

GARANTIA HÍDRICA: ESTUDO DE CASO EM RIOS DA CAATINGA E MATA ATLÂNTICA NO ESTADO DA BAHIA

Me. José Jackson de Souza Andrade[1]
Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves[2]
Dr. Antonio Puentes Torres [3]
Dr. Nilton de Oliveira[4]

Palavras-chave: Fator Hidrológico; Hidrografia Avançada Experimental; Geografia das Águas.

INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido por meio da análise de vazões em estações fluviométricas de bacias hidrográficas localizadas nos biomas Caatinga e Mata Atlântica, no Estado da Bahia (Figura 01). Utilizando séries históricas disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o presente estudo visa avaliar a distribuição e possíveis alterações das vazões em diferentes contextos biogeográficos, com foco no diagnóstico da garantia hídrica, contribuindo para a gestão eficiente dos recursos hídricos.

A água é elemento vital com valor múltiplo - econômico, ambiental, social e simbólico - e exerce papel central na manutenção da vida e dos ecossistemas (Brandão de Mélo *et al*, 2022). Historicamente, civilizações floresceram ao redor de grandes rios, mas declinaram quando o abastecimento hídrico deixou de atender suas necessidades conforme nos alerta Bruni (1993). Nesse contexto, compreender a disponibilidade hídrica local e regional é essencial para compatibilizar usos e limites dos mananciais. Conforme a ANA (2013), a Garantia Hídrica refere-se à oferta de água em quantidade, qualidade e regularidade adequadas às necessidades humanas e ambientais, considerando um risco aceitável frente à extremos hidrológicos.

Apesar da tão difundida "abundância hídrica" brasileira, a escassez de água potável é um desafio atual, com repercussões sociais, econômicas e ambientais. A escassez hídrica resulta do descompasso entre demanda e disponibilidade de água, influenciada por fatores físicos, sociais e econômicos. Regiões semiáridas, como o Nordeste brasileiro, enfrentam essa realidade, agravada por crescimento populacional, expansão da agricultura irrigada e mudanças climáticas (Mekonnen & Hoeksta, 2016); Liu *et al.*, 2017; He *et al*., 2021; Brandão de Melo *et al.*, 2022).

Segundo Mekonnen & Hoekstra (2016), dois terços da população mundial enfrentam escassez de água ao menos um mês por ano, e cerca de 500 milhões vivem essa condição durante todo o ano. A água, sendo um recurso limitado e cada vez mais pressionado, sofre

[1]Doutorando em Geografia (UFBA; Professor no Colégio Estadual Pedro Calmon – Amargosa - BA - SEC Bahia; Membro do Observatório das Águas da Bahia - OBA da Universidade Federal da Bahia.
[2] Pós-Doutor em Geografia Física (UFBA); Especialista em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, no Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia – INEMA; Membro do Observatório das Águas da Bahia - OBA da Universidade Federal da Bahia.
[3] Doutor em Hidrologia Florestal (Universidad de Córdoba); Professor no Departamento de Geografia da UFBA; Coordenador do Observatório das Águas da Bahia - OBA da Universidade Federal da Bahia.
[4] Doutor em Geografia (UFBA); Professor da Prefeitura Municipal de Lauro de Freitas-BA; Membro do Observatório das Águas da Bahia - OBA da Universidade Federal da Bahia e Rede Geografia das Águas do Brasil/USP.

com a degradação ambiental, poluição e uso intensivo, impactando sua disponibilidade e qualidade.

Figura 01: Localização das estações



Fonte: ANA (2025); IBGE (2018); elaboração dos autores.

Lima, (2001) destaca que a distribuição desigual da água e da população no planeta resulta em diferentes cenários de escassez: ora por insuficiência física do recurso, ora por pressão excessiva de uso. Embora o Brasil detenha cerca de 12% da água doce do mundo, a variabilidade climática e os processos históricos de ocupação explicam os contrastes regionais. Crises recentes de escassez em regiões tradicionalmente abundantes, como o Norte do Brasil, revelam o impacto da degradação dos biomas na regulação do ciclo hidrológico.

As fortes pressões antrópicas em ecossistemas como a Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica compromete sua função reguladora, afetando o abastecimento de bacias hidrográficas e aumentando o risco de racionamentos e crises energéticas (Diniz *et al*., 2021), principalmente, entre populações mais vulneráveis.

METODOLOGIA

A Hidrologia Avançada Experimental (HAE) é uma metodologia desenvolvida por Gonçalves, (2014) e aprimorada em trabalhos posteriores (Gonçalves, 2019, 2023; Gonçalves & Marques, 2024), que busca analisar a dinâmica de fluxos hídricos a partir da avaliação quantitativa das águas superficiais em interface com as águas subterrâneas em bacias hidrográficas. Sua principal fonte de informação leva em consideração dados históricos de precipitação e vazão, que são utilizados em separado ou conjuntamente de acordo com os objetivos do estudo. Para este trabalho foram analisados dados de 14 estações fluviométricas distribuídas nos biomas Caatinga e Mata Atlântica, no Estado da Bahia. Para tal, foram consideradas series históricas de vazão disponíveis em ANA (2025), através do site "*HidroWeb*" da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), afim de se obter retratos da garantia hídrica nos biomas Caatinga e Mata Atlântica, utilizando como recorte a espacialização desses biomas no Estado da Bahia.

O Fator Hidrológico classifica os anos hidrológicos em excedentes, normais e deficitários, utilizando para isso são utilizadas as vazões máximas e mínimas anuais, bem como suas médias máximas e mínimas, da seguinte maneira: atribuindo o valor 1 (um) para cada valor de vazão extrema anual máxima ou mínima acima da média máxima ou mínima do período analisado, respectivamente, e 0 (zero) para valores extremos anuais máximos ou mínimos abaixo da média máxima ou da média mínima do período analisado, respectivamente.

O Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH) nos mostra a classificação dos anos hidrológicos excedentes, normais excedentes, normais deficitários e deficitários, bem como, as tendências de seca e cheias nos períodos analisados. Para isso são consideradas as vazões máximas e mínimas anuais, bem como suas médias máximas e mínimas, da seguinte maneira: A partir dos dados obtidos para confecção do gráfico de fator hidrológico é possível realizar o DFH considerando as médias das vazões mínimas e médias mínimas e atribuindo os valores a cima citados, mantendo o valor 2 para anos hidrológicos excedentes, 0 para os anos hidrológicos deficitários e aos anos hidrológicos normais foi feito um detalhamento, sendo o DFH com valor 1,5 (um e meio) a média mínima é maior que o valor extremo mínimo anual (ano hidrológico normal excedente) e o DFH com valor 0,5 (meio) a média mínima é menor que o valor extremo mínimo anual (ano hidrológico normal deficitário). O resumo do DFH, que classifica os anos hidrológicos em excedente, normal excedente, normal deficitário e deficitário, além de sua comparação com o FH pode ser observado no Quadro 1. Após os cálculos de DFH, temos a produção do um Índice do Detalhamento do Fator Hidrológico (IDFH), de grande importância nas discussões que se seguem sobre garantia hídrica. Este índice é o resultado do quociente da distribuição percentual dos anos Normais excedentes e Excedentes pelos anos Deficitários e Normais deficitários.

Quadro 1: Resumo do detalhamento do fator hidrológico

Valores Extremos Anuais	Média máxima < valor extremo máximo anual	Média máxima > valor extremo máximo anual	Média mínima < valor extremo mínimo anual	Média mínima > valor extremo mínimo anual	Valor do Fator Hidrológico	Detalhamento do Fator Hidrológico	Classificação do Ano Hidrológico
Valor Máximo	1	-	-	-	1+1 =2	2	Ano Excedente
Valor Mínimo	-	-	1	-			
Valor Máximo	1	-	-	-	1+0=1	1+0,5=1,5	Ano Normal Excedente
Valor Mínimo	-	-	-	0			
Valor Máximo	-	0	-	-	0+1=1	1-0,5=0,5	Ano Normal Deficitário
Valor Mínimo	-	-	1	-			
Valor Máximo	-	0	-	-	0+0=0	0	Ano Deficitário
Valor Mínimo	-	-	-	0			

Fonte: Gonçalves (2023)

DISCUSSÕES E RESULTADOS

As análises demonstram uma patente distinção no que diz respeito a disponibilidade hídrica entre os dois biomas analisados. Os rios pertencentes ao bioma Caatinga (Quadro 02) apresentaram, de forma geral, maior proporção de anos deficitários e normal deficitários, com destaque para o Rio Jacuípe, que apresentou 70,8% do período analisado com anos deficitários e um IDFH de apenas 0,26, o mais baixo da amostra. O Rio Salitre também apresentou alta frequência de anos deficitários (58%) e baixo IDFH (0,41). De modo geral, os cinco rios da Caatinga analisados (Jacuípe, Paramirim, Salitre, do Peixe e Verde) apresentaram valores de IDFH inferiores a 0,45, reforçando o predomínio de garantias hídricas mais desfavoráveis. O baixo percentual de anos excedentes (variando de 2,1% a 8,6%) e normal excedentes (de 7% a 29,9%) evidencia o regime de escassez hídrica crônica dessas bacias.

Quadro 02: DFH e IDFH em rios da Caatinga, no Estado da Bahia.

			Bioma (s)			Detalhamento do Fator Hidrológico (%)				Índice do DFH
Rio	Intervalo	Período (> 30 anos	Bioma da Nascente	Bioma da Estação	Bioma da Foz	Deficitário (%)	Normal Deficitário (%)	Normal Excedente (%)	Excedente (%)	Normal excedente +Excedente / Deficitário + Normal deficitário
Rio Jacuípe	1973-2020	48	Caatinga	Caatinga	Caatinga	70,8%	8,3%	18,8%	2,1%	0,26
Rio Paramirim	1977-2019	43	Caatinga	Caatinga	Caatinga	39,5%	34,9%	7,0%	18,6%	0,34
Rio Salitre	1985-2022	38	Caatinga	Caatinga	Caatinga	58%	13%	21%	8%	0,41
Rio do Peixe	1985-2018	34	Caatinga	Caatinga	Caatinga	67,6%	2,9%	29,4%	0,0%	0,42
Rio Verde	1978-2021	44	Caatinga	Caatinga	Caatinga	56,8%	13,6%	13,6%	15,9%	0,42
Rio Santo Antônio	1936-2018	83	Caatinga	Caatinga	Caatinga	41,0%	19,3%	14,5%	25,3%	0,66

Fonte: elaboração dos autores.

Por outro lado, os rios da Mata Atlântica (Quadro 03), revelaram uma condição de garantia hídrica mais favorável. O Rio Bruranhém, por exemplo, teve apenas 28,9% dos anos classificados como deficitários, contra 46,7% de anos em condições excedentes ou normal excedentes, resultando no mais alto IDFH observado (0,88). Outros rios como o Rio Cachoeira (IDFH = 0,85), Rio Una (0,80) e Rio Jucuruçu – Braço Norte (0,79) seguiram o mesmo padrão, com destaque para mais altos percentuais de anos normais excedentes (superiores a 25%) e excedentes (acima de 17%). Esses dados sugerem maior equilíbrio hidrológico ao longo dos anos, possivelmente associado à maior cobertura vegetal remanescente, menor variabilidade pluviométrica e maior capacidade de recarga hídrica desses sistemas.

Quadro 03: DFH e IDFH em rios da Caatinga, no Estado da Bahia.

			Bioma (s)			Detalhamento do Fator Hidrológico (%)				Índice do DFH
Rio	Intervalo	Período (> 30 anos	Bioma da Nascente	Bioma da Estação	Bioma da Foz	Deficitário (%)	Normal Deficitário (%)	Normal Excedente (%)	Excedente (%)	Normal excedente +Excedente / Deficitário + Normal deficitário
Rio Jaguaripe	1945 - 2013	69	Mata Atlântica	Mata Atlântica	Mata Atlântica	37,7%	28,0%	26,1%	11,6%	0,57
Rio Preto	1953 - 2018	66	Mata Atlântica	Mata Atlântica	Mata Atlântica	44,0%	18,0%	14,0%	24,0%	0,61
Rio Salgado	1970 - 2018	49	Mata Atlântica	Mata Atlântica	Mata Atlântica	40,8%	18,4%	24,5%	16,3%	0,69
Rio Colônia	1970 - 2020	51	Mata Atlântica	Mata Atlântica	Mata Atlântica	43%	16%	24%	18%	0,70
Rio Jucuruçu - Braço	1974 - 2022	50	Mata Atlântica	Mata Atlântica	Mata Atlântica	34%	22%	18%	26%	0,79
Rio Una	1945 - 2023	79	Mata Atlântica	Mata Atlântica	Mata Atlântica	30%	25%	27%	18%	0,80
Rio Cachoeira	1966 - 2019	54	Mata Atlântica	Mata Atlântica	Mata Atlântica	41,0%	13,0%	28,0%	18,0%	0,85
Rio Bruranhém	1971 - 2020	45	Mata Atlântica	Mata Atlântica	Mata Atlântica	28,9%	24,4%	17,8%	28,9%	0,88

Fonte: elaboração dos autores.

É importante destacar que mesmo dentro da Mata Atlântica existem variações. O Rio Jaguaripe, por exemplo, apresentou um IDFH mais baixo para o padrão observado na Mata Atlântica (0,57), com 37,7% dos anos deficitários e 37,7% de anos normais a excedentes. Esse comportamento pode refletir pressões antrópicas, mudanças no uso e cobertura da terra ou particularidades fisiográficas da bacia. O Rio Santo Antônio, por sua vez, embora classificado sob o bioma Caatinga, apresentou um IDFH mais alto para o padrão observado na Caatinga (0,61), destoando dos demais rios do mesmo bioma. O que certamente tem relação com as condições ecológicas, pertinente a sua posição geográfica, na Chapada Diamantina, com grande influência da altitude na definição do clima local e consequentemente favorecendo um comportamento hidrológico mais estável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise entre os rios situados nos biomas Caatinga e Mata Atlântica revela contrastes marcantes em relação à garantia hídrica. Os rios da Caatinga apresentaram IDFH menores, acompanhados de elevada frequência de anos deficitários, o que indica baixa regularidade hidrológica e, consequentemente, risco elevado de não atendimento das demandas hídricas em períodos críticos. Essa condição fragiliza tanto o abastecimento humano e o uso agrícola quanto a manutenção dos fluxos ecológicos mínimos necessários à conservação dos ecossistemas aquáticos.

Em contrapartida, os rios localizados na Mata Atlântica apresentaram melhores indicadores de garantia hídrica quando também consideramos o DFH e o IDFH, com maior proporção de anos classificados como normal excedente e excedente. Esse padrão sugere maior resiliência hidrológica, contribuindo para uma garantia hídrica mais robusta, com menor risco frente a eventos extremos, especialmente secas. Essa condição é favorável não apenas à segurança hídrica da população, mas também à integridade ecológica dos corpos d'água e serviços ecossistêmicos associados.

Dessa forma, os resultados reforçam que a garantia hídrica está profundamente influenciada pelas condições ambientais e ecológicas locais e regionais a que estão submetidos os recursos hídricos analisados. No contexto da gestão dos recursos hídricos, os rios da Caatinga demandam maior atenção, planejamento e ações estruturais e conservacionistas, com vistas à adaptação ao clima semiárido e à redução dos riscos associados à variabilidade hidrológica. Já os rios da Mata Atlântica, apesar de apresentarem melhores índices, também exigem monitoramento constante, especialmente diante das pressões antrópicas que ameaçam sua estabilidade hídrica a longo prazo.

REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília-DF: ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2013.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Hidroweb - Séries Históricas**. , 2025. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 2 abr. 2025

BRANDÃO DE MÉLO, A.; GOMES FERREIRA, J.; JOSÉ LEITÃO BARROSO ROXO, M. **Escassez hídrica, uma questão que envolve várias dimensões**. Anais do 60º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural

(SOBER). **Anais**... Em: 60º CONGRESSO DA SOBER. Natal, Rio Grande do Norte: Even3, 2022. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/sober2022/483993>. Acesso em: 25 abr. 2024

BRUNI, J. C. A água e a vida. **Tempo Social**, v. 5, n. 1–2, p. 53–65, dez. 1993.

DINIZ, J. A. O. et al. **Crise Hídrica no Brasil: o Uso das Águas Subterrâneas como Reforço no Abastecimento Público**. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil -, 2021.

GONÇALVES, M. J. DE. S. **Avaliação Quantitativa das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu no Estado da Bahia – Brasil**. Tese de doutorado— Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2014.

GONÇALVES, M. J. DE. S. Distinção entre sub-bacias hidrográficas dos rios Carinhanha, Preto e Sapão, localizadas no Sistema Aquífero do Urucuia-SAU, a partir do tempo de retardo médio. **Revista Mercator**, 2019.

GONÇALVES, M. J. DE. S. Detalhamento do Fator Hidrológico: um novo parâmetro para se avaliar anos hidrológicos excedentes, anos hidrológicos normais excedentes, anos hidrológicos normais deficitários e anos hidrológicos deficitários, além dos impactos nas vazões à jusante de barramentos. **Cadernos de Geociências**, Águas, Soberania Alimentar e Justiça espacial no Brasil. v. 18, n. 2023e–231816, a 2023.

GONÇALVES, M. J. DE. S.; MARQUES, E. C. DE L. **Estudo hidrológico da sub-bacia hidrográfica do Rio São Lourenço, Mato Grosso, Brasil**. [s.l.] Geoativa Consultoria geológica e Ambiental Ltda, jun. 2024.

HE, C. et al. Future global urban water scarcity and potential solutions. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 4667, 3 ago. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geociências Downloads**. , 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 1 abr. 2025

LIMA, J. E. F. W. **Recursos Hídricos no Brasil e no Mundo.** [s.l.] Embrapa Cerrados, 2001.

LIU, J. et al. Water scarcity assessments in the past, present, and future. **Earth's Future**, v. 5, n. 6, p. 545–559, jun. 2017.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Science Advances**, v. 2, n. 2, p. e1500323, 5 fev. 2016.