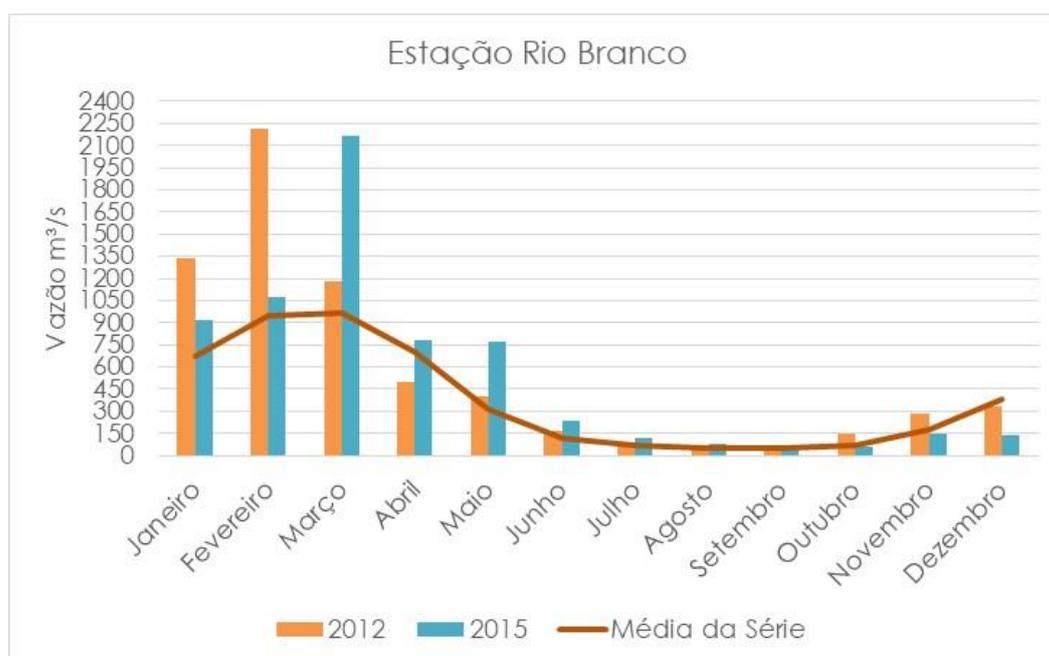


Figura 5 – Fluviograma com as vazões médias dos anos (2012 e 2015) com ocorrências extremas (cheias e secas) no município de Rio Branco.

Fonte: (Autores, 2021)

A Figura 5 apresenta uma comparação entre os anos de 2012, com o segundo maior registro histórico de enchente e de seca no rio Acre, e o ano de 2015 com maior enchente (Buffon e Bonotto, 2018). Observa-se que eventos de enchente, acompanhados popularmente pela aferição das cotas do rio devido suas consequências desastrosas, também representam os extremos das vazões médias registradas. Em março de 2015 foi registrada a vazão máxima da série de 1967 a 2020 (3.208,13m³/s), enquanto a maior vazão média registrada na série ocorreu em 2012, devido às vazões nos meses de janeiro e fevereiro terem sido consideravelmente superior do que 2015.

Duarte (2005) e Macêdo et al. (2013) destacam a necessidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos frente aos impactos preocupantes das cheias e estiagens, considerando os prejuízos sociais, ambientais e financeiros.

Na Figura 6, apresenta-se um fluviograma das vazões mínimas dos anos de 2005 e 2010, que apresentaram as três menores vazões mínimas encontradas na série histórica estudada, a saber: 5,26 m³/s em novembro de 2010, 8,49 m³/s em setembro de 2005, 9,20 m³/s em outubro de 2005. Para comparação foi acrescido o ano de 2016, quando ocorreu a maior seca registrada, com o nível do rio Acre chegando em 1,30 m (Buffon e Bonotto, 2018).

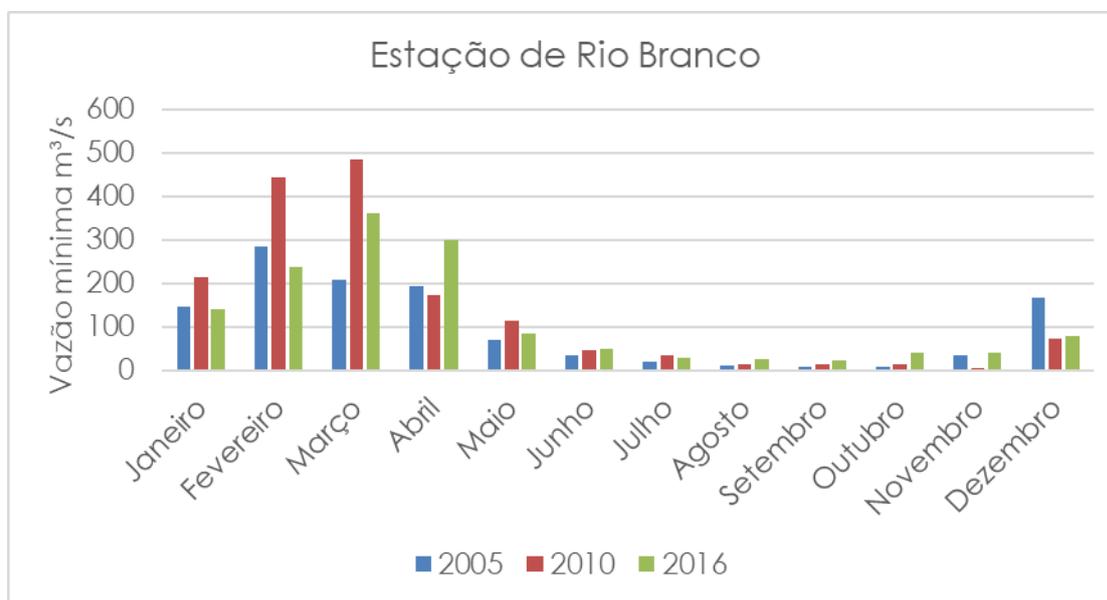


Figura 6 - Fluviograma das vazões mínimas nos anos de 2005, 2010 e 2016 da Estação Fluviométrica de Rio Branco.

Fonte: (Autores, 2021)

A partir da análise da Figura 6, verifica-se que apesar do ano de 2016 ter ocorrido o nível mínimo histórico, as vazões mínimas no ano de 2005 ainda foram menores na maioria dos meses, com exceção para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Apesar

do menor nível registrado na história tenha ocorrido em setembro de 2016, neste mês foram registradas vazões mínimas menores nos anos de 2005 e 2010.

Segundo Parecer Técnico do Instituto Nacional de Meteorologia (2017), o evento extremo ocorrido em 2016, não foi um caso isolado, as condições meteorológicas atuantes nas regiões Norte e Nordeste do Brasil proporcionaram secas significativas naquele ano. De acordo os dados do Inmet (2017) o déficit acentuado de chuva envolvendo toda a região do Acre, somados a outros fatores como os efeitos do fenômeno El Niño e a ausência de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), contribuíram para a persistência do estado de alerta da baixa disponibilidade hídrica nos meses de julho, agosto e setembro e consequentes impactos socioambientais.

Nesse sentido, como consequência da seca extrema registrada em 2016, o Estado do Acre ficou em emergência devido ao risco eminente do colapso do abastecimento de água na capital. O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, Cemaden (2016), destaca que além dos impactos na distribuição de água potável para a população, tiveram ainda como consequência a redução da produtividade agrícola ou pastoril, dificuldade de transporte hidroviário e proliferação de incêndios florestais, entre outros.

Duarte (2005) e Macêdo et al. (2013) ressaltam a preocupação referente a disponibilidade hídrica, considerando a redução gradual da capacidade de suprimento de água na bacia do rio Acre, que é principal fonte de abastecimento de água do Estado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados do presente estudo verificou-se que as estações ao longo do rio Acre apresentam, entre os meses de dezembro a abril, os maiores volumes de escoamento fluvial, sendo considerados como o período de maior disponibilidade hídrica na bacia devido ao aumento da descarga fluvial. Em contrapartida o período de menor disponibilidade hídrica, identificadas pelos meses de menores vazões médias mensais, compreende os meses de julho a outubro.

O acompanhamento da dinâmica espaço-temporal do regime fluvial do rio Acre são ferramentas indispensáveis para tomadas de decisões dos gestores públicos no âmbito do planejamento, manejo e gestão das bacias hidrográficas. Nesse sentido destaca-se a capital Rio Branco que historicamente vem sofrendo com eventos extremos de enchentes e secas que impactam negativamente a população.

Considerando relevância geopolítica do Rio Acre curso de água, o conhecimento do regime fluvial colabora para o aprimoramento do planejamento, tomadas de decisões e políticas públicas voltadas a ações de melhoria da qualidade de vida da população e minimização dos impactos ambientais. Como exemplo, a partir do conhecimento das vazões mínimas anuais, formular de estratégias de captação de água superficial para fins de abastecimento para evitar o desabastecimento de água, o estabelecimento dos períodos extremos para elaboração de planos de contingência, dentre outros.

Portanto, os resultados obtidos com o presente estudo servirão de subsídios a novas pesquisas na região em destaque, bem como de ferramentas de auxílio à decisão no que tange à gestão dos recursos hídricos.

AGRADECIMENTOS

Autores agradecem à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e à Universidade Federal do Acre (UFAC).

REFERÊNCIAS

ACCORSI O. J.; LIMA E. F. P.; ALCOFORADO L. F.; LONGO O. C. **Estudo do comportamento da cota mínima do Rio Acre nos últimos 43 anos e as consequências para o assoreamento futuro do rio.** São Paulo, UNESP, Geociências, v. 36, n. 2, p. 315 – 324, 2017

ACRE. **Plano estadual de recursos hídricos do Acre – Rio Branco.** Rio Branco: Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMA. 2012.

ACRE. **Acre em números.** Rio Branco: Secretaria de Estado de Planejamento - SEPLAN 2017.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Política Nacional de Recursos Hídricos.** Acesso em 19 de setembro de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos>.

BUFFON, F. T; BONOTTO G. **Ferramentas de apoio na operação do sistema de alerta da bacia do rio acre do serviço geológico do Brasil – SGB/CPRM. I Encontro Nacional de Desastres.** Associação Brasileira de Recursos Hídricos,2018.

CAPOZZOLI C. R.; CARDOSO A. O.; FERRAZ S. E. T. **Padrões de Variabilidade de Vazão de Rios nas Principais Bacias Brasileiras e Associação com Índices Climáticos.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 32, n. 2, 243-254, 2017.

CEMADEM – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Panorama hídrico no estado do Acre: diagnóstico, perspectivas e impactos potenciais relacionados à situação de seca.** São José dos Campos, 2016. Acesso em 01

de outubro de 2021. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2016/08/NT.Cemaden.SecaAcre.10082016.pdf>.

CPMR – Serviço Geológico do Brasil. **Bacia do Rio Acre – Características**. Acesso em 16 de setembro de 2021. Disponível em: https://www.cprm.gov.br/sace/acre_caracteristicas.php

DUARTE, A. F. **As chuvas e as vazões na bacia hidrográfica do rio Acre, Amazônia Ocidental: Caracterização e implicações socioeconômicas e ambientais**. Amazônia: Ci. & Desenv., Belém, v. 6, n. 12, jan./jun. 2011

DUARTE, A. F. **Hidrometria no Acre: fluviometria e hidroquímica**. Rio Branco: EDUFAC, 2009.

DUARTE, A. F. **Variabilidade e tendência das chuvas em Rio Branco, Acre, Brasil**. Revista Brasileira de Meteorologia, São José dos Campos, v. 20, n. 1, p. 37-42, 2005.

HELLER, L.; Abastecimento de água, sociedade e ambiente. In.: HELLER, L.; PADUA, V. L. (Organizadores). **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. Volume 1. 2. Ed. Belo Horizonte, UFMG. 2010.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Situação da seca observada nas regiões norte e nordeste do Brasil em 2016**. Brasília, 2017. Acesso em 01 de outubro de 2021. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/trabalho_tecnico_02-2017.pdf.

LIMA, J. E. F. W.; MONTENEGRO, S.; DE ASSUNÇÃO MONTENEGRO, A. A.; KOIDE, S. **Comparative hydrology: relationships among physical characteristics, hydrological behavior, and results of the SWAT model in different regions of Brazil**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 7, n. 6, 2015.

MACÊDO, M. N. C.; DIAS, H. C. T.; COELHO, F. M. G.; ARAÚJO, E. A.; SOUZA, M. L. H.; SILVA, E. **Precipitação pluviométrica e vazão da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla**, Amazônia Ocidental. Ambiente & Água, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 206-221, 2013.

MOREIRA, J. G. V.; NAGHETTINI, M. Detecção de tendências monotônicas temporais e relação como os erros dos tipos I e II: Estudo de caso em series de precipitações máximas anuais no estado do Acre. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 394-402, 2016.

ROCHA, P. C.; DOS SANTOS, A. A.. **Hydrological analysis in water basins**. Mercator, Fortaleza, v. 17, nov. 2018. ISSN 1984-2201.

ROCHA, P. C.; DE ARAÚJO, A. P.; BOTA, G. B. Variabilidade no Regime de Fluxo dos Rios Aguapeí e Peixe. **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Campo Grande –MS, 2009.

R CORE TEAM. **R: A language and environmental for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020.

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

SHIKLOMANOV, I.A. **World water resource: a new appraisal and assessment for the 21st century**. Paris: UNESCO, 1998.

SILVA J. R. S.; MESQUITA, A. A.; SERRANO R. O. P.; MOREIRA J. G. V. **Produtividade de mandioca na mesorregião Vale do Juruá, Acre, Brasil**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO, v.17 n.33; p. 391 2020

SIMON, F.W.; PICKBRENNER K.; MARCUZZO F.F.N. **Estudo do regime hídrico pluvial e fluvial em bacia hidrográfica com precipitação homogênea**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013.

SOUSA J. W. **Características climáticas do município de Rio Branco, Acre, período de 1990-2019**. Scientia Naturalis, Rio Branco, v. 2, n. 2, p. 723-740, 2020.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**, Porto Alegre-RS, Editora da Universidade – UFRGS, 2^a edição, 2012.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**. Rio Grande do Sul: Ed. Universidade/UFRGS, 2002.

CAPÍTULO II – RELAÇÃO COTA-VAZÃO E AJUSTE DA CURVA CHAVE: ESTUDO DE CASO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ACRE, BRASIL

O capítulo II foi aceito para publicação em forma de artigo completo pela Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais (RICA), cujo Qualis preliminar 2009 é B1.

RELAÇÃO COTA-VAZÃO E AJUSTE DA CURVA CHAVE: ESTUDO DE CASO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ACRE, BRASIL

RESUMO

O monitoramento das informações hidrológicas é essencial ao planejamento sustentável e ao gerenciamento dos recursos hídricos. A curva chave é uma ferramenta importante de gestão, pois através dela é possível estimar a vazão de um rio a partir do nível da água (cota), e vice-versa, possibilitando planejamento urbano a partir da compreensão do comportamento hidrológico do curso d'água. Assim, o objetivo central do presente trabalho foi elaborar a curva chave para cinco pontos ao longo do rio Acre, utilizando dados das estações fluviométricas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, localizadas em Rio Branco, Brasileia, Xapuri, Assis Brasil e Boca do Acre-AM, a fim de subsidiar a tomada de decisões, especialmente no que diz respeito ao planejamento de ações concernentes à segurança hídrica. Os resultados mostraram-se satisfatórios, com R^2 acima de 0,94, sendo a curva chave bem ajustada. Destacou-se a curva chave atinente ao trecho que compreende a capital acreana, Rio Branco, dada pela equação $Q=0,406(H+2,3)^{2,95}$, com R^2 de 0,948 e coeficiente de eficiência NS. A análise, para um período de 20 anos, permitiu constatar mudanças no traçado da curva chave, relacionado com as alterações do curso d'água. Dessa forma, se conclui que a curva chave é instrumento que auxilia na gestão dos recursos hídricos, pois facilita a estimativa de vazões, mas vale ressaltar a necessidade de continuidade das medições das vazões regulares in loco, devido à dinâmica das características hidráulicas e geométricas do rio ao longo do tempo.

Palavras-Chave: relação cota-vazão, curva chave, rio Acre.

ABSTRACT

Keywords:

INTRODUÇÃO

O monitoramento das variáveis hidrológicas é essencial para o planejamento urbano sustentável, com vistas ao gerenciamento das bacias hidrográficas, conforme regulamenta a Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, conhecida por Leis das Águas do Brasil. Tal monitoramento tem como finalidade buscar soluções frente as consequências dos eventos hidrológicos extremos, bem como auxiliar na gestão e manejo dos recursos hídricos para os diversos usos (DIAS et al., 2019).

Para o monitoramento, faz-se necessário o registro e a quantificação das variáveis hidrológicas, bem como o uso de ferramentas ao conhecimento da que remetem relação cota-vazão dos cursos de água, possibilitando o planejamento urbano e a concepção de projetos hidráulicos/hidrológicos mais assertivos (ADAMI et al., 2013).

A curva chave é a ferramenta que relaciona a cota e a vazão de um curso d'água, sendo utilizada para estimar a vazão a em função do nível da água (cota), e vice-versa, construída a partir de dados fluviométricos de uma série histórica (NOVO e HORA, 2019).

Sabe-se que o conhecimento sobre as vazões é fundamental para rotinas de monitoramento e cálculos hidrológicos. Entretanto, os técnicos encontram, muitas vezes, dificuldades para a aferição *in loco* das cotas e das vazões, pois o procedimento é oneroso e a logística comumente dificultada e perigosa, especialmente mediante a ocorrências de eventos danosos. Dessa forma, a utilização de ferramentas como a curva chave se apresenta como viável e, em muitos casos, essencial ao gerenciamento dos recursos hídricos (SANTOS e FERREIRA, 2019).

Apesar da problemática acerca dos recursos hídricos estar presente ano após ano no cotidiano da população acreana, a maioria dos estudos e instrumentos técnicos remetem à decisão a partir das cotas registradas. Isso dificulta quando se pretende analisar situações ou cenários em que o volume de água é importante, a exemplo das ações voltadas ao abastecimento populacional, entre outros.

Vale ressaltar que, geralmente, tanto a Lei das Águas quanto outros instrumentos de gestão dos recursos hídricos se refiram à vazão como unidade preponderante. Neste caso, a curva chave se apresenta como um mecanismo essencial (NOVO e HORA, 2019; ROLIM et al., 2020; TAMWING et al., 2021).

A ocorrência frequente de cheias e consequentes inundações registradas no rio Acre tem relação comumente atribuída, entre outros, à ocupação desordenada do solo.

Em Rio Branco, cidade com maior densidade populacional ao longo da área que compreende a bacia hidrográfica do rio Acre, a maioria das áreas recorrentemente afetadas por eventos hidrológicos extremos estão localizadas em sua planície de inundação (DUARTE, 2011; ALBUQUERQUE, 2018; TAMWING et al., 2021). Apesar da importância de estudar o nível atingido pela água, há de se destacar que o volume é, sobretudo, basilar.

Desse modo, neste estudo buscou-se analisar a associação entre cota e vazão, estabelecendo-se uma relação denominada curva chave, obtida através de análise estatística de séries históricas registradas em estações fluviométricas ao longo do rio Acre, a fim de subsidiar a tomada de decisões, especialmente no que diz respeito ao planejamento de ações concernentes à segurança hídrica.

METODOLOGIA

A pesquisa se concentrou na bacia hidrográfica do rio Acre, representada na Figura 7. Até o município de Rio Branco, a referida bacia hidrográfica possui aproximadamente 23.433 km² de área de drenagem e até sua foz, no rio Purus, totaliza 35.792 km², sendo cerca de 79% de sua área no estado do Acre, 8% no estado do Amazonas, 7% no Peru e aproximadamente 6% na Bolívia (LATUF, 2011; TAMWING et al., 2021).

A bacia hidrográfica do rio Acre destaca-se com média de chuvas anual em torno de 1.900 mm, tendo os meses janeiro e fevereiro com maior concentração de chuvas, enquanto os meses de julho e agosto destacam-se como mais secos (ACRE, 2012; SILVA et al., 2020). Quanto ao clima, de acordo com a classificação de Köppen, a região é apresentada como quente e úmido.

Para determinar a curva chave de cada estação fluviométrica em destaque, foram coletados os dados de cota e vazão obtidos no site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), através do Portal *HidroWeb*.

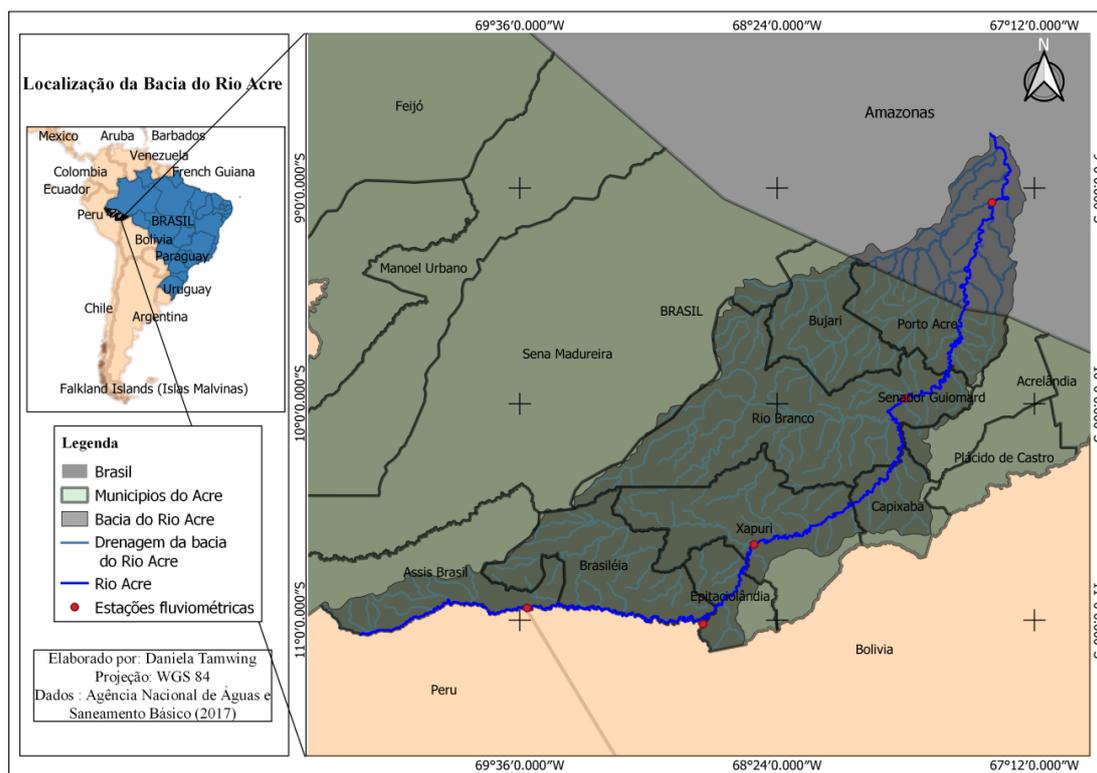


Figura 7 - Delimitação da área de estudo, bacia hidrográfica do rio Acre.
 Fonte: Autores, 2021

Foram selecionados os dados atinentes as cinco estações fluviométricas, sendo quatro localizadas no território acreano (Rio Branco, Brasileia, Xapuri e Assis Brasil) e uma em território amazonense (Boca do Acre), conforme descrito na Tabela 4. Para cada estação, foram selecionados os dados com os pares de valores cota-descarga obtidos no banco de dados no Portal *HidroWeb2*.

Tabela 4 - Dados das Estações Fluviométricas na bacia hidrográfica do rio Acre

Código	Nome Estação	Latitude	Longitude	Área de drenagem (km ²)	Série temporal de dados
13450000	Assis Brasil	-10,9436	-69,5656	3760	07/1983 a 03/2020
13470000	Brasileia	-11,0178	-68,745	7020	07/1982 a 03/2020
13550000	Xapuri	-10,6511	-68,5075	8270	08/1967 a 03/2020
13600002	Rio Branco	-9,975	-67,8008	23500	08/1967 a 02/2020
13650000	Florian Peixoto	-9,0667	-67,3969	34400	07/1967 a 10/2020

Fonte: Tamwing et al. (2021).

² Link de acesso: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>

A seleção das estações, bem como o período utilizado das séries históricas se deu pela qualidade de dados para posterior modulação estatística, descartando-se as estações e anos com muitas falhas de registros.

Na construção da curva chave associa-se biunivocamente os dados de vazão a cota referente formando o par ordenado do gráfico QxH. Desse modo, a partir de uma modelação matemática dada pela equação em forma de potência (Eq. 1) traça-se a curva com maior aderência aos pontos obtidos (NAGHETTINI e PINTO, 2007; SEFIONE, 2002). A equação é expressa por:

$$Q = a(H - H_0)^n \quad (\text{Eq. 1})$$

onde:

a e n – Coeficientes de ajuste para o traçado da curva chave;

H – Cota referente a uma vazão Q;

H₀ – Cota referente a vazão nula;

H em metros e Q em m³/s.

As constantes *a* e *n* podem ser determinadas usando-se o método dos mínimos quadrados ou a partir de ferramentas iterativas. Isso também pode ser determinado por tentativa e erro para determinar a constante H₀ (PORTO e FILHO, 2001).

De acordo com Collischonn e Dornelles (2013), a equação supracitada é a mais utilizada, pois é que mais se assemelha ao tipo de relação entre o nível de água e a vazão como as equações de escoamento em regime permanente e uniforme, além da fórmula de Manning ou Chezy.

Segundo Jaccon e Cudo (1989), a relação entre cota (H) e vazão (Q), além da equação exponencial (Eq. 1), tem expressão polinomial (Eq.2) bastante utilizada, em que são mais frequentes as representações do polinômio de segundo grau (parabólica).

$$Q = a_0 + a_1H + a_2H^2 + \dots + a_nH^n \quad (\text{Eq. 2})$$

onde:

a₀, a₁, ..., a_n – Coeficientes de ajuste para o traçado da curva chave;

H – Cota referente a uma vazão Q;

H em metros e Q em m³/s.

Para a obtenção da equação que gerou a curva com o ajuste mais coerente aos dados, utilizou-se a ferramenta de linha de tendência do *Microsoft Excel*, do tipo potência, uma vez que o método exige demasiada rotina de cálculos.

Conforme Jaccon e Cudo (1989), a análise matemática do coeficiente obtido com a melhor regressão linear é representada pelo coeficiente de determinação R², que indica a proporção da variância explicada pelo ajuste da curva.

Para o ajuste da curva chave foi utilizado o Coeficiente de Eficiência de Nash-Sutcliffe (NS). Segundo Baltokoski et al. (2010), o coeficiente NS é um dos critérios estatísticos mais importantes para avaliar o ajuste de modelos hidrológicos. ONS é um coeficiente adimensional, dado pela seguinte equação:

$$NS = 1 - \frac{\sum(Q_{med} - Q_{cal})^2}{\sum(Q_{med} - \bar{Q}_{med})^2} \quad (\text{Eq. 3})$$

onde:

Q_{med} – Vazão observada;

Q_{cal} – Vazão calculada a partir da equação encontrada;

De acordo com Silva et al. (2008), para resultados de NS maior que 0,75 o desempenho do modelo é considerado bom e, para valores entre 0,36 e 0,75 o desempenho é considerado aceitável. Já para valores inferiores a 0,36 o modelo é julgado como não recomendado.

A curva chave foi representada de forma gráfica com os valores de cota (H) no eixo das ordenadas e os valores de vazão (Q) no eixo das abscissas, que segundo Sefione (2002), é um dos métodos mais utilizados pelos hidrólogos no Brasil. Desse modo, para o traçado da curva chave nessa representação, seguiu-se os seguintes procedimentos:

- Organização dos pares de valores cota-descarga das estações fluviométricas da ANA;
- Filtragem dos erros a fim de eliminar os erros identificados e observações que foram realizadas no mesmo dia;
- Cálculo de uma cota chamada “cota auxiliar”, dada pela expressão $h - h_0$, onde h_0 é um valor arbitrado;
- Modelagem dos pares ordenados em um gráfico bidimensional (cota auxiliar, vazão);
- Determinação da equação da curva e dos parâmetros a e n , conforme a Eq. 1, se deu por meio de uma linha de tendência do tipo potência, a partir do parâmetro h_0 , encontrado por tentativa e erro;
- Verificação do R^2 e NS a partir das equações obtidas na linha de tendência do tipo potência. Nos casos que não se obteve um resultado aceitável, foi utilizado a linha de tendência do tipo polinomial de segundo grau, conforme a Eq. 2;
- Cálculo da vazão estimada (Q_{calc}) através da equação encontrada;

- Elaboração do gráfico do tipo dispersão e plotar duas séries de dados, a primeira com os dados extraídos da ANA e a segunda do tipo $Q_{\text{calc}} \times \text{Cota Auxiliar}$, sendo a segunda plotada no formato linha.

RESULTADOS

A partir dos procedimentos metodológicos destacados, permitiu-se estimar as equações da curva chave da relação cota-vazão nos cinco pontos estudados da bacia hidrográfica do rio Acre, permitindo uma análise importante no âmbito da gestão dos recursos hídricos para a região.

Na Figura 8, apresenta-se a curva chave para os dados anotados na cidade de Rio Branco, através da estação fluviométrica 13600002, para a qual foram utilizados 267 pares de valores biunívocos da relação cota-descarga, variando de uma vazão $15,1\text{m}^3/\text{s}$ e $3500\text{m}^3/\text{s}$ e cota de $1,4\text{m}$ a $18,34\text{m}$. A partir do ajuste de tendência de potência, obteve-se o coeficiente de eficiência NS igual a $0,96$ demonstrando que a equação estimada foi satisfatória.

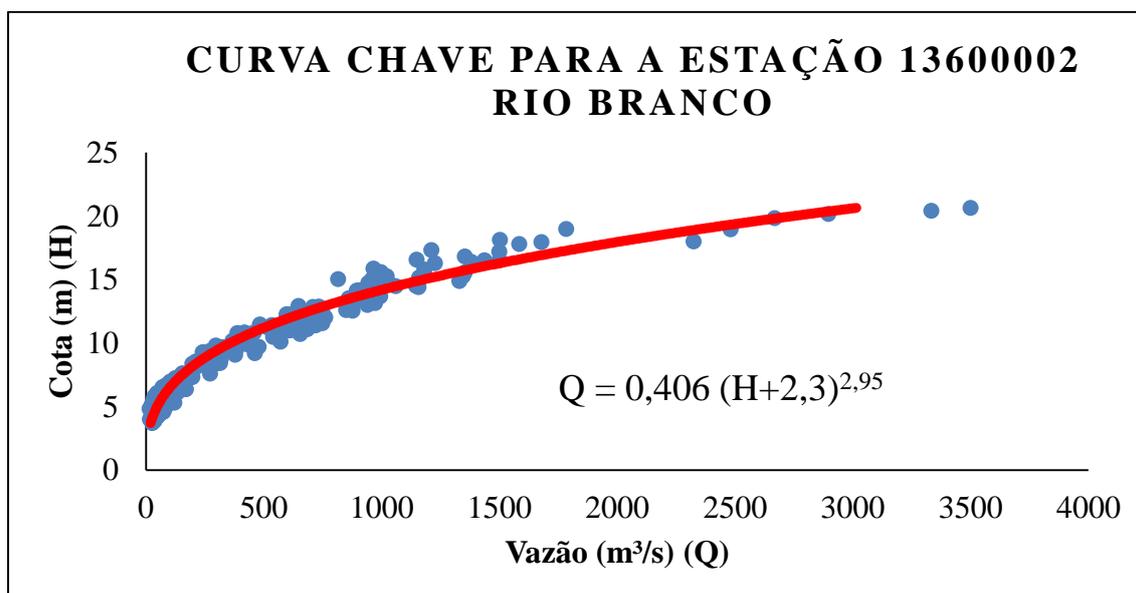


Figura 8 - Curva chave da relação cota-vazão na cidade de Rio Branco, estação 13600002.
Fonte: Autores, 2021

A Figura 9 traz a representação gráfica da curva chave do rio Acre, a partir dos dados da estação fluviométrica 13470000, localizada na cidade de Brasília, da qual foi possível a verificação de 151 pares de valores, variando de uma vazão $5,69\text{m}^3/\text{s}$ e $1784\text{m}^3/\text{s}$ e cota de $1,08\text{m}$ a $15,22\text{m}$. A expressão que se mostrou mais satisfatória foi a

equação do tipo polinomial de segundo grau, com NS de 0,98 destacando-se como o maior entre os demais obtidos neste estudo.

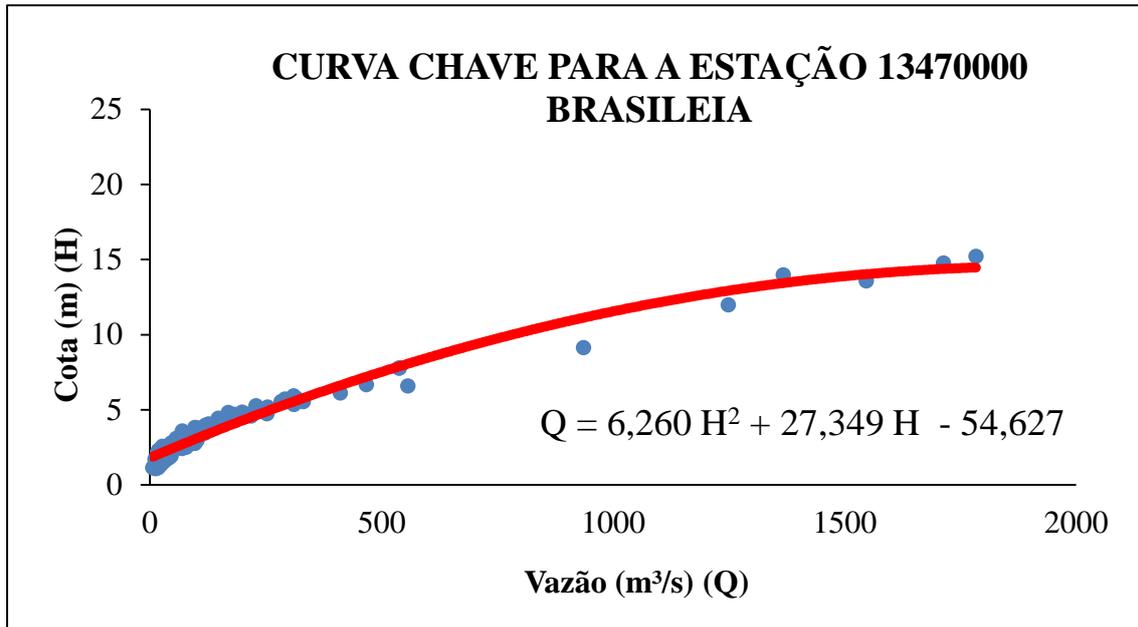


Figura 9 - Curva chave da relação cota-vazão na cidade de Brasileia, estação 136470000.
Fonte: Autores, 2021

Ao analisar 264 pares ordenados de vazão e cota, variando de uma vazão 7,72m³/s e 2442,00m³/s e cota de 1,70m a 18,20m, da estação fluviométrica 13550000, instalada na cidade de Xapuri, traçou-se a curva chave expressa pela equação do tipo polinomial de segundo grau, obtendo-se NS de 0,90, demonstrando que os dados estudados apresentaram curva significativamente ajustada (Figura 10).

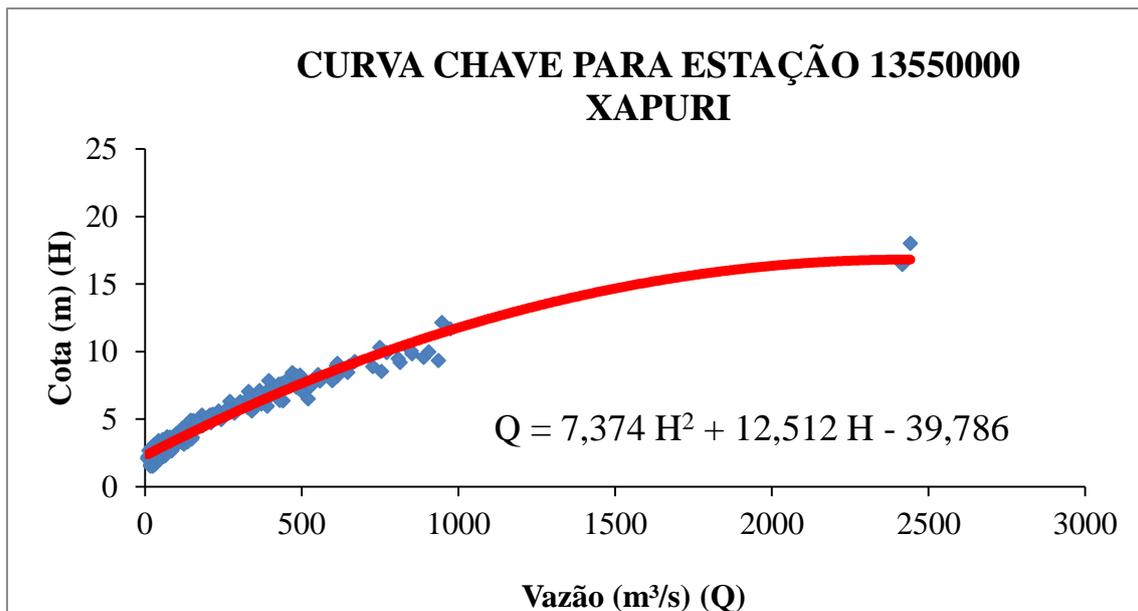


Figura 10 - Curva chave da relação cota-vazão na cidade de Xapuri, estação 13550000.
Fonte: Autores, 2021

A curva chave obtida pela análise dos 116 pares ordenados (vazão e cota), com vazão variando de 1,90m³/s e 1354,00m³/s e cota de 1,71m a 11,35m da estação fluviométrica 13450000, localizada no município de Assis Brasil, é expressa pela equação do tipo polinomial de segundo grau, com NS de 0,96 (Figura 11). Dentre as estações analisadas e expressas por equações polinomiais, esta apresentou menor valor para o R² (0,957), bem como a menor quantidade de dados, entretanto, representa bom ajuste (DINIZ e THIELE, 2021).

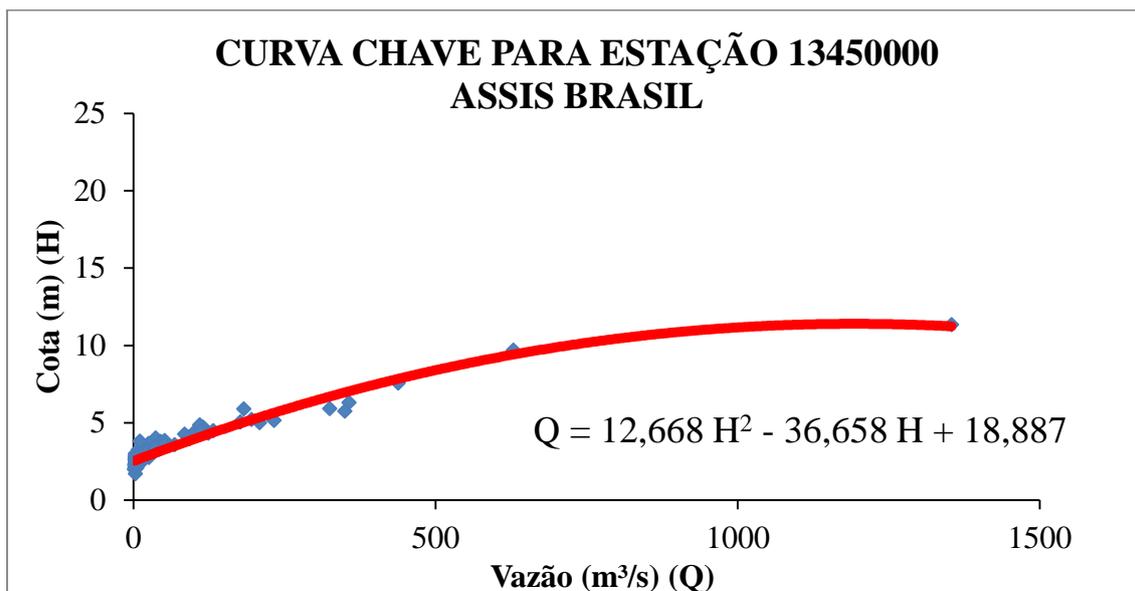


Figura 11 - Curva chave da relação cota-vazão na cidade de Assis Brasil, estação 13450000.
Fonte: Autores, 2021

A Estação Fluviométrica 13650000, denominada Floriano Peixoto, instalada em Boca do Acre, no Amazonas, é a única fora da delimitação territorial do estado do Acre que foi incluída neste estudo. Foram analisados 167 pares ordenados, com vazões variando de 19,00m³/s a 2572,48 m³/s e cotas variando de 3,52m a 19,13m. Assim como a curva chave da estação de Rio Branco, a equação da estação Floriano Peixoto foi expressa pela equação do tipo potencial (Figura 12), com NS de 0,96.

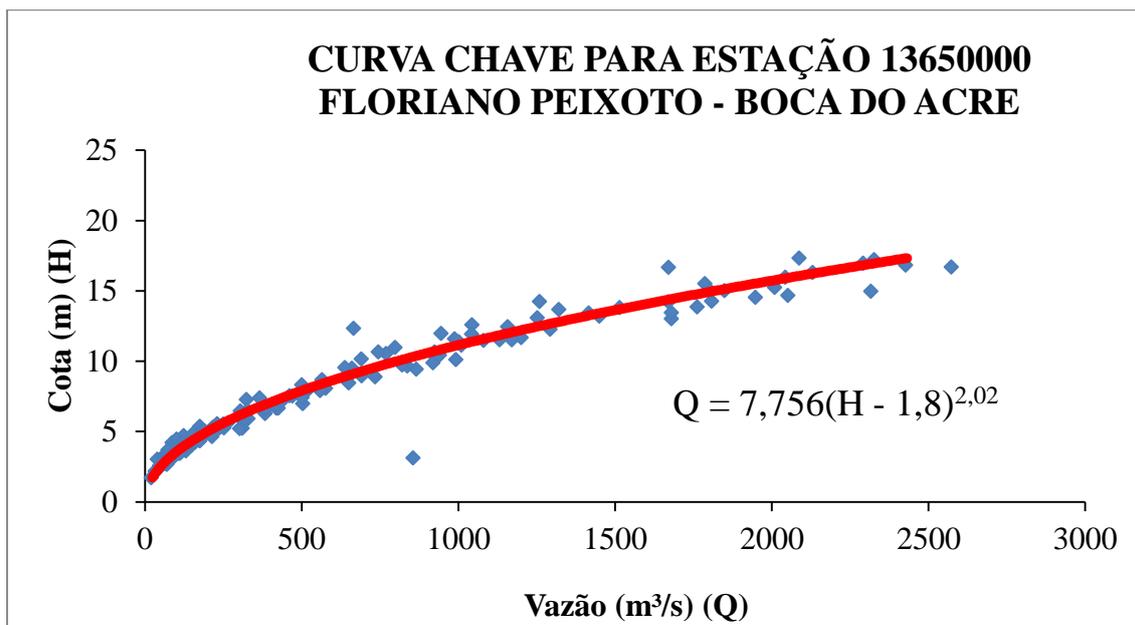


Figura 12 - Curva chave da relação cota-vazão na cidade de Boca do Acre, estação 13650000.

Fonte: Autores, 2021

Compilando as informações das equações, Tabelas 5 e 6 apresentam a curva chave de potência e polinomial, respectivamente, utilizadas em cada estação, assim como os coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 5- Equações das curvas-chaves do tipo potencial

Código	Nome Estação	Equação da Curva	R^2
13600002	Rio Branco	$Q = 0,406(H + 2,3)^{2,95}$	0,948
13650000	Floriano Peixoto	$Q = 7,756(H - 1,8)^{2,02}$	0,959

Fonte: Autores, 2021

Tabela 6 - Equações das curvas-chaves do tipo polinomial

Código	Nome Estação	Equação da Curva	R^2
13470000	Brasileia	$Q = 6,260 H^2 + 27,349H - 54,627$	0,985
13550000	Xapuri	$Q = 7,374 H^2 + 12,512H - 39,786$	0,974
13450000	Assis Brasil	$Q = 12,668 H^2 - 36,658H + 18,887$	0,957

Fonte: Autores, 2021

Conforme pode ser verificado na Tabela 5, a estação fluviométrica de Rio Branco apresentou H_0 negativo. Este é um parâmetro desconhecido, que é arbitrado durante a modelagem matemática, podendo ser entendido como a leitura do nível da água quando a vazão é nula. De acordo com Porto e Filho (2001), o H_0 pode assumir valores positivos e negativos, e isso terá relação com a posição zero da escala em relação ao fundo do rio.

Os valores obtidos de R^2 foram elevados, o que demonstra que não há variações significativas dos dados das estações fluviométricas com o traçado curva chave a partir da linha de tendência do tipo potência e polinomial (REITZ e DIAS, 2014; ROLIM et al., 2020).

Destaca-se que a curva chave que apresentou o menor valor de R^2 , dentre as estações com equações expressas do tipo polinomial, foi a de Assis Brasil, localizada no trecho da cabeceira rio Acre, onde se registrou as menores vazões atinentes aos dados analisados. Essa estação também teve a menor quantidade de dados analisados, o que pode ter interferido para uma melhor eficiência do traçado da curva chave.

A estação fluviométrica localizada em Boca do Acre apresentou o maior coeficiente de determinação, R^2 de 0,959 dentre as estações com equações expressas do tipo potência, indicando que a modelagem para o traçado da curva chave esclarece cerca de 96% da variação dos valores de vazão em relação a variável cota do rio (TEIXEIRA-GANDRA et al., 2015; SILVA JUNIOR et al., 2020).

DISCUSSÕES

A curva chave é um importante recurso auxiliar para estimativa da vazão em relação à cota, bem como para auxiliar na gestão dos recursos hídricos. Historicamente, no Acre, utiliza-se o valor das costas como instrumento de apoio à decisão tanto no meio científico quanto administrativo, mas sabe-se, todavia, que as vazões são variáveis importantes, uma vez que se referem ao volume registrado em determinada seção de um rio, tornando-se elemento preponderante (RESENDE e MACHADO, 1988; MONTEFUSCO et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2021).

Conforme Jacon e Cudo (1989), a vazão do rio está relacionada não apenas com o nível de água, mas também pelas características geométricas do canal, bem como aos parâmetros hidráulicos e geotécnicos do curso d'água. Desse modo, é importante considerar que o curso do rio se altera ao longo do tempo, e isso depende do material presente em seu leito, o que reflete no traçado da curva, ou seja, na relação entre a vazão e a cota, dependendo da série histórica analisada (BONFANTI et al., 2020; ACCORSI et al., 2021; SANTOS et al., 2021).

Neste sentido, é importante destacar que, de acordo com Albuquerque (2018) e Tamwing et al. (2021), no ano de 2015 foi registrada a maior cota do rio Acre medida na cidade de Rio Branco, com valor de 18,40 m. A partir da curva chave obtida para a cidade de Rio Branco (expressa na Figura 8 e na Tabela 5) estima-se uma vazão de

aproximadamente 3.094,84 m³/s. Entretanto, o estudo realizado por Tamwing et al. (2021) destaca que os registros oficiais apontam para o valor de 3.208,13 m³/s, ou seja, 3,6% superior ao valor estimado. A cota estimada para a vazão máxima registrada é de aproximadamente 18,65 m e, portanto, superior a cota registrada. Daí a importância de se considerar também a vazão no processo decisório incluído na gestão dos recursos hídricos, uma vez que ela considera outros fatores.

Adicionalmente, a Figura 13, apresenta a mudança das curvas-chave, traçadas em períodos de 20 em 20 anos, a partir da série histórica obtida na estação fluviométrica 13600002, no trecho do rio Acre que compreende a capital do Estado, Rio Branco.

Curva chave por período - Rio Branco

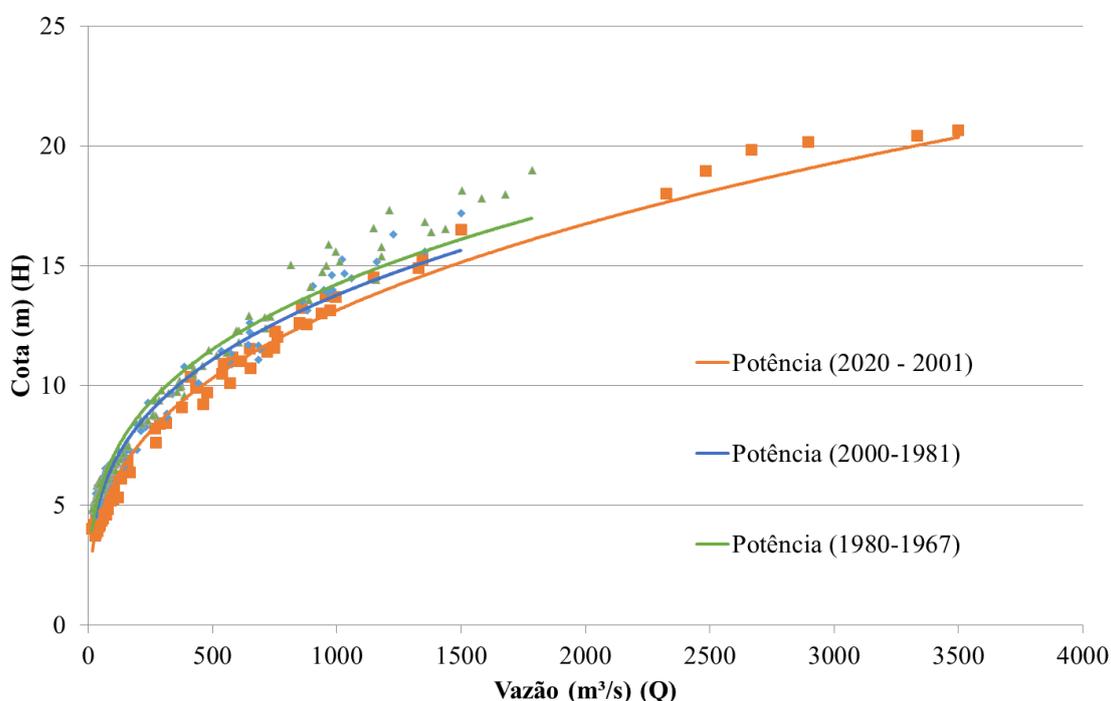


Figura 13- Curva chave para os períodos de 1967-1980, 1981-2000, e 2001-2020 da estação fluviométrica, localizada em Rio Branco, Acre.

Fonte: Autores, 2021

Conforme evidenciado na Figura 13, comparando-se o período de 1967 a 1980 com o período de 2001 a 2020, é possível constatar aumento da vazão considerando-se um nível de água (cota) constante. Destaca-se que no último período analisado, houve registro dos eventos extremos de enchentes, como a que ocorreu em 2015, sendo a maior cota registrada no rio Acre, em Rio Branco, com aproximadamente 18,40m (ALBUQUERQUE, 2018).

Para o traçado das curvas no período de 1967-1980, 1981-2000 e 2001-2020, apresentados na Figura 13, foi utilizada a equação do tipo de potência, mantendo fixo o valor de H_0 , no qual se obteve as equações expressas na Tabela 7.

Tabela 7 - Equações da curva chave por período

Período	Nome Estação	Equação da Curva	R²
1967 – 1979	Rio Branco	$Q = 0,218(H + 2,3)^{3,15}$	0,971
1980 – 1999	Rio Branco	$Q = 0,263(H + 2,3)^{3,12}$	0,967
2000-2020	Rio Branco	$Q = 0,697(H + 2,3)^{2,81}$	0,976

Desse modo, verifica-se se que ocorreu uma mudança na curva chave referente ao rio Acre ao longo dos anos. É importante considerar que o curso d'água sofre alterações ao longo do tempo, tais como as características hidráulicas e geométricas da seção transversal do rio. Isso impacta diretamente nas relações entre a vazão a cota. Dentre as causas associadas às alterações geomorfológicas e geotécnicas que, conseqüentemente, impactam nas variáveis cota e vazão estão o assoreamento, movimento de massas etc. (BONFANTI et al., 2020; ACCORSI et al., 2021; SANTOS et al., 2021).

A partir dos dados históricos das cotas observadas na capital, Rio Branco, verifica-se que, em relação as cheias, a cota de alerta do município de Rio Branco é 13,50m e a cota de transbordamento de 14,0m. Logo, a partir desta cota a população residente nas áreas de risco começa a sofrer os impactos. Os registros de cheias que atingem tais valores de referências são recorrentes (ALBUQUERQUE, 2018; OLIVIERA et al., 2021).

Por outro lado, é comum se registrar, no município de Rio Branco, períodos de estiagem intensa comprometendo, entre outros, o abastecimento de água e outros componentes da segurança hídrica. Historicamente a estiagem mais severa ocorreu no ano de 2016, quando atingiu o nível de 1,30m. Até aquele momento, a menor cota havia sido registrada em 2012, com 1,52m (BUFFON e BONOTTO, 2018).

Neste sentido, a curva chave apresenta-se como importante instrumento ao planejamento de ações voltadas à mitigação dos impactos associados à ocorrência de eventos hidrológicos na bacia do rio Acre, sobretudo aqueles com características mais severas, além de permitir o planejamento coerente de ações como o abastecimento das cidades. O estudo conduzido por Tamwing et al. (2021), por exemplo, destaca os valores mais evidentes de vazão para os pontos fluviométricos apresentados no presente estudo.

A partir da curva chave ajustada, é possível obter os valores associados de vazão, e vice-versa, servindo de apoio à tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos. Considerando que a cidade de Rio Branco é a capital do Estado do Acre, com maior população entre os municípios, além de se destacar por muitos outros fatores, são apresentados os valores estimados de vazão associados às cotas de alerta e transbordamento, bem como maior e melhor valor registrados (Tabela 8). Para as demais estações, o processo é inteiramente análogo, a partir das curvas chave estimada para cada uma delas, conforme Tabela 5 e Tabela 6.

É importante destacar que, para a obtenção dos valores inversos, ou seja, estimar o valor da cota a partir de certo valor de vazão, basta utilizar as técnicas acerca da função inversa das equações expressas pela curva chave para as estações em estudo (Tabela 5 e Tabela 6).

Tabela 8 - Estimativa da vazão a partir da curva chave para a rio Acre, na cidade de Rio Branco

Descrição	Cota (m)	Vazão Estimada (m³/s)
Cota de alerta	13,50	1.394,97
Cota de transbordamento	14,00	1.529,25
Maior cota registrada (2015)	18,40	3.094,84
Menor cota registrada (2016)	1,30	17,77
Cota média da série	6,52	249,84

Fonte: Autores, 2021

Tamwing et al. (2021) apontaram as vazões máximas e mínimas na série histórica entre 1967 a 2020, evidenciando diferença nos valores registrados de vazão e aqueles estimados e elencados na Tabela 8, para a cidade de Rio Branco. As diferenças podem estar associadas a fatores que atuam sobre os processos hidrológicos da bacia hidrográfica em estudo, a exemplo dos movimentos de massa, assoreamento etc. (BONFANTI et al., 2020; ACCORSI et al., 2021; SANTOS et al., 2021).

É importante ressaltar que a relação precisa entre a vazão escoada e a cota linimétrica é um processo complexo, sendo importante que a leitura e interpretação da curva chave sejam feitas juntamente com a análise dos parâmetros hidráulicos do escoamento do canal da seção analisada, bem como as suas propriedades geométricas, geotécnicas e hidrológicas (JACCON e CUDO, 1989).

Dias et al. (2019) reiteram a importância de uma análise e interpretação da curva chave criteriosa, considerando todas as informações disponíveis, histórico de pesquisa e

relatórios de inspeção, mudanças na régua e na posição transversal e possíveis mudanças nas condições de fluxo perto do local estudado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das séries históricas analisados foi possível encontrar a curva chave expressa pela equação do tipo potência e polinomial dos trechos do rio Acre, localizados nos municípios de Rio Branco, Brasiléia, Xapuri, Assis Brasil e Boca do Acre. Os valores de R^2 de cada curva estimada foram elevados, que elas apresentam boa representatividade da relação dos dados de vazão e de cota.

O leito móvel da bacia sedimentar do rio Acre proporcionou pequenas alterações em sua curva chave, observando-se uma tendência de aumento da vazão nos últimos 20 anos analisados. Destaca-se a curva chave do trecho do rio Acre que compreende a capital acreana, Rio Branco, que refletiu em mudanças no traçado da curva chave, com aumento da vazão a um nível de água constante.

Desse modo, mesmo considerando que a curva chave como uma alternativa que facilite a estimativa de vazões, é necessária que continue sendo realizadas medições vazões regulares in loco, devido à dinâmica das características hidráulicas e geométricas do rio ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

ACCORSI, O. J.; MONTEFUSCO, C. L. A.; CRUZ, W. M.; LIMA, E. F. P. Perspectiva da evolução do leito do rio Acre nas próximas três décadas na cidade de Rio Branco, Acre, Brasil. In: MOREIRA, J. G. V.; SERRANO, R. O. P. **Desenvolvimento Científico e Tecnológico no Brasil: Interdisciplinaridade 2**. Rio Branco: Stricto Sensu, 2021.

ALBUQUERQUE, R. E. S. **Os fatos sociais do enfrentamento da alagação de 2015 em Rio Branco-AC**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Administração) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2018.

ACRE. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Plano estadual de recursos hídricos do Acre – Rio Branco**: SEMA. 2012.

ADAMI, M. V. D.; BELLADONA, R.; OLIVEIRA, R. B.; VARGAS, T.; SANTOS, S. L.; ZAGO, M. A.;FRIZZO, E. E. Curva Chave – Estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Sepultura, Caxiasdo Sul – RS. In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2013, Bento Gonçalves.**Anais**. Bento Gonçalves: ABRH, 2013, p. 1-7.

BALTOKOSKI, V.; TAVARES, M. H. F.; MACHADO, R. E.; OLIVEIRA, M. P. Calibração de Modelo para a simulação de vazão e de fósforo total nas sub-bacias dos Rios Conrado e Pinheiro – Pato Branco (PR). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, p. 253-261, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000100026>.

BONFANTI, D. C.; LIMA, F. T. B.; FERREIRA, L. C. A.; SANTOS, W. L. A dinâmica fluvial do rio Acre: uma análise ambiental do trecho urbano da cidade de Rio Branco-AC. **Revista Geonorte**, v. 11, p. 154-174, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21170/geonorte.2020.V.1.N.37.154.174>.

BUFFON, F. T; BONOTTO G. Ferramentas de apoio na operação do sistema de alerta da bacia do rio acre do serviço geológico do Brasil – SGB/CPRM. In: I ENCONTRO NACIONAL DE DESASTRES, 2018, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: ABRH, 2018, p. 1-8.

COLLISCHONN W.; DORNELLES F. **Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais**. Porto Alegre: ABRH, 2013.

DIAS, L. C.; FERNANDES, L. L.; LOPES, D. F. Elaboração e extrapolação de curvas-chave na Região Amazônica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 6, p. 2285-2301, 2019. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.6.p2285-2301>

DINIZ, E. S.; THIELE, J. **Modelos de regressão em R**. 2. ed. Viçosa: Ed. Autor, 2021.

DUARTE, A. F. As chuvas e as vazões na bacia hidrográfica do rio Acre, Amazônia Ocidental: Caracterização e implicações socioeconômicas e ambientais. **Amazônia: Ciência&Desenvolvimento**, v. 6, n. 12, p. 161-183, 2011.

JACCON G., CUDO, K. J.; **Hidrologia, Curva chave- Análise e traçado**. DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, 273 p. Brasília, 1989.

LATUF, M. O. **Modelagem Hidrológica Aplicada ao Planejamento dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Acre**. 240 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente-SP, 2011.

MONTEFUSCO, C. L. A.; TAMWING, D. S.; CRUZ, W. M.; MOREIRA, J. G. V.; SERRANO, R. O. P. Direito e diretrizes de acesso à água: contexto geral e abordagem para a cidade de Rio Branco, Acre, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 37, p. 171-190, 2021. DOI: [10.18677/EnciBio_2021C15](https://doi.org/10.18677/EnciBio_2021C15).

NAGHETTINI M.; PINTO E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552p.

NOVO. E. C; HORA, M. A. G. M. Estabelecimento das Curvas-Chave, geração das séries de vazões e estimativa das vazões máximas outorgáveis nos postos da sub-bacia Guapi-Macacu, RJ. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, Vol. 14, n. 4, p. 464-482, 2019. DOI: <https://doi.org/10.20985/1980-5160.2019.v14n4.1585>.

OLIVEIRA, A. V.; SERRANO, R. O. P.; MESQUITA, A. A.; MOREIRA, J. G. V. Temporal trend and estimation of the hydrologic al risk of maximum rainfall and flow extremes in the city of Rio Branco, Acre, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 4, p. 1-10, 2021. DOI: [10.14583/2318-7670.v04n02a08](https://doi.org/10.14583/2318-7670.v04n02a08)

PORTO, R. L. L.; FILHO, K. Z.; DA SILVA, R. M. **Medição de Vazão e Curva chave**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001.

REITZ, K.; DIAS, S. F. Análise comparativa da aplicação de métodos de calibragem de curvas-chave de estações instáveis na análise de consistência de dados fluviométricos da

estação barreirinha, no rio Auti-Paraná, na bacia hidrográfica do rio Amazonas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 1, p. 155-163, 2014. DOI: [10.21168/rbrh.v19n1.p155-163](https://doi.org/10.21168/rbrh.v19n1.p155-163).

RESENDE, M.; MACHADO, R. P. Cotas fluviométricas do rio Acre, suas causas e implicações na política de colonização. **Acta Amazônica**, v. 18, n. 4, p. 85-92, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43921988183092>.

ROLIM, P. A. M.; QUEIROZ, J. C. B.; JESUS, E. S.; OLIVEIRA, L. L. Uso da modelagem hidrológica para calibração de curva chave de vazão em Rio Amazônico com efeito remanso. **Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais**. V. 11, n. 5, p. 273-283, 2020. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.005.0026>.

SANTOS, C. O.; FERREIRA, J. A. Método do flutuador como ferramenta para monitoramento do comportamento hidrológico de córrego urbano. **Holos Environment**, v. 19, n. 4, p. 614-639, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14295/holos.v19i4.12355>

SANTOS, W. L. OLIVIERA, R. F.; CRISOSTOMO, C. A. Dinâmica hidrossedimentológica do médio rio Acre: Investigação inicial do processo de assoreamento. **Revista GeoUECE**, v. 10, p. 57-66, 2021.

SEFIONE A. L. **Estudo comparativo de métodos de extrapolação superior de curvas-chave**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002.

SILVA, P. M. O.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; COELHO, G. Modelagem da hidrógrafa de cheia em uma bacia hidrográfica da região Alto Rio Grande. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 258-265, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000300006>.

SILVA JUNIOR, M. A. B.; FONSECA NETO, G. C.; CABRAL, J. J. S. P. Análise estatística para detecção de tendências em séries temporais de temperatura e precipitação no Recife-PE. **Revista de Geografia**, v. 37, n. 1, p. 222-240, 2020. DOI: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2020.239373>.

TAMWING, D. S.; MONTEFUSCO, C. L. A.; SERRANO, R. O. P.; MESQUITA, A. A.; MOREIRA, J. G. V.; Caracterização do regime fluvial da bacia hidrográfica do rio Acre. **Research, Society and Development**, v. 10, n.17, e93101724461, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i17.24461>.

TEIXEIRA-GANDRA, C. F. A.; DAMÉ, R. C. F.; SIMONETE, M. A. Predição da precipitação a partir das coordenadas geográficas no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 3, p. 848-856, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150037>.

CAPÍTULO III – ESTIMATIVA DE VAZÕES MÍNIMAS E DE REFERÊNCIA NA BACIA DO RIO ACRE, BRASIL

O Capítulo III está em fase de revisão em forma de artigo completo e será submetido em revista especializada, a ser escolhida.

ESTIMATIVA DE VAZÕES MÍNIMAS E DE REFERÊNCIA NA BACIA DO RIO ACRE, BRASIL

RESUMO

A característica de sazonalidade na região amazônica é confirmada no regime fluvial do rio Acre, onde são verificadas ocorrências extremas de seca e cheia. Estes eventos extremos são motivo de preocupação devido ao risco de desabastecimento de água provocando impactos sociais, bem como prejuízos aos ecossistemas aquáticos e terrestres. O gerenciamento dos recursos hídricos é importante o conhecimento da disponibilidade hídrica para limitar o comprometimento do ecossistema aquático e evitar o risco de não ter a demanda atendida. Este trabalho tem como objetivo estudar os diferentes critérios utilizados para a estimativa de vazões mínimas e de referência da bacia hidrográfica do rio Acre, para isto foi elaborado curvas de permanência para obtenção das vazões de referência Q_{90} , a Q_{95} , e a média histórica das vazões mínimas de 7 dias consecutivos, com tempo de retorno de 10 anos, conhecida como a $Q_{7,10}$. Com os dados da estação fluviométrica de Rio Branco, foram encontradas as vazões de referência Q_{90} de 39,805 m^3/s e Q_{95} de 28,769 m^3/s e a vazão mínima $Q_{7,10}$ utilizando as distribuições de probabilidade Weibull para mínimos e a Log-normal de 2 parâmetros, os valores 16,608 m^3/s e 16,692 m^3/s , respectivamente. Foi possível concluir através da análise das vazões de referências no período seco e anual que a sazonalidade impacta nos valores de referências, adicionalmente, verificou-se que o Rio Acre possui condições quantitativas para suprir a demanda de abastecimento público da população urbana e total no ano de 2022 até uma projeção analisada para 20 anos dos municípios de Rio Branco, Xapuri, Brasileia e Assis Brasil.

Palavras Chaves: Recursos Hídricos, Curva de Permanência e Sazonalidade.

ABSTRACT

INTRODUÇÃO

A crise hídrica tem tornado crescente a preocupação com a temática da água em nível nacional (BEM e OSTJEN, 2018). Apesar de o Brasil possuir uma grande quantidade de água doce, a população brasileira enfrenta recorrentes problemas sociais, ambientais e econômicos com a sua oferta. Assim, Getirana et al. (2021) destacam a importância de tratar a água com prioridade de segurança nacional e analisam que a crise hídrica no Brasil pode ser considerada uma crise mundial.

A caracterização sazonal pluvial na região amazônica gera repercussões importantes sobre a fauna, a flora, os rios e as populações ribeirinhas e urbanas da área (FRANCA e MENDONÇA, 2016). Conforme apresentado por Tamwing et al. (2021), essa sazonalidade é confirmada no regime fluvial do rio Acre, onde são verificadas ocorrências extremas de seca e cheia.

Na capital acreana, Rio Branco, nessa sazonalidade, as secas severas causam grande preocupação devido ao risco de desabastecimento de água para população urbana, principalmente para a população rural e suas atividades, bem como impulsionam os prejuízos à saúde humana e aos ecossistemas aquáticos e terrestres (DUARTE, 2011).

Nesse sentido, é de extrema relevância a realização de estudos que contribuam para o gerenciamento sustentável deste bem essencial, a água. Cruz e Tucci (2008) apontam que, para gestão dos recursos hídricos, é necessário o conhecimento da oferta hídrica da bacia hidrográfica frente às demandas dos múltiplos usos da água e à conservação ambiental.

No Brasil, o gerenciamento dos recursos hídricos é regulamentado pela Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, e através do Plano Nacional de Recursos Hídricos, no qual tem como instrumento de comando e controle da água, a outorga do direito do uso da água. Esse é o meio pelo qual o poder público autoriza o uso da água de um manancial para fins de abastecimento público ou privado ou para alguma atividade econômica, de modo a garantir a distribuição adequada dos recursos hídricos à sociedade através do controle quantitativo e qualitativo dos usos múltiplos da água (ANA, 2019; BRASIL 1997; MONTEFUSCO et al., 2021).

Nesse sentido, os critérios de outorga devem estar vinculados à disponibilidade hídrica, bem como dependem dos sistemas jurídicos e econômicos locais (CRUZ e TUCCI, 2008; SILVA, 2006). O volume disponível de um manancial pode ser comprometido devido aos múltiplos usos da água sujeito à outorga e, desse modo, é

importante o conhecimento da disponibilidade hídrica dos corpos de água para limitar o comprometimento do ecossistema aquático e evitar o risco de não ter a demanda atendida (RUTHES, 2017; CRUZ e SILVEIRA, 2007)

Para a compreensão da disponibilidade hídrica é importante o conhecimento dos conceitos de vazões mínimas e de referência, amplamente difundidos tanto no meio técnico quanto científico (VILELA e MATTOS, 1975; NAGHETTINI e PINTO, 2007; ANA, 2011; RUTHES, 2017; RIBEIRO, 2000; MUNIZ, 2021; MONTEFUSCO et al., 2021):

- **Vazão de Referência:** vazão determinada como o limite superior para o uso da água de um determinado curso de água a partir de uma modelagem estatística realizada através da série histórica de vazão do manancial, ou seja, a vazão outorgável máxima adotadas pelos órgãos estaduais, distrital ou pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, na legislação de recursos hídricos.
- **Vazão Mínima:** é uma vazão aplicada como referência associada a uma situação crítica do manancial, caracterizada pela estimativa de vazões calculadas de forma estatística considerando vazões de elevada permanência no tempo. Neste sentido, destacam-se os valores de vazões associados a Q_{90} , a Q_{95} , e a média histórica das vazões mínimas de 7 dias consecutivos, com tempo de retorno de 10 anos, conhecida como a $Q_{7,10}$.

Outros conceitos são utilizados na gestão dos recursos hídricos, como a **Vazão Ecológica**, que é a vazão necessária para não comprometer o meio aquático, enquanto a **Vazão Remanescente** é a vazão necessária para diversos usos da sociedade da água somada a vazão de preservação ou conservação do meio ambiente. Por fim, a **Vazão Ambiental** é a vazão necessária à proteção das bacias hidrográficas de modo integrado para garantir sua sustentabilidade, levando em consideração todo o ecossistema, não apenas os ecossistemas aquáticos, mas também as atividades humanas (ANA, 2011; MUNIZ, 2021).

A disponibilidade hídrica de um corpo de água depende da sua variabilidade no tempo e no espaço, expressa pelas diversas funções hidrológicas. Para a identificação da vazão disponível do manancial e utilização como critério de outorga aos órgãos reguladores, utiliza-se, de modo geral, duas abordagens, a saber: as vazões de permanência $Q_p\%$, que são obtidas pelas curvas de permanência e as vazões mínimas

associadas a um determinado tempo de recorrência (ANA, 2019; SILVA et al., 2006; RUTHES, 2017; CRUZ e SILVEIRA, 2007).

Muitos estados brasileiros e a ANA utilizam os valores das vazões Q_{90} e Q_{95} como referências, obtidas através da curva de permanência, que representam a vazão mínima que um curso d'água mantém por 90% ou 95% do tempo, respectivamente. De forma didática, a Q_{95} representa uma frequência de 5% do tempo de ocorrência de vazões menores, podendo causar o desabastecimento dos usuários da água (ANA, 2019).

De acordo Mendes (2007), a adoção de uma vazão mínima com duração de sete dias associadas ao tempo de retorno 10 anos, a $Q_{7,10}$, tem relevância, considerando que a ocorrência de baixas vazões com vários dias de duração é mais importante econômica e ambientalmente do que as vazões mínimas com um dia de duração.

Em bacias hidrográficas cujo regime hidrológico é fortemente caracterizado pela sazonalidade, como a bacia do rio Acre, é relevante o estudo sobre os diferentes critérios de outorga diante da necessidade de uma flexibilização das vazões outorgáveis, possibilitando a outorga de valores maiores em épocas de maior disponibilidade hídrica, bem como restringir o uso no período mais seco (CRUZ, 2001; CRUZ e TUCCI, 2008; OLIVEIRA et al., 2013).

Desse modo, este artigo visa estudar os diferentes critérios utilizados para a estimativa de vazões mínimas e de referência, em estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Acre.

METODOLOGIA

Área de Estudo

A área de estudo é a bacia do rio Acre, que apresenta uma rede hidrográfica formada por cursos de água volumosos e sinuosos, no qual escoam no sentido do Sudoeste para o Nordeste, localizada na Amazônia Sul ocidental. Conforme ilustrado na Figura 14, a bacia do rio Acre abrange os estados brasileiros, Acre e Amazonas, e internacionais, o departamento peruano de Madre de Dios e o departamento boliviano de Pando (TAMWING et al, 2021).

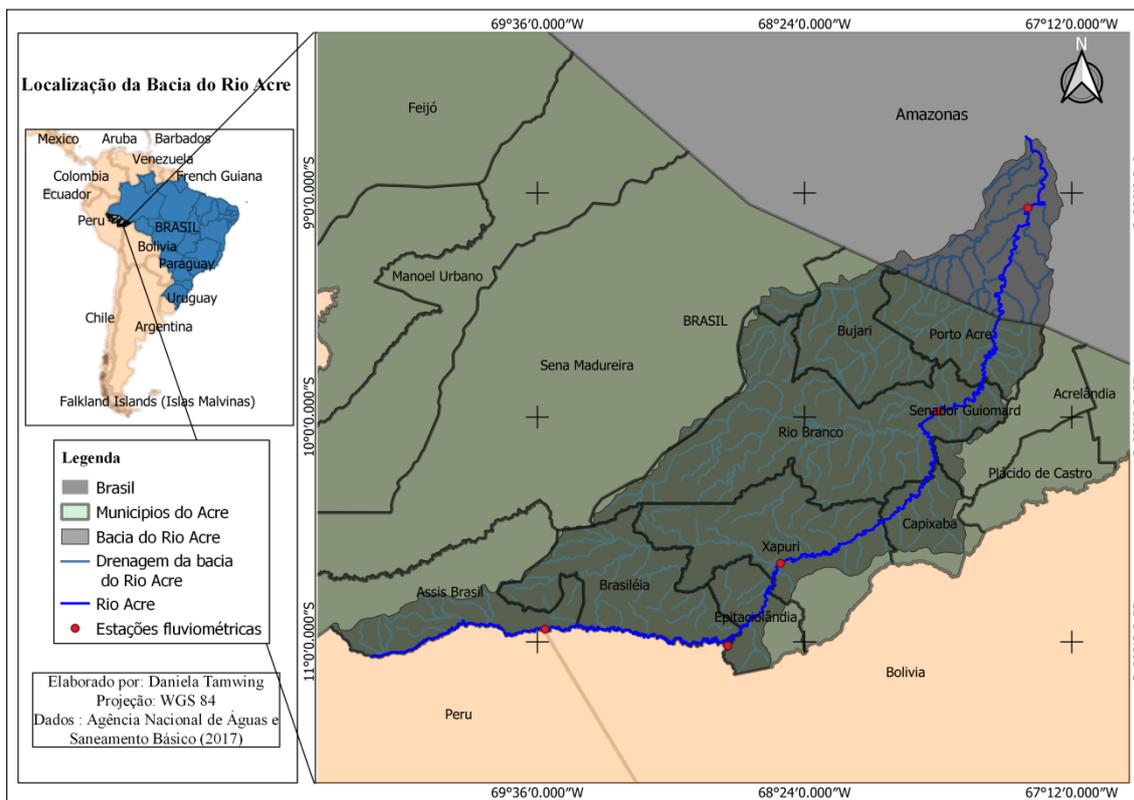


Figura 14 - Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Acre.
 Fonte: Tamwing et al (2022)

Obtenção dos dados

Os registros de vazões do rio Acre, na área de estudo, foram obtidos através das informações de vazões das estações fluviométricas disponíveis na página *online* oficial da Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA), disponíveis no Sistema de Informações Hidrológicas *HidroWeb*. As especificações das estações fluviométricas utilizadas estão na Tabela 9.

Tabela 9 - Especificações das Estações Fluviométricas na Bacia do Rio Acre

Código	Nome Estação	Latitude	Longitude	Área de drenagem (km ²)	Série temporal de dados
13450000	Assis Brasil	-10,9436	-69,5656	3760	07/1983 a 08/2021
13470000	Brasileia	-11,0178	-68,745	7020	07/1982 a 03/2021
13550000	Xapuri	-10,6511	-68,5075	8270	08/1967 a 06/2021

13600002	Rio Branco	-9,975	-67,8008	23500	08/1967 a 06/2021
13650000	Floriano Peixoto	-9,0667	-67,3969	34400	07/1967 a 01/2020

Fonte: TAMWING et al, 2021

Em relação ao tratamento dos dados constantes nas séries históricas, utilizou-seo *software* denominado “Super Manejo de Dados”, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Hidrologia de Grande Escala (HGE), que é parte do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (HGE, 2022).

Elaboração da Curva de Permanência

A análise hidrológica dos dados para fins de elaboração da curva de permanência se baseou nos seguintes critérios:

- Série histórica completa: utilização da série histórica completa de vazões diárias disponíveis no período histórico das estações fluviométricas, disponíveis no *HidroWeb*.
- Série histórica do período seco: utilização das vazões diárias disponíveis no período histórico das estações fluviométricas referentes aos meses considerados com menores médias mensais (julho, agosto, setembro e outubro) da série histórica analisada disponíveis no *HidroWeb*.
- Série Histórica do anual: utilização das vazões diárias disponíveis no período histórico das estações fluviométricas referente aos meses não incluídos no período considerado seco (novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho) disponíveis no *HidroWeb*.

A partir da organização dos dados de vazões, foram geradas as curvas de permanência, com o propósito de estimar as vazões de referência, Q_{90} e Q_{95} , utilizando a metodologia apresentada em Naghettini e Pinto (2007), onde se utiliza a posição de plotagem de Weibull e determinando-se a frequência excedente associada à cada valor de vazão. Para a construção gráfica deste tópico foi utilizado o *Software Microsoft Excel*.

Estimativa da $Q_{7,10}$

Para determinação da $Q_{7,10}$, os dados de vazões diárias oriundas das estações fluviométricas da bacia hidrográfica do rio Acre, foram organizados no Microsoft Excel,

de modo que foi determinado a média móvel das vazões diárias com no período de sete dias (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Na sequência, também utilizando o Microsoft Excel foram determinadas para cada ano da série histórica a vazão mínima média de sete dias consecutivos (Q7). A partir daí, realizou-se o ajuste das distribuições teóricas de probabilidade Weibull para mínimos, a Log-normal de 2 parâmetros e a Gama, através do software livre R-project (NAGHETTINI e PINTO, 2007; R CORE TEAM, 2021).

A aderência dos modelos de distribuição de probabilidades ajustadas às séries de valores mínimos anuais de vazões médias de sete dias (Q7) foi avaliada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov (KS teste), conforme descrito por Barros et al. (2018) e por Moreira et al. (2020).

Estimativa da demanda para abastecimento de água

Para estimativa da demanda para abastecimento de água foi utilizada a Norma Técnica 01/2021 aprovada pela Agência Reguladora de Serviços Públicos do Acre, Resolução n° 82/AGEAC (2021), na qual apresenta a metodologia para o cálculo de vazão para o sistema de abastecimento de água, elaborado em 2021 pela autarquia responsável pelo serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário do estado do Acre. Desse modo, a partir da equação a seguir foi estimada de vazão demandada para o consumo da população.

$$Q = K1x(Pxq)/86.400 \quad (\text{Eq. 4})$$

onde:

K1 – Coeficiente de máximo consumo diário

P – População atendida (hab);

q – Consumo per capita (l/hab.dia);

Q – Vazão demandada (l/s);

Ainda seguindo a Norma Técnica 001/2021, foi adotado os valores de K1 de 1,2 e consumo *per capita* (q) de 250 l/hab.dia.

Em consideração a estimativa população para uso da equação acima, será adotado o método aritmético conforme verificado pela Montefusco (2022). A equação do método aritmético está expressa abaixo.

$$P_2 = K_a(T_2 - T_1) + P_1 \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

Ka – Taxa de crescimento anual;

P2 – População no último censo considerado (habitantes);

P1 – População no penúltimo censo considerado (habitantes);

t2 – Ano do último censo considerado;
t1 – Ano do penúltimo censo considerado.

$$Ka = \frac{Pop_2 - Pop_1}{T_2 - T_1} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

Ka – Taxa de crescimento aritmético
Pop – População a ser estimada para o ano futuro
Pop₁ – População inicial
Pop₂ – População atual
T – Tempo final
T₁ – Tempo inicial
T₂ – Tempo atual

De acordo com Manual de Saneamento da Funasa (BRASIL, 2019) as obras de abastecimento de água devem adotar na metodologia de cálculo um projeto estimativo entre 20 a 30 anos, levando em consideração que a população será maior nos anos futuros. Dessa forma, neste estudo foi adotado uma metodologia semelhante, porém em dois intervalos de 10 anos, totalizando no final 20 anos.

Assim, utilizando o utilizado o *Software Microsoft Excel*, aplicando as equações 4 e 5 e as populações obtidas no censo de 2000 e 2010 elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, foi estimado a população dos municípios acreanos, conforme tabela a seguir.

Tabela 10 - Estimativa da População Total dos municípios de Rio Branco, Xapuri, Brasileia e Assis Brasil

Município	População Total (Censo 2000)	População Total (Censo 2010)	Taxa de crescimento (Ka)	População Total estimada (2022)	População Total estimada (2032)	População Total estimada (2042)
Rio Branco	253.059	336.038	8.298	435.613	518.592	601.571
Xapuri	11.956	16.091	414	21.053	25.188	29.323
Brasileia	17.013	21.398	439	26.660	31.045	35.430
Assis Brasil	3.490	6.072	258	9.170	11.752	14.334

Fonte: IBGE (2001), adaptado pelo autor

Tabela 11 - Estimativa da População Urbana dos municípios de Rio Branco, Xapuri, Brasileia e Assis Brasil

Município	População urbana (Censo 2000)	População urbana (Censo 2010)	Taxa de crescimento (Ka)	População urbana estimada (2022)	População urbana estimada (2032)	População urbana estimada (2042)
Rio Branco	226.298	308.545	8.225	407.241	489.488	571.735
Xapuri	5.995	10.330	434	15.532	19.867	24.202
Brasileia	9.026	14.257	523	20.534	25.765	30.996
Assis Brasil	2.151	3.700	155	5.559	7.108	8.657

Fonte: IBGE (2011), adaptado pelo autor

Para estimativa da demanda para abastecimento de água foi acrescida a porcentagem de perdas na distribuição a partir da média da série histórica do indicador IN049, entre os anos 2010 e 2020 conforme publicação do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS (Adendo 1), a média encontrada que foi utilizado no cálculo demanda está descrita na tabela 12.

Tabela 12 - Média dos indicadores de perdas na distribuição segundo a série histórica do SNIS de 2010 a 2020, nos municípios de Rio Branco, Xapuri, Brasileia e Assis Brasil

Município	Média do Índice de perdas na distribuição (IN049)
Rio Branco	61,40%
Xapuri	41,85%
Brasileia	67,98%
Assis Brasil	57,93%

Fonte: SNIS, adaptado pelo autor

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vazões mínimas e de referência

A partir da análise estatística dos dados fluviométricos das cinco estações ao longo do Rio Acre foi elaborado um gráfico de comparação entre as curvas de permanência das cinco estações fluviométricas analisadas, conforme apresentado na Figura 15.

A partir da Figura 15 é possível verificar que as vazões de referências são menores a montante e maiores a jusante. Essa constatação é ratificada no estudo de Tamwing et al. (2021), onde se verifica que a vazão média de Xapuri é menor do que a Rio Branco e a vazão média da estação de Floriano Peixoto em Boca do Acre é maior do que a Rio Branco, o que coincide com o fluxo do rio da sua nascente até a foz.

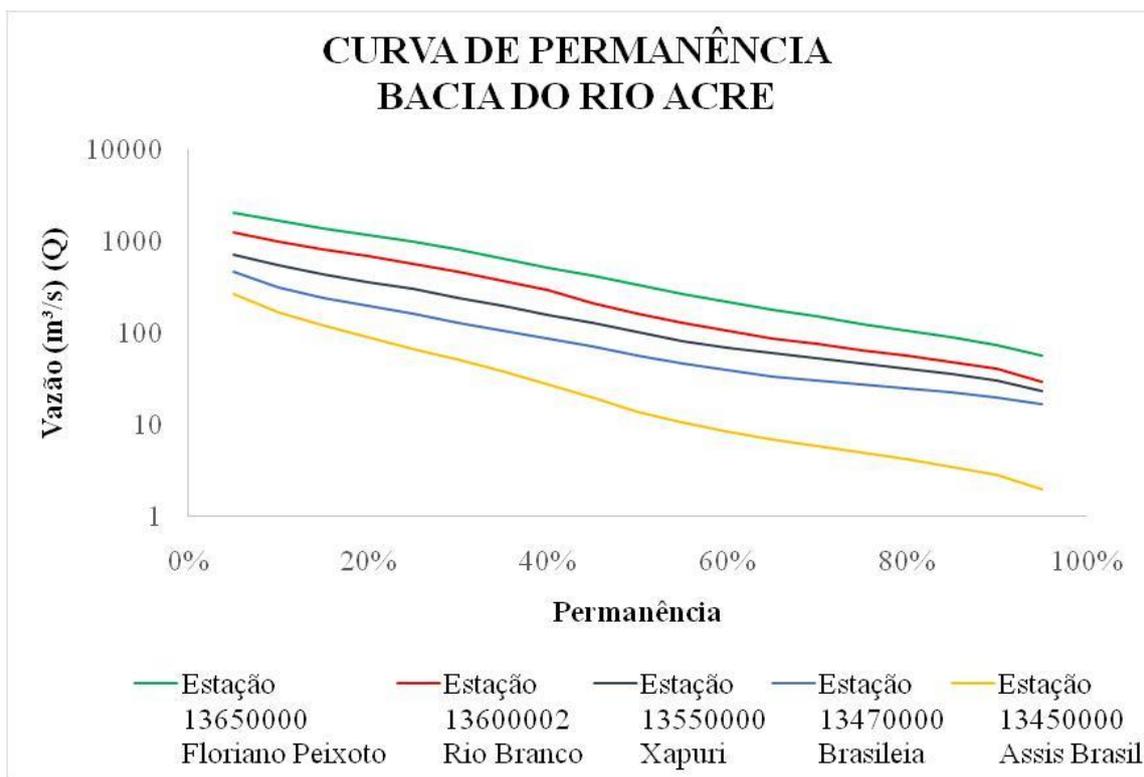


Figura 15 - Gráfico comparativo das curvas de permanência a partir dos dados das cinco estações fluviométricas estudadas ao longo do Rio Acre.
Fonte: Autores, 2021

Na gestão dos recursos hídricos a luz da Lei Federal nº 9433, de 08 de janeiro de 1997, é estabelecido que o instrumento para gestão dos recursos hídricos deve ser a bacia hidrográfica, uma vez que as intervenções a montante do ponto de análise interferem diretamente na quantidade e qualidade da água no ponto a jusante. No caso do rio Acre, a nascente está em território peruano e a foz no território do Amazonas, no entanto a maior parte de sua extensão encontra-se no território acreano, no qual possui um papel geopolítico, pois abrange aproximadamente 20% da área total do estado e mais de 60% da população (TAMWING et al., 2021).

Adicionalmente, além das vazões de referência quanto à vazão mínima $Q_{7,10}$, obtidas por meio de distribuições teóricas de probabilidade Weibull para mínimos e a Log-normal de 2 parâmetros, resultaram nos valores 16,608 m³/s e 16,692 m³/s, respectivamente, para capital Rio Branco. Na análise realizada no ambiente R, foi verificado que as duas distribuições de probabilidade adotadas tiveram uma boa aderência à distribuição, segundo o teste Kolmogorov-Smirnov.

Ao fazer uma análise comparativa entre os valores de vazões mínimas, encontradas nos cinco pontos ao longo do rio Acre, verificou-se que os valores de $Q_{7,10}$ são menores que os valores de Q_{95} e Q_{90} , conforme pode ser verificado na Tabela 13.

Mendes (2007) aponta que a adoção da vazão mínima $Q_{7,10}$ tem caráter bastante restritivo pois reflete uma situação de severa escassez hídrica.

Tabela 13 - Valores das vazões mínimas encontradas da série histórica toda das vazões diárias das cinco estações fluviométricas estudadas.

Estação	Q₉₀ (m³/s)	Q₉₅ (m³/s)	Q_{7,10} (m³/s) Weibull	Q_{7,10} (m³/s) Log-n2	Q_{7,10} (m³/s) Gama
13450000 Assis Brasil	2,763	1,953	0,163	0,397	0,186
13470000 Brasileia	19,689	16,780	9,781	12,279	12,053
13550000 Xapuri	29,875	22,911	11,724	12,007	12,419
13600002 Rio Branco	39,805	28,769	16,608	16,692	16,815
13650000 Floriano Peixoto	72,720	56,428	11,577	21,178	18,092

Fonte: Autores, 2021

Considerações sobre Plano Estadual de Recursos Hídricos

O estado do Acre desde 2012 possui o Plano Estadual de Recurso Hídricos – PLERH, que deve servir de instrumento de planejamento da Política Estadual de Recursos Hídricos com o estabelecimento de diretrizes gerais sobre os Recursos Hídricos no Estado.

Deve ser destacado que o PLERH apresenta quatro macros itens relevantes para construção do planejamento de políticas públicas, o primeiro foi o diagnóstico que demonstrava a situação da época no contexto dos recursos hídricos, bem como dos aspectos socioeconômicos e ambientais, o segundo foi um prognóstico com perspectivas futuras para os recursos hídricos no estado do Acre até o ano de 2030, o terceiro apresentou o planejamento estratégico proposto pelo plano com as diretrizes, programas e indicadores e o quarto apresenta a descrição dos principais projetos e prioridades do PLERH.

Apesar do plano ter sido um dos pioneiros da região amazônica, o que demonstra uma valorização da temática dos recursos hídricos no estado quando comparado a outros estados da região, o que se verifica atualmente é que pouco tem sido o avanço nas políticas públicas em relação ao tema, e baseado nas diretrizes a nível nacional, se faz necessário

atualização deste instrumento estadual a fim que se possa alcançar melhores cenários na gestão dos recursos hídricos.

É válido ressaltar, que até o presente momento não foram publicadas novas edições do PLERH, no entanto, por meio da Portaria nº 137, de 18 de maio de 2021, o governo do estado do Acre iniciou o processo de sua atualização. Dessa forma, o presente estudo, bem como outros na área de recursos hídricos, se torna ainda mais relevante, uma vez que pode contribuir nas discussões no âmbito do planejamento e gestão dos recursos hídricos para as cidades incluídas na bacia do rio Acre.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos – PLERH (pg.148 e 149) afirma que o estado não possui regulamentação sobre o instrumento de outorga dos direitos de uso das águas, no entanto, identificou a vazão mínima de referência, 70% da Q95% e a Q7,10 no período anual e Q95% e a Q7,10 no período seco, para as bacias hidrográficas delimitada no estado (ACRE, 2012).

Na divisão realizada pelo PLERH, a área delimitada neste estudo faz parte da Bacia ou Unidade de Gestão de Recursos Hídricos Acre-Aquiri, sendo estimada as vazões de referência para o período anual 70% da Q₉₅ de 34,0 m³/s, para o período seco 70% Q₉₅ de 22,0 m³/s e a vazão Q_{7,10} de 28,4m³/s para ambos os períodos.

Em 13 de setembro de 2010 foi publicado no Diário Oficial do Estado a Resolução CEMACT nº 4 de 17/08/2010 que objetivou regulamentar a concessão outorga provisória e de direito de uso dos recursos hídricos no Estado do Acre, no seu art. 9 estabelece que está sujeito à outorga a captação de água para fins de abastecimento público tanto superficial como subterrâneo (ACRE, 2010).

De acordo com o documento emitido pela ANA em 2019, intitulado “Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos”, o Estado do Acre começou a emitir outorgas apenas em 2015. Nesse mesmo documento apresenta as outorgas emitidas pelo estado e pela ANA, demonstrando que o estado possui poucas captações outorgada para fins de abastecimento (Figura 16).

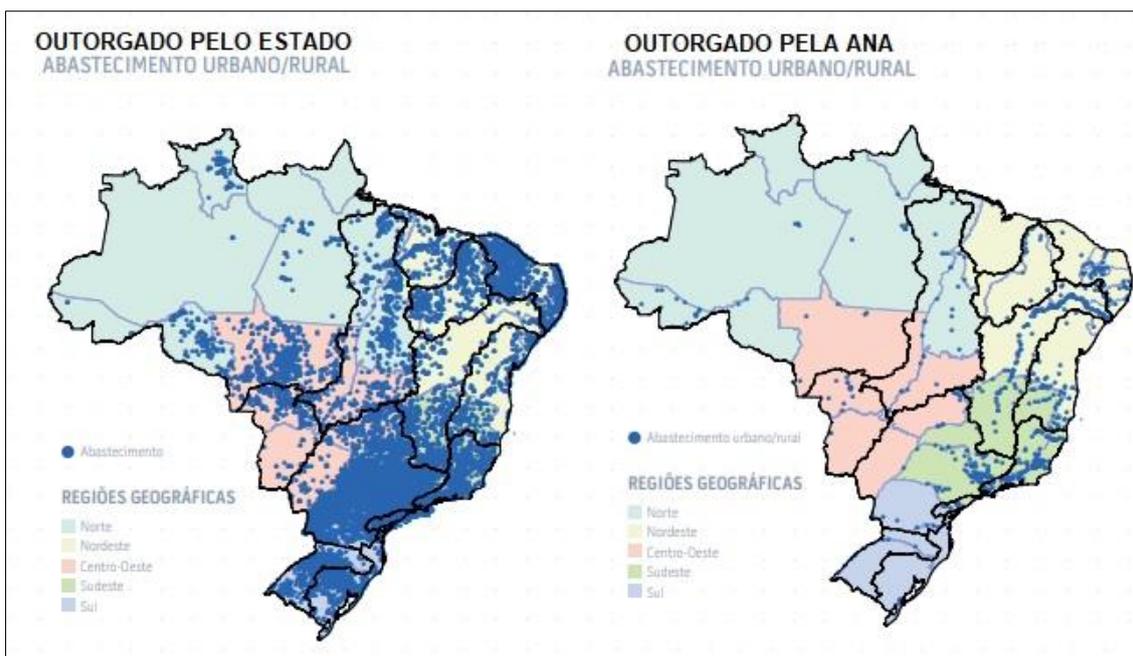


Figura 16- Localização das captações outorgadas pelo estado e pela ANA para fins de abastecimento.
 Fonte: (ANA, 2019), adaptado pelos autores

Apesar de possuir um critério mais conservador, de acordo com a Agência Nacional de Águas (2019), alguns estados brasileiros utilizam como vazão máxima outorgável uma porcentagem da a vazão de referência $Q_{7,10}$, no qual destacam-se os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

A tabela 14 apresenta a vazão máxima outorgável pela ANA e como comparativo as vazões máximas outorgáveis para águas superficiais usadas no Rio de Janeiro e Minas Gerais, que possuem critérios mais rígidos com legislação vigente.

Tabela 14 - Critérios adotados para outorga de captação de águas superficiais

Órgão Gestor	Vazão Máxima Outorgável	Legislação referente a vazão máxima outorgável
ANA	70% da Q_{95} podendo variar em função das peculiaridades de cada região. Sendo que para cada usuário individual, pode ser outorgado no máximo 20% da vazão outorgável	Não existe, em função das peculiaridades do País, podendo variar o critério
Rio de Janeiro	50% da $Q_{7,10}$	Portaria da Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA) N° 567/ 2007
Minas Gerais	70% da $Q_{7,10}$ (Rio Pará, Rio Paraopeba, Rio das Velhas, Rios Jequitaiá e Pacuí, Rio Urucuia,	Portaria IGAM n° 48, de 04 de outubro de 2019

	Rio Pandeiros e Rio Verde Grande, para cada seção considerada em condições naturais, será de 30% da $Q_{7,10}$, ficando garantidos a jusante de cada intervenção, fluxos residuais mínimos equivalentes a 70% da $Q_{7,10}$)	
--	--	--

Fonte: Autores, 2021

Considerando os critérios comentados pelo PLERH de 70% da Q_{95} para o período seco e anual, foi elaborado a tabela 15 utilizando este critério nos resultados obtidos por esta pesquisa, bem como o critério mais rígido adotado pelo Rio de Janeiro de 50% $Q_{7,10}$.

Tabela 15 - Comparação das vazões mínimas apresentadas no PLERH, os resultados da pesquisa e critério de 50% $Q_{7,10}$

Fonte dos dados analisados	70% Q_{95} (m ³ /s) Período Seco	70% Q_{95} (m ³ /s) Período Anual	* $Q_{7,10}$ (m ³ /s)	50% $Q_{7,10}$ (m ³ /s)
Plano de Recursos Hídricos (2012)	22,0	34,0	28,4	-
Assis Brasil	0,71	2,06	0,40	0,2
Brasileia	9,88	15,55	12,28	6,14
Xapuri	9,08	23,73	12,01	6,00
Rio Branco	12,47	32,60	16,69	8,34
Florianópolis	26,68	60,77	21,18	10,59

(*) Foram considerados os valores de $Q_{7,10}$ encontrados a partir da distribuição de Log normal 2 parâmetros. No entanto, o valor apresentado no Plano Estadual de Recurso Hídrico não identificou a metodologia adotada.

Fonte: Autores, 2022

A partir da comparação dos dados da Tabela 15 é possível notar a necessidade de revisão do PLERH, bem como a importância da avaliação em vários pontos do rio Acre, uma vez que existe variância entre os valores encontrados nos cinco pontos estudados.

A utilização do critério $Q_{7,10}$ se mostrou mais de 50% mais rígido do que o critério de 70% Q_{95} apresentado pelo PLERH, quando comparado ainda ao critério utilizado, por exemplo no Rio de Janeiro essa diferença é muito significativa. Tal situação, evidencia a necessidade de revisão do PLERH, bem como avanços nos estudos que possibilitem a adoção e regulamentação de critérios de outorga mais coerentes para as características da Bacia do Rio Acre.

Oferta hídrica x demanda para fins de abastecimento

Considerando que a água é o elemento fundamental para sobrevivência humana, as demandas requeridas para fins de abastecimento público devem ser avaliadas de forma prioritária no tocante ao direito ao uso da água.

Santos et al. (2017) destacam que, para um adequado gerenciamento dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, é importante o conhecimento da disponibilidade hídrica frente às demandas de água, de modo a evitar situações de conflito pelo uso da água dos diferentes usuários.

Nesse contexto, a partir da metodologia supramencionada foi estimado a demanda hídrica para o abastecimento público. Foram realizadas duas análises, uma considerando a população total de cada município e outra a população urbana, uma vez que os sistemas públicos de abastecimento de água usualmente são instalados para atender a população urbana, enquanto na área rural são adotados sistemas simplificados para o acesso a água potável de acordo com a característica de cada comunidade (BRASIL, 2019).

Tabela 16 - Demandas para abastecimento público da população total dos municípios de Rio Branco, Xapuri, Brasileia e Assis Brasil

Município (Total)	Demanda de Captação para Abastecimento (l/s)			Demanda de Captação para Abastecimento + Perdas (l/s)		
	Situação em 2022	Projeção para 2032	Projeção para 2042	Situação em 2022	Projeção para 2032	Projeção para 2042
Rio Branco	1512,54	1800,67	2088,79	2441,25	2906,27	3371,30
Xapuri	73,10	87,46	101,82	103,69	124,06	144,43
Brasileia	92,57	107,80	123,02	155,50	181,07	206,65
Assis Brasil	31,84	40,81	49,77	50,29	64,45	78,61

Fonte: Autores, 2022

Tabela 17 - Demandas para abastecimento público da população urbana dos municípios de Rio Branco, Xapuri, Brasileia e Assis Brasil

Município (Urbano)	Demanda de Captação para Abastecimento (l/s)			Demanda de Captação para Abastecimento + Perdas (l/s)		
	Situação em 2022	Projeção para 2032	Projeção para 2042	Situação em 2022	Projeção para 2032	Projeção para 2042
Rio Branco	1414,03	1699,61	1985,19	2282,25	2743,17	3204,10
Xapuri	53,93	68,98	84,03	76,50	97,85	119,20
Brasileia	71,30	89,46	107,63	119,77	150,28	180,79
Assis Brasil	19,30	24,68	30,06	30,48	38,98	47,47

Fonte: Autores, 2022

Ressalta-se que os dados do município de Boca de Acre não foram apresentados pois não é um município acreano, logo a metodologia da Resolução n° 82/AGEAC (2021) não pode ser aplicada.

Considerado os elevados valores de perdas na distribuição publicados pelo SNIS nos últimos anos (Adendo 1), é notório que esse é um grande problema tanto na questão da operação do sistema de abastecimento no Acre, como em função à demanda hídrica, que é fortemente impactada devido aos altos valores de perdas na distribuição de água sugerindo elevado desperdício de água, ou seja, para garantir que a água chegue ao consumidor final, se faz necessário o aumento de captação da água.

Deve-se destacar que ao analisar os dados da série histórica do SNIS dos indicadores de perdas de faturamento e perdas na distribuição (Adendo 1), estes são semelhantes, quando não iguais, isso demonstra que a autarquia responsável pela prestação dos serviços não distingui o que se trata de perda reais, ou seja, aquelas oriundas de vazamentos e desperdícios ao longo dos dispositivos que compõe o sistema, daquelas perdas aparentes, decorrente de erros de medição nos hidrômetros, fraudes, ligações clandestinas, ou seja volume não computado pela autarquia.

Tabela 18 - Vazões mínimas encontradas para os municípios do estado do Acre frente as demandas de abastecimentos dos respectivos municípios.

Município	70%Q₉₅ (m³/s) Período Seco	70%Q₉₅ (m³/s) Período Anual	Q_{7,10} (m³/s) Log-n2	50% Q_{7,10} (m³/s)	Demanda Abastecimento urbano (2022) (m³/s)	Demanda Abastecimento Total (2022) (m³/s)
Assis Brasil	0,85	2,52	0,40	0,2	0,03	0,05
Brasileia	9,89	18,60	12,28	6,14	0,12	0,16
Xapuri	10,27	29,09	12,01	6,00	0,08	0,10
Rio Branco	13,26	47,59	16,69	8,34	2,28	2,44

Fonte: Autores, 2022

Diante o exposto na Tabela 18, o rio Acre possui condições quantitativas para suprir a demanda de abastecimento público para população urbana dos municípios de Rio Branco, Xapuri, Brasileia e Assis Brasil durante o ano de 2022.

Mesmo comparando no cenário de abastecimento total da população, urbana e rural, que é um caso extremo, com o critério mais rígido de 50%Q_{7,10} verifica-se que

quantitativamente o Rio atende as necessidades de demanda de abastecimento mais as perdas na distribuição apresentada para município.

No entanto, é importante enfatizar que a estresse hídrico não se refere apenas a quantidade, mas também a qualidade, ou seja, para fins de abastecimento é preciso ter água suficiente para que a população satisfaça as suas necessidades diárias, tanto no aspecto quantitativo e qualitativo. Desse modo, faz parte também da política de gestão da água, garantir que os cursos de água sejam preservados de modo a garantir a quantidade e qualidade necessária para conservação da bacia hidrográfica.

Outra questão que deve ser levada em consideração é que o estado do Acre tem a característica de sazonalidade forte, isso traz impactos também nas cotas dos rios, esse dado pode se tornar um problema que dificulte a captação do manancial, mesmo com disponibilidade hídrica do Rio Acre para fins de abastecimento. Como exemplo, apresenta-se as fotos da captação do Rio Acre na cidade de Rio Branco.



Figura 17 - Captação da Estação de Tratamento 1 mostrando duas formas de captação de água do Rio Acre

Fonte: Autores, 2022



Figura 18 - Captação da Estação de Tratamento 2. a) Captação através de bombas flutuantes. b) Torre de tomada para captação desativada

Fonte: Autores, 2022

Através das figuras 17 e 18 é notório a importância de estudos hidrológicos e geomorfológico do manancial, pois a falta deste conhecimento faz que ocorram erros na concepção de projetos tão essenciais para população. Em ambos os pontos de captação da água para o abastecimento de água foram projetados e executados sistema de captação fixas que prejudicavam ou até impossibilitava a retirada de água do Rio Acre nos períodos de estiagem devido a variação das cotas.

Com a utilização de bombas flutuantes foi possível solucionar esse problema da variação das cotas, no entanto é válido ressaltar que tanto o período da estiagem quanto do inverno, modificam as características da água do rio o que exige tomada de providências específicas para cada caso a fim de garantir a plena distribuição de água no município.

Considerando que um sistema de abastecimento de água deve ter um horizonte entre 20 e 30 anos, foi verificado a demanda para abastecimento público da população urbana e total em uma projeção de 20 anos, analisados a cada 10 anos, conforme mostram as figuras 19 e 20.

Ao analisar o comparativo de oferta hídrica e demanda para fins de abastecimento público através da figura 19 e 20 é possível afirmar que o Rio Acre terá disponibilidade hídrica para atender tanto a demanda da população urbana quanto da rural caso seja necessário. É importante frisar, que foi usado para comparação as vazões com os critérios de outorga sugeridos no PLERH, a vazão $Q_{7,10}$ e 50% da $Q_{7,10}$ que são critérios mais rigorosos, e em nenhuma das hipóteses a demanda foi superior à oferta hídrica.

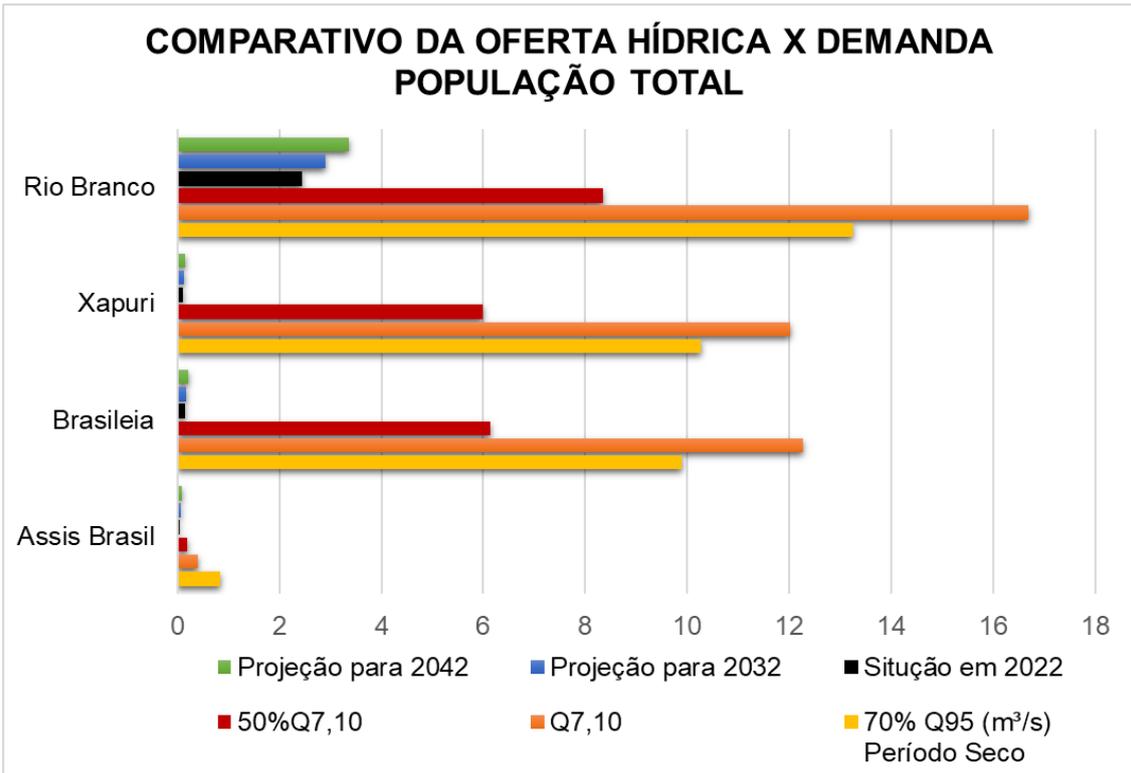


Figura 19 - Comparativo da demanda para abastecimento público de água em 2022, 2032 e 2042 para população total dos municípios em relação a vazões de referências e mínimas encontradas.
Fonte: Autores, 2022

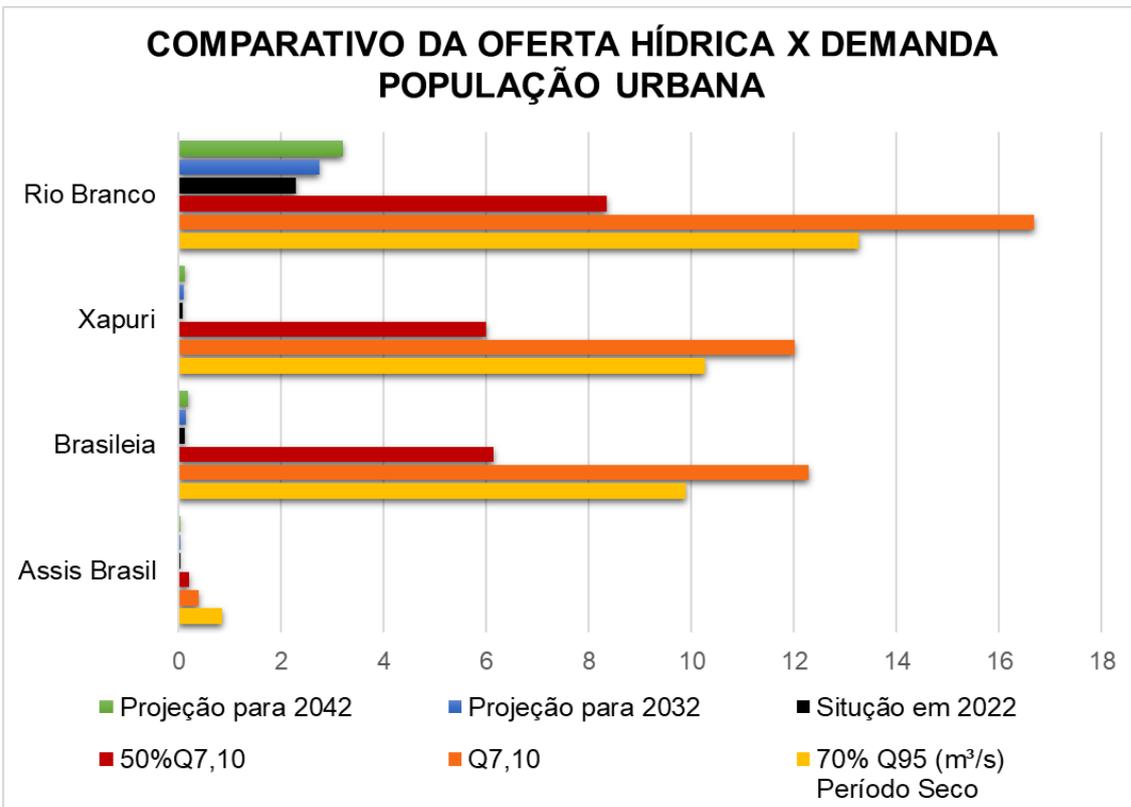


Figura 20 - Comparativo da demanda para abastecimento público de água em 2022, 2032 e 2042 para população urbana dos municípios em relação a vazões de referências e mínimas encontradas.
Fonte: Autores, 2022

Ao analisar as figuras 19 e 20, para a demanda maior, da população total, e o critério de outorga mais rígido analisado, 50% da $Q_{7,10}$, na projeção para 2042, a oferta hídrica para todos os municípios foi superior a 59%, ou seja, mesmo em um horizonte de 20, a contar de 2022, o Rio Acre teria disponibilidade quantitativa.

Vale ressaltar que esses comparativos foram feitos baseado na série histórica estudada e que no horizonte de 20 anos, as ações antrópicas bem com fenômenos naturais podem alterar as vazões do Rio Acre, desse modo é essencial o monitoramento e ações de preservação deste recurso tão precioso.

Destaca-se ainda que o atendimento de abastecimento público, é importante que a água tenha quantidade e qualidade suficientes para suprir as demandas da população, uma vez que os municípios são carentes de sistema de esgotamento sanitário (SNIS 2000) e também tem um crescimento desordenado, isso gera poluição dos cursos d'água, dificultando ou impedindo o uso para fins de abastecimento.

Análise das vazões mínimas e de referência em Rio Branco

Considerando-se a relevância do Rio Acre na capital acreana, Rio Branco, destaca-se a seguir as análises realizadas a partir da série histórica de vazões da estação fluviométrica 13600002, com vazões observadas entre 08/1967 a 06/2021. Na Figura 21 apresenta-se a curva de permanência e as vazões mínimas Q_{90} e Q_{95} estimadas a partir da modelagem estatística.

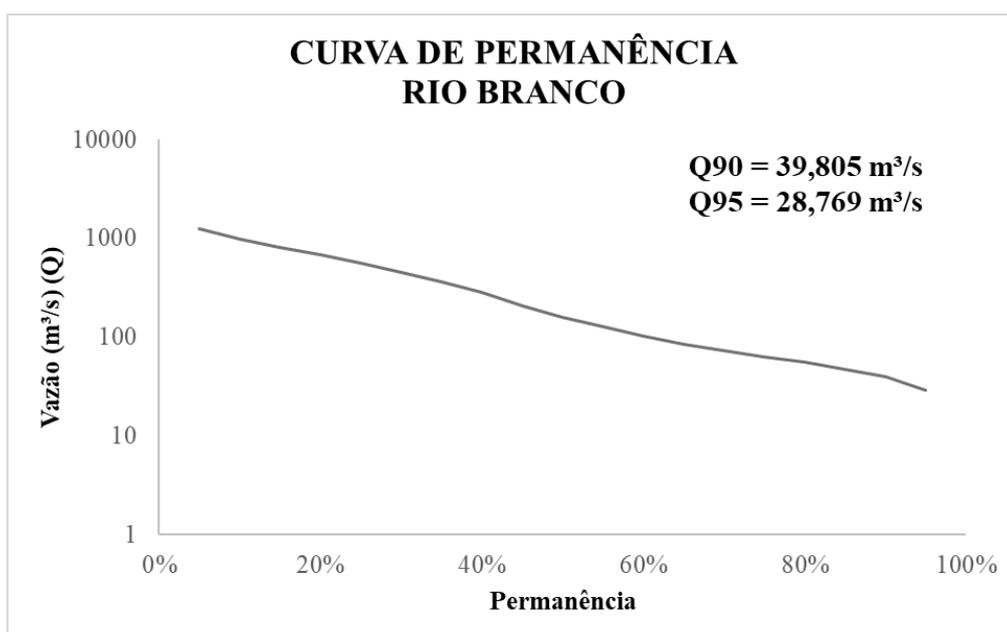


Figura 21 - Curva de Permanência da estação fluviométrica Rio Branco (13600002)

Fonte: Autores, 2021

Conforme apresentado, foi verificado que a vazão mínima estimada Q_{90} é de 39,81 m^3/s enquanto a Q_{95} é de 28,77 m^3/s . Tais valores de vazão de referência são muito inferiores à média encontrada para a série histórica estudada que foi de 366,93 m^3/s , correspondendo a 10,8% e 7,8% da média histórica, respectivamente.

A característica de forte sazonalidade típica da região amazônica é demonstrada a partir das grandes diferenças de vazões encontradas durante um ano no rio Acre, visualizadas na comparação de vazão mínima encontrada para série histórica estudada e a vazão máxima, de 5,26 m^3/s (março/2010) e 3.208,13 m^3/s (novembro/2015), respectivamente.

Dessa forma, considerando os resultados de Tamwing et al. (2021), a Figura 22 exibe um comparativo das curvas de permanência, analisando-se o período de menor disponibilidade hídrica em Rio Branco (julho, agosto, setembro e outubro) e o período com anual com o restante dos meses.

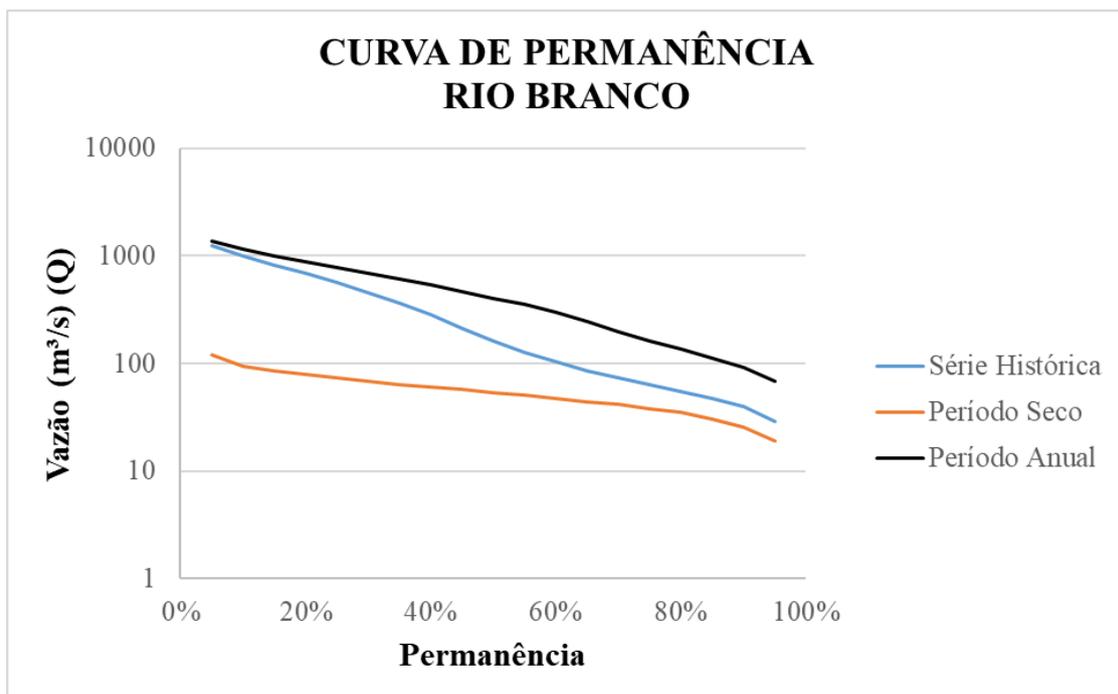


Figura 22 - Curvas de permanência da estação fluviométrica de Rio Branco, considerando a sazonalidade.

Fonte: Autores, 2021

A Figura 22 destaca a diferença das curvas de permanência considerando a sazonalidade no município de Rio Branco, isso reflete diretamente nas estimativas das vazões de referência, uma vez que, conforme Cruz e Tucci (2008), ao utilizar a série histórica completa implica que o valor de cada percentil se refere à ocorrência do período

da amostra. A Tabela 20 apresenta as vazões mínimas Q_{90} e Q_{95} encontradas em cada curva de permanência.

Tabela 19 - Valores das vazões mínimas Q_{90} e Q_{95} , a partir dos dados da estação fluviométrica 13600002, considerando a sazonalidade.

Estação	Período	Q_{90} (m^3/s)	Q_{95} (m^3/s)
13600002 Rio Branco	Período Seco (julho, agosto, setembro e outubro)	25,28	18,95
	Período Anual (novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho)	91,77	67,98
	Série Toda (08/1967 a 06/2021)	39,81	28,77

Fonte: Autores, 2021

Considerando os resultados dos estudos de Tamwing et al (2021) é possível verificar que a sazonalidade do regime hidrológico do Rio Acre é significativa. Nesses casos, os estudos conduzidos por Cruz (2001), Cruz e Tucci (2008) e Oliveira et al. (2013) recomendam a adoção de vazões sazonais para critérios de vazões outorgáveis.

A Agência Nacional de Água (2019) considera que o uso de vazões sazonais permite uma melhor utilização da água de acordo com sua disponibilidade hídrica, possibilitando a alocação de maior volume de água para os períodos úmidos e menos água para os períodos de estiagem. Cruz e Tucci (2008) também apontam vantajosidade na adoção de vazões sazonais, pois possibilita valores de vazões de outorga maior em períodos de maior disponibilidade hídrica, sem gerar mais riscos, o que não ocorre na outorga escalonada.

Outra análise para utilização da vazão sazonal é o número de dias consecutivos que o usuário pode tolerar o desabastecimento, uma vez que pelo próprio conceito das vazões de permanência $Q_p\%$ são as vazões mínimas com determinado tempo de recorrência, como por exemplo a Q_{95} , tem um risco de 5% do tempo de desabastecimento.

Para a série histórica estudada (08/1967 a 06/2021), dos 19.663 dias analisados, tem-se que 5% representam cerca de 983 dias em 55 anos, traduzindo-se em uma média de 18 dias por ano. No entanto, devido a variabilidade anual, pode acontecer que anos com maiores vazões influenciem nos valores inferiores da curva de permanência. Ou seja, essas distribuições de valores inferiores da curva de permanência podem ocorrer em dias consecutivos durante um determinado ano de maior estiagem, o que agrava os problemas causados pelas crises hídricas.

Nesse sentido, a fim de verificar as mudanças ocorridas nas vazões mínimas Q_{90} e Q_{95} em períodos de 10 em 10 anos foi elaborado o gráfico comparativo das curvas de permanências (Figura 23).

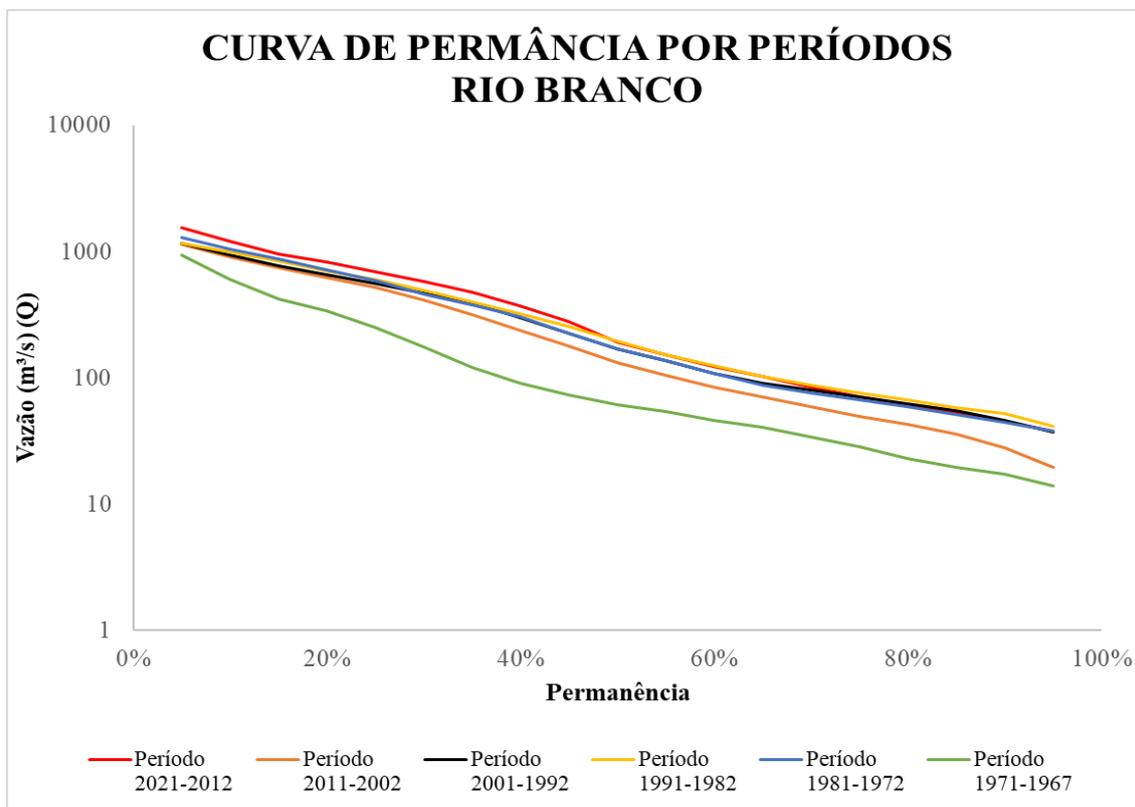


Figura 23 - Comparativo das curvas de permanências da estação fluviométrica 13600002 de Rio Branco, dividindo a série histórica toda em períodos de 10 em 10 anos.
Fonte: Autores, 2021

Analisando o gráfico da Figura 23 verifica-se que, até os 40 % de permanência, as vazões diárias do período mais antigo (1971-1967) são menores quando comparadas com o período mais atual (2021-2012).

A Tabela 21 e a Tabela 22 apresentam o comparativo entre os valores de Q_{90} e Q_{95} estimados na curva de permanência, para série histórica completa e para o período seco, respectivamente. As diferenças entre as vazões indicam como a sazonalidade na região tem impacto nas vazões dos cursos de água, logo são importantes considerações a serem feitas para elaboração dos critérios de outorga.

Tabela 20 - Vazões mínimas Q_{90} e Q_{95} estimadas a partir das curvas de permanência, analisando toda a série histórica em períodos de 10 em 10 anos.

Estação	Permanência (Série toda)	Período 2021-2012	Período 2011-2002	Período 2001-1992	Período 1991-1982	Período 1981-1972	Período 1971-1967
13600002	95%	37,85	19,65	37,23	41,26	37,82	13,91

Rio Branco	90%	44,98	27,96	46,55	51,91	44,68	17,22
------------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Fonte: Autores, 2021

Tabela 21 - Vazões mínimas Q_{90} e Q_{95} estimadas a partir das curvas de permanência, analisando o período seco da série histórica (julho, agosto, setembro e outubro) em períodos de 10 em 10 anos.

Estação	Permanência (Período Seco)	Período 2021-2012	Período 2011-2002	Período 2001-1992	Período 1991-1982	Período 1981-1972	Período 1971-1967
13600002 Rio Branco	95%	31,51	14,00	24,30	26,31	28,06	12,65
	90%	34,44	17,27	33,05	36,32	33,20	13,27

Fonte: Autores, 2021

Depois do período de 1967 a 1967, o período que apresentou os menores valores das vazões mínimas Q_{90} e Q_{95} foi o de 2002 a 2011. Os anos coincidem com o período de maior frequência de ocorrência do fenômeno El Niño, que tem como efeito na região norte e nordeste temperaturas mais quentes e menos das chuvas na região amazônica (INMET, 2017). Conforme exposto por Tamwing et al (2021), o ano de 2016 foi apresentou El Niño intenso e coincidiu com o ano em que se registrou o menor nível registrado na história, do rio Acre na cidade de Rio Branco. A figura 24 apresenta registros do Rio Acre no ano 2016, no período de cheia e seca, demonstrando os efeitos da sazonalidade na cidade de Rio Branco.



Figura 24 - Fotos do trecho do Rio Acre no município de Rio Branco durante cheia em 2015 e seca 2016.

Fonte: Portal G1 Acre, 20163

3 Link de acesso: <https://g1.globo.com/ac/acre/noticia/2015/03/rio-acre-marca-1779-metros-e-ultrapassa-nivel-historico-em-rio-branco.html>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das curvas de permanência elaboradas neste estudo, foi possível identificar as vazões de referência para série histórica completa e para os períodos seco e de maior disponibilidade hídrica, sendo verificado que a sazonalidade intensa, característica da região amazônica, impacta nos valores de referências, demonstrado pelas diferenças acima de 50% entre as vazões de referências do período seco e anual, a partir dos dados das estações fluviométricas analisadas.

Verificou-se, ainda, que o Rio Acre possui condições quantitativas para suprir a demanda de abastecimento público para população total e urbana dos municípios de Rio Branco, Xapuri, Brasileia e Assis Brasil no ano de 2022, bem como para um horizonte de 20 anos, com a oferta hídrica para todos os municípios para o ano de 2042 seria superior a 59% da demanda para fins de abastecimento público da população urbana e rural.

Através da análise da série histórica em períodos de 10 anos, foi possível verificar alterações nas vazões de permanência em Rio Branco, que demonstra as mudanças ocorridos nesse trecho do rio durante os anos.

Em relação ao Plano Estadual de Recurso Hídricos – PLERH constatou-se que o mesmo necessita de uma atualização, sendo que foi iniciado no ano 2021, sendo essa uma ação de extrema importância para que de fato o estado tenha um instrumento de planejamento da Política Estadual de Recursos Hídricos com o estabelecimento de diretrizes gerais sobre os Recursos Hídricos no Estado, dentre elas critérios de outorga bem definidos de acordo com as características das bacias hidrográficas e o seu uso.

REFERÊNCIAS

ACRE. **Plano estadual de recursos hídricos do Acre – Rio Branco**. Rio Branco: Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMA. 2012.

ACRE. Diário Oficial do Estado. Publicado no D.O.E. de 05 de outubro de 2021. **Resolução n° 82/AGEAC**, de 30 de setembro de 2021.

ACRE. Diário Oficial do Estado. Publicado no D.O.E. de 13 de setembro de 2010. **Resolução CEMACT n° 4**, de 30 de setembro de 2010.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2019.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília: SAG, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 5.ed. Brasília: Funasa, 2019

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Diário Oficial da União - Seção 1 - 9/1/1997, pag. 470. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 18 jul.2020.

BARROS, C.G.D.;PESSOA, F. C. L.; SANTANA, L. R.; LOPES, Y.K.L; COSTA, C.E.A.S. Vazão mínima Q7,10 no Amapá por modelos probabilísticos. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.26, p. 284-2944, 2018.

BEM C. C., OSTJEN R.A. **Avaliação da Disponibilidade Hídrica do Rio Alegria com case em diferentes vazões de referência**. XIV Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu/PR, 18 a 20 de junho de 2018.

CRUZ J. C.; TUCCI C.E.M. Estimativa da Disponibilidade Hídrica Através da Curva de Permanência. RBRH – **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** Volume 13 n.1 Jan/Mar 2008, 111-124

CRUZ, J. C.; SILVEIRA, G. L. Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação por seção hidrológica de referência. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 51–64, 2007.

CRUZ, J. C. **Disponibilidade Hídrica para Outorga: Avaliação de Aspectos Práticos e Conceituais**. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental IPH/UFRGS. 205p. Porto Alegre.RS. 2001

DUARTE, A. F. **As chuvas e as vazões na bacia hidrográfica do rio Acre, Amazônia Ocidental: Caracterização e implicações socioeconômicas e ambientais**. Amazônia: Ci. &Desenv., Belém, v. 6, n. 12, jan./jun. 2011.

FRANCA R. R., MENDONÇA F. A. **A pluviosidade na Amazônia meridional: variabilidade e teleconexões extra-regionais**. *Confins* [Online], Número 29. 2016. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/11580#article-11580> . Acesso em 19 janeiro 2022.

GETIRANA A. et al. **Brazilis in watercrisis — it needs a droughtplan**. Spring NatureLimited. Vol 600. Dezembro/2021.

HGE – Hidrologia em Grande Escala. **Super Manejo de Dados 2.1**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/hge/modelos-e-outros-produtos/software-de-manejo-e-visualizacao-de-dados-hidrologicos/super-manejo-de-dados-2-0-2018/>. Acesso em 20 de janeiro de 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ac/rio-branco/panorama>. Acesso em 20 de janeiro de 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. (2017). Situação da seca observada nas regiões norte e nordeste do Brasil em 2016. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/trabalho_tecnico_02-2017.pdf. Acesso em 19 janeiro 2022.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Portaria IGAM nº 48**, de 04 de outubro de 2019. Estabelece normas suplementares para a regularização dos recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais e dá outras providências.

MENDES, L. A. **Análise dos critérios de outorga de direito de usos consuntivos dos recursos hídricos baseados em vazões mínimas e em vazões de permanência**. 2007. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo.

MONTEFUSCO, C. L. A.; TAMWING, D. S.; CRUZ, W. M.; MOREIRA, J. G. V.; SERRANO, R. O. P. Direito e diretrizes de acesso à água: contexto geral e abordagem para a cidade de Rio Branco, Acre, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 37, p. 171-190, 2021.

MONTEFUSCO, C. L. A. **Desafios do acesso à água potável: a real situação do abastecimento público de água na área urbana da cidade de Rio Branco, Acre, Brasil**. 2022. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Mestrado em Ciência, Inovação e Tecnologia para Amazônia, Universidade Federal do Acre.

MOREIRA, J. G. V.; MUNIZ, M. A.; MAIA, G. F. N.; MESQUITA, A. A.; PEREIRA, L.B.; SERRANO, R. O. P. FREQUENCY ANALYSIS OF MAXIMUM FLOWS RECORDED IN THE UPPER JURUÁ RIVER BASIN, ACRE, BRAZIL. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 23–36, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/3401>. Acesso em: 3 mar. 2022.

MUNIZ, M. A. **Vazões De Referência para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos nas Principais Bacias Hidrográficas do Estado do Acre, Brasil**. Orientador: Prof. Dr José Genivaldo do Vale Moreira. 67 f. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais na Universidade Federal do Acre, Cruzeiro do Sul – AC, 2021.

NAGHETTINI M.; PINTO E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552p.

OLIVEIRA, J. R., Pruski, F. e Araújo Nunes, A. (2013) **Otimização do aproveitamento da disponibilidade de águas superficiais do ribeirão Entre Ribeiros**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 18, nº4, 157-172.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Viena, Áustria: R Foundation for Statistical Computing, 2021. <https://www.R-project.org/>.

RIBEIRO, M. M. R. **Alternativas para outorga e a cobrança pelo uso da água: Simulação de um caso.** Porto Alegre: IPH/URGS, 2000. 200p. Tese Doutorado

RIO DE JANEIRO. Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas – SERLA. **Portaria SERLA N° 567**, de 07 de maio de 2007. Estabelece critérios gerais e procedimentos técnicos e administrativos para cadastro, requerimento e emissão de outorga de direito de uso de recursos hídricos de domínio do estado do Rio de Janeiro, e dá outras providências.

RUTHES, J. M. **A curva de permanência e a disponibilidade hídrica para outorga no estado do Paraná.** 2017. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Campus de Cascavel, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

SANTOS, Rubens Hayran Cabral Dos et al.. Simulação hídrica para o sistema de abastecimento de água da cidade de guarabira/pb. **Anais II CONIDIS...** Campina Grande: Realize Editora, 2017.

SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de Água e Esgoto - 2020.** Brasília: SNIS, 2021.

SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Série Histórica. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 7 junho de 2022.

SILVA A. S. et al. Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.10, n.2, p.374–380. Campina Grande- PB, 2006.

TAMWING, D. S.; MONTEFUSCO, C. L. A.; SERRANO, R. O. P.; MESQUITA, A. A.; MOREIRA, J. G. V.; Caracterização do regime fluvial da bacia hidrográfica do rio Acre. **Research, Society and Development**, v. 10, n.17, e93101724461, 2021.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: Ed. McGraw-Hill do Brasil. 1975.

CONCLUSÕES GERAIS

As discussões e compilado de resultados apresentados neste trabalho confirmam a característica marcante de sazonalidade na Bacia do Rio Acre, bem como, demonstram sua influência nas amplitudes de alterações de vazões do rio ao longo de um ano hidrológico.

O estudo sobre o regime fluvial do Rio Acre verificou que entre os meses de julho a outubro ocorre a menor disponibilidade hídrica, identificadas pelos meses de menores vazões médias mensais, enquanto os meses de maior disponibilidade são entre dezembro a abril. No âmbito da gestão pública, é importante este acompanhamento da dinâmica espaço-temporal do regime fluvial do rio Acre para elaboração de políticas públicas em função dos eventos hidrológicos extremos.

A partir dos dados fluviométricos analisados foi verificado que o leito móvel da bacia sedimentar do rio Acre proporcionou pequenas alterações em sua curva chave, observando-se uma tendência de aumento da vazão nos últimos 20 anos analisados. Esta relação cota e vazão é uma alternativa de para estimativa de vazões, mas ressalta-se a importância da análise de estudos complementares em relação a características hidráulicas, geométricas e geológicas do rio ao longo do tempo, uma vez que estas características influenciam na relação cota e vazão, como por exemplo, a rios em áreas sedimentares tem uma característica de processo erosivo e isso pode ser agravado com a ação antrópica que possa vir a ocorrer, afetando a cota do rio.

As análises das vazões mínimas e de permanência ($Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95}) do rio Acre permitiram verificar que a sazonalidade, característica da região amazônica, impacta nos valores de referências, gerando variações das vazões acima de 50%, entre os períodos seco e úmido.

Quanto a análise de disponibilidade hídrica do Rio Acre para fins de abastecimento público de água, foi verificado que o Rio Acre possui condições quantitativas para suprir a demanda de abastecimento público para população urbana e rural dos municípios de Rio Branco, Xapuri, Brasileia e Assis Brasil, considerando um consumo per capita de 250 l/hab.dia e metodologia estabelecida Resolução nº 82/AGEAC (2021).

Ressalta-se que as demandas calculadas neste trabalho foram para demanda da população urbana e total em cada município no ano 2022 e projeção de 20 anos divididos em dois períodos de 10 anos, sendo que os resultados mostraram para as condições atuais

do Rio Acre, que a oferta hídrica para todos os municípios para o ano de 2042 seria superior a 59% da demanda para fins de abastecimento público da população urbana e rural, mesmo considerando a vazão mais rígida de 50% $Q_{7,10}$.

Para a estimativa da demanda para fins de abastecimento foi preciso considerar a média dos indicadores de perdas na distribuição, que variaram entre os municípios de 57% a 67%, estes valores elevados ocorrem seja por ligações não contabilizadas ou rupturas nos dispositivos de distribuição de água, e impactam significativamente a produção de água dos sistemas, exigindo um volume maior que o necessário seja captado.

Para capital Rio Branco a demandas de abastecimento para população total em 2022 é de 2,44m³/s e para projeção em 2042 é de 3,37 m³/s, enquanto uma possível vazão máxima outorgável conservadora de 50% $Q_{7,10}$ é de 8,34 m³/s e numa opção apresentada na PLERH de 70% Q_{95} no período seco é de 13,26m³/s, em ambos os casos a oferta hídrica é superior a demanda, 70,73% e 81,59%, respectivamente. Este resultado demonstra a capacidade quantitativa do manancial para o abastecimento público de água na capital acreana, logo conclui-se que os desafios a serem vencido neste aspecto, se tratam de questões operacionais e técnicas de engenharia para melhorias das unidades que compõe o sistema de abastecimento de água.

As vazões mínimas e de referências encontradas neste trabalho podem contribuir para estudos futuros de disponibilidade hídrica, bem como para refinamento das políticas públicas estaduais de critérios de outorga e direito ao uso da água. Nesse sentido, é importante considerar que o abastecimento de água é apenas um dos múltiplos usos da água, e, que o controle quanto ao uso desse recurso, através das outorgas, devem ser monitorados constantemente afim de garantir a segurança hídrica.

Adicionalmente ao aspecto quantitativo apresentado neste trabalho, ressalta-se a importância de estudos sobre a qualidade do Rio Acre, pois no âmbito da gestão dos recursos hídricos deve-se assegurar tanto a quantidade como a qualidade do manancial para garantir sua sustentabilidade e proteção da bacia hidrográfica.

Sabe-se que o desafio da gestão dos recursos hídricos a nível nacional é enorme, e especificamente a nível estadual é maior ainda. Desse modo, ao fim deste estudo espera-se contribuir com a compreensão da disponibilidade hídrica do Rio Acre, a fim de gerar dados que auxiliem no planejamento e gestão dos recursos hídricos da bacia do Rio Acre, bem como verificar que se a oferta hídrica do rio é suficiente para atender a demanda de abastecimento público, e, assim, gerar informações que contribuam para o aprimoramento da distribuição de água para população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRE. **Plano estadual de recursos hídricos do Acre – Rio Branco**. Rio Branco: Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMA. 2012.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil>. Acesso em 16/02/2020.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Diário Oficial da União - Seção 1 - 9/1/1997, pag. 470. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 18 jul.2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 5.ed. Brasília: Funasa, 2019

ACCORSI, O. J. et al. Estudo do comportamento da cota mínima do rio Acre nos últimos 43 anos e as consequências para o assoreamento futuro do rio. **Geosciences=Geociências**, v. 36, n. 2, p. 315-324, 2017

CARVALHO, A. P. V.; BRUMATTI, D. V.; DIAS H. C. T. D.. Importância do manejo da bacia hidrográfica e da determinação de processos hidrológicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.2, n.2., p.148-156, Dezembro, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/2768/1252>. Acesso em 15/02/2021.

DE PAULA, H. M. et al. Disponibilidade Hídrica e o uso da água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pari/Samambaia. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 3, n. 1, 2011.

DUARTE, A. F. As chuvas e as vazões na bacia hidrográfica do rio Acre, Amazônia Ocidental: Caracterização e implicações socioeconômicas e ambientais. **Amazônia: Ciência&Desenvolvimento**, v. 6, n. 12, p. 161-183, 2011.

GARCIA, A. V. et al. Disponibilidade Hídrica e volume de água outorgado na micro-bacia do Ribeirão Abóbora, Município de Rio Verde, Estado de Goiás. **Caminhos de Geografia**, v. 8, n. 22, p. 97-106, 2007.

LIBÂNIO M. et al, Consumo de água. In.: HELLER, L.; PADUA, V. L. (Organizadores). **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. Volume 1. 2. Ed.Belo Horizonte, UFMG. 2010.

LATUF, M. O. **Modelagem Hidrológica Aplicada ao Planejamento dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Acre**. 240 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente-SP, 2011.

MOREIRA, J. G. V.; NAGHETTINI, M. Detecção de tendências monotônicas temporais e relação como os erros dos tipos I e II: Estudo de caso em series de precipitações máximas anuais no estado do Acre. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 394-402, 2016.

NOVO, E. C.; HORA, M. A. G. M. (2019). Estabelecimento das curvas-chave, geração das séries de vazões e estimativa das vazões máximas outorgáveis nos postos da sub-bacia Guapi-Macacu, RJ. **Revista Sistemas & Gestão**, Vol. 14, No. 4, pp. 464-482. Disponível em: <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/1585>. Acesso em: 16/02/2021.

QUEIROZ, A. T. **Análise e avaliação a demanda e da disponibilidade hídrica nos alto e médio curso do Rio Uberabinha e o abastecimento público em Uberlândia (MG)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia. 2012. Disponível em: <http://www.ppgeo.ig.ufu.br/node/291>. Acesso em 15/02/2021.

SANTOS, B. B. et tal. Avaliação da disponibilidade hídrica para concessão de outorgas baseada em vazões mínimas de referência. **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídrico**, 2011. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=3&ID=81&SUMARIO=1116>. Acesso em 16/02/2021.

SILVA, S. F. **Análise da disponibilidade e demanda para o sistema de abastecimento de água de salvador frente a cenário de mudanças climáticas**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2012

SILVA NETO, A. R. **Cenários de abastecimento futuro de Palmas-TO com base na simulação da disponibilidade hídrica do Ribeirão Taquarussu Grande**. 2011. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal de Rio Grande do Sul.

TAMWING, D. S.; MONTEFUSCO, C. L. A.; SERRANO, R. O. P.; MESQUITA, A. A.; MOREIRA, J. G. V.; Caracterização do regime fluvial da bacia hidrográfica do rio Acre. **Research, Society and Development**, v. 10, n.17, e93101724461, 2021.

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization; World Water Assessment Programme. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2020: Água e Mudança Climática**. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372882_por?fbclid=IwAR0yBI24uVUHZp5Gm4pLws8vYjRmdq4AX282A-aUfcpyXtYjC8olwrON4JA. Acesso em 15/02/2021.

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization; World Water Assessment Programme. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2019: Não deixar ninguém para trás**. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367303_por. Acesso em 15/02/2021.

VESTENA, L. R.; OLIVEIRA, E. D.; CUNHA, M. C.; THOMAZ, E. L. Vazão ecológica e disponibilidade hídrica na bacias das Pedras, Guarapuava-PR. **Revista Ambiente & Água**, V. 7, N. 3, 2012.

ANEXO I – Artigo publicado na Research, Society and Development

Caracterização do regime fluvial da bacia hidrográfica do rio Acre

Characterization of the fluvial regime of the Acre river basin

Caracterización del régimen fluvial de la cuenca hidrográfica del río Acre

Recebido: 07/12/2021 | Revisado: 11/12/2021 | Aceito: 14/12/2021 | Publicado: 21/12/2021

Daniela Silva Tamwing

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0855-7789>
Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: eng.danitamwing@gmail.com

Carolina de Lima Accorsi Montefusco

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1495-2814>
Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: carolaccorsi@hotmail.com

Rodrigo Otávio Peréa Serrano

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7786-8305>
Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: ropereas@gmail.com

Anderson Azevedo Mesquita

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0947-8070>
Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: amgeoufac@hotmail.com

José Genivaldo do Vale Moreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2994-8482>
Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: genivaldofac@gmail.com

Resumo

O regime fluvial de um rio representa a variação do volume de água durante um período, e é uma ferramenta essencial para o estudo da disponibilidade hídrica. Nesse sentido, este trabalho objetivou caracterizar o regime hídrico fluvial da bacia hidrográfica do rio Acre, considerando a dinâmica espaço-temporal a fim de estudar a sua disponibilidade hídrica. Foram identificadas as vazões médias, máximas e mínimas anuais e mensais, obtidas através de tratamento estatístico dos dados fluviométricos de cinco estações ao longo do rio Acre, disponibilizados pela ANA (Agência Nacional de Água e Saneamento Básico). Verificou-se que o período de maior disponibilidade hídrica, para as séries históricas estudadas, ocorreu entre os meses de dezembro a abril, enquanto o período com menores vazões médias mensais ocorreram entre junho e setembro.

Palavras-chave: Regime fluvial; Rio Acre; Disponibilidade hídrica.

Abstract

The fluvial regime of a river represents the volume variation of the water during a period, being an essential tool for the study of water availability. In this sense, this study aimed to characterize the fluvial water regime of the Acre river basin, considering the space-time dynamics to study its water availability. The average, the maximum and minimum annual and monthly flows were identified, which were obtained through statistical treatment of the fluviometric data of five stations along the Acre river, made available by ANA (National Agency for Water and Basic Sanitation). It was verified that the period of highest water availability, for the historical series studied, occurred between December and April, while the period with lower average monthly flows occurred between June and September.

Keywords: River regime; Acre River; Water availability.

Resumen

El régimen fluvial de un río representa la variación del volumen de agua durante un período y es una herramienta fundamental para el estudio de la disponibilidad hídrica. En esa dirección, este estudio tuvo como objetivo caracterizar el régimen hídrico fluvial de la cuenca hidrográfica del río Acre, teniendo en cuenta la dinámica espaciotemporal para estudiar su disponibilidad hídrica. Se identificaron caudales promedios, máximos y mínimos, anuales y mensuales, obtenidos mediante el tratamiento estadístico de datos fluviales de cinco estaciones a lo largo del río Acre, puestos a disposición por ANA (Agência Nacional de Água e Saneamento Básico). Se verificó que el período de mayor disponibilidad hídrica, para las series históricas estudiadas, ocurrió entre los meses de diciembre y abril, mientras que el período con menor caudales mensuales promedio ocurrió entre junio y septiembre.

Palabras clave: Régimen fluvial; Río Acre; Disponibilidad hídrica.

1. Introdução

No decorrer da história foi crescente, em diversidade e exigências, o uso da água, tornando-se essencial para à sobrevivência humana o aproveitamento e a conservação dos recursos hídricos. Isso reforça a necessidade de estudos hidrológicos a fim de subsidiar a gestão pública na concepção, planejamento, projeto, construção e operação de meios para o controle da quantidade e qualidade da água (Heller & Pádua, 2010).

No contexto hidrológico, a vazão dos rios tem importante representatividade na gestão dos recursos hídricos, além de papel fundamental para a formação das cidades e de seu desenvolvimento cultural, econômico e social, sendo uma das principais fontes de captação para o abastecimento de água da população (Shiklomanov, 1998).

Considerando que o regime fluvial de um rio representa a variação do volume de água durante um período hidrológico (Tucci, 2012), o conhecimento e análise deste é uma importante base para estudos de balanço hídrico e estimativa do ciclo sazonal da vazão (Simon et al., 2013).

O regime fluvial de um rio está relacionado pela interação dos cursos de água com as características da bacia hidrográfica, a condição climática regional e global, além das ações antrópicas sobre o sistema fluvial (Tucci, 2002; Lima et al., 2015). Segundo Capozzoli et al. (2017), os tipos de chuvas e a qualidade da estação chuvosa tem papel fundamental no que se refere a recarga dos aquíferos, evidenciando forte relação entre precipitação e a vazão.

A obtenção do regime fluviométrico caracteriza a dinâmica espaço-temporal dos volumes de água nos rios através de dados diários, mensais e anuais de séries históricas das vazões, sendo possível identificar a média, máxima e mínima anual. Essas informações são basais para a tomada de decisão no âmbito do planejamento ambiental para o equilíbrio dos ecossistemas e a sustentabilidade dos recursos hídricos (Rocha & Dos Santos, 2018).

Nesse sentido, é indiscutível a relevância do estudo hidrológico para a garantia da disponibilidade e a segurança hídrica das populações dependentes desses recursos. No entanto, ainda existem dificuldades quanto ao desenvolvimento de pesquisas nesta área, sobretudo em escala regional, como é o caso de algumas localidades da região amazônica. Isso se deve, em muitos casos, desde a carência de informações hidrológicas abrangentes à área de estudo até o apoio à realização de pesquisas voltadas a regiões específicas, mesmo que sejam menos complexas, mas que produzam resultados favoráveis à gestão.

No Brasil, a promulgação da Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, foi um avanço, visto que o intuito é obter maior controle no uso da água no território nacional, estabelecendo a bacia hidrográfica como unidade de gestão, regulamentando assim os planos e estudos sobre recursos hídricos (Ana, 2021).

A partir da Lei das Águas, supracitada, os estados brasileiros passaram pelo processo de reflexão para a construção de uma política voltada à gestão dos recursos hídricos. Nesse contexto, o estado do Acre, no ano de 2012, elaborou o seu Plano Estadual de Recursos Hídricos (Acre, 2012), todavia, até o momento, não houve atualizações necessárias à continuidade do processo, regulamentado pela Lei Federal nº 9433/97. Com isso, evidencia-se a necessidade de avanços no tocante a ações planejadas frente aos eventos hidrológicos extremos recentes, ao aumento progressivo das demandas hídricas em diversas áreas, ao efeito das ações antrópicas, além da deficiência de investimentos em projetos e operação de estruturas e sistemas hídricos inescusáveis.

Nesse sentido, o presente estudo visa caracterizar o regime fluvial do rio Acre, considerando a dinâmica espaço-temporal, no intento de embasar decisões quanto à disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica.

O curso de água é utilizado de fonte de captação para o abastecimento de água tanto da capital Rio Branco quanto de outras cidades. O desígnio é obter informações das vazões máximas e mínimas mensais e anuais ao longo da série histórica dos dados das estações fluviométricas monitoradas pela Agência Nacional de Água e Saneamento Básico – ANA, as quais devem auxiliar na tomada de decisão para a gestão dos recursos hídricos presentes na região, bem como subsidiar novos estudos.

Além do exposto, o estudo se justifica, sobretudo porque o regime hídrico da bacia do rio Acre se alterna mediante acentuado dinamismo sazonal. Historicamente, o estado do Acre e, principalmente a sua capital Rio Branco, tem uma problemática hidrológica caracterizada pela escassez de água no período seco, compreendido entre os meses de maio e setembro, conhecido por verão amazônico. Nesse período, é comum a potencialização dos problemas relacionados ao abastecimento de água. Por outro lado, apresenta um período notadamente chuvoso e de altos valores registrados de vazão, por vezes ocasionando inundações que acumulam severos danos à população, especialmente àqueles que habitam as áreas mais vulneráveis (Acre, 2012; Moreira & Naghettini, 2016).

2. Metodologia

2.1 Área de Estudo

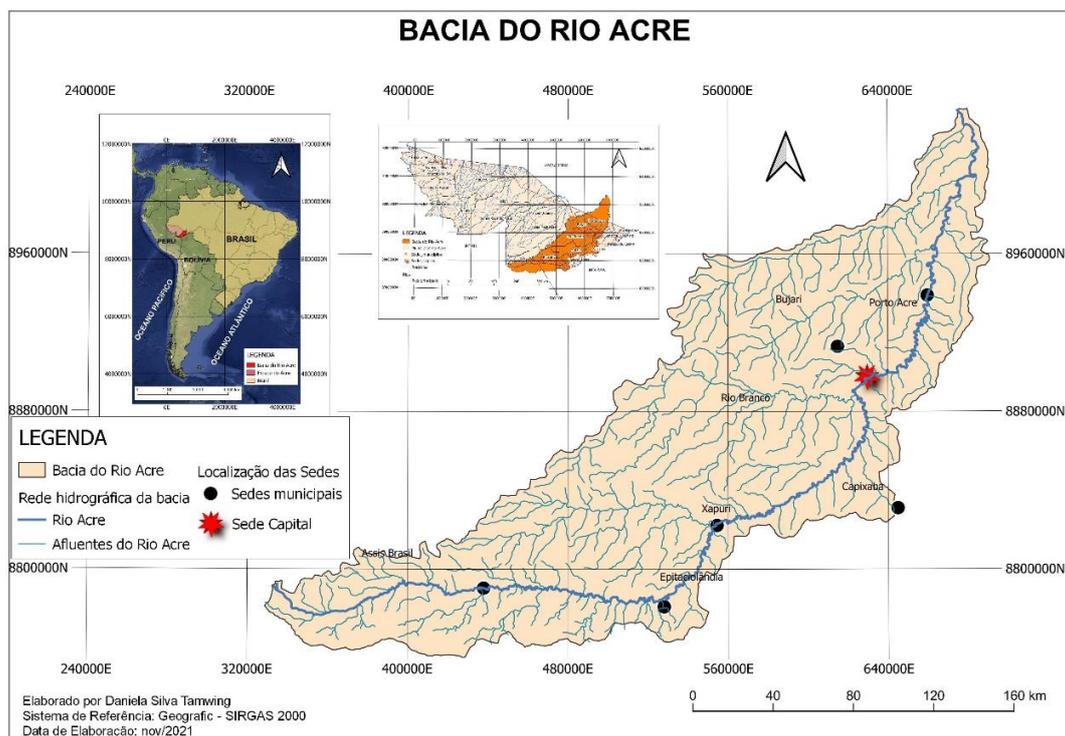
O estudo delimita-se à bacia hidrográfica do Rio Acre, que se situa na Amazônia Sul ocidental, compartilhada pelos estados brasileiros do Acre e Amazonas, pelo departamento peruano de Madre de Dios e pelo departamento boliviano de Pando, conforme se exhibe na Figura 1 (Acre, 2012).

A bacia do Rio Acre apresenta uma rede hidrográfica formada por cursos de água volumosos e sinuosos, que escoam no sentido do Sudoeste para o Nordeste (Acre, 2012). Destacam-se cinco microbacias na bacia do rio Acre, sendo elas: Trinacional (Brasil, Peru, Bolívia), Biestadual (Acre, Amazonas), Xapuri, Riozinho do Rôla e Porto Acre (Duarte, 2011).

O rio Acre possui uma extensão de aproximadamente 1.200 km e 35.792km² de área (ACRE, 2017; CPMR, 2021). Tem um papel geopolítico importante no estado do Acre, atravessando os limites territoriais de dez municípios: Assis Brasil, Brasiléia, Epitaciolândia, Xapuri, Capixaba, Porto Acre, Rio Branco, Bujari, Sena Madureira e Senador Guiomard, abrangendo 1/5 da área total do Estado e mais de 60% da população acreana (Acre, 2012; Duarte, 2011).

Referente ao regime de chuvas na bacia do rio Acre, tem como referência aproximadamente 1.900 mm de pluviosidade média anual, com período mais úmido e com tendência de ocorrência no mês de janeiro e período mais seco com tendência de ocorrência no mês de julho. Já o clima predominante na região é classificado, segundo Köppen, como equatorial quente e úmido (Acre, 2012; Silva et al., 2020).

Figura 1. Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do rio Acre.



Fonte: Autores (2021).

2.2 Obtenção dos dados

As séries históricas de dados fluviométricos utilizados no presente trabalho foram obtidos no site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. Na base de dados da ANA é possível identificar vinte e cinco estações fluviométricas em operação na Bacia do rio Acre. Todavia, foram descartadas as estações com dados insuficientes para a análise estatística necessária nesta pesquisa.

Deste modo, esta pesquisa utilizou dados de vazão de cinco estações fluviométricas listadas na Tabela 1. Destaca-se que o município de Boca do Acre está localizado no estado do Amazonas, onde o rio Acre desagua na margem direita do rio Purus.

Tabela 1. Dados das Estações Fluviométricas na Bacia do rio Acre.

Código	Município	Latitude	Longitude	Área de drenagem (km ²)	Período analisado
13600002	Rio Branco	-9,975	-67,8008	23500	1967 – 2020
13470000	Brasileia	-11,0178	-68,745	7020	1982 – 2020
13550000	Xapuri	-10,6511	-68,5075	8270	1967 – 2020
13450000	Assis Brasil	-10,9436	-69,5656	3760	1983 – 2020
13650000	Boca do Acre	-9,0667	-67,3969	34400	1967 – 2020

Fonte: ANA.

Adicionalmente, foram utilizados os dados históricos dos últimos censos realizados no município de Rio Branco-Acre, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), bem como informações hídricas fornecidas pelos órgãos municipais, estaduais e federais, entre outros.

2.3 Tratamento estatístico

Os dados foram submetidos ao crivo de diferentes ferramentas estatísticas, para fins de análise de comparação dos resultados obtidos. Primeiramente a uma verificação preliminar, com vistas a uma análise exploratória suficientemente capaz de levantar hipóteses ou sugerir tendências temporais.

Para caracterização do regime fluvial foram elaborados fluviogramas, que representam a variação de vazão em relação a um período, a fim de realizar análises estatísticas descritivas, tais como: medidas de posição, medidas de dispersão e variabilidade, análise de distribuição.

A rotina de cálculos foi executada a partir do pacote básico do Software Livre R-Project e do Microsoft Excel (R Core Team, 2020).

3. Resultados e Discussão

As ferramentas de estatística descritiva oportunizaram a obtenção da variação das vazões mínimas, máximas e médias para os registros fluviométricos das estações em estudo.

A Figura 2 apresenta as vazões mensais máximas e médias das Estações Fluviométricas nos municípios de Boca do Acre (Estação Floriano Peixoto), Brasileia, Xapuri, Rio Branco e Assis Brasil, respectivamente, onde é possível visualizar os períodos de maior disponibilidade hídrica ao longo do ano, ocasionadas pelo aumento da descarga.

Figura 2. Gráficos das vazões mensais máximas e médias estações fluviométricas da bacia hidrográfica do rio Acre.



Fonte: Autores (2021).

A Estação de Floriano Peixoto, localizada no município de Boca do Acre, na fronteira do Amazonas com o Acre, apresenta as maiores vazões mensais médias e máximas dentre as estações estudadas. Essa é a estação mais à jusante entre as incluídas no presente estudo.

Quanto à distribuição mensal da disponibilidade hídrica, semelhantemente aos registros atinentes à cidade de Rio Branco, caracterizando-se o período entre os meses de dezembro a abril com os maiores valores de vazões, tendo como contraponto o período compreendido entre os meses de junho a outubro, com menores valores.

A Estação localizada no município de Assis Brasil apresenta regime fluviométrico que se destaca em relação às demais por apresentar as menores médias mensais, variando de 4,97m³/s, em setembro, a 162,32 m³/s, em fevereiro. Isso é de razoável compreensão, uma vez que é a estação mais à montante entre as analisadas.

Em relação às vazões mínimas, a Figura 3 apresenta o fluviograma referente às estações analisadas.

Figura 3. Fluviogramas das vazões mensais mínimas das estações fluviométricas da bacia hidrográfica do rio Acre.



Fonte: Autores (2021).

A partir do fluviograma das vazões mensais mínimas (Figura 3), verifica-se a variabilidade de vazão ao longo do curso do rio Acre, onde se encontra a vazões mínimas menores na estação de Assis Brasil e as maiores na estação do município de Boca do Acre, denominada Floriano Peixoto, coincidindo o fluxo de nascente a foz. Em relação às vazões mínimas, também é possível verificar similaridade quanto à variabilidade mensal nas estações do município de Boca do Acre e Rio Branco.

De acordo com o fluviograma da vazões médias (Figura 2), na estação de Assis Brasil o período com menor disponibilidade hídrica é junho até setembro, mas destaca-se que no mês de maio ocorreu a menor vazão mínima (Figura 3), de 0,004m³/s, registrada no ano de 2005. Em contrapartida o período de cheias ocorreu entre dezembro e abril, com destaque para fevereiro que apresentou 162,32 m³/s, a maior média mensal (Figura 2).

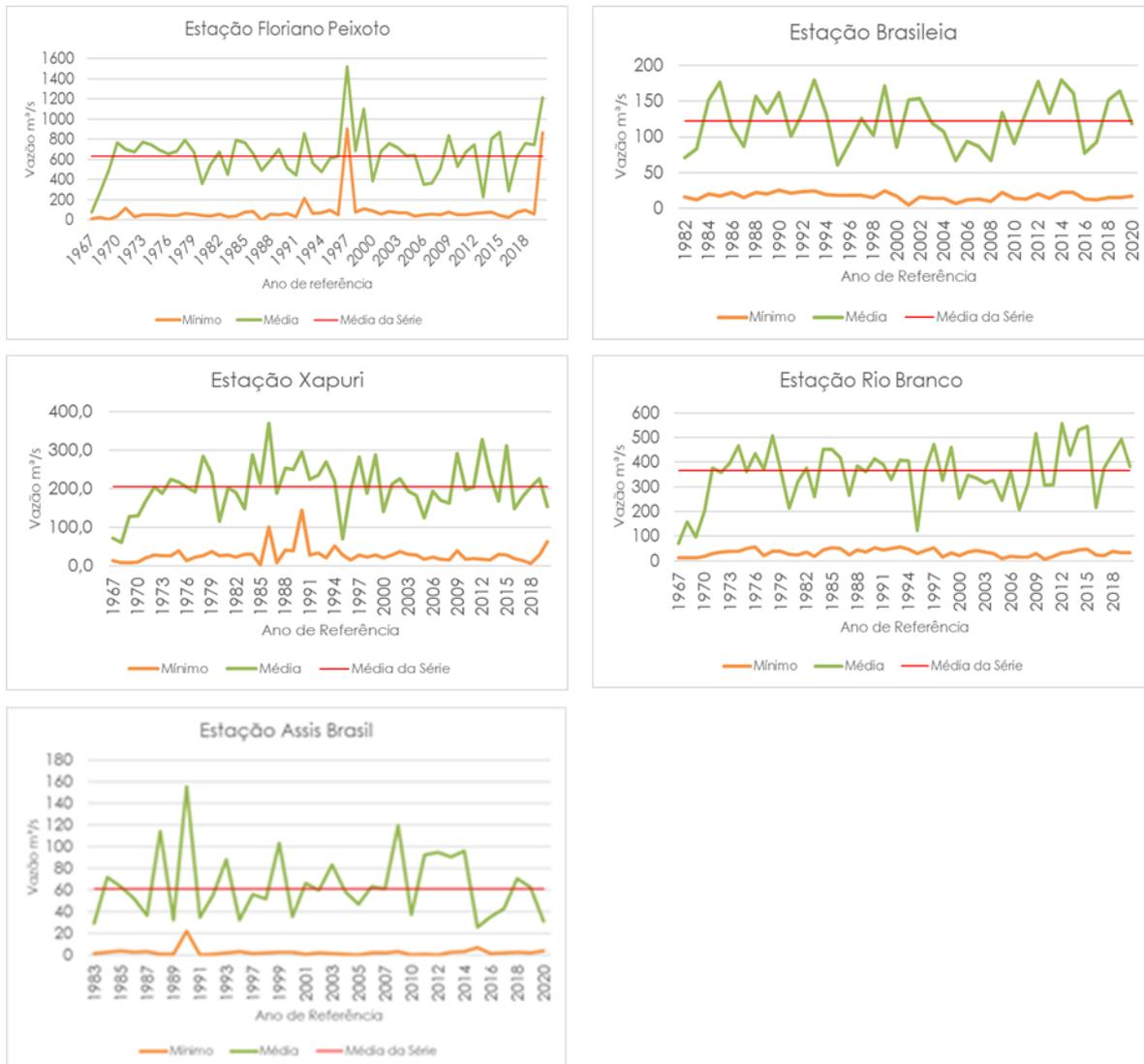
Quando se analisa o fluviograma da estação de Xapuri (Figura 2 e 3), os meses de agosto e setembro tem a menor média mensal, com 38,85m³/s e 38,59m³/s, respectivamente. Ressalta-se, ainda, que o mês agosto registrou a vazão mínima mensal da série, com 2,22 m³/s no mês de agosto em 1985.

Considerando-se as vazões médias, mínimas e máximas mensais da estação de Rio Branco, os meses com menor disponibilidade hídrica são julho, agosto, setembro e outubro. No entanto, também se verificou a ocorrência de anos em que a estiagem se prolonga até novembro, como o caso do ano 2010, que apresentou a vazão mínima mensal da série de 5,26m³/s em novembro, sendo a média deste mês no referido ano de 21,13 m³/s.

Na estação Floriano Peixoto, localizada em Boca do Acre, observa-se que as médias mensais apresentaram as mesmas características da estação de Rio Branco com as menores médias de vazões mensais nos meses entre julho e outubro.

No tocante aos registros temporais, a Figura 4 apresenta a série histórica referente às estações analisadas, contemplando os valores médios e mínimos das vazões, bem como o valor médio da série.

Figura 4. Série histórica para as vazões mínimas, médias e máximas na bacia hidrográfica do rio Acre.



Fonte: Autores (2021).

Os resultados obtidos a partir das séries históricas da estação fluviométrica no município de Brasileia (Figura 4) apresentam vazão média anual de 122,67m³/s. Entre o período de 1982 e 2020 a vazão média anual varia de 61,03m³/s, registrado em 1995, a 179,47m³/s, registrado em 2014, o que demonstra a variação dados com desvio padrão de 36,21 m³/s.

O trecho do rio Acre localizado no município de Assis Brasil, apresenta uma vazão média anual de 61,06m³/s na série histórica de 1983 a 2020 (Figura 4). Destaca-se que a menor média anual registrada ocorreu no ano de 2015, neste ano a vazão máxima foi de 189,65 m³/s ocorrida em dezembro e mínima de 7,08 m³/s nos meses de setembro e outubro.

Conforme apresentado na Figura 4, a menor vazão média encontrada na série histórica de 1967 a 2020, da estação fluviométrica de Xapuri foi de 61,67 m³/s no ano de 1968. A vazão média anual da série foi de 206,41m³/s, apresentando um desvio padrão de 63,38m³/s.

Em Rio Branco, verificou-se vazão média anual 364,95 m³/s na série histórica de 1967 a 2020 (Figura 4), sendo a menor média anual de 71,77m³/s registrada em 1967, e maior média anual de 556,40m³/s. Isso demonstra a variação da série no decorrer dos anos das médias anuais, cujo desvio padrão desta série foi 110,36m³/s. Destaca-se que nas últimas duas décadas as vazões médias anuais não foram inferiores a 206,42m³/s.

As vazões médias anuais da estação Floriano Peixoto, no município de Boca do Acre, na fronteira do Acre com o Amazonas, apresentaram variabilidade maior que as demais estações, com desvio padrão 234,47m³/s, o que pode ser observado quando se compara a média da série de 632,70m³/s, com a menor média anual de 76,7m³/s em 1967 e a maior média anual de 1.518,23m³/s em 1997.

Com os resultados obtidos, verifica-se que as vazões médias anuais das séries das estações fluviométricas, assim como das vazões mensais, variam ao longo do rio Acre, sendo a menor de 61,06 m³/s no município de Assis Brasil e maior de 632,70 m³/s no município de Boca do Acre, o que coincide com o fluxo do rio da sua nascente até a foz.

Segundo Duarte (2011) pode-se relacionar a ocorrência ou falta de chuvas na bacia com o aumento ou diminuição do nível ou vazão do rio, a jusante. Desse modo, considerando o estudo de Sousa (2020), o mês que apresentou maior precipitação foi fevereiro, enquanto o que apresentou menor foi o de julho, relacionando esses resultados com obtidos nesse estudo verifica-se que o mês de fevereiro apresentou a segunda maior vazão média mensal e o mês de julho a terceira menor vazão média mensal.

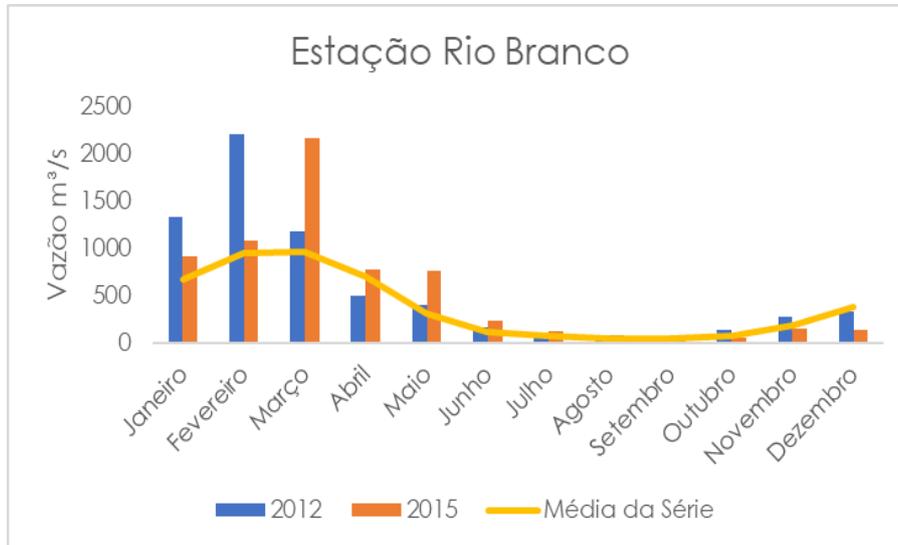
A partir dos fluviogramas das vazões médias é possível diferenciar períodos de maior disponibilidade hídrica devido ao aumento da descarga líquida em todas as estações e os períodos de estiagem, ou seja, caracterizados por períodos de cheias e secas. De acordo com Sena et al. (2012), esses ciclos de enchentes e seca tem ocorrido de forma intensa da região Amazônica.

Essa característica de variabilidade da distribuição mensal da vazão também foi verificada em trabalhos sobre a bacia do rio Acre (Duarte, 2009; Duarte, 2011; CPMR, 2021; Accorsi et al., 2017). Macêdo et al. (2013) e Duarte (2011) apontam que a variabilidade climática interanual e a precipitação causam extremos de vazão dos cursos d'água, gerando uma vulnerabilidade social na população que reside nas áreas situadas nas planícies de inundação e o desabastecimento de água devido à escassez hídrica nos períodos de baixas vazões.

Nesse sentido, é importante destacar que, devido a sua abrangência territorial e populacional, a análise do rio Acre no trecho que envolve a capital acreana, Rio Branco, Buffon e Bonotto (2018) apontam que no ano de 2015 ocorreu a maior enchente da história do rio Acre, que superou a enchente ocorrida em 2012. O autor destaca, ainda, que em 2012 também ocorreu a seca mais severa até então, sendo superada apenas em 2016, quando o rio Acre chegou a nível mínimo registrado, apresentando nesse ano a vazão mínima de 24,92 m³/s.

A Figura 5 apresenta um fluviograma comparativo para as vazões registradas na cidade de Rio Branco, destacando os anos de 2012 e 2015.

Figura 5. Fluviograma com as vazões médias dos anos (2012 e 2015) com ocorrências extremas (cheias e secas) no município de Rio Branco.



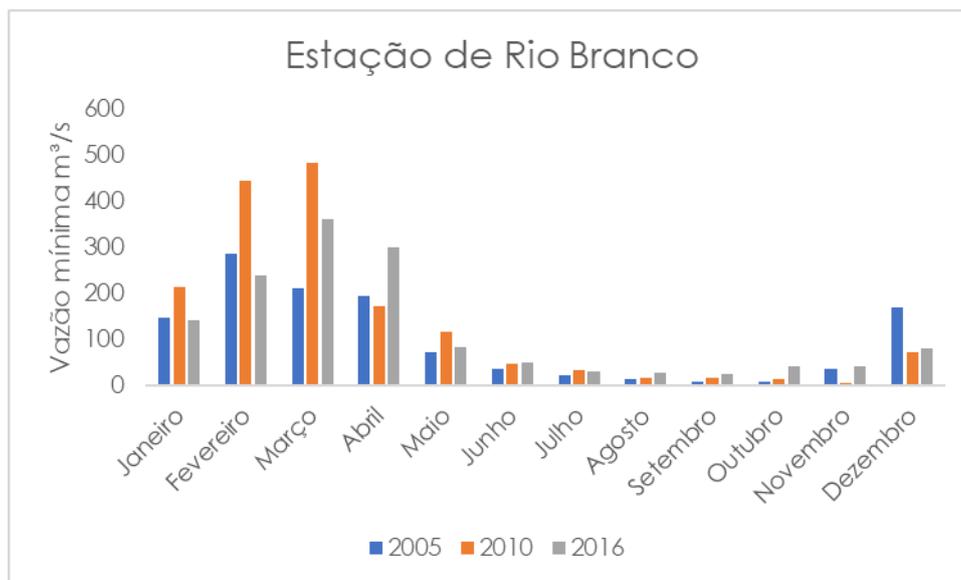
Fonte: Autores (2021).

A Figura 5 apresenta uma comparação entre os anos de 2012, com o segundo maior registro histórico de enchente e de seca no rio Acre, e o ano de 2015 com maior enchente (Buffon e Bonotto, 2018). Observa-se que eventos de enchente, acompanhados popularmente pela aferição das cotas do rio devido suas consequências desastrosas, também representam os extremos das vazões médias registradas. Em março de 2015 foi registrada a vazão máxima da série de 1967 a 2020 ($3.208,13\text{m}^3/\text{s}$), enquanto a maior vazão média registrada na série ocorreu em 2012, devido às vazões nos meses de janeiro e fevereiro terem sido consideravelmente superior do que 2015.

Duarte (2005) e Macêdo et al. (2013) destacam a necessidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos frente aos impactos preocupantes das cheias e estiagens, considerando os prejuízos sociais, ambientais e financeiros.

Na Figura 6, apresenta-se um fluviograma das vazões mínimas dos anos de 2005 e 2010, que apresentaram as três menores vazões mínimas encontradas na série histórica estudada, a saber: $5,26\text{ m}^3/\text{s}$ em novembro de 2010, $8,49\text{ m}^3/\text{s}$ em setembro de 2005, $9,20\text{ m}^3/\text{s}$ em outubro de 2005. Para comparação foi acrescido o ano de 2016, quando ocorreu a maior seca registrada, com o nível do rio Acre chegando em 1,30 m (Buffon e Bonotto, 2018).

Figura 6. Fluviograma das vazões mínimas nos anos de 2005, 2010 e 2017 da Estação Fluviométrica de Rio Branco.



Fonte: Autores (2021).

A partir da análise da Figura 6, verifica-se que apesar do ano de 2016 ter ocorrido o nível mínimo histórico, as vazões mínimas no ano de 2005 ainda foram menores na maioria dos meses, com exceção para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Apesar do menor nível registrado na história tenha ocorrido em setembro de 2016, neste mês foram registradas vazões mínimas menores nos anos de 2005 e 2010.

Segundo Parecer Técnico do Instituto Nacional de Meteorologia (2017), o evento extremo ocorrido em 2016, não foi um caso isolado, as condições meteorológicas atuantes nas regiões Norte e Nordeste do Brasil proporcionaram secas significativas naquele ano. De acordo os dados do Inmet (2017) o déficit acentuado de chuva envolvendo toda a região do Acre, somados a outros fatores como os efeitos do fenômeno El Niño e a ausência de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), contribuíram para a persistência do estado de alerta da baixa disponibilidade hídrica nos meses de julho, agosto e setembro e consequentes impactos socioambientais.

Nesse sentido, como consequência da seca extrema registrada em 2016, o Estado do Acre ficou em emergência devido ao risco eminente do colapso do abastecimento de água na capital. O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, Cemaden (2016), destaca que além dos impactos na distribuição de água potável para a população, tiveram ainda como consequência a redução da produtividade agrícola ou pastoril, dificuldade de transporte hidroviário e proliferação de incêndios florestais, entre outros.

Duarte (2005) e Macêdo et al. (2013) ressaltam a preocupação referente a disponibilidade hídrica, considerando a redução gradual da capacidade de suprimento de água na bacia do rio Acre, que é principal fonte de abastecimento de água do Estado.

4. Considerações Finais

A partir dos resultados do presente estudo verificou-se que as estações ao longo do rio Acre apresentam, entre os meses de dezembro a abril, os maiores volumes de escoamento fluvial, sendo considerados como o período de maior disponibilidade hídrica na bacia devido ao aumento da descarga fluvial. Em contrapartida o período de menor disponibilidade hídrica, identificadas pelos meses de menores vazões médias mensais, compreende os meses de junho a setembro.

O acompanhamento da dinâmica espaço-temporal do regime fluvial do rio Acre são ferramentas indispensáveis para

tomadas de decisões dos gestores públicos no âmbito do planejamento, manejo e gestão das bacias hidrográficas. Nesse sentido destaca-se a capital Rio Branco que historicamente vem sofrendo com eventos extremos de enchentes e secas que impactam negativamente a população.

Portanto, os resultados obtidos com o presente estudo servirão de subsídios a novas pesquisas na região em destaque, bem como de ferramentas de auxílio à decisão no que tange à gestão dos recursos hídricos.

Agradecimentos

Autores agradecem à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e à Universidade Federal do Acre (UFAC).

Referências

- Accorsi O. J., Lima E. F. P., Alcoforado L. F., & Longo O. C. (2017). Estudo do comportamento da cota mínima do rio Acre nos últimos 43 anos e as consequências para o assoreamento futuro do rio. *Geociências*, 36(2), 315-324.
- ACRE. Secretaria de Estado de Meio Ambiente (2012). *Plano estadual de recursos hídricos do Acre*. Rio Branco: SEMA.
- ACRE. Secretaria de Estado de Planejamento (2017). *Acre em números*. SEPLAN.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2021). *Política Nacional de Recursos Hídricos*. Recuperado em 2 de setembro, 2021, de <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos>
- Buffon, F. T. & Bonotto G. (2018). *Ferramentas de apoio na operação do sistema de alerta da bacia do rio acre do serviço geológico do Brasil – SGB/CPRM*. I Encontro Nacional de Desastres.
- Capozzoli C. R., Cardoso A. O., & Ferraz S. E. T. (2017). Padrões de Variabilidade de Vazão de Rios nas Principais Bacias Brasileiras e Associação com Índices Climáticos. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 32(2), 243-254.
- CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (2016). *Panorama hídrico no estado do Acre: diagnóstico, perspectivas e impactos potenciais relacionados à situação de seca*. Recuperado em 5 de outubro, 2021, de <http://www2.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2016/08/NT.Cemaden.SecaAcre.10082016.pdf>.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. (2021). *Bacia do Rio Acre- Características*. https://www.cprm.gov.br/sace/acre_caracteristicas.php
- Duarte, A. F. (2011). As chuvas e as vazões na bacia hidrográfica do rio Acre, Amazônia Ocidental: Caracterização e implicações socioeconômicas e ambientais. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, 6(12), 161-183.
- Duarte, A. F. (2009). *Hidrometria no Acre: fluviometria e hidroquímica*. Rio Branco: EDUFAC.
- Duarte, A. F. (2005). Variabilidade e tendência das chuvas em Rio Branco, Acre, Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 20(1), 37-42.
- Heller, L. & Padua, V. L. (2010). *Abastecimento de Água para Consumo Humano*. Belo Horizonte: Editora UFMG.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. (2017). *Situação da seca observada nas regiões norte e nordeste do Brasil em 2016*. Recuperado em 12 de novembro, 2021, de https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/trabalho_tecnico_02-2017.pdf.
- Lima, J. E. F. W., Montenegro, S., De Assunção Montenegro, A. A., & Koide, S. (2015). Comparative hydrology: relationships among physical characteristics, hydrological behavior, and results of the SWAT model in different regions of Brazil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 7(6), 1187-1195.
- Macêdo, M. N. C., Dias, H. C. T., Coelho, F. M. G., Araújo, E. A., Souza, M. L. H., & Silva, E. (2013). Precipitação pluviométrica e vazão da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, Amazônia Ocidental. *Ambiente & Água*, 8(1), 206-221.
- Moreira, J. G. V. & Naghettini, M. (2016). Detecção de tendências monotônicas temporais e relação como os erros dos tipos I e II: Estudo de caso em séries de precipitações máximas anuais no estado do Acre. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 31(4), 394-402.
- Rocha, P. C. & Dos Santos, A. A. (2018). Hydrological analysis in water basins. *Mercator*, 17, 1-18.
- R CORE TEAM. (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sena, J., Beser De Deus, L., Freitas, M., & Costa, L. (2012). Extreme events of droughts and floods in Amazonia: 2005 and 2009. *Water Resources Management*, 26(6), 1665-1676.
- Shiklomanov, I.A. (1998). *World water resource: a new appraisal and assessment for the 21st century*. UNESCO.
- Silva J. R. S., Mesquita, A. A., Serrano R. O. P., & Moreira J. G. V. (2020). Produtividade de mandioca na mesorregião Vale do Juruá, Acre, Brasil. *Enciclopédia Biosfera*, 17(33), 381-391.

Simon, F. W., Pickbrenner K., & Marcuzzo F. F. N. (2013). *Estudo do regime hídrico pluvial e fluvial em bacia hidrográfica com precipitação homogênea*. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

Sousa J. W. (2020). Características climáticas do município de Rio Branco, Acre, período de 1990-2019. *Scientia Naturalis*, 2(2), 723-740.

Tucci, C. E. M. (2012). *Hidrologia: ciência e aplicação*, Editora UFRGS.

Tucci, C. E. M. (2002). *Regionalização de vazões*. Editora UFRGS.

**ANEXO II – Aceitação do Artigo apresentado no Capítulo II, na
Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais**



Genivaldo Moreira <genivaldoufac@gmail.com>

[RICA] Decisão editorial

2 mensagens

Carlos Eduardo Silva <carlos.eduardo@cbpciencia.com.br>

30 de janeiro de 2022 22:12

Para: Daniela Silva Tamwing <eng.danitamwing@gmail.com>, Carolina Montefusco <carolaccorsi@hotmail.com>, Anderson Azevedo Mesquita <amgeoufac@hotmail.com>, Rodrigo Otávio Peréa Serrano <ropereas@gmail.com>, José Genivaldo do Vale Moreira <genivaldoufac@gmail.com>

Daniela Silva Tamwing, Carolina Montefusco, Anderson Azevedo Mesquita, Rodrigo Otávio Peréa Serrano, José Genivaldo do Vale Moreira,

Foi tomada uma decisão sobre o artigo submetido à revista Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, "RELAÇÃO COTA-VAZÃO E AJUSTE DA CURVA-CHAVE: ESTUDO DE CASO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ACRE, BRASIL".

É com muita satisfação que informamos que seu artigo foi ACEITO para publicação na edição da Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais (RICA V13 N01 2022), QUALIS Referência B1 (2017-2020), para lançamento até julho de 2022 (com grande probabilidade de antecipação, como ocorreu com as anteriores), da Sustenere Publishing (selo editorial da CBPC - Companhia Brasileira de Produção Científica).

Em 2022, os artigos aprovados só serão encaminhados para EDIÇÃO FINAL após pagamento da taxa de publicação. O que irá permitir o registro internacional do DOI CrossRef, o que garante a ligação direta entre o Lattes e o DOI.

Faz parte das políticas editoriais da Sustenere Publishing Corporation estabelecer a cobrança de uma taxa de registro do DOI e de hospedagem eterna dos artigos. Foi estabelecido para o ano de 2022 o valor de **R\$600,00 (QUALIS B1) por artigo publicado** nesta revista. Atenção, a taxa cobrada não é por autor e sim por artigo publicado, os autores devem dividir entre si a taxa, e fazer pagamento único da publicação.

Caso resida no Brasil, solicitamos a gentileza de depositar ou transferir (Transferência Comum ou TED) o valor referente ao seu artigo, preferencialmente no **BANCO INTER**, Banco 077, Agência 0001-9, Conta 2921205-7, em favor de Carlos Eduardo Silva (CPF 002.832.195-21). Não utilize depósito via ENVELOPE ou DOC, pois não será possível comprovar o pagamento e compensação na data de vencimento.

Para pagar com PIX utilize a chave tipo e-mail "carlos.eduardo@cbpciencia.com.br", ou utilize a chave do tipo CPE "00283219521". O pagamento também poderá ser realizado via BOLETO, para usar esta opção, responda esta mensagem manifestando seu desejo de pagar a taxa de aprovação através de BOLETO, que lhe enviaremos em anexo como resposta. Não existem custos adicionais para a modalidade.

O pagamento pode ser realizado com qualquer Crypto Moeda que faça par com /BRL (R\$), para esta opção entre em contato.

É importante realizar o pagamento logo após recebimento desta mensagem, e envio do comprovante, pois só então poderemos enviar seu artigo para EDIÇÃO FINAL e publicação na edição para qual reservou-se a vaga deste artigo.

Assim que realizar o depósito, favor enviar o comprovante para contato@cbpciencia.com.br. Caso não identificarmos o pagamento na data de vencimento (até 02/02/2022), iremos entender a desistência desta publicação e rejeitar o trabalho, pois precisamos dar andamento imediato à numeração da edição.

É importantíssimo e obrigatório que os dados dos autores estejam completos e atualizados no sistema (www.sustenere.co), caso não tenha preenchido os dados completos, nos envie junto com o comprovante o nome completo, instituição de ensino ou pesquisa, link Lattes (obrigatório), link Orcid (opcional), e-mail, EM ORDEM DE AUTORIA. O artigo só será publicado quando todos os dados estiverem completos e atualizados no sistema.

Agradecemos sua opção em publicar nesta revista. Aproveite para conhecer outros produtos e serviços no site oficial da CPBC em <http://www.cbpciencia.com.br>

Por publicar em nossa revista, você recebe gratuitamente uma versão do E-book 'Elaboração de TCC e Publicação de Artigos: for starters' que pode ser baixado e divulgado através do link: <http://cbpciencia.com.br/books/ebook-978-85-94281-00-5.pdf>

Equipe Editorial

Sustenere Publishing

CBPC - Companhia Brasileira de Produção Científica

<http://www.sustenere.co>

Genivaldo Moreira <genivaldofac@gmail.com>

31 de janeiro de 2022 18:36

Para: Carlos Eduardo Silva <carlos.eduardo@cbpciencia.com.br>, contato@cbpciencia.com.br

Cc: Daniela Silva Tamwing <eng.danitamwing@gmail.com>, Carolina Montefusco <carolaccorsi@hotmail.com>,

Anderson Azevedo Mesquita <amgeoufac@hotmail.com>, Rodrigo Otávio Peréa Serrano <ropereas@gmail.com>

Senhor Editor Chefe, Colega Prof. Carlos Eduardo Silva,

Envio em anexo o comprovante de pagamento referente à publicação do Artigo **RELAÇÃO COTA-VAZÃO E AJUSTE DA CURVA-CHAVE: ESTUDO DE CASO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ACRE, BRASIL**, aceito por esse ilustro periódico.

Agradecemos mais uma vez pela confiança na aceitação de nosso trabalho e esperamos apresentar novas contribuições em breve.

Respeitosamente,

José Genivaldo do Vale Moreira

Professor Adjunto - UFAC - Campus Floresta

(68) 99991-4594

genivaldofac@gmail.com; jose.moreira@ufac.br

[Texto das mensagens anteriores oculto]

 **comp_RICA.pdf**
2K

**ADENDO 1 – Série histórica de dados do SNIS para os municípios de
Rio Branco, Assis Brasil, Xapuri e Brasileia**

Código do Município	Município	Estado	Ano de Referência	Prestador	Sigla do Prestador	Tipo de serviço	AG001 - População total atendida com abastecimento de água	AG026 - População urbana atendida com abastecimento de água	IN013 - Índice de perdas faturamento	IN049 - Índice de perdas na distribuição	IN055 - Índice de atendimento total de água
120005	Assis Brasil	AC	2020	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	5.173	4.538	57,52	57,52	68,66
120005	Assis Brasil	AC	2019	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	5.165	4.520	49,04	49,04	69,64
120005	Assis Brasil	AC	2018	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	5.067	4.448	61,51	61,51	69,41
120005	Assis Brasil	AC	2017	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	5.040	4.257	58,65	58,65	72,14
120005	Assis Brasil	AC	2016	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	4.687	4.182	58,72	58,72	68,29
120005	Assis Brasil	AC	2015	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	4.411	4.106	58,47	58,47	65,46
120005	Assis Brasil	AC	2014	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	3.380	3.380	56,94	56,94	51,13
120005	Assis Brasil	AC	2013	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	3.255	3.255	58,74	58,74	50,23
120005	Assis Brasil	AC	2012	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	3.515	3.299	65,46	62,75	55,72
120005	Assis Brasil	AC	2011	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	3.352	3.131	65,05	65,05	54,13
120005	Assis Brasil	AC	2010	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	3.003	3.003	72,11	49,84	49,45
120010	Brasiléia	AC	2020	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	16.529	15.698	70,62	70,62	61,9
120010	Brasiléia	AC	2019	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	16.468	15.640	68,88	68,88	62,67
120010	Brasiléia	AC	2018	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	15.487	14.665	71,21	71,21	59,92
120010	Brasiléia	AC	2017	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	15.172	14.367	71,12	71,12	61,26
120010	Brasiléia	AC	2016	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	13.875	13.875	72,33	72,33	57,07
120010	Brasiléia	AC	2015	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	12.950	12.950	70,17	70,17	54,3
120010	Brasiléia	AC	2014	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	12.699	12.699	62,14	62,14	54,32
120010	Brasiléia	AC	2013	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	11.794	11.794	66,26	66,26	51,5
120010	Brasiléia	AC	2012	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	10.479	9.923	69,83	69,83	47,07
120010	Brasiléia	AC	2011	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	12.234	10.716	68,57	68,57	56,02
120010	Brasiléia	AC	2010	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	11.399	11.399	68,68	56,63	53,27

120040	Rio Branco	AC	2020	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água e Esgoto	219.756	219.135	59,68	59,68	53,16
120040	Rio Branco	AC	2019	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água e Esgoto	221.012	220.388	58,26	58,26	54,26
120040	Rio Branco	AC	2018	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água e Esgoto	211.260	210.663	59,46	59,46	52,66
120040	Rio Branco	AC	2017	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água e Esgoto	210.612	210.017	58,7	58,7	54,93
120040	Rio Branco	AC	2016	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água e Esgoto	205.986	205.986	58,19	58,19	54,63
120040	Rio Branco	AC	2015	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água e Esgoto	202.308	202.308	59,31	59,31	54,6
120040	Rio Branco	AC	2014	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água e Esgoto	182.738	182.738	61,53	61,53	50,21
120040	Rio Branco	AC	2013	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água e Esgoto	174.915	174.915	60,21	60,21	48,97
120040	Rio Branco	AC	2012	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água e Esgoto	308.545	308.545	59,13	62,47	88,57
120040	Rio Branco	AC	2011	Serviço de Água e Esgoto de Rio Branco	SAERB	Água e Esgoto	308.068	308.068	69,25	69,24	90
120040	Rio Branco	AC	2010	Serviço de Água e Esgoto de Rio Branco	SAERB	Água e Esgoto	252.931	252.931	64,05	68,4	75,27
120070	Xapuri	AC	2020	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	10.207	9.721	48,34	48,34	52,09
120070	Xapuri	AC	2019	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	10.210	9.724	47,31	47,31	52,84
120070	Xapuri	AC	2018	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	9.900	9.428	46,52	46,52	51,97
120070	Xapuri	AC	2017	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	9.693	9.231	42,74	42,74	53,33
120070	Xapuri	AC	2016	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	9.187	9.187	42,94	42,94	51,34
120070	Xapuri	AC	2015	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	8.854	8.854	35,54	35,54	50,28
120070	Xapuri	AC	2014	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	8.442	8.442	26,43	26,42	48,75
120070	Xapuri	AC	2013	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	8.116	8.116	32,84	32,84	47,68
120070	Xapuri	AC	2012	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	8.179	7.789	41,73	41,73	49,16
120070	Xapuri	AC	2011	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	8.379	8.021	44,73	44,73	51,19
120070	Xapuri	AC	2010	Departamento Estadual de Pavimentação e Saneamento	DEPASA	Água	7.829	7.829	67,14	51,23	48,65
TAL da AMOSTR	---	---	---	---	---	---	2.231.262	2.216.882			