

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

NÍVEL DE COMPROMETIMIENTO, DISPONIBILIDADE HÍDRICA E PRINCIPAIS USOS CONSUNTIVOS NA SUB-REGIÃO HIDROGRÁFICA GUAMÁ, NORDESTE DO PARÁ

Anderson Abdon Santos da Silva ¹
* Francisco Carlos Lira Pessoa ¹
Rafael da Silva Ferreira ¹
Lorena Conceição Paiva de Ataíde ¹

LEVEL OF COMMITMENT, WATER AVAILABILITY AND MAIN CONSUMPTIVE USES IN THE GUAMÁ HYDROGRAPHIC SUB- REGION, NORTHEAST PARÁ

Recibido el 14 de febrero de 2023. Aceptado el 8 de mayo de 2023

Abstract

The study presents an overview of the level of commitment and water availability of the Hydrographic Sub-Region (SRH) Guamá, located in the Hydrographic Region of the Atlantic Coast-Northeast of the State of Pará. The grants issued by the Pará State Department of Environment and Sustainability (SEMAS) were analyzed and, considering the data from the river gauge stations available at the site, a water balance of the region and the level of commitment of the respective sub-basins that compose it were obtained. The results revealed that, from a global perspective, the Guamá SRH fits into a condition of water comfort, according to the criteria of the European Environment Agency and the United Nations, since the total flow rate granted for the various water uses is equivalent to 1.57% of the reference flow rate, considering 70% of the Q95%, according to CERH Resolution No. 10/2010. However, when analyzed in detail, three sub-basins of the SRH Guamá showed a significant degree of water impairment, classified as worrying and critical, indicating that the demand for water use is reaching levels higher than the region can support, thus requiring appropriate management measures to ensure the sustainable use of this resource. Therefore, this study provides subsidies for the management of water resources in a watershed in the state of Pará, since the scenario of water availability of the SRH Guamá, reflects the reality, in terms of data and economic and environmental characteristics, of the various watersheds in the northern region of Brazil.

Keywords: level of water commitment, water availability, water balance and grant.

¹ Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Brasil.

* *Autor correspondente:* Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, Nº 1 – Guamá, Belém, Pará, Brasil – CEP: 66075-110. Email: fclpessoa@ufpa.br

Resumo

O estudo apresenta um panorama do nível de comprometimento e disponibilidade hídrica da Sub-Região Hidrográfica (SRH) Guamá, localizado na Região Hidrográfica da Costa Atlântica-Nordeste do Estado do Pará. Foi analisado as outorgas emitidas pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS) e considerando os dados de estações fluviométricas disponíveis no local obteve-se um balanço hídrico da região e o nível de comprometimento das respectivas sub-bacias que a compõem. Os resultados revelaram que, em uma perspectiva global, a SRH Guamá enquadra-se em uma condição de conforto hídrico, segundo os critérios da *European Environment Agency* e das Nações Unidas, uma vez que a vazão total outorgada para os diversos usos da água equivale a 1.57% da vazão de referência, considerando 70% da Q95%, conforme a Resolução nº 10/2010 do CERH. No entanto, quando se analisa particularizadamente, verifica-se que três sub-bacias da SRH Guamá demonstraram grau de comprometimento hídrico significativo, classificados como preocupante e crítico, indicando que a demanda pelo uso da água está atingindo níveis maiores do que a região suporta, logo, é necessário medidas de gestão adequadas para garantir o uso sustentável desse recurso. Portanto, este estudo fornece subsídios para a gestão de recursos hídricos em uma bacia hidrográfica no Estado do Pará, uma vez que o cenário de disponibilidade hídrica da SRH Guamá, reflete a realidade, em termos de dados e características econômicas e ambientais, das diversas bacias hidrográficas da região Norte do Brasil.

Palavras-chave: nível de comprometimento hídrico, disponibilidade hídrica, balanço hídrico, outorga.

Introdução

Os conflitos relacionados ao uso e gestão de recursos hídricos vêm ganhando cada vez mais destaque no cenário mundial. Diversos autores como Cruz (2010), Dalla Corte (2015), Gomes *et al.* (2021) e Alves *et al.* (2014), analisam que esses conflitos influenciam diretamente o bem estar dos seres humanos e a qualidade ambiental, tendo sua origem em diversos fatores como a escassez de água, mudanças climáticas, crescimento populacional, poluição das águas e principalmente a falta de gestão dos recursos hídricos (Gomes *et al.*, 2021).

O Brasil possui posição privilegiada no mundo em relação à disponibilidade hídrica, pois engloba cerca de 12% da água doce superficial existente na Terra. No entanto, a demanda por água é crescente, de acordo com a ANA (2017) estima-se que até 2030 a retirada aumente em 30%. O uso contínuo para o abastecimento humano, a manutenção de áreas agricultáveis, e a demanda de água para o setor industrial, têm promovido restrições de consumo e potencializado a necessidade de racionamento de água na sociedade em geral (Rabelo *et al.*, 2021).

Nesse contexto, a Lei nº 9.433/1997 de 08 de janeiro de 1997, determina que a outorga de uso dos recursos hídricos deve preservar os usos múltiplo da água. A outorga é um ato administrativo, de autorização ou concessão, mediante o qual o Poder Público permite ao outorgado fazer uso da água por determinado tempo, finalidade e condição expressa no respectivo ato (DAEE, 2022), para assim manter o equilíbrio entre os diversos usos e garantir esse recuso para as gerações futuras.

A lei supracitada ainda fundamenta que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Complementando essa informação, a WMO (1992) cita que uma gestão eficaz conecta os usos da terra e da água em toda a área de uma bacia hidrográfica ou aquífero de águas subterrâneas.

O desenvolvimento de estudos para avaliação das disponibilidades hídricas nas bacias hidrográficas possui caráter estratégico, pois o conhecimento sobre os regimes de precipitação e vazão é fundamental para entender o comportamento hidrológico das bacias e direcionar ações relacionadas ao uso da água, firmando-se com importante ferramenta em termos de gestão e planejamento (Euclides *et al.*, 2001). Conforme Soito (2019), em regiões com previsão de redução de chuvas e, portanto, de diminuição de vazão nos rios, a qualidade das águas também deverá sofrer abalos em função da limitação para diluição dos esgotos.

A fim de compreender as condições dos corpos hídricos, no que tange aos usos da água, o presente trabalho busca realizar um diagnóstico da disponibilidade hídrica, do nível de comprometimento hidrológico e das principais finalidades deste recurso na Sub-Região Hidrográfica Guamá (SRH Guamá), local que segundo IDESP (2014), apresenta um sistema hidrológico bastante complexo em razão da inter-relação entre ambientes rurais e urbanos.

Metodologia

Este estudo executou o levantamento de informações sobre outorga e realizou o tratamento dos dados de vazão. A metodologia utilizada teve como base as etapas descritas na Figura 1.

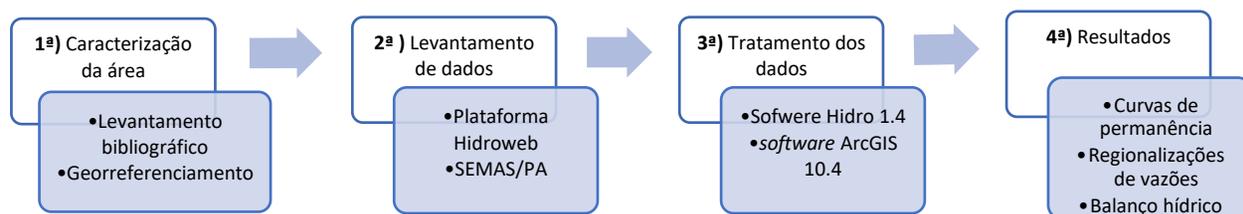


Figura 1. Etapas metodológicas.

Caracterização da área de estudo

O estudo foi elaborado para a Sub-Região Hidrográfica do Rio Guamá (SRHGuamá), a qual está inserida na Região Hidrográfica Costa Atlântica-Nordeste, segundo a Resolução nº 04/2008 do Conselho de Recursos Hídricos do Estado do Pará, como ilustrado na Figura 2. A SRHGuamá tem

área aproximada de 15.850Km², sendo navegável nos últimos 160km do rio Guamá e as principais vias de acesso são as BR-316, BR-010 e PA-140.

Os principais afluentes da bacia são os rios Acará, Capim e Moju. O rio Guamá nasce na serra dos Coroados na parte sul do município de Capitão Poço a uma altura de 100 metros, seguindo, na direção sul-norte, até o município de Ourém, para oeste o rio continua até cruzar com o rio Capim, um dos seus principais afluentes, até desaguar na Baía do Guajará onde se torna navegável em determinados trechos (Prata *et al.*, 2010; Silva, 2014).

Segundo Kubota *et al.* (2020) o clima da região pode variar entre Af (clima tropical úmido ou equatorial), Aw (clima subtropical com chuvas de inverno) e Amw (clima de monção com chuvas de inverno) conforme a classificação de Köppen. As temperaturas da localidade variam de 38 °C a 22 °C, com precipitação média em torno de 2000 mm/ano, com maior incidência de chuvas no período de janeiro a maio e o mais seco de agosto a outubro.

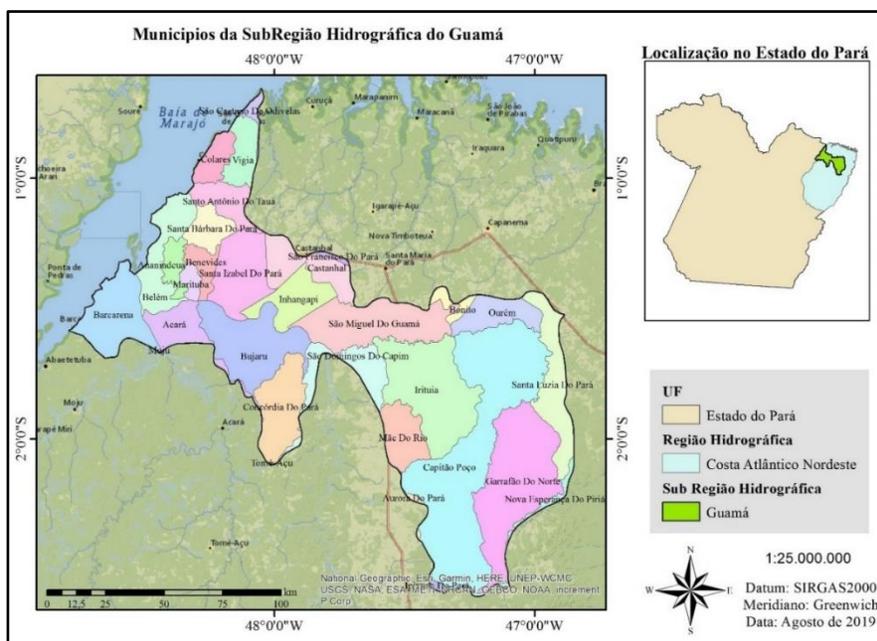


Figura 2. Municípios da Sub-região Hidrográfica do Guamá. Fonte: Autores (2022).

O solo da sub-região Guamá é predominantemente de Latossolos Amarelos, ocupando 84,91% desta área (Rocha e Lima, 2020). Conforme Mendonça *et al.*, (2021) a bacia tem características planas (declividade menor que 3%) e suavemente onduladas (declividade entre 3 e 8%), induzindo tanto o potencial de escoamento, quanto de infiltração.

De acordo com Cordeiro *et al.* (2017), ocorre um intenso desmatamento no nordeste paraense, alterando a dinâmica de ocupação e a transformação das matas primárias originais é visível, onde hoje se encontram paisagens com erosões, rios e igarapés assoreados, fauna e flora em extinção. Sobre isso, Barroso *et al.* (2015) relatam que a bacia está inserida na área de influência do chamado “Arco do Desmatamento” tendo apresentado nos últimos anos um avanço no processo de desflorestamento”.

Coleta e tratamento de dados

Os dados de vazão foram coletados através das estações fluviométricas (Figura 3) disponibilizadas na plataforma HidroWeb e tratados através do aplicativo computacional HIDRO 1.4, ambas ferramentas integrantes do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

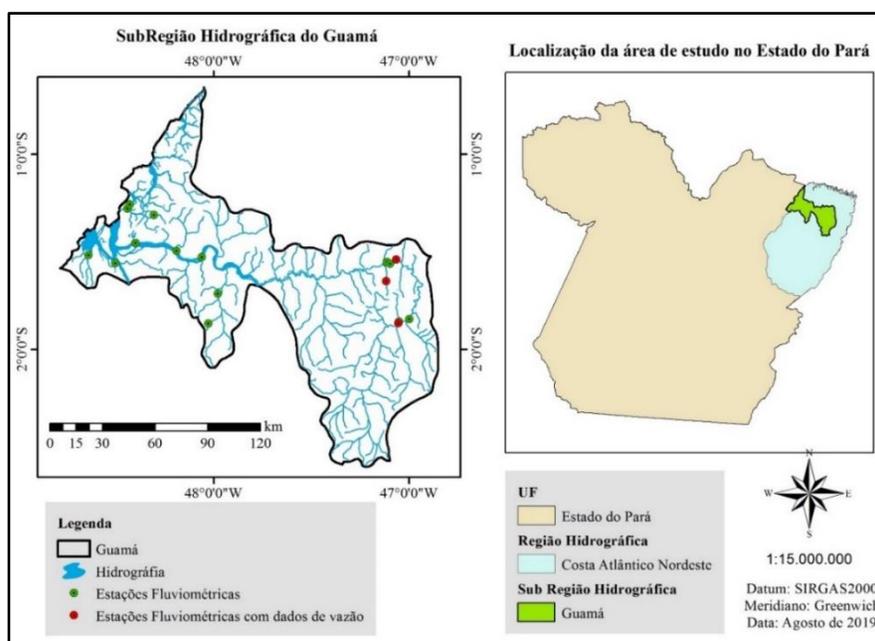


Figura 3. Localização das Estações Fluviométricas na SRHGuamá. Fonte: Autores (2022).

Nesta etapa foram identificadas 19 estações fluviométricas (EF) em operação na SRHGuamá, entretanto apenas três estações apresentaram dados de vazão (Tabela 1). A partir destas foi possível realizar o download das séries históricas de vazões médias diárias.

Por fim, foi realizado um levantamento de dados referente as outorgas emitidas na região de estudo junto à Secretária de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS), para verificar os tipos de usos da água e a situação hídrica do local.

Tabela 1. Estações fluviométricas com dados de vazão da SRHGuamá

Código	Estação	Município	Latitude	Longitude	Área de Drenagem (Km ²)	Período
31490000	Vila Capoeira	Capitão Poço	-1.8669	-47.0547	3440	jan/1978 a dez/2014
31600000	Marambaia	Capitão Poço	-1.6522	-47.1166	32.7	jan/1965 a dez/2005
31520000	Bom Jardim	Ourém	-1.5405	-47.0655	5220	jan/1965 a dez/2014

Fonte: Autores (2022).

Curvas de permanência

A metodologia para determinação das curvas de permanência consistiu em ordenar as vazões da maior para menor e identificar as que são superadas em uma porcentagem grande do tempo. Segundo Aguiar (2017), Farias Junior (2006) e Pessoa (2015), a aplicação do método de curvas de permanências (FDC – Flow Duration Curve) representa a relação entre intensidade e a frequência das vazões em determinada área de drenagem, sejam estas vazões diárias, semanais, mensais ou anuais, possibilitando demonstrar a porcentagem de tempo em que a vazão especificada é igualada ou excedida.

Regionalização de Vazões

A regionalização de vazão tem como premissa que a região hidrológica pode ser considerada homogênea quando suas características fisiográficas e hidrometeorológicas são similares (Garbossa e Pinheiro, 2015). Para regionalizar as vazões da SRHGuamá foi aplicado o método da interpolação linear, proposto por Eletrobrás (1985), o qual obtém as vazões relativas à seção de interesse utilizando as vazões correspondentes às seções fluviométricas mais próximas.

Logo, permite que a vazão na seção de interesse seja obtida por uma relação de proporcionalidade entre as vazões e as áreas de drenagem dos postos fluviométricos mais próximos, sendo baseado na vazão específica, conforme a Equação 1.

$$Q_I = \frac{Q_{EF}}{A_{EF}} \times A_I$$

Equação (1)

Em que,

Q_I = vazão na seção de interesse, m³/s;

Q_{EF} = vazão no posto fluviométrico de montante ou de jusante, m³ /s;

A_{EF} = área de drenagem no posto fluviométrico de montante ou de jusante, km²;

A_I = área de drenagem na seção de interesse, km².

A vazão específica serve como índice comparativo entre as sub-bacias e caracteriza o seu potencial hídrico. Neste caso, a vazão considerada para o cálculo será a Q_{95} oriunda da estação fluviométrica de interesse e com base na área de drenagem da mesma, conforme a Equação 2.

$$Q_{esp} = \frac{Q_{95}}{A_I}$$

Equação (2)

Em que,

Q_{esp} = vazão específica, $m^3/s/Km^2$;

Q_{95} = vazão de referência da estação de interesse;

A_I = área de drenagem na seção de interesse, km^2 .

Divisão das Sub-bacias hidrográficas

Para melhor a análise das outorgas e da situação hídrica, a área de estudo foi dividida em 44 sub-bacias hidrográficas de acordo com os canais afluentes ao rio Guamá (Figura 4). Para realizar a delimitação das sub-bacias hidrográficas e gerar os trechos de drenagem foram utilizadas informações das imagens da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) com resolução espacial de 30 m e referência geográfica para UTM Datum SIRGAS 2000-Zona 22S, objetivando criar o Modelo Digital de Elevação (MDE).

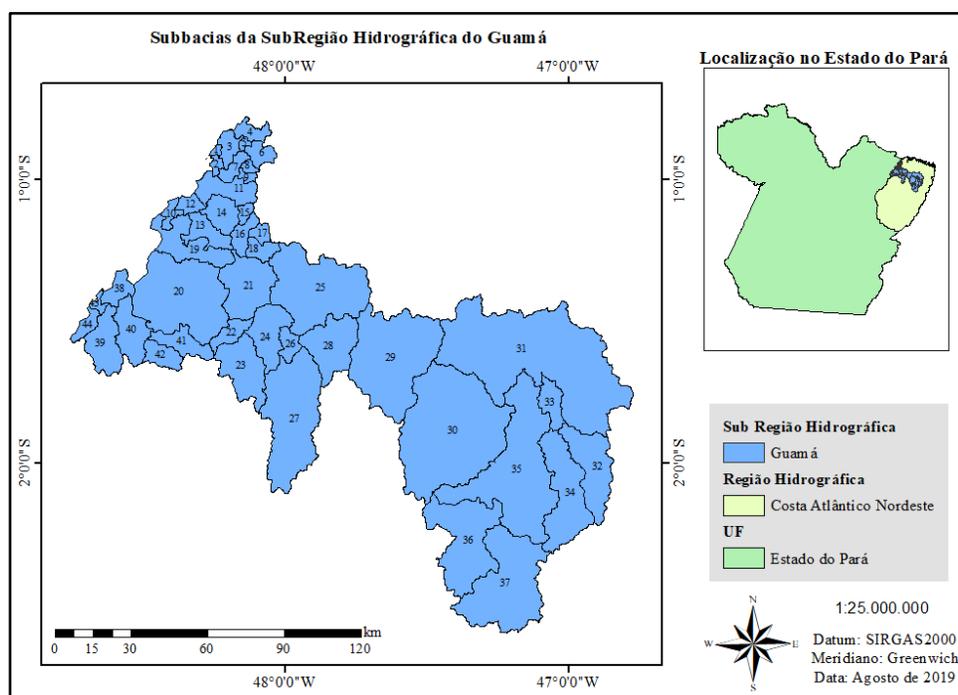


Figura 4. Sub-bacias da SRHGuamá. Fonte: Autores (2022).

Após a aquisição dos MDE realizou-se o pré-processamento dos dados digitais de elevação e drenagem, o que possibilitou a divisão da SRHGuamá em sub-bacias de maneira automática com o auxílio da extensão ArcHydro Tools, hospedada no *software* ArcGIS 10.4®. As principais etapas de processamento seguiram os procedimentos descritos em ESRI (2012) com pequenas adaptações.

Balanço Hídrico

Na análise quantitativa o resultado em percentual considerou apenas a relação entre as demandas de uso à montante (retiradas) e a oferta de água (disponibilidade hídrica) em termos de vazão outorgável (95% de permanência), sendo este balanço hídrico realizado para cada trecho de drenagem (ANA, 2014). A Equação 3 demonstra esta relação.

$$BH = \left(\frac{\Sigma \text{Demandas de uso}}{\text{Disponibilidade hídrica}} \right) \times 100 \quad \text{Equação (3)}$$

Por sua vez a vazão remanescente de uma bacia é calculada pela diferença entre a vazão outorgável (70% da Q_{95}) e o total da vazão outorgada (total de demandas de uso) conforme a Equação 4.

$$Q_{\text{remanescente}} = Q_{\text{outorgável}} - \Sigma Q_{\text{outorgada}} \quad \text{Equação (4)}$$

O nível de comprometimento da bacia corresponde, em termos percentuais, a razão entre a quantidade de vazão outorgada/retirada (total de demandas de uso) e a vazão outorgável (70% da Q_{95}), calculada seguindo a Equação 5.

$$C (\%) = \left(\frac{\Sigma \text{outorgada}}{Q_{\text{outorgável}}} \right) \times 100 \quad \text{Equação (5)}$$

Os trechos de drenagem e as suas sub-bacias recebem uma classificação conforme o resultado obtido no balanço hídrico, ou seja, conforme a razão entre o total de demandas e a sua disponibilidade hídrica. A classificação utilizada foi a mesma adotada pela ANA (2013), que segue os critérios da *European Environment Agency* e das Nações Unidas descritos, Tabela 2.

Tabela 2. Classificação da Situação hídrica

Intervalo	Classificação	Situação Hídrica
<5%	Excelente	Necessidade de pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento. A água é considerada um bem livre.
5 – 10%	Confortável	Pode haver necessidade de gerenciamento para a solução de problemas locais de abastecimento.
10 – 20%	Preocupante	A atividade de gerenciamento é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios.
20 – 40%	Crítica	Exige intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos.
>40%	Muito Crítica	Exige imediatas e intensas atividades de gerenciamento, grandes e urgentes investimentos.

Fonte: Adaptado de ANA (2013).

Resultados e discussão

Vazão de referência Q95

Dentre as estações fluviométricas com dados disponíveis, adotou-se a EF Vila Capoeira de código 31490000, instalada no Rio Guamá, de responsabilidade da ANA e operação do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), pois as características de área e vazão aproximam-se das sub-bacias em estudo. Por ser uma EF representativa da SRHGuamá, esta é empregada em outras pesquisas, Paca (2008) determinou a curva-chave, na forma exponencial, com base na série histórica desta EF; Böck (2010) avaliou a variação na vazão do rio Guamá e sua influencia na Baía do Guajará; E Silva (2016) utilizou esta estação para aplicar a técnica de regionalização de vazão fundamentadas na regressão linear.

Para o cálculo da curva de permanência (Figura 5), foi considerado o período de 36 anos de dados (1988-2014), que resultou na vazão de referência (Q_{95}) igual à $17.2 \text{ m}^3/\text{s}$. De acordo com o HidroWeb, a área de drenagem da EF Vila Capoeira de 3.440 km^2 , assim, a vazão específica obtida foi de $0.0050 \text{ m}^3/\text{s}/\text{Km}^2$, que representa o fluxo de água por área.

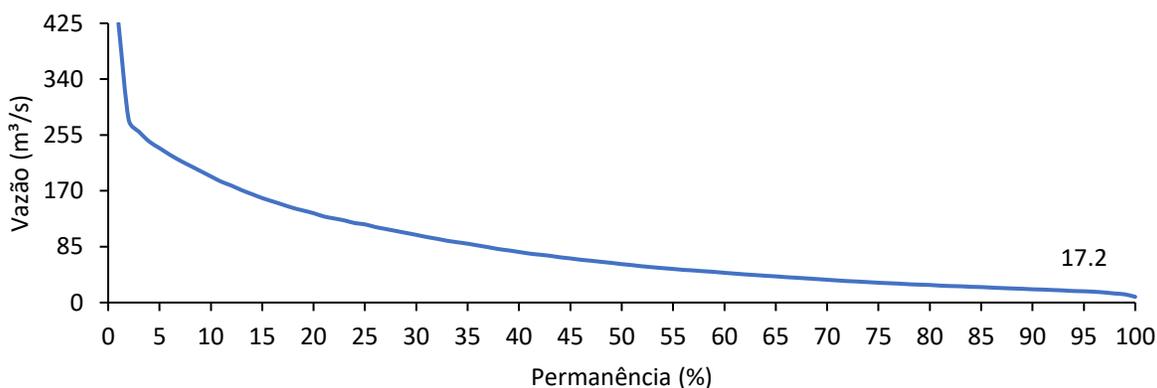


Figura 5. Curva de permanência da Estação Fluviométrica – 3149000. Fonte: Autores (2022).

Outorgas por sub-bacias

Por meio dos dados de outorga coletados junto a SEMAS foi possível identificar a quantidade de outorgas de direito e declarações de dispensa emitidas no período de 2014 a 2018. Das 44 sub-bacias hidrográficas, foram identificadas outorgas em apenas 14 sub-bacias, que estão distribuídas de acordo com a Figura 6. Segundo Rodrigues *et al.* (2018) esta bacia é predominantemente rural, e os usos mais comuns da água do corpo hídrico são para atividades como agricultura, pecuária e piscicultura.

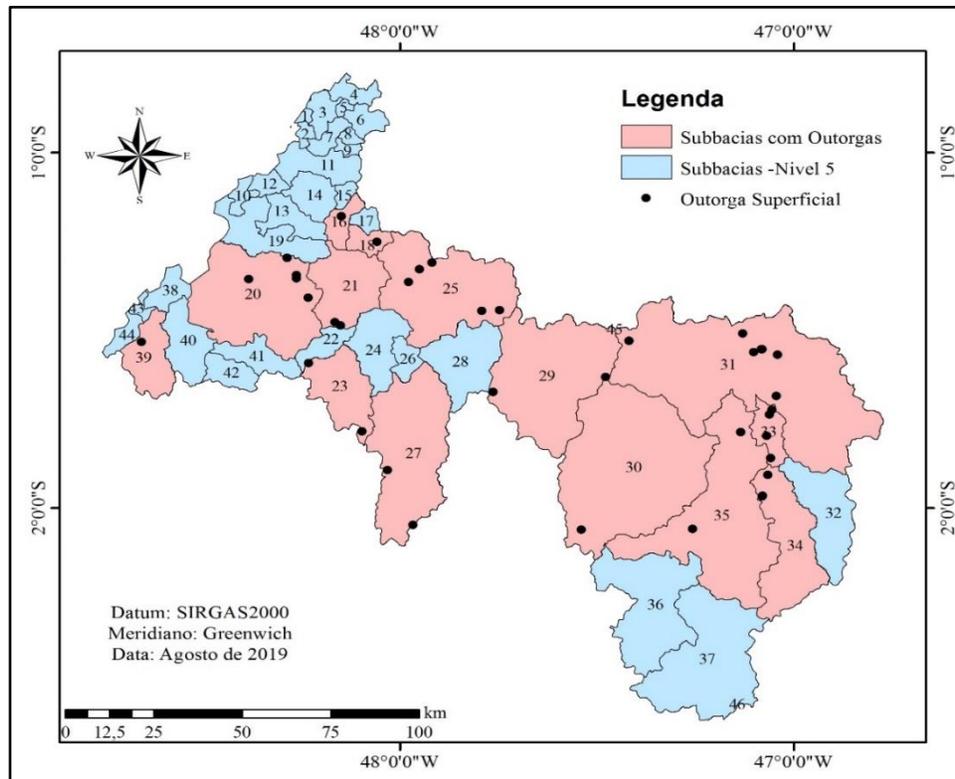


Figura 6. Sub-bacias com Outorgas emitidas. Fonte: Autores (2022).

Observa-se que a distribuição dos pontos outorgados na área de estudo não é homogênea, o que não implica dizer que não exista qualquer tipo de uso da água nessas sub-bacias, visto que podem haver usos consuntivos sem a emissão de outorga. Sobre isso, Santos *et al.* (2007) relatam que a gestão do instrumento de outorga se mostra necessária no estado do Pará, pois por meio deste é possível assegurar legalmente um esquema de alocação, controle e monitoramento qualitativo da água entre os diferentes usuários, resolvendo ou atenuando fortemente os conflitos existentes entre os usuários competidores e assegurando as bases para o desenvolvimento sustentável.

Ao analisar a distribuição de Outorgas deferidas por região Hidrográfica do Pará, no período de 2008 à 2021, Maia *et al.* (2022) verificaram uma concentração maior na região da Costa Atlântico-Nordeste com 9.816 processos outorgados. Contudo, em pesquisa realizada por Cirilo e Almeida (2022) foi identificado uma insuficiência de recursos financeiros, materiais e humanos destinados à gestão de recursos hídricos no Estado do Pará, essa limitação foi apontada por 62.5% dos entrevistados, o que dificulta o monitoramento dos corpos hídricos.

As informações das sub-bacias da SRH Guamá que apresentaram outorga estão dispostas na Tabela 3, a qual apresenta, para estas sub-bacias, os valores de área, número de outorgas, vazão outorgada e vazão de referência (Q_{95}), calculada pela regionalização de vazão a partir do valor de Q_{95} ($17.2 \text{ m}^3/\text{s}$). Essa técnica permite suprir a carência de informações hidrológicas em locais com pouca ou nenhuma disponibilidade de dados. Para tanto, Silveira e Tucci (1998) alertam que os estudos de regionalização hidrológica não devem ser aplicados fora dos limites estabelecidos pelas equações regionais e, principalmente, para as bacias hidrográficas com pequenas áreas de drenagem.

Nota-se que a sub-bacia 31 é a que possui o maior número de outorgas dentro de seus limites. As sub-bacias em azul (Figura 6) não apresentaram títulos de outorga emitidos, portanto não foram consideradas na análise de comprometimento hídrico.

Tabela 3. Outorgas por sub-bacias da SRH Guamá

SB	Área (km ²)	Q_{95} (m ³ /s)	N° de outorgas	Q outorgada (m ³ /s)	SB	Área (km ²)	Q_{95} (m ³ /s)	N° de outorgas	Q outorgada (m ³ /s)
16	94.00	0.47	1	0.1157	29	1077.44	5.39	2	0.0011
18	82.89	0.41	1	0.0301	30	1618.00	8.09	1	0.0018
20	969.80	4.85	6	0.3341	31	2157.48	10.79	8	0.0648
21	408.33	2.04	2	0.0783	33	135.53	0.68	5	0.0231
23	354.83	1.77	2	0.0829	34	562.48	2.81	3	0.0035
25	914.33	4.57	5	0.0107	35	1277.01	6.39	3	0.0340
27	920.24	4.60	2	0.0631	39	260.46	1.30	1	0.0278
Q _{total outorgada} = 0.8708					Q _{95total} = 54,16 m ³ /s				

O método da interpolação é amplamente disseminado em estudos hidrológicos (Wolff *et al.*, 2014; Araujo *et al.*, 2018; Ridolfi *et al.*, 2020; Ferreira *et al.*, 2021; Acosta-Castellanos *et al.*, 2023), através deste obteve-se a vazão Q_{95} total da SRH Guamá igual à $79.25 \text{ m}^3/\text{s}$. O cálculo da disponibilidade hídrica considerou 70% desta Q_{95} , resultando em $55.5 \text{ m}^3/\text{s}$. A vazão total outorgada foi de $0.8708 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tabela 3) que representa 1.57% da disponibilidade hídrica total da bacia. Assim, a vazão remanescente corresponde a $54.6 \text{ m}^3/\text{s}$, o que equivale a 98% da disponibilidade hídrica. Em relação a isso, Maia *et al.* (2022) ressaltam que a outorga garante ao usuário o direito do uso da água condicionado à disponibilidade hídrica e à preservação dos usos múltiplos.

Considerando o período de referência (2014-2018), foram identificados os tipos de outorgas na SRHGuamá, emitidas pela SEMAS. As principais finalidades de uso consuntivo dos recursos hídricos são: Barramento (32.22%), Canalização de curso d'água (30.70%), Irrigação (26.21%),

Aquicultura (6.72%), Extração Mineral (3.24%) e Indústria (0.93%). Embora esses setores sejam estratégicos para a economia global, é difícil conciliar seus usos com a proteção ambiental (Branche, 2017). Para permitir a coordenação e integração total dos usos múltiplos da água, Figueiredo *et al.* (2023) citam que se deve estabelecer uma gestão adequada da água, com ênfase na estratégia, planejamento e tomada de decisões.

Balanço hídrico

A estimativa da disponibilidade hídrica em uma bacia hidrográfica é uma das informações mais relevantes no que tange o gerenciamento de recursos hídricos, pois assegura o atendimento da demanda. De maneira geral, a maioria das sub-bacias com outorga apresentou situação hídrica ou nível de comprometimento que caracterizam uma situação de conforto hídrico.

Das 14 sub-bacias com outorga, 9 sub-bacias enquadram-se em situação excelente (<5%), 3 sub-bacias estão em situação confortável (5-10%), 1 sub-bacia foi classificada como preocupante (10-20%) e 1 sub-bacia como crítica (20-40%), como demonstrado na Tabela 4. Segundo Conejo *et al.* (2009) a avaliação da quantidade de água (ou vazão de referência) efetivamente disponível admite diferentes interpretações associadas às características da bacia e às finalidades do seu uso no planejamento e gerenciamento desta.

Tabela 4. Panorama do balanço hídrico da SRHGuamá

Sub-bacia com Outorga	Área (km ²)	Q ₉₅ (m ³ /s)	∑ outorgada (m ³ /s)	Vazão Outorgável Q95 (m ³ /s)	C (%)	Q _R (m ³ /s)
16	94.00	0.47	0.116	0.33	35.15	0.21
18	82.89	0.41	0.030	0.29	10.34	0.26
20	969.80	4.85	0.334	3.39	9.85	3.06
21	408.33	2.04	0.078	1.43	5.45	1.35
23	354.83	1.77	0.083	1.24	6.69	1.16
25	914.33	4.57	0.011	3.20	0.34	3.19
27	920.24	4.60	0.063	3.22	1.96	3.16
29	1077.44	5.39	0.001	3.77	0.03	3.77
30	1618.00	8.09	0.002	5.66	0.04	5.66
31	2157.48	10.79	0.065	7.55	0.86	7.49
33	135.53	0.68	0.023	0.47	4.89	0.45
34	562.48	2.81	0.004	1.97	0.20	1.97
35	1277.01	6.39	0.034	4.47	0.76	4.44
39	260.46	1.30	0.028	0.91	3.08	0.88

C (%): Nível de Comprometimento; Q_R (m³/s): Vazão Remanescente.

De acordo com os valores demonstrados na Tabela 4 as sub-bacias 16 e 18 apresentaram o maior percentual de vazão outorgada. Tratam-se dos Municípios de Santa Isabel do Pará e Castanhal, os quais apresentam apenas uma licença de outorga, sendo que a finalidade de uso da água é a irrigação, justificando a maior vazão de captação nessas áreas. Conforme Cirilo e Almeida (2022), a disponibilidade qualitativa da água superficial e subterrânea começa a apresentar alguns pontos críticos nas regiões nas quais existe avanço urbano e industrial. A classificação das sub-bacias de acordo com o nível de comprometido, de excelente a muito crítico, estão expostos na Figura 7.

Em estudo realizado por Rocha e Lima (2020) para avaliar a sustentabilidade hídrica da bacia do rio Guamá, a partir dos aspectos hidrológicos, ambientais, sociais e de gestão, foi identificado um comportamento intermediário das sub-bacias, evidenciando a necessidade de definir programas de gestão hídrica. Além disso, os indicadores analisados demonstraram que o processo de uso e ocupação do território da bacia hidrográfica do Guamá tem alto potencial de interferir na sustentabilidade hídrica, já que estes exercem influência de caráter positivo ou negativo sobre a mesma (Rocha e Lima, 2020).

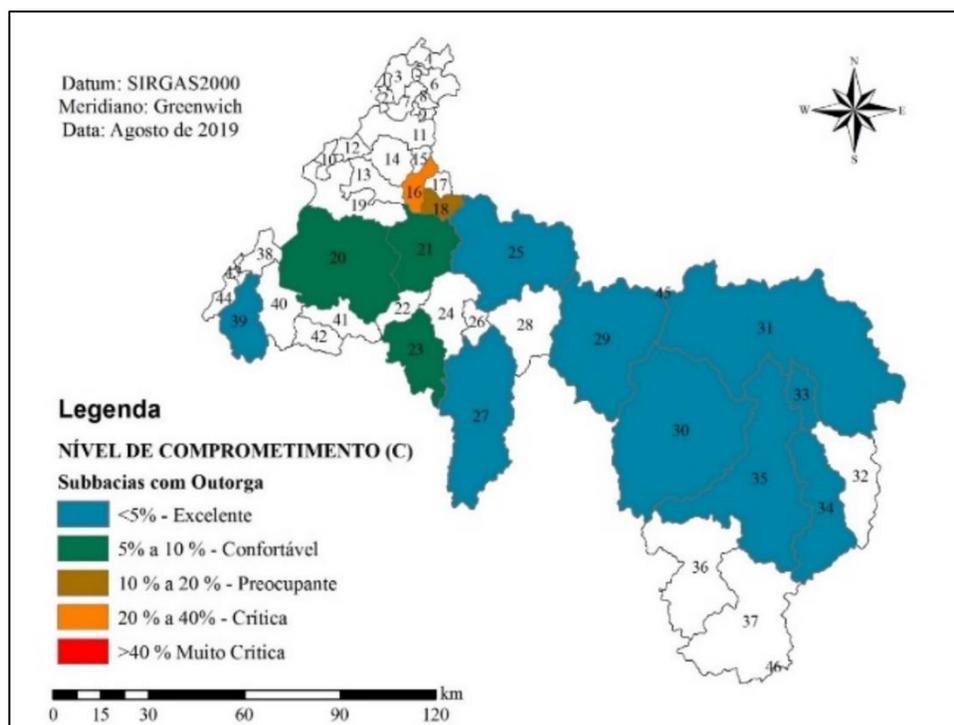


Figura 7. Nível de comprometimento das sub-bacias. Fonte: Autores (2022).

Conclusões

O trabalho apresentou um panorama da disponibilidade hídrica e do nível de comprometimento da Sub-Região Hidrográfica Guamá, considerando os dados de vazões outorgadas nas sub-bacias que as compõem. Os resultados obtidos revelaram que, quando considerada globalmente, a SRHGuamá enquadra-se em um cenário de conforto hídrico, segundo critérios ANA baseado na *European Environment Agency* e das conforme a Resolução nº 10/2010 do CERH.

No entanto, quando se analisa de maneira mais específica, pode-se observar algumas das sub-bacias da SRH Guamá, apresentam relevante de comprometimento preocupante (sub-bacias 18 e 20) e grau de comprometimento crítico (sub-bacia 16), indicando que a demanda pelo uso da água está atingindo níveis maiores do que a região suporta, logo exige intensa atividade de gerenciamento para garantir o uso sustentável desse recurso.

Ressalta-se que os resultados deste trabalho consideraram apenas os dados provenientes do cadastro de outorgas junto a SEMAS/PA e que, portanto, este estudo não abrange a totalidade dos usuários de recursos hídricos presentes na sub-região hidrográfica Guamá. Assim, faz-se necessário ampliar o conhecimento acerca dos usuários dos recursos hídricos não outorgados e presentes nesta bacia.

Referências bibliográficas

- Acosta-Castellanos, P. M., Castro Ortegón, Y. A., Perico Granados, N. R. (2023) Regionalization of IDF Curves by Interpolating the Intensity and Adjustment Parameters: Application to Boyacá, Colombia, South America. *Water*, 15(3), 561. <http://dx.doi.org/10.3390/w15030561>
- Aguiar, R. S. (2017) *Análise do Regime Hidrológico e da Disponibilidade Hídrica da Bacia do Rio Amazonas*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém (PA), 60 pp.
- Alves, T. L. B., Azevedo, P. V., Silva, M. T. (2014) Análise morfométrica da microbacia hidrográfica Riacho Namorado, São João do Cariri – Pb: uma ferramenta ao diagnóstico físico. *Revista de Geografia*, 31(3), 130-148.
- ANA, Agência Nacional de Águas (2013) Manual de Procedimentos Técnicos e Administrativos de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos. Brasília, DF. 252 pp.
- ANA, Agência Nacional de Águas (2014) Balanço Hídrico Quantitativo Oferta Demanda – UGRH Paranapanema. Brasília, DF. 17 pp.
- ANA, Agência Nacional de Águas (2017) Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017. Relatório Pleno. Brasília, DF. 169 pp.
- Araujo, F. C., Mello, E. L. de., Gollin, G. M., Quadros, L. E. de, Gomes, B. M. (2018) STREAMFLOW REGIONALIZATION IN PIQUIRI RIVER BASIN. *Engenharia Agrícola*, 38(1), 22–31. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n1p22-31/2018>
- Barroso, D. F. R., Figueiredo, R. O., Pires, C. S., Costa, F. F. (2015) Avaliação da sustentabilidade ambiental de sistemas agropecuários em microbacias do nordeste paraense a partir de parâmetros físico-químicos. *Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará*, 2(2), 56-68. <https://core.ac.uk/download/233889608.pdf>

- Böck, C. S. (2010) *Influência da Morfologia do Fundo na Hidrodinâmica da Baía de Guajará (Pará)*. Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 100 pp. Acesso em: 22 mar. 2023. Disponível em: http://numa.lamce.coppe.ufrj.br/DATA/formacao/BOCK_2010_MSc.pdf
- Branche, E. (2017) The multipurpose water uses of hydropower reservoir: The SHARE concept, *Comptes Rendus Physique*, **18**, 469-478. <https://doi.org/10.1016/j.crhy.2017.06.001>.
- Cirilo, B. B., Almeida, O. T. (2022) Os Limites à Gestão de Recursos Hídricos no Estado do Pará: Uma Análise Técnica. *Desenvolvimento Em Questão*, **20**(58). <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2022.58.11542>
- Conejo, J. G. L., Maranhão, N., Burnett, J. A. B., Antunes, B. (2009) Sobre um Índice de Disponibilidade Hídrica Aplicável à Gestão dos Recursos Hídricos. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande (MS). Acesso em: 24 mar. 2023. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/86d54c77ce6b54ec0e65aa3cfae4825_c36373eaae96149566fd59126b7e2f24.pdf
- Cordeiro, I. M. C. C., Arbage, M. J. C., Schwartz, G. (2017) Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias. Belém: EDUFRA, 2017. 323 pp. Acesso em: 21 mar. 2023. Disponível em: <http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/296>
- Cruz, F. M. (2010) *Avaliação Geoambiental e Hidrológica da Bacia do Rio Itacaiunas, PA*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém (PA), 179 pp. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/10980> Acesso em: 26 de abril de 2019.
- DAEE, Departamento de Água e Energia Elétrica. Outorga. Acesso em: 17 dez. 2022. Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/site/outorga/>
- Dalla Corte, A. C. (2015) *Balanço Hídrico em Bacia Urbana*. Dissertação de Mestrado, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS), 89 pp.
- ELETOBRÁS, Centrais Elétricas Brasileiras (1985). Metodologia para regionalização de vazões. Rio de Janeiro, v. 2.
- Euclides, H. P., Ferreira, P. A., Rubert, O. A., Santos, R. M. (2001) Regionalização hidrológica na bacia do Alto São Francisco a montante da barragem de Três Marias – MG. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **6**(2), 81-105.
- Farias Junior, J. E. F. de. (2006) *Análise de metodologias utilizadas para a determinação da vazão ecológica. Estudo de caso: rio Coruripe/AL e Rio Solimões/AM*. Dissertação de Mestrado, Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 138pp.
- Ferreira, R. G., Silva, D. D., Elesbon, A. A. A., Santos, G. R. dos., Veloso, G. V., Fraga, M. de S., Fernandes-Filho, E. I. (2021) Geostatistical modeling and traditional approaches for streamflow regionalization in a Brazilian Southeast watershed, *Journal of South American Earth Sciences*, **108**, <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103355>
- Figueiredo, N. M. de., Blanco, C. J. C., Campos Filho, L. C. P., Mesquita A. L. A. (2023) MUWOS - Multiple use water optimization system for the power generation and navigation trade-offs analysis, *Renewable Energy*, **203**, 205-218. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.12.004>
- Garbossa, L. H. P., Pinheiro, A. (2015) Vazões de referência para gestão de bacias hidrográficas rurais e urbanas sem monitoramento. *REGA*, **12**(1), 43-52.
- Gomes, L. C. D., Salvador, N. N. B., Lorenzo, H. C. (2021) CONFLICTS BY WATER RESOURCE USE AND THE CASE OF ARARAQUARA-SP. *Ambiente & Sociedade*, **24**, <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190100r3vu2021L3AO>
- IDESP, Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará. (2014) Estatística Municipal: Capitão Poço. Belém: Governo do Estado do Pará.
- Kubota, N. A., Lima, A. M. M. D., Rocha, N. C. V., Lima, I. F. (2020) Hidrogeomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Guamá - Amazônia Oriental - Brasil. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, **21**(4). <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i4.1920>
- Maia, P. C. C., Vasconcellos Sobrinho, M., Mendes, R. L. R. (2022) Governança da água na Amazônia Paraense : uma análise no uso da outorga de direito de uso dos recursos hídricos. *P2P E INOVAÇÃO*, **9**(1), 8–28. <https://doi.org/10.21721/p2p.2022v9n1.p8-28>

- Mendonça, L.M., Gomide, I.S., Sousa, J.V., Blanco, C.J.C. (2021) Modelagem chuva-vazão via redes neurais artificiais para simulação de vazões de uma bacia hidrográfica da Amazônia. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, **18**(2). <https://doi.org/10.21168/rega.v18e2>
- Paca, V.H. da M. (2008) *Análise de informações satelitais e dados convencionais da rede pluvio-fluviométrica como contribuição a modelagem hidrológica na região Amazônica - Estudo de caso: bacia do Rio Guamá – Pará*. COPPE/UFRJ, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 121pp. Acesso em: 21 mar. 2023. Disponível em: http://numa.lamce.coppe.ufrj.br/DATA/formacao/BOCK_2010_MSc.pdf
- Pessoa, F. C. L. (2015) *Desenvolvimento de Metodologia para Regionalização de Curvas de Permanência de Vazões na Amazônia Legal*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Pará. Belém (PA), 236 pp. Acesso em: 21 mar. 2023. Disponível em: <https://proderna.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/teses/Francisco.pdf>
- Prata, S. S., Miranda, I. S., Alves, S. A. O., Farias, F.C.; Jardim, F. C. S. (2010) Floristic gradient of the northeast paraense secondary forests. *Acta Amazônica*, **40**(3), 523-534.
- Rabelo, D. C., Eloi, W. M., Alexandre, D. M. B., Costa, R. B. (2021) Usos múltiplos da água em cenário de escassez hídrica –análise da gestão dos recursos hídricos no Ceará durante a seca de 2011-2016. *Brazilian Journal of Development*, **7**(2), 15918-15940. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-288>
- Ridolfi, E., Kumar, H., and Bárdossy, A. (2020) A methodology to estimate flow duration curves at partially ungauged basins, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, **24**, 2043–2060, <https://doi.org/10.5194/hess-24-2043-2020>
- Rocha, N. C. V., Lima, A. M. M. de. (2020) Water sustainability of the Guamá river basin, Eastern Amazonia/Brazil. *Sociedade & Natureza*, **32**, 141–160. <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-45694>
- Rodrigues, R. S. S., Fernandes, L. L., Vieira, A. S. A., Pessoa, F. C. L., Crispim, D. L. (2018) Relações hidrológicas entre pluviosidade, deflúvio e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé da Prata em Capitão Poço, Pará, Brasil. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium*, **9**(2), 157-169.
- Santos, V. J. C., Lima, R. J. D., Lima, A. M. M. (2007) A Implementação da outorga de uso dos recursos hídricos no estado do Pará, In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte.
- Silva, A. K. L. (2016) *Impacto da expansão da palma de óleo sobre o escoamento superficial e produção de sedimentos nas sub-bacias hidrográficas não monitoradas dos rios Bujaru e Mariquita no nordeste do estado do Pará, Amazônia Oriental*. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos (SP), 325 pp. Acesso em: 22 mar. 2023. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-12122016-112322/publico/TeseAntonioKledsonLealSilva.pdf>
- Silva, P. R. (2014) Os rios paraenses: uma breve descrição potamográfica. *Boletim Amazônico de Geografia*, **1**(2), 88-104. [10.17552/2358-7040/bag.v1n2p88-104](https://doi.org/10.17552/2358-7040/bag.v1n2p88-104)
- Silveira, G. L., Tucci, C. E. M. (1998) Monitoramento em pequenas bacias para a estimativa de disponibilidade hídrica. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **3**(3), 97-110.
- Soito, J. (2019) Usos Múltiplos da Água. Caderno Opinião. FGV Energia. Acesso em: 17 dez. 2022. Disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/coluna_opinioao_maior_usos_multiplos_da_agua.pdf
- WMO, World Meteorological Organization (1992) The Dublin Statement and Report of the Conference. International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century. Dublin, Ireland.
- Wolff, W., Duarte, S., Mingoti, R. (2014) Nova metodologia de regionalização de vazões, estudo de caso para o Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **19**(4), 21-33. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v19n4.p21-33>