



CADERNOS DE GEOCIÊNCIAS DA UFBA

VOLUME 22, ESPECIAL, 2026

ISSN 2238-4960



Cadernos de Geociências da UFBA
ISSN 2238-4960
Vol. 22, EXTRA, 2026

III Seminário “Águas, Soberania Alimentar e Justiça Espacial no Brasil: Emergências Climáticas”.

10 a 11 de abr



Espaço Milton Santos do Instituto de Geociências da UFBA

Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves

Organização da publicação



Cadernos de Geociências da UFBA
ISSN 2238-4960
Vol. 22, EXTRA, 2026

HOMENAGEM DA REVISTA CADERNOS DE GEOCIÊNCIAS DA UFBA AO PROFESSOR DOUTOR ANTÔNIO PUENTES TORRES

Revisor *ad hoc* e grande incentivador, sempre
presente, para existência desta revista científica



Nascido em Cuba, Torres fez sua graduação em Engenharia Florestal em seu país natal, na Univeridad de Pinar Del Rio (1986). Fez doutorado em Hidrologia Florestal pela Universidad de Córdoba (2000), Espanha, ingressando na UFBA em 2001, pouco tempo depois da defesa de sua tese. Com as águas no centro de seu interesse acadêmico, ele era atualmente professor Associado IV no Departamento de Geografia do IGEO, e acumulava forte experiência na área de Hidrologia, Bacias Hidrográficas, Recursos Florestais e Engenharia Florestal. Temas que o levaram a coordenar o Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente (2006-2009) e o laboratório de Geoprocessamento do Instituto de Geociências da UFBA. Foi coordenador do programa de Pós-graduação em Geografia da UFBA entre 2011 e 2016. Era também membro permanente do Conselho Estadual de Recursos Hídricos da Bahia (CONERH). Nascido em Cuba, Torres fez sua graduação em Engenharia Florestal em seu país natal, na Univeridad de Pinar Del Rio (1986). Fez doutorado em Hidrologia Florestal pela Universidad de Córdoba (2000), Espanha, ingressando na UFBA em 2001, pouco tempo depois da defesa de sua tese. Com

Cadernos de Geociências da UFBA
Vol.22 Extra,2026

DOI:10.9771/geocad.v20i0.v22i0.72503

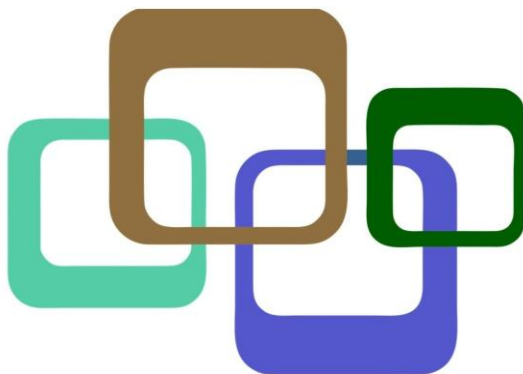
www.cadernosdegeociencias.igeo.ufba.br

ISSN 2238-4960



Cadernos de Geociências da UFBA
ISSN 2238-4960
Vol. 22, EXTRA, 2026

as águas no centro de seu interesse acadêmico, ele era atualmente professor Associado IV no Departamento de Geografia do IGEO, e acumulava forte experiência na área de Hidrologia, Bacias Hidrográficas, Recursos Florestais e Engenharia Florestal. Temas que o levaram a coordenar o Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente (2006-2009) e o laboratório de Geoprocessamento do Instituto de Geociências da UFBA. Foi coordenador do programa de Pós-graduação em Geografia da UFBA entre 2011 e 2016. Era também membro permanente do Conselho Estadual de Recursos Hídricos da Bahia (CONERH).



SUMÁRIO

ANÁLISE DO FATOR HIDROLÓGICO E DO DETALHAMENTO DO FATOR HIDROLÓGICO NA SUB-BACIA DO RIO CARINHANHA- BA/MG	9
ANALYSIS OF THE HYDROLOGICAL FACTOR AND THE DETAILING OF THE HYDROLOGICAL FACTOR IN THE CARINHANHA RIVER SUB-BASIN - BA/MG	9
Lorrana Vitória Oliveira dos Santos	9
E-mail: lorrnavos2003@gmail.com	9
PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves.....	9
E-mail: mariotaboca@gmail.com	9
Dr. Antonio Puentes Torres (<i>in memoriam</i>)	9
E-mail: puentes@ufba.com	9
AVALIAÇÃO DO FATOR HIDROLÓGICO E DO DETALHAMENTO DO FATOR HIDROLÓGICO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SALITRE-BA.	19
EVALUATION OF THE HYDROLOGICAL FACTOR AND THE DETAILING OF THE HYDROLOGICAL FACTOR IN THE SALITRE RIVER HYDROGRAPHIC SUB-BASIN-BA.....	19
Caio Roberto de Santa Isabel Celestino.....	19
caiorobertosizabel@gmail.com.....	19
PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves.....	19
mariotaboca@gmail.com	19
Dr. Antonio Puentes Torres (<i>in memoriam</i>)	19
puentes@ufba.com	19
REFERÊNCIAS	27
CLASSIFICAÇÃO DO FLUXO DAS VAZÕES NA SUB-BACIA DO RIO SANTO ANTÔNIO-BA	29
CLASSIFICATION OF FLOW RATES IN THE SANTO ANTÔNIO RIVER SUB-BASIN-BA ...	29
Anne Danielle Duarte de Oliveira	29
E-mail: daniduarteribas2013@gmail.com.....	29
PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves.....	29
E-mail: mariotaboca@gmail.com	29
Dr. Antonio Puentes Torres (<i>in memoriam</i>)	29
E-mail: puentes@ufba.com	29
GARANTIA DE VAZÃO, CURVA DE PERMANÊNCIA, FIRMEZA DA GARANTIA HÍDRICA E OS CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA NA SUB-BACIA DO RIO SANTO ANTÔNIO-BA	38

FLOW GUARANTEE, DURATION CURVE, RELIABILITY OF SUPPLY GUARANTEE, AND CONFLICTS OVER WATER USE IN THE SANTO ANTÔNIO RIVER SUB-BASIN, BA	38
Anne Danielle Duarte de Oliveira	38
E-mail: daniduarteribas2013@gmail.com.....	38
PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves.....	38
E-mail: mariotaboca@gmail.com	38
Dr. Antonio Puentes Torres (<i>in memoriam</i>)	38
E-mail: puentes@ufba.com	38
Bruna Pereira dos Santos Tolentino	38
E-mail: bruna.tolentino@yahoo.com.br	38
CARACTERIZAÇÃO DE AQUÍFERO POR MODELAGEM GEOFÍSICA INVERSA COM DADOS ELÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS.....	52
AQUIFER CHARACTERIZATION BY GEOPHYSICAL INVERSION USING ELECTRICAL AND GRAVIMETRIC DATA	52
Annie Gabrielle de Oliveira Silva	52
E-mail: annie.gabrielle.silva@gmail.com	52
Alanna Costa Dutra.....	52
E-mail: alannacd@ufba.br.....	52
Wilson Mouzer Figueiró	52
E-mail: figueiro6@gmail.com	52
1-INTRODUÇÃO	53
A compreensão dos aquíferos é fundamental para a gestão sustentável dos recursos hídricos, especialmente em regiões onde a disponibilidade de água subterrânea é crítica para o abastecimento humano, agrícola e industrial. A geofísica atua como uma ferramenta investigativa que, por meio dos seus métodos indiretos, detecta e delinea características locais de interesse potencial que não poderiam ser descobertas sem uma grande quantidade de onerosas perfurações.	53
2- MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	54
2-1 Método eletrorresistivo	54
2-2 Método gravimétrico.....	56
2-3 Problemas Inversos	57
2-4 Inversão conjunta, lei de Archie, modelo geológico e dados sintéticos.....	59
<i>Lei de Archie</i>	60
<i>Modelo geológico</i>	60
<i>Dados sintéticos</i>	61
3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
O modelo geológico pode ser descrito com o modelo de propriedades físicas apresentados na Figura 11 e pode-se observar as diferentes parametrizações dadas para	

cada um dos métodos geofísicos. O modelo gravimétrico é ilustrado pelo colormap com uma barra de cores e o modelo elétrico é subdividido em camadas, sendo estas representadas por linhas horizontais com os valores de resistividades apresentados em seu centro.....	63
4 - CONCLUSÕES	66
AGRADECIMENTOS	67
REFERÊNCIAS	67
CLASSIFICAÇÃO DOS ANOS HIDROLÓGICOS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE (BA)	69
CLASSIFICATION OF HYDROLOGICAL YEARS IN THE RIO GRANDE HYDROGRAPHIC SUB-BASIN (BA)	69
Bruna Pereira dos Santos Tolentino	69
bruna.tolentino@yahoo.com.br	69
Anne Danielle Duarte de Oliveira	69
daniduarteribas2013@gmail.com	69
PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves.....	69
mariotaboca@gmail.com	69
Dr. Marco Antonio Tomasoni	69
tomasoni@ufba.br	69
CLASSIFICAÇÃO DAS AMPLITUDES DE CHEIAS E SECAS HIDROLÓGICAS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO LOURENÇO – MT.	80
CLASSIFICATION OF HYDROLOGICAL FLOOD AND DROUGHT AMPLITUDES IN THE SÃO LOURENÇO RIVER SUB-BASIN – MT.	80
PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves.....	80
Email: mariotaboca@gmail.com	80
Esp. Edna Cristina de Lucena Marques.....	80
Email: ednaclmarques@gmail.com	80
The São Lourenço River sub-basin (SBHRSL) is located in the states of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul. The SBHRSL has an approximate area of 24,000 km ² , with altitudes decreasing from about 800 m at the watersheds to around 200 m at the exit to the Pantanal. This work aims to classify the magnitude of floods and droughts at the river gauging station named: São José do Boriréu, code 66470000, before and after the start of operations of the São Lourenço small hydroelectric power plant (PCH) in 2009. For this, tools from the Experimental Advanced Hydrology (HAE) methodology were used: Flood and Drought Magnitude, to assess whether there were changes in the flow dynamics in the São Lourenço River sub-basin. The results obtained reveal that there was a significant reduction in floods and an increase in hydrological droughts in the SBHRSL after the operation of the São Lourenço dam began.....	80
Keywords: Advanced experimental hydrology (EAH); Barrage; Pantanal.	80
1. INTRODUÇÃO	81

4 CONCLUSÕES	89
REFERÊNCIAS	90
ANÁLISE DO FATOR HIDROLÓGICO E O DETALHAMENTO DO FATOR HIDROLÓGICO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO LOURENÇO – MT.....	91
ANALYSIS OF THE HYDROLOGICAL FACTOR AND THE DETAILING OF THE HYDROLOGICAL FACTOR IN THE SUB-BASIN OF THE SÃO LOURENÇO RIVER – MT... 91	
PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves.....	91
Email: mariotaboca@gmail.com	91
Esp. Edna Cristina de Lucena Marques.....	91
Email: ednaclmarques@gmail.com	91
Keywords: Advanced experimental hydrology (EAH); Barrage; Pantanal.	91
1. INTRODUÇÃO	92
5. CONCLUSÕES	100
REFERÊNCIAS	101
A DENSIDADE DE DRENAGEM COMO CENTRALIDADE NAS ANÁLISES AMBIENTAIS: UM ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA – BA.	102
DRAINAGE DENSITY AS A CENTRALITY IN ENVIRONMENTAL ANALYSES: A STUDY OF THE CACHOEIRA RIVER BASIN – BA.	102
Dr. Emilson Batista da Silva	102
E-mail: emilson13@yahoo.com.br.....	102
Dr. Nilton de Oliveira	102
E-mail: niltonde@gmail.com.....	102
PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves.....	102
E-mail: mariotaboca@gmail.com.....	102
Dr. Antonio Puentes Torres (in memoriam)	102
E-mail: puentes@ufba.com.....	102
1. INTRODUÇÃO	103
2. OBJETIVO	109
CARACTERIZAÇÃO DA VAZÃO HIDROLÓGICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA – BA, DE 1966 A 2019.	116
CHARACTERIZATION OF HYDROLOGICAL FLOW IN THE CACHOEIRA RIVER BASIN – BA, FROM 1966 TO 2019.	116
Dr. Emilson Batista da Silva	116
E-mail: emilson13@yahoo.com.br.....	116
Dr. Nilton de Oliveira	116
E-mail: niltonde@gmail.com.....	116
PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves.....	116

E-mail: mariotaboca@gmail.com.....	116
Dr. Antonio Puentes Torres (<i>in memoriam</i>)	116
E-mail: puentes@ufba.com.....	116
1. INTRODUÇÃO	117
2. MATERIAIS E MÉTODOS	120
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	121
4. CONCLUSÕES.....	123
AS COMUNIDADES QUILOMBOLAS DE NORDESTINA-BA: A MINERAÇÃO, O USO DA ÁGUA E OS CONFLITOS.....	127
QUILOMBO COMMUNITIES OF NORDESTINA-BA: MINING, WATER USE AND CONFLICTS	127
Analice Passos Costa Gramacho	127
E-mail: analice_pcn@yahoo.com.br.....	127
Ana Cláudia do Carmo Cedraz	127
E-mail: claudiacedraz2009@hotmail.com.....	127
Noeli Pertile	127
E-mail: noeli.pertile@yahoo.com.br	127
1. INTRODUÇÃO	128
2. MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	129
Neste estudo foram feitas reuniões de aproximação ao tema e ao trabalho de Doutorado, com leitura de referencial teórico e pesquisa bibliográfica. Seguiu-se a isso, a transcrição, sistematização em tabelas e análise de conteúdo das trinta e cinco entrevistas orais realizadas em pesquisa de campo. Um total de 35 pessoas foram entrevistadas das Comunidades Quilombolas do Território do Sisal, sendo 11 de Retirolândia (Comunidade Jitai), 8 de Conceição do Coité (Comunidade Maracujá), 6 de São Domingos (Comunidade Vila África) e 10 de Nordestina (Comunidades de Lagoa dos Bois, Fazenda Poças e Lagoa de Salinas). Para este trabalho, foram analisadas especificamente as entrevistas realizadas nas três comunidades do município de Nordestina, recorte que se mostrou mais adequado aos objetivos da pesquisa.	129
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	129
4. CONCLUSÕES.....	134
AGRADECIMENTOS	134
REFERÊNCIAS	135
GARANTIA HÍDRICA: ESTUDO DE CASO NOS BIOMAS CERRADO E CAATINGA.....	137
WATER SECURITY: A CASE STUDY IN THE CERRADO AND CAATINGA BIOMES.....	137
MsC. José Jackson de Souza Andrade.....	137
E-mail: jacksonamargosa@gmail.com.....	137
PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves.....	137

E-mail: mariotaboca@gmail.com	137
Dr. Antonio Puentes Torres (<i>in memoriam</i>)	137
E-mail: puentes@ufba.br.	137
2. MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	141
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	142
4. CONCLUSÕES.....	152
REFERÊNCIAS	152
INVESTIGAÇÃO GEOFÍSICA PARA IDENTIFICAÇÃO DO COMPORTAMENTO DA SATURAÇÃO DE NÍVEIS SUBTERRÂNEOS E POSSÍVEL LOCAÇÃO DE POÇO NO MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO DOS CAMPOS – BA	155
GEOPHYSICAL INVESTIGATION FOR IDENTIFICATION OF GROUNDWATER SATURATION BEHAVIOR AND POSSIBLE WELL SITING IN SÃO GONÇALO DOS CAMPOS, BAHIA, BRAZIL	155
Suzan Sousa de Vasconcelos	155
suzan.vasconcelos@ufba.br.....	155
Leonardo Martins Santana	155
Leomartins2203@outlook.com.....	155
Joelson da Conceição Batista.....	155
jdbatista@ufba.br.....	155
PRÁTICAS FORMATIVAS DA EDUCAÇÃO DO CAMPO: DIÁLOGOS ENTRE SABERES TRADICIONAIS, AGROECOLOGIA E ESTUDOS DA LINGUAGEM E DO DISCURSO.....	168
TRAINING PRACTICES IN RURAL EDUCATION: DIALOGUES BETWEEN TRADITIONAL KNOWLEDGE, AGROECOLOGY AND STUDIES OF LANGUAGE AND DISCOURSE	168
Rozilene Pereira da Silva.....	168
E-mail: rozilene.pereira@ufvjm.edu.br	168
Anielli Fabiula Gavioli Lemes	168
E-mail: anielli.lemes@ufvjm.edu.br	168
Juliana Nogueira Pontes Nobre	168
E-mail: juliananobre@ufba.br	168
José Cláudio Luiz Nobre	168
E-mail: jose.nobre@ufvjm.edu.br	168
1 INTRODUÇÃO	169
2 BREVE APANHADO TEÓRICO-FILOSÓFICO	170
2.1. Encontro de saberes: uma perspectiva intercultural.....	170
2.2 Educação agroecologica: ciência do movimento de lutas e conquistas	172
2.3 A Interface entre Linguagem, Discurso e os Saberes do Campo	173

2.4 A Formação de educadores do campo e o compromisso com a autonomia popular	175
2.5 A Produção de materiais didático-pedagógicos e a valorização dos saberes tradicionais	176
3 MATERIAIS, MÉTODOS, TÉCNICAS E RESULTADOS	177
3.1 Resultados da Análise	178
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	179
ANEXOS	181
ANÁLISE DA DINÂMICA DE ESTABILIDADE DO RIO PARDO-BA, NA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA MASCOTE (53950000)	184
ANALYSIS OF THE STABILITY DYNAMICS OF THE PARDO-BA RIVER AT THE MASCOTE FLUVIOMETRIC STATION (53950000).....	184
Larissa da Silva Santana	184
E-mail: arissa.stgeo@gmail.com.....	184
PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves	184
E-mail:mariotaboca@gmail.com.....	184
Gilca Garcia de Oliveira	184
E-mail:gilca.oliveira@gmail.com	184
2. MATERIAIS E MÉTODOS	186
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	186
4. CONCLUSÕES	191
AGRADECIMENTOS	191
REFERÊNCIAS	191
ANÁLISE DA GARANTIA DE VAZÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO REAL (BAHIA/SERGIPE) COM USO METODOLOGIA HIDROLOGIA AVANÇADA EXPERIMENTAL	193
ANALYSIS OF THE WATER FLOW GUARANTEE IN THE REAL RIVER BASIN (BAHIA/SERGIPE) WITH THE USE OF ADVANCED EXPERIMENTAL METHODOLOGY	193
Pedro Inocêncio Santos de Oliveira Lima	193
E-mail: pedrosato222@outlook.com	193
PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves.....	193
E-mail: mariotaboca@gmail.com	193
Dr. Antonio Puentes Torres (<i>in memoriam</i>)	193
E-mail: puentes@ufba.com	193
1. INTRODUÇÃO	194
2. MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	195
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	198

4. CONCLUSÕES	203
AGRADECIMENTOS	204
REFERÊNCIAS	204



ANÁLISE DO FATOR HIDROLÓGICO E DO DETALHAMENTO DO FATOR HIDROLÓGICO NA SUB- BACIA DO RIO CARINHANHA- BA/MG

ANALYSIS OF THE HYDROLOGICAL FACTOR AND THE DETAILING OF
THE HYDROLOGICAL FACTOR IN THE CARINHANHA RIVER SUB-
BASIN- BA/MG

Lorrana Vitória Oliveira dos Santos

E-mail: lorrnavos2003@gmail.com

PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves

E-mail: mariotaboca@gmail.com

Dr. Antonio Puentes Torres (*in memoriam*)

E-mail: puentes@ufba.com

RESUMO

A sub-bacia do rio Carinhanha está situada entre os estados de Minas Gerais e Bahia. Localiza-se entre os paralelos -13°50'S e -15°30' S e os meridianos -43°40'O e -46°10'O ,sendo afluente de margem esquerda do rio São Francisco. O objetivo deste trabalho é a classificação dos anos hidrológicos a partir da metodologia Hidrologia Avançada Experimental (HAE): Fator Hidrológico (FH) e Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH).A metodologia permite classificar os anos hidrológicos em excedente (valor = 2), normal (valor = 1) e deficitário (valor = 0), pelo Fator Hidrológico (FH) e em excedente (valor = 2), normal excedente (valor = 1,5), normal deficitário (valor = 0,5) e deficitário (valor = 0), pelo Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH). A análise dos anos hidrológicos mostrou, a partir do FH, que o rio Carinhanha tem 37,5% excedente, 37,5 deficitário e 25% normal. Pelo DFH temos 37,5% excedente, 37,5 deficitário, 20% normal deficitário e 5% normal excedente.

PALAVRAS-CHAVES: Rio Carinhanha, Fator Hidrológico, Detalhamento do Fator Hidrológico, Hidrologia aplicada experimental (HAE).

ABSTRACT

The Carinhanha River sub-basin is located between the states of Minas Gerais and Bahia. It lies between parallels 13°50'S and 15°30'S and meridians 43°40'W and 46°10'W, being a left-bank tributary of the São Francisco River. The objective of this study is the classification of hydrological years based on the Experimental Advanced Hydrology (HAE) methodology: Hydrological Factor (HF) and Hydrological Factor Detailing (HFD). This methodology allows the classification of hydrological years as surplus (value = 2), normal (value = 1), and deficit (value = 0), according to the Hydrological Factor (HF), and as surplus (value = 2), surplus-normal (value = 1.5), deficit-normal (value = 0.5), and deficit (value = 0), according to the Hydrological Factor Detailing (HFD). The analysis of hydrological years showed, based on HF, that the Carinhanha River has 37.5% surplus, 37.5% deficit, and 25% normal years. Based on HFD, we found 37.5% surplus, 37.5% deficit, 20% deficit-normal, and 5% surplus-normal years.

KEYWORDS: Carinhanha River, Hydrological Factor, Detailing of the Hydrological Factor, Experimental Applied Hydrology (HAE).

1- INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica pode ser definida como um sistema natural composto por uma rede de drenagem onde a água precipitada é coletada, armazenada e escoada em direção a um corpo hídrico principal, como um rio, lago ou oceano (TUCCI, 2001). Esse sistema é delimitado pelos divisores de água, que separam diferentes bacias e influenciam os padrões de escoamento superficial e subterrâneo. Segundo Christofolletti (1980), a bacia hidrográfica deve ser entendida como uma unidade de análise geográfica e hidrológica, onde ocorrem interações entre os elementos físicos, químicos e biológicos, sendo fundamental para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos.

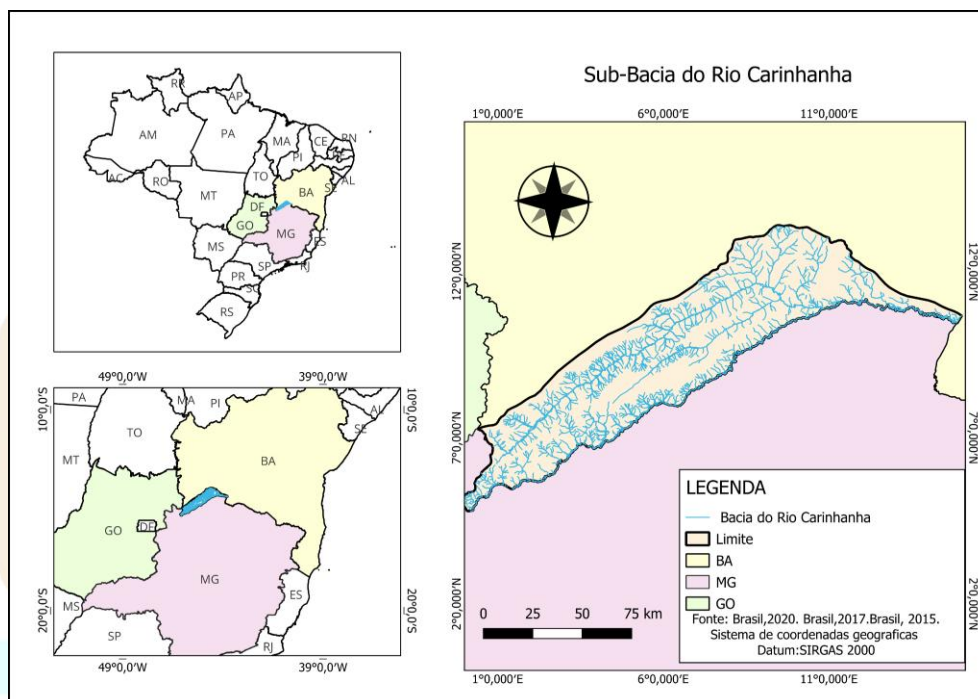


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Carinhanha, BA-MG.
 Fonte: Brasil, 2020. Brasil, 2017. Brasil, 2016. Produção dos autores, 2025.

A Sub-bacia hidrográfica do rio Carinhanha é um dos maiores afluentes do rio São Francisco desaguando na sua margem esquerda, o Carinhanha localiza-se na divisa entre os estados de Minas Gerais e Bahia entre os paralelos $-13^{\circ}50'$ e $-15^{\circ}30'$ de latitude Sul e os meridianos $-43^{\circ}40'$ e $-46^{\circ}10'$ de longitude Oeste de Greenwich", na mesorregião baiana do Extremo Oeste Baiano e nas mesorregiões mineiras do Norte de Minas e do Oeste de Minas.

A bacia abrange 12 municípios: oito em Minas Gerais (Arinos, Bonito de Minas, Chapada Gaúcha, Cônego Marinho, Formoso, Januária, Juvenília e Montalvânia) e quatro na Bahia (Cocos, Coribe, Feira da Mata e Carinhanha) e possui uma área total é de 17.177,8 km². Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico-ANA (2004). Por conta de sua singular localização suas águas são administrados conjuntamente por três órgãos: a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Instituto de Gestão das Águas do Estado de Minas Gerais (IGAM) e o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia (INEMA).

Este trabalho tem como objetivo a classificação dos anos hidrológicos da Sub-Bacia do Rio Carinhanha no período de 1965 a 2022 (56 anos) na Estação fluviométrica 45260000. A partir da metodologia Hidrologia Avançada Experimental (HAE): Fator Hidrológico (FH) e Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH), visando construir uma análise hídrica dos anos da série histórica de vazão que possa servir como um exame técnico das possíveis consequências das decisões tomadas na sub-bacia.

2-MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

A Hidrologia Avançada Experimental (HAE) é uma metodologia desenvolvida por Mário Jorge de Souza Gonçalves a partir de 2014, com aperfeiçoamentos subsequentes, para avaliar de forma integrada a dinâmica hidrológica de bacias por meio do tratamento de séries históricas de vazão e de variáveis hidrometeorológicas. A aplicação da HAE foi estruturada em quatro etapas principais que podem ser observadas na Figura 2.

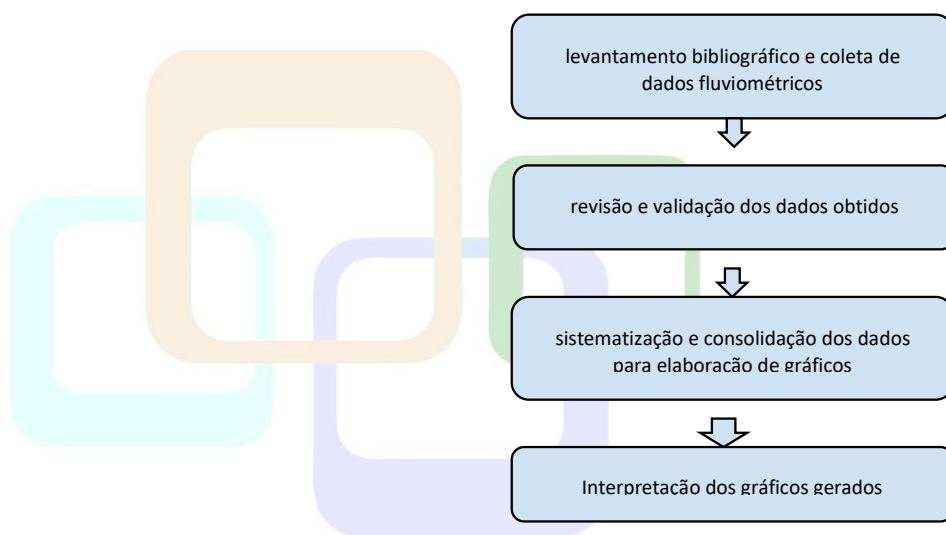


Figura 2 - Fluxograma de desenvolvimento da metodologia.
Fonte: Produção própria dos autores, 2025.

Os dados utilizados foram extraídos da plataforma HidroWeb, mantida pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), referentes à Estação Fluviométrica Juvenil (Código 45260000), abrangendo o período de 1965 a 2022. Após a coleta, os dados de vazão e cota foram organizados em ordem crescente e submetidos a uma etapa de consistência, considerando a possibilidade de lacunas e repetições que poderiam comprometer os resultados. Os ajustes foram realizados no software Excel, utilizando os métodos da média aritmética e da progressão aritmética para o preenchimento de falhas e correção de incoerências.

Com base na metodologia de Gonçalves (2014; 2015; 2021), foram elaborados gráficos e quadros referentes ao Cálculo do Fator Hidrológico (FH) e ao Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH). O objetivo central foi determinar variáveis hidrológicas e avaliar a disponibilidade hídrica, identificando anos hidrológicos deficitários, normais e excedentes.

Segundo Gonçalves (2014), às médias das vazões máximas e mínimas serão consideradas da seguinte forma: para a elaboração dos gráficos do fator hidrológico, atribui-se o valor 1 (um) a cada valor de vazão extrema anual máxima ou mínima que esteja acima da média máxima ou mínima do período analisado, respectivamente, e o valor 0 (zero) aos extremos anuais máximos ou mínimos que se encontrem abaixo das médias máxima ou mínima do período analisado, respectivamente. Assim: a) Fator hidrológico com valor 2 (dois) indica que os extremos anuais máximos e mínimos estão acima das médias máximas e mínimas (ano hidrológico excedente); b) Fator hidrológico com valor 1 (um) corresponde a pelo menos um extremo anual máximo ou mínimo acima das médias (ano hidrológico normal); c) Fator hidrológico com valor 0 (zero) significa que os extremos anuais máximos e mínimos estão abaixo das médias máxima ou mínima (ano hidrológico deficitário). Nos casos em que os extremos anuais máximos ou mínimos sejam iguais às médias máxima ou mínima, respectivamente, considera-se: a) fator hidrológico igual a 1 (um) se a outra medida for $\geq 70\%$ da média anual máxima ou mínima; e 0 (zero) se o outro valor do fator hidrológico for $< 70\%$ da média anual máxima ou mínima. A mediana não foi adotada nos cálculos, por se entender que não representa os cenários mais críticos. O autor ainda recomenda que o período amostral utilizado seja igual ou superior a 30 anos, a fim de garantir resultados consistentes. O resumo do Fator Hidrológico está apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Resumo do Fator Hidrológico (FH).

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	Classificação do Ano Hidrológico
Valor Máximo	1	-	-	-	1+1=2	Ano Excedente
Valor Mínimo	-	-	1	-		
Valor Máximo	1	-	-	-	1+0=1	Ano Normal
Valor Mínimo	-	-	-	0		
Valor Máximo	-	0	-	-	0+1=1	Ano Normal
Valor Mínimo	-	-	1	-		
Valor Máximo	-	0	-	-	0+0=0	Ano Deficitário
Valor Mínimo	-	-	-	0		

Fonte: Gonçalves (2014).

Também foi possível constatar o Detalhamento do Fator Hidrológico a partir das médias das vazões mínimas e médias máximas, utilizando os valores mencionados anteriormente. Mantém-se o valor 2 para os anos hidrológicos excedentes, o valor 0 para os anos hidrológicos deficitários e, no caso dos anos normais, realiza-se um detalhamento, permitindo uma análise mais aprofundada desses anos hidrológicos. O fator hidrológico com valor 1 (um) apresenta pelo menos um valor extremo anual máximo ou mínimo acima das médias. a) No Detalhamento do Fator Hidrológico com valor 1,5 (um e meio), a média mínima é superior ao valor extremo mínimo anual (ano hidrológico normal excedente). b) No Detalhamento do Fator Hidrológico com valor 0,5 (meio), a média mínima é inferior ao valor extremo mínimo anual (ano hidrológico normal deficitário), conforme metodologia proposta por Gonçalves (2015). O resumo do Detalhamento do Fator Hidrológico encontra-se no Quadro 2.

Quadro 2 - Resumo do Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH).

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).

Os gráficos viabilizam a análise sistemática dos anos hidrológicos classificados como normais (normais deficitários e normais excedentes), excedentes e deficitários, a partir da aplicação do Fator Hidrológico e do respectivo Detalhamento, na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Carinhanha, permitindo a identificação de padrões e tendências hidrológicas passíveis de recorrência em séries temporais futuras. O fluxograma da Hidrologia Avançada Experimental (HAE) pode ser observado na Figura 3.

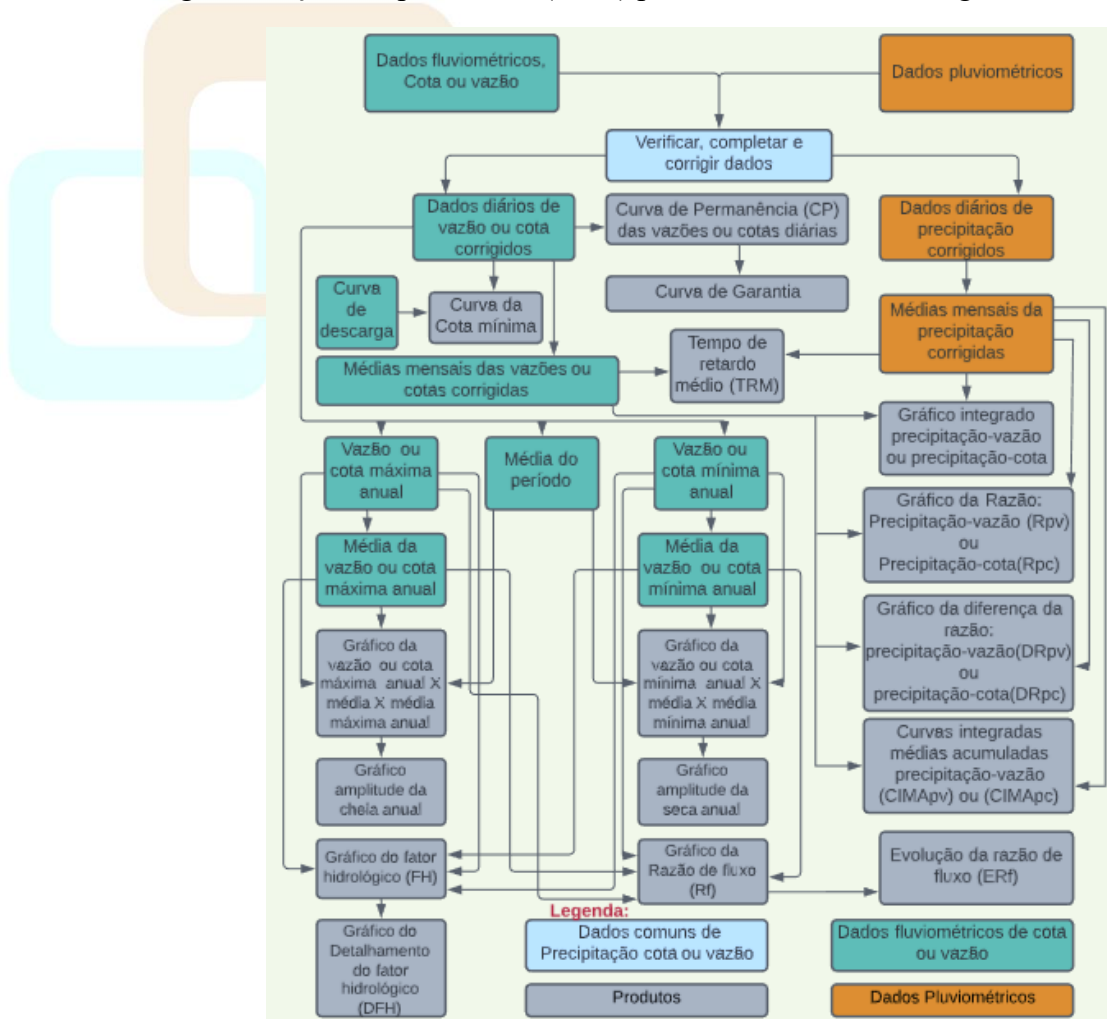


Figura 3 - Fluxograma da metodologia HAE aplicada para desenvolvimento do trabalho.

Fonte: Gonçalves (2020).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Quadro 1 apresenta a classificação dos anos hidrológicos com base no Fator Hidrológico. No intervalo de 1965 a 2022, foram identificados 21 anos hidrológicos excedentes (37,5%), 14 anos hidrológicos normais (25%) e 21 anos hidrológicos deficitários (37,5%), totalizando 56 anos analisados.

Quadro 1 – Classificação dos anos hidrológicos no período de 1965 a 2022, com base no Fator Hidrológico, na sub-bacia hidrográfica do rio Carinhanha, na Estação 45260000.

Anos hidrológicos com o Fator Hidrológico			
	Excedente	Normal	Deficitário
Anos	21	14	21
%	37,5	25	37,5

Fonte: BRASIL (2025). Elaboração própria dos autores, 2025.

A análise da Figura 4, que apresenta o gráfico do Fator Hidrológico, evidencia que a partir de 1993 não existem anos hidrológicos com indicador igual a 2, correspondendo a períodos excedentes. Os anos classificados como normais totalizam 14 ao longo do período estudado, apresentando distribuição contínua de 1975 até 1967 e de 1992 até 1996. A partir de 1997 a Bacia passou a apresentar uma tendência de anos deficitários, com um total de 5 anos normais após o ano de 1997.

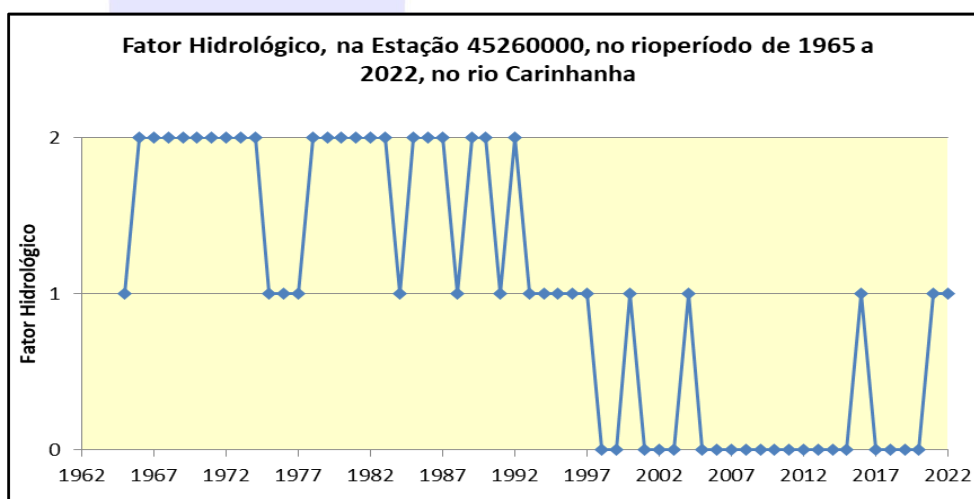


Figura 4 - Fator hidrológico, no período de 1965 a 2022, no Rio Carinhanha, na Estação 45260000.

Fonte: BRASIL (2025). Produção própria dos autores, 2025.

Na Figura 5 observa-se a distribuição percentual dos anos hidrológicos ao longo do período estudado. Os anos hidrológicos classificados como normais

correspondem a 25% (14 anos) do período estudado, os anos deficitários representam 37,5% (21 anos) e os anos excedentes perfazem 37,5% (21 anos).

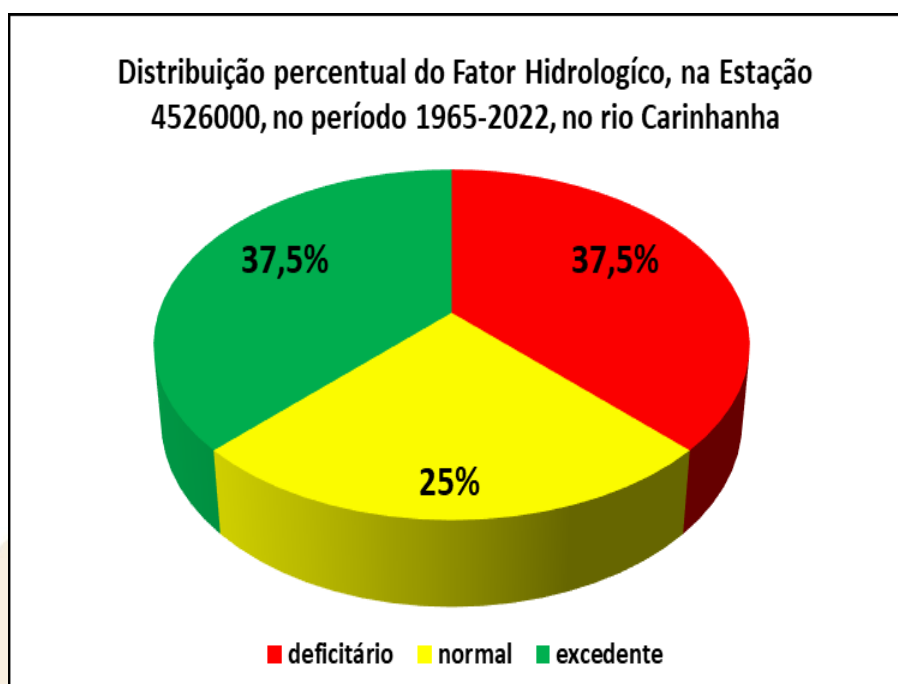


Figura 5 – Distribuição percentual dos anos hidrológicos no período de 1965 a 2022, com base no Fator Hidrológico, na Bacia Hidrográfica do Rio Carinhanha, Estação 45260000.

Fonte: BRASIL (2025). Elaboração própria dos autores, 2025.

O Quadro 2 apresenta a classificação dos anos hidrológicos com base no Detalhamento do Fator Hidrológico. No período de 1965 a 2022, foram identificados 21 anos hidrológicos excedentes (37,5%), 11 anos hidrológicos normais excedentes (20%), 3 anos hidrológicos normais deficitários (5%) e 21 anos hidrológicos deficitários (37,5%), totalizando 56 anos analisados.

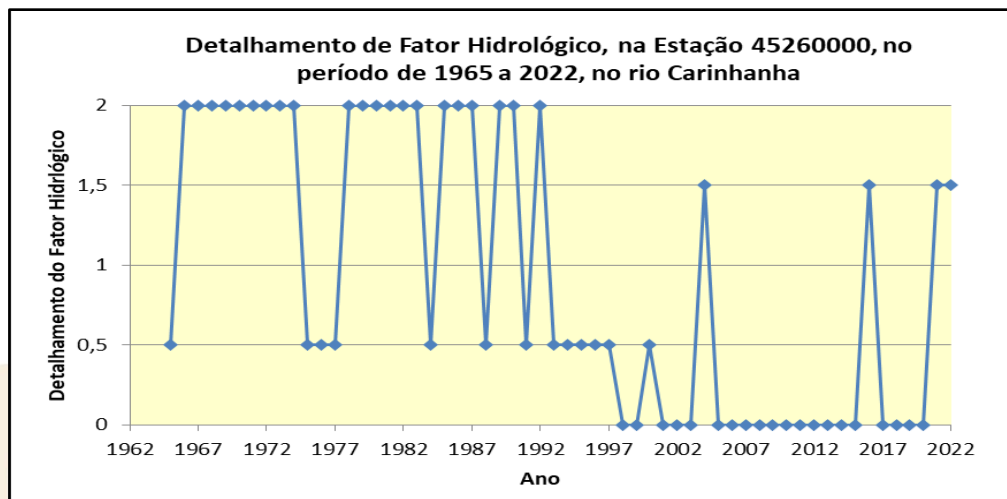
Quadro 2 – Distribuição dos anos hidrológicos no período de 1965 a 2022, com base no Detalhamento do Fator Hidrológico, na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Carinhanha, na Estação 45260000.

Anos Hidrológicos com o Detalhamento do Fator Hidrológico				
	Excedente	Normal Excedente	Normal Deficitário	Deficitário
Anos	21	3	11	21
%	37,5	5	20	37,5

Fonte: BRASIL (2025). Elaboração própria dos autores, 2025.

O Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH), apresentado na Figura 6, consiste em um refinamento da classificação dos anos normais previamente analisados, atribuindo-se o valor 1,5 aos anos normais excedentes e 0,5 aos anos normais deficitários. A análise evidencia que os anos normais excedentes (21) e deficitários (21) apresentam distribuição equivalente ao longo do período estudado. Enquanto os anos normais excedentes totalizam 11 anos hidrológicos e os normais deficitários somam 3 anos.

Figura 6 – Detalhamento do Fator Hidrológico no período de 1965 a 2022, no



rio Carinhanha, Estação 45260000.

Fonte: BRASIL (2025). Elaboração própria dos autores, 2025

Na Figura 7 observa-se a distribuição percentual dos anos hidrológicos ao longo do período de 56 anos (1965 a 2022). Os anos excedentes representam 37,5% (21 anos) e os anos deficitários correspondem a 37,5% (21 anos) os anos hidrológicos normais excedente totalizam 5% (3 anos) e os anos excedentes 20% (11 anos) do período analisado.

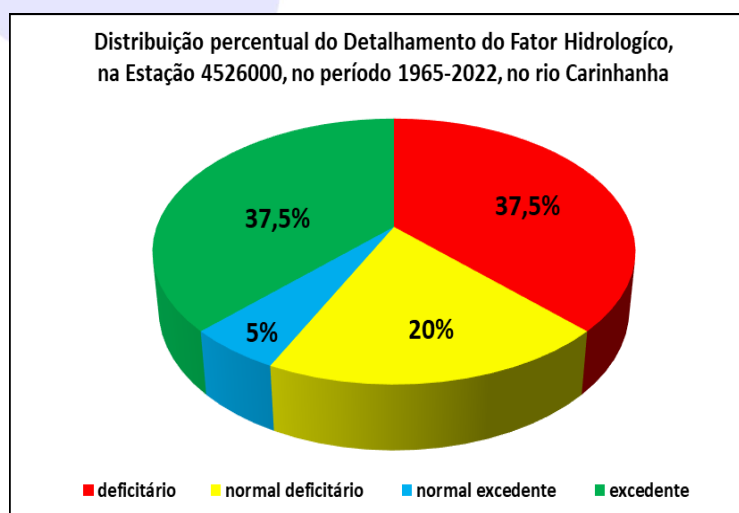


Figura 7 – Distribuição percentual dos anos hidrológicos no período de 1965 a 2022, com base no Detalhamento do Fator Hidrológico, na Bacia Hidrográfica do Rio Carinhanha, Estação 45260000.

Fonte: BRASIL (2025). Elaboração própria dos autores, 2025.

4 - CONCLUSÕES

À luz das informações apresentadas sobre a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Carinhanha e dos dados obtidos por meio da análise dos gráficos, evidencia-se que a classificação dos anos hidrológicos constitui uma ferramenta relevante para a gestão qualificada e precisa dos recursos hídricos, ao revelar tendências de evolução das vazões na bacia. Pode-se concluir que a partir do fator hidrológico que até 1992 existem períodos prolongados de anos excedentes e desde 1993 não existem mais anos excedentes no Rio Carinhanha e os anos passam a se dividir entre normal e deficitário. O Detalhamento do Fator Hidrológico evidencia de forma mais clara que dos 56 anos hidrológicos estudados 42 desses anos hidrológicos se distribuíram equilibradamente entre excedente e deficitário enquanto os anos normais totalizam 14 sendo estes 11 normais deficitários e 3 normal excedente. Analisando os anos normais em mais detalhe no DFH podemos notar que mesmo não havendo mais anos excedentes a partir de 1993, a bacia parece estar em processo de redução de suas vazões, com a redução dos anos hidrológicos excedentes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I.; PUENTES, A.; GONÇALVES, M. J. de S. **Análise da variação do fator hidrológico na sub-bacia hidrográfica do rio Catolé Grande-BA**. Cadernos de Geociências, Salvador, v. 18, ed. especial, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.9771/geocad.v18i0.5596>. Acesso em: 2 abr. 2025.

Bahia. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA, 2013. Inventários de barragens. acesso restrito

BRASIL (2024). **Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico - ANA**. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 17 de maio de 2024.

CHRISTOFOLETTI, A. **Morfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

GONÇALVES, M. J. de S. (2020). **Estudo hidrológico do rio Parnaíba, na bacia hidrográfica do rio Parnaíba, visando a compreensão da dinâmica fluvial e a garantia hídrica para a tomada de decisão utilizando a metodologia: Hidrologia Avançada Experimental**. Apresentação em Power Point. Palestra ministrada no auditório da Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal da Bahia-UFBA.

GONÇALVES, M. J. de S. **Glossário de hidrologia**. Salvador: [s.n.], 2002. 427 p.

GONÇALVES, M. J. de S. **Gestão quantitativa das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu no estado da Bahia – Brasil**. 2014. 168 p. Tese (Doutoramento) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2014. Disponível em: Acesso em: 26 set. 2024.

GONÇALVES, M. J. de S. (2023). **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 barragens. Cadernos de Geociências, [S. 1.], v. 18, n. especial, 2023. DOI: 10.9771/geocad.v18i0.56147. Disponível em:

<<https://periodicos.ufba.br/index.php/cadgeoc/article/view/56147>>. Acesso em: 26 set. 2024.

GONÇALVES, M. J. de S. **Hidrologia avançada experimental: uma metodologia para avaliação quantitativa das águas superficiais e interface com as águas subterrâneas em bacias hidrográficas.** Salvador, Palestra realizada em set. 2021. 150 pág.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2001.



AVALIAÇÃO DO FATOR HIDROLÓGICO E DO DETALHAMENTO DO FATOR HIDROLÓGICO NA SUB- BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SALITRE-BA.

EVALUATION OF THE HYDROLOGICAL FACTOR AND THE
DETAILING OF THE HYDROLOGICAL FACTOR IN THE SALITRE RIVER
HYDROGRAPHIC SUB-BASIN-BA.

Caio Roberto de Santa Isabel Celestino

caiorobertosizabel@gmail.com

PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves

mariotaboca@gmail.com

Dr. Antonio Puentes Torres (*in memoriam*)

puentes@ufba.com

RESUMO

A sub-bacia hidrográfica do rio Salitre (SBHRS) está totalmente inserida na Região de Planejamento e Gestão das Águas XVII, do estado da Bahia, localizada entre os paralelos $-9^{\circ}30'00''S$ / $-11^{\circ}30'00''S$ e meridianos $-41^{\circ}30'00''W$ / $-40^{\circ}00'00''W$ na região Centro-Norte da Bahia, afluente de margem direita do rio São Francisco, região semiárida, palco central de conflitos socioambientais pelo uso da água. Este trabalho tem como objetivo a classificação dos anos hidrológicos a partir da metodologia denominada Hidrologia Avançada Experimental (HAE). A metodologia consiste na classificação dos anos hidrológicos excedente (valor = 2), normal (valor = 1) e deficitário (valor = 0), pelo Fator Hidrológico (FH) e em excedente (valor = 2), normal excedente (valor = 1,5), normal deficitário (valor = 0,5) e deficitário (valor = 0), pelo Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH). A análise da dinâmica hídrica do rio Salitre mostrou uma diferença substancial no comportamento dos anos hidrológicos após a construção da barragem de Alazão, situada no povoado de Alazão, no município de Ourolândia – BA. A princípio, nota-se um aumento de 15% dos anos deficitários após a operação da barragem, uma redução de 10% nos anos normais e a ocorrência contínua de anos normais deficitários, que constituíam uma minoria nos anos anteriores à construção da barragem. Desse modo, o presente trabalho permitiu construir uma análise hídrica dos anos da série histórica de vazão que serviu como um exame técnico das possíveis consequências das decisões tomadas na sub-bacia.

Palavras-chave: Hidrologia Avançada Experimental (HAE); Barragem de Alazão; Ourolândia-BA; Série histórica de vazão;

ABSTRACT

The Salitre river hydrographic sub-basin (TSRHSB) is fully inserted in the Water Planning and Management Region XVII, of the state of Bahia, located between parallels $-9^{\circ}30'00''S$ / $-11^{\circ}30'00''S$ and meridians $-41^{\circ}30'00''W$ / $-40^{\circ}00'00''W$ in the North-Central region of Bahia, a right-bank tributary of the São Francisco river, semi-arid region, central stage of socio-environmental conflicts over water use. This work aims to classify hydrological years using the methodology called Advanced Experimental Hydrology (AEH). The methodology consists of classifying hydrological years as surplus (value = 2), normal (value = 1) and deficit (value = 0), by the Hydrological Factor (HF) and as surplus (value = 2), normal surplus (value = 1.5), normal deficit (value = 0.5) and deficit (value = 0), by the Detailing of the Hydrological Factor (DHF). The analysis of the water dynamics of the Salitre river showed a substantial difference in the

behavior of hydrological years after the construction of the Alazão dam, located in the village of Alazão, in Ourolândia – BA. At first, an increase of 15% in deficit years is noted after the dam's operation, a reduction of 10% in normal years and the continuous occurrence of normal deficit years, which constituted a minority in the years prior to the dam's construction. Thus, the present work allowed the construction of a water analysis of the historic flow series years, which served as a technical examination of the possible consequences of decisions made in the sub-basin.

Key-words: Advanced Experimental Hydrology (AEH); The Alazão dam; Ourolândia-BA; Historic flow series;

1 - INTRODUÇÃO

A dinâmica superficial das águas determina diferentes aspectos ambientais e socioambientais das bacias hidrográficas. A Lei 9.433/1997, conhecida como a Lei das Águas, constitui a Política Nacional de Recursos Hídricos, considerando as bacias hidrográficas como a unidade territorial de gestão de recursos hídricos para a implementação das diferentes estratégias de gestão das águas. A preservação e o aproveitamento das águas superficiais dependem, portanto, de um conhecimento técnico multidisciplinar para a elaboração e manutenção dos diferentes planos de ação que envolvem a distribuição de água na bacia. O objeto de estudo deste trabalho é a sub-bacia do rio Salitre - SBHRS (Figura 1), tributária de margem direita da bacia do rio São Francisco e constitui a RPGA XVII, umas das 25 regiões de planejamento e gestão das águas criadas na Bahia.

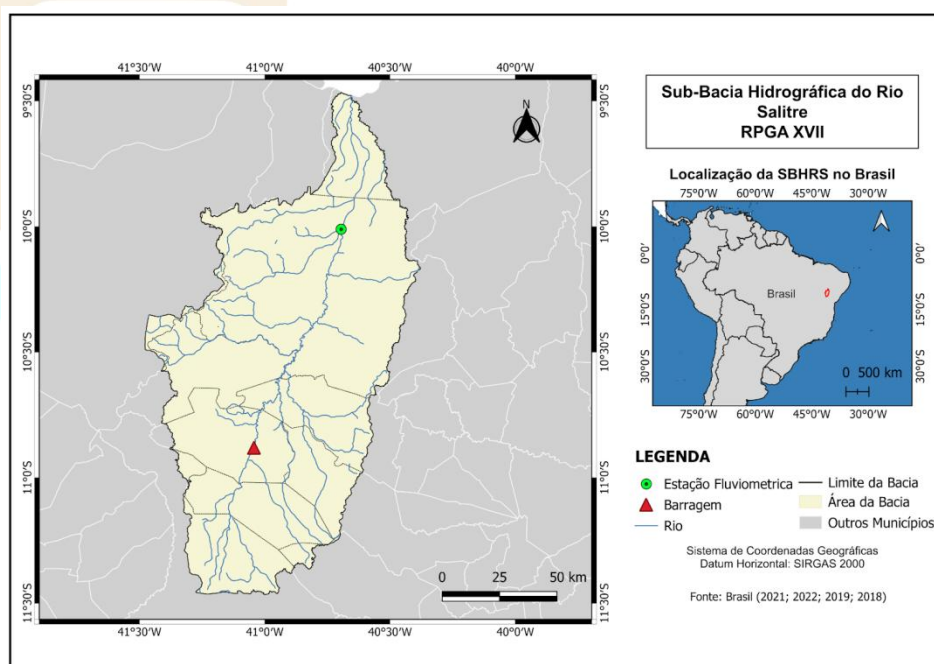


Figura 1: Localização da Sub-bacia hidrográfica do rio Salitre
Fonte: Celestino e Lima (2024)

Os municípios Campo Formoso, Jacobina, Juazeiro, Miguel Calmon, Mirangaba, Morro do Chapéu, Ourolândia, Umburanas e Várzea Nova compõem, estando parcialmente ou totalmente inseridos na sub-bacia, a SBHRS e possuem populações rurais expressivas que variam de 52,8% (Mirangaba) a 14,8% (Jacobina) (IBGE, 2022), completamente inseridos no polígono das secas, sujeitos a constantes crises de abastecimento e acesso à água, uma vez que esta é, em toda a área que compreende a sub-bacia, um recurso cuja finitude é plenamente conhecida por aqueles que sofrem por conta dos conflitos, que têm sua gênese e acentuamento nos períodos de seca intensa,

relacionados à apropriação particular da água que ocorrem por meio do barramento, de desvios de cursos d'água em propriedades de domínio privado, diminuindo ou impedindo o acesso em pontos ao longo dos rios (Malvezzi, 2015 apud ROSSI e SANTOS, 2018, p. 158).

Sendo palco de conflitos pela água, torna-se imperativo a construção de relatórios que identifiquem e monitorem as possíveis alterações da dinâmica superficial do Rio Salitre, servindo como suporte para tomadas de decisão que visem o uso e o acesso justo à água, tomando uma posição combativa contra a injustiça ambiental que toma forma na apropriação elitista do território e dos recursos naturais concentrando os benefícios do meio ambiente e expondo a população à poluição e aos custos ambientais do desenvolvimento (ACSELRAD, 2003 p.10). Este trabalho visa, portanto, a criação de um relatório técnico capaz de prover suporte em futuras tomadas de decisão necessárias para que o combate às injustiças ambientais na SBHRS seja pautado, principalmente, por uma proteção da população e do ambiente baseada em fatos e construída sob a égide de uma ciência capaz de unificar a preservação do ambiente à justiça ambiental.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A interpretação dos dados hidrológicos se dá através do tratamento de séries históricas de vazões disponíveis na HIDROWEB, plataforma da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) que disponibiliza informações hidrológicas coletadas na estação fluviométrica 47990000.

O presente trabalho é a amostra de uma parcela da extensa metodologia Hidrologia Avançada Experimental (HAE), idealizada por Gonçalves (2014), onde, inicialmente, os dados de série histórica de cota, obtidos no site da ANA, foram consolidados. Esta consolidação analisa os dados em busca de possíveis inconsistências que, caso existam a exemplo de lacunas, serão corrigidas através de progressão aritmética (P.A.), quando a lacuna é de mais de um dia, ou método de média aritmética (M.A.), quando a lacuna corresponde a apenas um dia.

Logo após, os dados de vazão são tratados e devidamente organizados, em subperíodos que compõem apenas intervalos de meses e anos. A organização desses dados ainda não faz discriminação sobre as características do rio, são procedimentos metodológicos que ajudam a consolidar a série histórica de observações dos dados fluviométricos, permitindo diferentes análises, a exemplo das médias máximas e mínimas anuais, fundamentais para os diagnósticos da metodologia HAE.

O fator hidrológico é calculado através das vazões médias mínimas e máximas do subperíodo em análise, além do uso dos valores máximos e mínimos anuais. As vazões médias mínimas e máximas do período em análise são adquiridas, respectivamente, através do cálculo da média aritmética simples das vazões mínimas e máximas dos anos que compõem o período em análise. Desta forma temos que os anos hidrológicos podem ser classificados em: excedente (valor = 2), normal (valor = 1) e deficitário (valor = 0), pelo Fator Hidrológico (FH).

Enquanto métrica, o fator hidrológico permite classificar os anos hidrológicos da série histórica, classificando-os em anos normais, deficitários e anos excedentes, o critério dessa avaliação é exemplificado na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos anos hidrológicos, a partir do FH.

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+0=0	Ano Deficitário
Valor Mínimo	—	—	—	0			

Fonte: Adaptado de Gonçalves, 2014.

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	Classificação do Ano Hidrológico
Valor Máximo	1	—	—	—	1+1=2	Ano excedente
Valor Mínimo	—	—	1	—		
Valor Máximo	1	—	—	—	1+0=1	Ano Normal
Valor Mínimo	—	—	—	0		
Valor Máximo	—	0	—	—	0+1=1	Ano Normal
Valor Mínimo	—	—	1	—		
Valor Máximo	—	0	—	—	0+0=0	Ano Deficitário
Valor Mínimo	—	—	—	0		

O detalhamento do fator hidrológico permite a subdivisão dos anos normais em anos normais excedentes e deficitários, possibilitando uma visão aprofundada do comportamento dos anos hidrológicos. Desse modo, adiciona-se mais um fator de avaliação ao método, ilustrado na Tabela 2, que cataloga os anos hidrológicos nas duas novas classificações.

Tabela 2: Classificação dos anos hidrológicos, a partir do detalhamento do fator hidrológico

Fonte: Adaptado de Gonçalves, 2023.

Os critérios avaliativos do FH culminam em uma detalhada análise, da dinâmica superficial das águas do rio Salitre, sendo um instrumento fundamental para gestão das águas, ao construir os dados a partir de uma série histórica de vazão, e permite a discussão dos impactos observados, ao longo do tempo, em todo o curso do rio, servindo de base para discussões sobre conflitos na sub-bacia.

Para uma melhor avaliação da situação hídrica atual da SBHRS, foi utilizado, em conjunto com a avaliação de Fator Hidrológico, o cálculo de Firmeza da Garantia de Vazão (FGV), para entender a confiabilidade da garantia da vazão ofertada na sub-bacia e disponibilizada para outorgas ao longo dos períodos. Utilizando a razão

entre o Q_{90} e o Q_0 do período de 1985 a 2022, índices de porcentagem de garantia da vazão calculados através dos dados corrigidos da Estação Fluviométrica 47990000, Estação Abreus.

O resultado dessa razão, em porcentagem, é classificado por Gonçalves e Santos (2025) em seis diferentes categorias (Figura 2), que abrangem resultados que não apresentam firmeza (0%) até os que apresentam grande firmeza (>40%).

Firmness of the Water Guarantee (%)	Firmness Rating	Seasonal Multiplicative Index
0	without firmness	*****
> 0 a ≤ 3%	Little Firm	1,300x Q_{90}
> 3 a ≤ 10%	Medium Firm	1,200x Q_{90}
> 10 a ≤ 20%	Firm	1,150x Q_{90}
> 20 a ≤ 40%	Very Firm	1,125x Q_{90}
> 40%	Super Firm	1,100x Q_{90}

Figura 2: Quadro de classificação da firmeza da garantia

Fonte: Gonçalves & Santos (2025)

Para facilitar a compreensão do uso da metodologia HAE: fator hidrológico e Detalhamento do fator hidrológico, o fluxo metodológico foi estruturado em forma de um fluxograma simplificado, que pode ser observado na Figura 3.

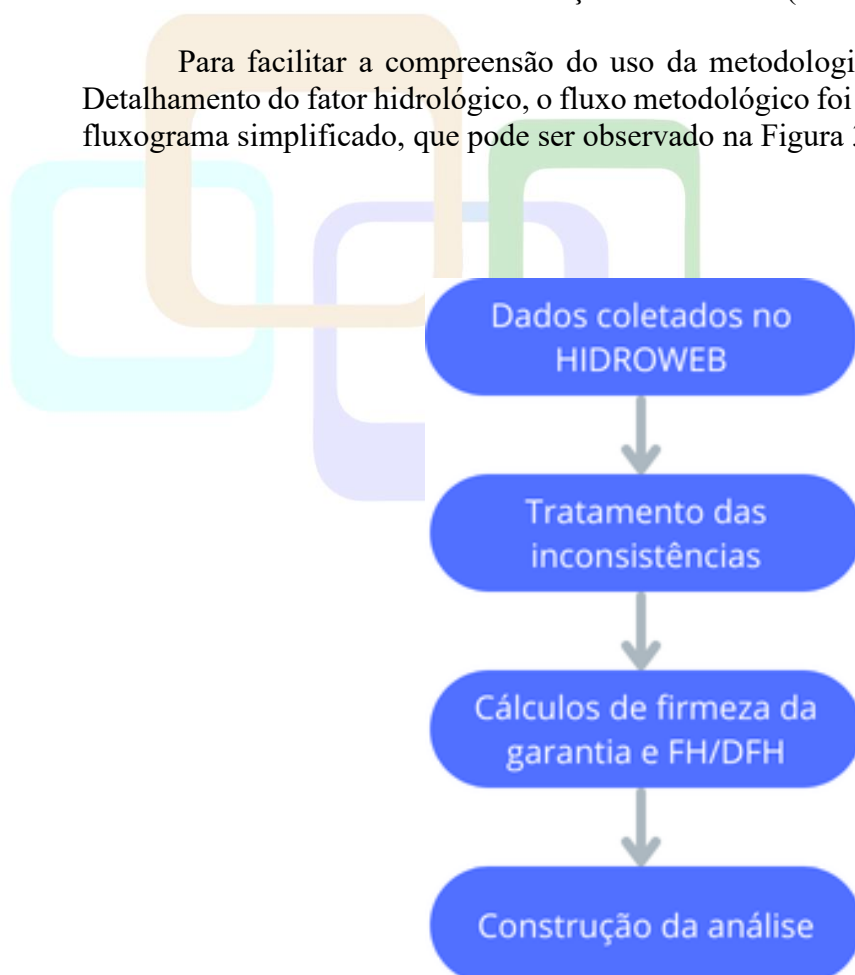


Figura 3: Fluxograma simplificado do desenvolvimento do trabalho.

Fonte: Produção própria dos autores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise do fator hidrológico na Estação 47900000, localizada no rio Salitre, demonstrou a existência de uma alteração na dinâmica das águas superficiais, após o início de operação da barragem de Alazão (1996). A predominância de anos hidrológicos deficitários era um comportamento esperado, tratando-se de uma sub-bacia localizada em clima semiárido quente, situada no bioma Caatinga, entretanto, nota-se uma mudança no padrão de comportamento nos anos seguintes ao início da operação à barragem de Alazão, em Ourolândia.

A Figura 4 mostra a distribuição dos 10 (dez) anos hidrológicos, antes da construção da barragem de Ourolândia (1985 a 1995), sendo 5 (cinco) anos deficitários, 4 (quatro) anos normais e 1 (um) excedente. Considerando as características climáticas da área de estudo, nota-se a predominância de déficit hídrico típica de um rio do semiárido, essa dinâmica é intensificada após a construção da barragem de Alazão

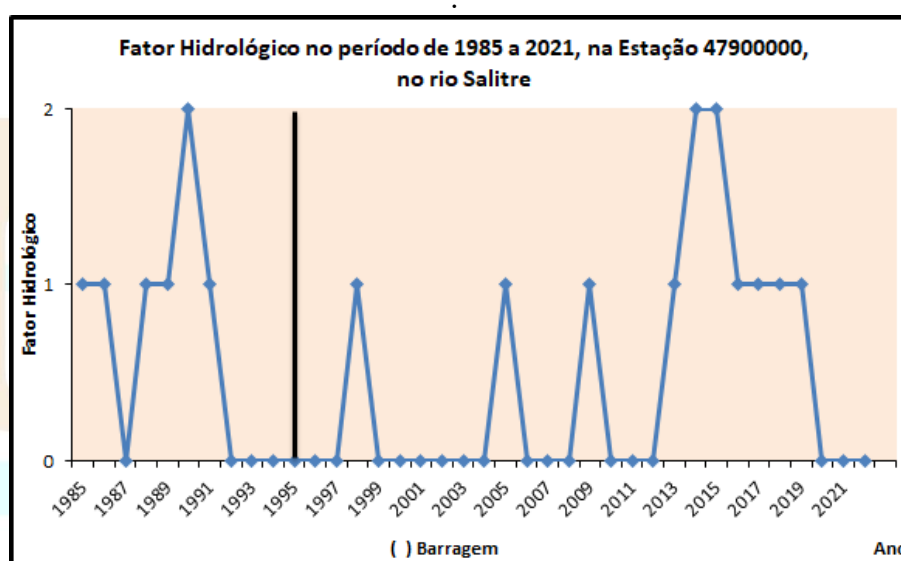


Figura 4: Distribuição dos anos hidrológicos, no fator hidrológico.

Fonte: ANA, 2024. Produção própria dos autores

Ao ampliar a comparação entre os períodos anteriores e posteriores à construção da barragem, o desempenho dos anos hidrológicos compreende um padrão ainda mais definido — após o início da operação da barragem, observa-se um aumento percentual absoluto, de 13% de anos hidrológicos deficitários, saindo de 50% para 63%, e uma redução de 10% de anos normais, saindo de 40% para 30%, e de 3% de anos excedentes, saindo de 10% para 7% (Figura 5).

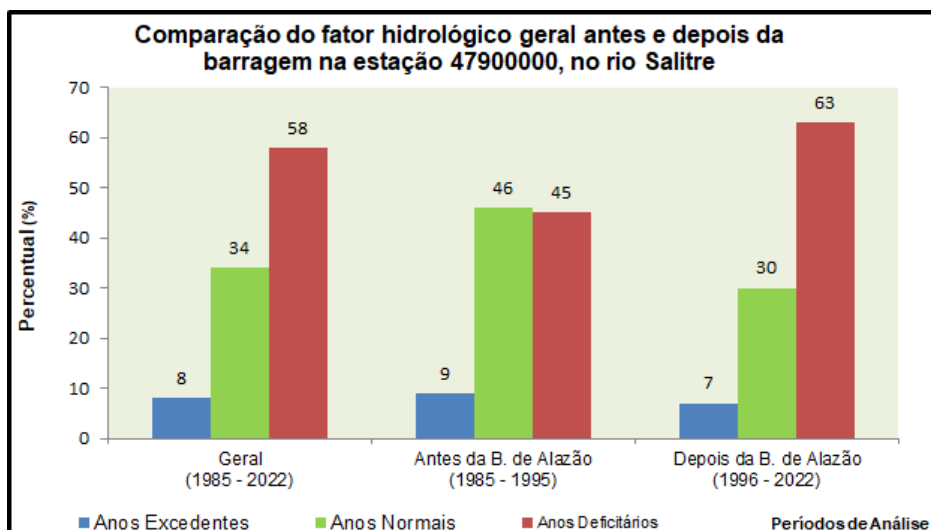


Figura 5: Comparação dos períodos hidrológicos
 Fonte: ANA, 2024. Produção própria dos autores.

A análise do detalhamento do fator hidrológico na estação 47900000 indicou que os anos normais, antes da construção da barragem, eram, majoritariamente, excedentes, com apenas uma ocorrência deficitária, e que após a construção da barragem se tem a intensificação do número de anos normais deficitários (Figura 6).

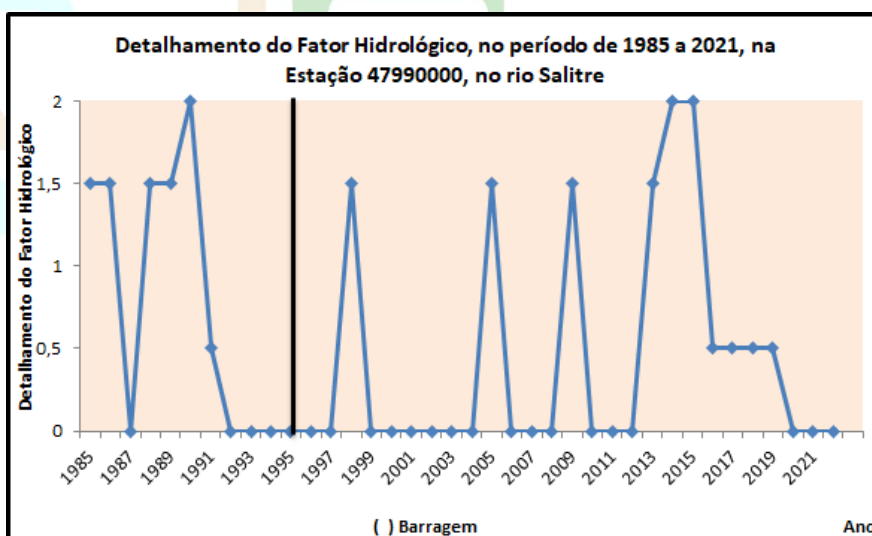


Figura 6: Distribuição dos anos hidrológicos, no detalhamento do fator hidrológico

Fonte: ANA, 2024. Produção própria dos autores.

Desse modo, nota-se uma dinâmica de vazões alterada pós-construção da barragem de Alazão. No detalhamento é possível ver uma diferença absoluta de 15% nos anos deficitários, que saem de 46% antes da barragem para 61% após a barragem. Essa alteração também é observada nos anos normais que, ainda que predominantemente excedentes no período anterior a barragem, totalizando 36% dos anos hidrológicos, se tornam mais raros: após a construção do empreendimento, passam a um total de 14%, agora divididos em 14% de anos normais deficitários e 14% de anos normais excedentes,

estes últimos que representavam apenas 9% dos anos hidrológicos no período anterior a construção da barragem. Com isso, nota-se uma aparição expressiva dos anos normais deficitários após a construção da barragem em um período de 26 anos (1996-2022). Os anos excedentes demonstram um aumento sutil ao subirem de 9% para 11%. Observa-se, no entanto, que os anos de 2014 e 2015 aparecem como anos excedentes consecutivos, comportamento anormal, mas explicado ao observar os dados de vazão do ano normal excedente de 2013, cujas vazões acumuladas no final do ano percorreram, também, o ano de 2014, causando um aumento na vazão média do ano. Esse aumento ocorre até 2015. Após esses dois anos são observados uma sucessão de anos normais deficitários consecutivos, denotando a estabilização das vazões comumente esperadas para o rio Salitre (Figura 7).

Adicionalmente, percebe-se, também, que a garantia das vazões dos anos 1985 a 2022 não apresentam nenhuma firmeza segundo a classificação de Gonçalves e Santos (2025), considerando os valores de $Q_{90} = 0,2\text{m}^3/\text{s}$ e $Q_0 = 23\text{m}^3/\text{s}$, que compreendem o período geral da análise, abrangendo os anos de 1985 a 2022, utilizando a fórmula $F=(Q_{90}\times 100)/Q_0$, foram obtidos 0,7%, classificando a firmeza como de firmeza dos volumes de água outorgados para a Estação fluviométrica 47900000.

A análise dos anos hidrológicos aliado ao resultado da garantia das vazões outorgadas mostra que a SBHRS tem fortíssimas tendências a sofrer, ao longo dos anos, com os conflitos pela água, em especial pela mudança da dinâmica superficial das águas que não apenas sofre com os barramentos, mas que, posteriormente, pode apresentar um quadro de intensificação dessas mudanças e dos conflitos devido a extremos climáticos.

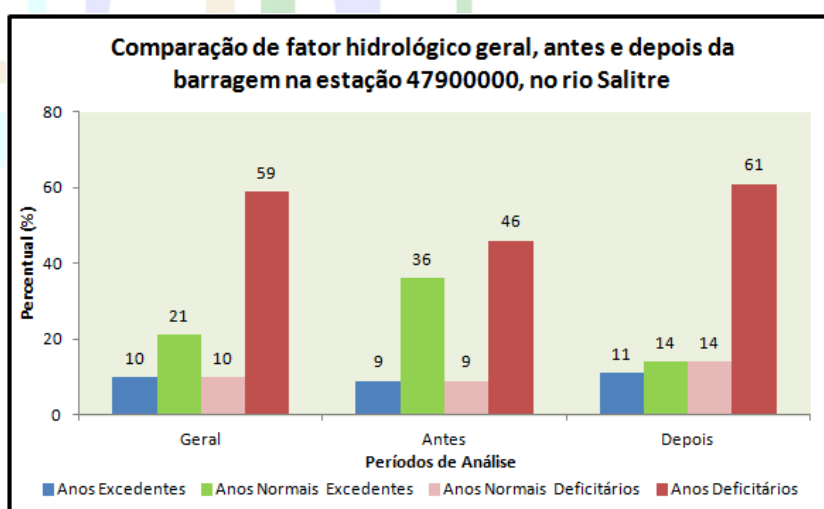


Figura 7: Comparação dos anos hidrológicos excedentes

Fonte: ANA, 2024. Produção própria dos autores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desse modo, a análise dos anos hidrológicos produzida pelo método HAE mostraram a ineficiência da barragem de Alazão em regularizar a vazão no rio Salitre. Vale notar, também, que uma bacia hidrográfica pode ser afetada por diferentes fatores externos e internos — fatores estes que, possivelmente, não estejam relacionados com os empreendimentos de barragem e que ainda assim possam colaborar com a não

regularização da vazão. Entretanto, os dados analisados corroboram com a mudança da dinâmica do corpo hídrico, cujos anos hidrológicos se comportam de forma diferente a partir de 1996 — ano de início da operação da barragem de Alazão.

A não regularização da vazão pode acarretar na intensificação dos conflitos socioambientais nas comunidades ao longo do leito do rio, portanto, análises hidrológicas como as apresentadas, neste trabalho, se fazem essenciais para nortear projetos e tomadas de decisão que envolva o uso das águas do rio Salitre visando uma gestão que considere as diferentes demandas hídricas e um justo uso da água.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H.; HERCULANO, S.; PÁDUA, J. A. Justiça ambiental e cidadania. Rio de Janeiro: Ed. Relume Dumará, 2004.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Brasil (2024). Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 06/07/2024.

GONÇALVES, M. J. de S. (2014). GESTÃO QUANTITATIVA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAGUAÇU NO ESTADO DA BAHIA – BRASIL. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia. 167 p. Disponível em: < Universidade Federal da Bahia: Gestão Quantitativa das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu no Estado da Bahia – Brasil (ufba.br)>. Acesso em 06/07/2024.

GONÇALVES, M. J. S. de (2023). 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 BARRRAGENS: DETALHAMENTO DO FATOR HIDROLÓGICO. Cadernos de Geociências, [S. l.], v. 18, n. especial, 2023. DOI: 10.9771/geocad.v18i0.56147. Disponível em: Acesso em: 06/07/2024.

GONÇALVES, M. J. S. de; SANTOS, J. M. dos. Modelo de Gestão Hídrica Para Rios Perenes: Outorga Sazonal -Brasil. Estudos Geográficos, [S. l.], ano 2024, v. 22, n. 2, p. 251-274, 21 jan. 2025. DOI 10.5016. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/18556/13234>. Acesso em: 13 mar. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Brasil. Censo Brasileiro de 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: Acesso em: 06/07/2024. ROSSI, Renata; SANTOS, Elisabete. CONFLITO E REGULAÇÃO DAS ÁGUAS NO BRASIL – a experiência do Salitre. Caderno CrH, [S. l.], v. 31, n. 82, p. 151-167, 1 jan. 2018. DOI <https://doi.org/10.1590/S0103-49792018000100010>. Disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/26510>. Acesso em: 4 mar. 2025.

ROSSI, Renata Alvarez; SANTOS, Maria Elisabete Pereira dos. CONFLITO E REGULAÇÃO DAS ÁGUAS NO BRASIL – a experiência do Salitre. Caderno CRH, Salvador, ano 82, v. 31, p. 151-167, 1 jan. 2018. DOI <https://doi.org/10.1073/pnas.0504878102>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ccrh/a/5RTTnQktsky5mKbw6m7WDXh/?lang=pt>. Acesso em: 2 abr. 2025.



CLASSIFICAÇÃO DO FLUXO DAS VAZÕES NA SUB-BACIA DO RIO SANTO ANTÔNIO-BA

CLASSIFICATION OF FLOW RATES IN THE SANTO ANTÔNIO RIVER SUB-BASIN-BA

Anne Danielle Duarte de Oliveira

E-mail: daniduarteribas2013@gmail.com

PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves

E-mail: mariotaboca@gmail.com

Dr. Antonio Puentes Torres (*in memoriam*)

E-mail: puentes@ufba.com

RESUMO

A sub-bacia hidrográfica do rio Santo Antônio (SBHRSA), localizada no Alto Paraguaçu, na Bahia, ocupa uma área de 9.853,40 km² e integra a Região de Planejamento e Gestão das Águas X. O objetivo deste trabalho é avaliar o fluxo das águas do rio Santo Antonio. Este estudo utiliza a Hidrologia Avançada Experimental-HAE: Razão de Fluxo (Rf) e a Evolução da Razão de Fluxo (ERf), entre 1948 e 2023, com dados da Estação Fluviométrica 51190000. A Rf mede a permanência do fluxo no rio, classificando a drenagem em: Excedente (<2), Normal Excedente (≥2 e <4), Normal Deficitário (≥4 e <10) e Deficitário (≥10). No período analisado, a Rf média foi 5,10, indicando fluxo Normal Deficitário. A Evolução da Razão de Fluxo (ERf) variou entre 2,38 e 5,38. O estudo também avaliou o impacto das barragens Cabeceira do Rio (1979), Cotia (1982) e Mulungu do Morro (2010) nas vazões do rio.

Palavras-chaves: Razão de Fluxo, Evolução da Razão de Fluxo, Barragens, Hidrologia Avançada Experimental (HAE), Rio Paraguaçu.

ABSTRACT

The Santo Antônio River Hydrographic Sub-basin (SBHRSA), located in the Alto Paraguaçu region of Bahia, covers an area of 9,853.40 km² and is part of Water Planning and Management Region X. The objective of this study is to evaluate the water flow of the Santo Antônio River. This study uses Advanced Experimental Hydrology (HAE): Flow Ratio (Rf) and Flow Ratio Evolution (ERf), with data from the 51190000 River Gauge Station between 1948 and 2023. The Rf measures the persistence of flow in the river, classifying the drainage as: Surplus (<2), Normal Surplus (≥2 and <4), Normal Deficit (≥4 and <10), and Deficit (≥10). During the period analyzed, the average Rf was 5.10, indicating a Normal Deficit flow. The Flow Ratio Evolution (ERf) ranged from 2.38 to 5.38. The study also evaluated the impact of the Cabeceira do Rio (1979), Cotia (1982), and Mulungu do Morro (2010) dams on the river's flow rates.

Keywords: Flow Ratio, Evolution of Flow Ratio, Dams, Advanced Experimental Hydrology (HAE), Paraguaçu River.

1 -INTRODUÇÃO

A sub-bacia hidrográfica do rio Santo Antônio (SBHRSA) está situada no semiárido brasileiro e tem com características temperaturas elevadas variando em torno de 25°C a 32°C e baixos índices pluviométricos variando entre 200 mm a 800 mm (Alvares et al., 2013). No entanto, a altitude da Chapada Diamantina, onde se localiza a área de estudo, proporciona um clima mais ameno, com temperaturas variando entre 18°C e 22°C. A precipitação anual é inferior a 1000 mm, distribuída em duas estações bem definidas: uma seca e outra chuvosa (Idem). Além disso, a SBRSA pertence à parte Oeste da Região de Planejamento e Gestão das Águas do Rio Paraguaçu (RPGA X) (Figura1).

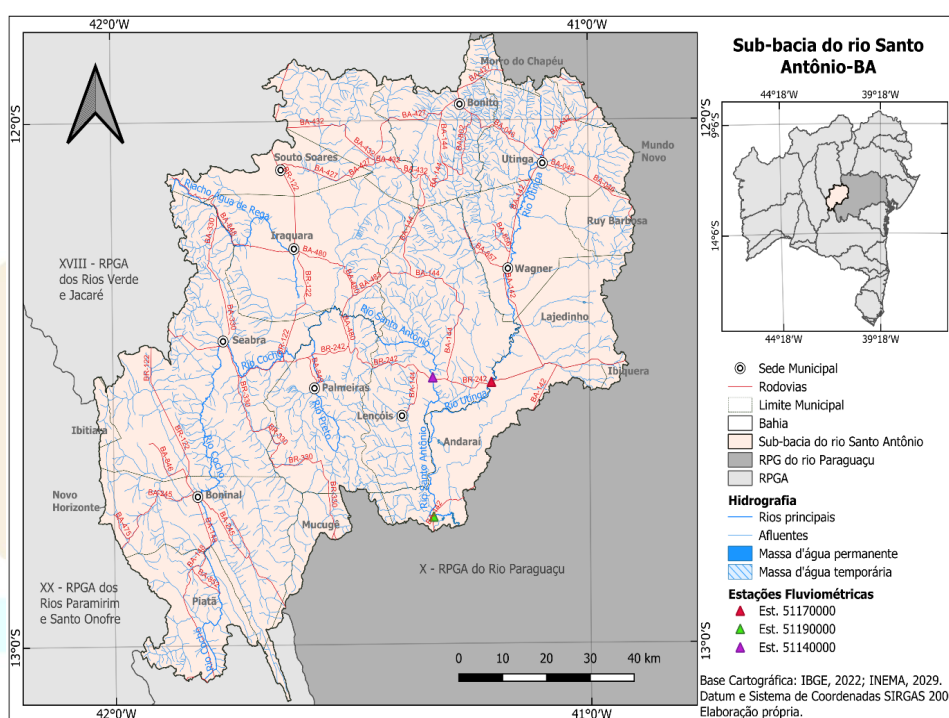


Figura 1 - Localização da sub bacia do rio Santo Antônio-Ba.

Fonte: Produção dos autores, 2025.

O relevo da SBRSA apresenta variação entre plano e escarpado, incluindo morros de topo plano, vales profundos e serras, com altitudes que vão de 317 a 1801 metros. A região é composta por rochas metassedimentares que deram origem a diferentes tipos de solos, como argissolos, cambissolos, latossolos e neossolos. A paisagem na sub-bacia é acidentada, cortada por rios e vales, com a presença de cachoeiras, cavernas e grutas, que se destacam como importantes atrativos turísticos.

A vegetação local é composta por espécies típicas da Caatinga, do Cerrado e da Mata Atlântica, cuja distribuição varia de acordo com o relevo e a disponibilidade de umidade. No que se refere à hidrografia, os principais rios que atravessam a região são o Cochó, o Utinga, o Preto e o Santo Antônio. Oficialmente, na SBRSA existem 17 barragens e uma em construção, a Barragem de Baraúnas, no rio Cochó, mas, nesse estudo, são consideradas apenas as barragens de Cabeceira do Rio, Rocinha/Cotia e Rio Tijuco/Mulungu do Morro, sendo estas as de maior importância em acúmulo de água. Algumas informações sobre elas podem ser visualizadas no Quadro 1.

A população total dos municípios que compõem a área é de 305.672 habitantes, porém esse número é menor dentro da sub-bacia, uma vez que nem todos os municípios

estão totalmente inseridos na região de estudo. As principais atividades econômicas são a agropecuária e o turismo, impulsionados pelas condições climáticas e pela altitude, que favorecem a produção agrícola e o cultivo de produtos voltados à exportação, como café e mamão. Além do clima, o turismo ecológico também se fortalece devido à paisagem exuberante e ao patrimônio natural da região.

Neste artigo são analisadas a Razão de Fluxo (Rf) e a Evolução da Razão de Fluxo (ERf) do rio Santo Antônio, rio principal e que dá nome à sub-bacia. A Rf está baseada na relação entre os valores extremos máximos e mínimos anuais de vazão, permitindo classificar sua variação ao longo do tempo. Ela pode ser considerada um indicador útil para a gestão de bacias hidrográficas, contribuindo para a tomada de decisões em projetos de abastecimento, irrigação e geração de energia, além de ser usada para monitorar a evolução da disponibilidade hídrica ao longo do tempo e auxiliar na gestão de recursos hídricos e no planejamento de obras hidráulicas.

O rio Santo Antônio nasce entre os municípios de Seabra e Palmeiras, a partir da confluência dos rios Cochó e Preto, tendo 108,06 km de extensão e altitudes que variam entre 640 m a 320 m, aproximadamente. Contudo, a nascente mais distante é a do rio Cochó, no município de Piatã – BA, numa altitude de 1327 m, e, se for considerada como nascente do rio Santo Antônio, o deixa com 248,13 km. Além dos rios Cochó e Preto, o rio Santo Antônio tem o rio Utinga como um dos principais afluentes.

Quadro 1 - Barragens da sub-bacia do rio Santo Antônio

Nome	Capacidade da Barragem (hm ³)	Início de operação	Curso d'água barrado	Uso Principal e Complementar	Localização (grau decimal)		Município
					Latitude	Longitude	
Cabeceira do Rio	0,15	1978	Riacho Ponte de Tábua	Abastecimento de água e irrigação	-12,01	-41,05	Utinga
Rocinha/ Cotia	0,71	1982	Riacho Cochó	Irrigação e abastecimento de água	-12,82	-41,81	Boninal/ Seabra
Rio Tijuco/ Mulungu do Morro	1,13	2010	Rio Tijuco	Abastecimento de água	-12,1	-41,37	Mulungu do Morro/ Bonito

Fonte: INEMA, 2013. Elaborado pela autora, 2025.

O rio Santo Antônio corre sobre rochas metassedimentares, ricas em ferro e manganês, dando uma coloração escura às suas águas, que banham os municípios de Seabra, Palmeiras, Lençóis e Andaraí. Em seu trajeto, o rio passa por áreas de relevo plano, como na nascente e na foz, e áreas de relevo forte ondulado no município de Lençóis. A precipitação e a temperatura anuais dos municípios por onde o rio Santo Antônio passa são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Precipitação e temperatura médias anuais nos municípios banhados pelo rio Santo Antônio.

Município	Precipitação Anual (mm)	Temperatura Anual (°C)
Andaraí	907	22,9
Lençóis	968	22,5
Palmeiras	872	21
Seabra	687	20,6

Fonte: Álvares et al, 2013

Por estar situado na Região da Chapada Diamantina e em uma área de maior altitude, seu trajeto atravessa regiões de clima mais ameno em comparação ao entorno da Chapada, apresentando índices médios ligeiramente mais altos de precipitação e mais baixos de temperatura. Os balneários formados ao longo do curso do rio Santo Antônio são importantes atrativos turísticos, mas o destaque nesse quesito é a formação do Pantanal de Marimbus-Iraquara, uma área alagada dentro do semiárido, semelhante ao pantanal Mato-grossense, rico em biodiversidade, com espécies endêmicas de piabas, de bagre, de acará (Gonçalves, 2021, p.12), de pássaros (beija-flor-de-gravatinha-vermelha) e ameaçadas de extinção, como o macaco barbado (INEMA, 2025).

2 - OBJETIVOS

O objetivo deste artigo é avaliar a razão de fluxo (Rf) e sua evolução (ERf) na SBHRSA, por meio da utilização da metodologia Hidrologia Avançada Experimental (HAE) e da série histórica de vazão do período de 1948-2023, registrada na Estação Fluviométrica 51190000.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo foi feito com a utilização dos dados fluviométricos referentes ao período 1948-2023 registrados pela Estação 51190000, que está localizada em Andaraí-BA, obtidos no *Hidroweb* da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico-ANA (2023). Devido à existência de lacunas em alguns períodos, foi necessário fazer o preenchimento das mesmas com a utilização de dados das Estações 51140000 e 51170000. As vazões dessas duas Estações foram somadas e os valores foram colocados nas lacunas da Estação 51190000, para o período de 01-02-1951/01-08-1978, 01-08-1993/01-01-1994, 01-08-1994/01-08-1995 e os meses de maio (1985), janeiro (1997), março (2013), dezembro (2013), fevereiro (2014) e novembro (2015). Posteriormente, foi realizado o preenchimento de lacunas ainda existentes ou a correção/substituição de dados discrepantes de vazão com o uso de regra de três simples de modo que existisse apenas um único valor de vazão para cada cota. Com as lacunas preenchidas e corrigidas foi possível calcular as vazões médias máximas e mínimas e construir os gráficos da Rf e da ERf dos 76 anos da série histórica.

A construção do gráfico da Rf envolve a representação dos excedentes e déficits hídricos ao longo do tempo em um plano cartesiano e tem como objetivo mostrar a permanência do fluxo de um rio e identificar se ocorre estabilidade das vazões ao longo do tempo com reflexo na disponibilidade de água, em períodos nunca inferiores a 30 (trinta) anos.

Para a construção do gráfico da Rf podem ser utilizados os valores anuais extremos de vazão ou cota, mas, neste estudo, foram considerados os dados de vazão. Os valores anuais foram organizados em ordem crescente e coletados os valores anuais extremos de vazão máxima e mínima. Foram então calculadas as respectivas médias para a série de vazão de 76 anos. São extraídas as diferenças entre os valores extremos máximos e mínimos anuais de suas médias correspondentes, considerando todo o período. Esses valores são colocados num eixo cartesiano e conectados, formando dois triângulos retângulos, S_0 e S_1 , que são formados respectivamente com os valores positivos e negativos da diferença entre a vazão e sua média máxima, e contribuem para visualizar a tendência da permanência do fluxo ao longo do tempo. O eixo +X e +Y representam os valores de excedente hídrico e o eixo -X e -Y, os valores de déficit hídrico. As áreas dos triângulos são calculadas e se efetua a divisão entre elas para obter a Rf, que corresponde

a S_0 dividida por S_1 . Com o valor encontrado, o fluxo do rio é classificado em Excedente, Normal Excedente, Normal Deficitário e Deficitário de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 - Resumo da classificação do fluxo do rio baseado na razão de fluxo.

Razão de Fluxo (Rf)	Classificação do Fluxo no Rio
<2	Excedente
≥ 2 e < 4	Normal Excedente
≥ 4 e < 10	Normal Deficitário
≥ 10	Deficitário

Fonte: Gonçalves, 2023.

Para interpretar o gráfico é preciso considerar as áreas formadas pelos triângulos: 1) Quando S_0 é maior que S_1 , ou seja, quando o triângulo do excedente hídrico é maior que o do déficit hídrico, indica maior permanência de vazão no rio. 2) Quando S_1 é maior, ou seja, quando há maior déficit hídrico, indica rios temporários ou que, nas áreas onde estão localizados, ocorrem episódios frequentes de seca.

Na construção do gráfico da Evolução da Razão de Fluxo (ERf) é preciso considerar períodos de pelo menos 30 anos. Assim, na série de 1948 a 2023, foram encontrados dez períodos, tendo o último período, de 1993-2023 ficado com 31 anos para que o último ano também fosse analisado e não ficasse isolado no gráfico, fato que poderia comprometer a interpretação do mesmo. Para cada período foi calculada a Rf e construído o gráfico da ERf.

A elaboração do mapa de localização da SBHRSA foi feita no *software Quantum GIS 3.42 (QGIS)* e utilizou arquivos vetoriais de hidrografia e RPGA produzidos em 2019 pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídrico (INEMA) e adquiridos no portal GEOBAHIA; de rodovias, limites municipais e estadual, adquiridos da Base Cartográfica 250 no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); as Estações Fluviométricas foram plotadas no mapa a partir das coordenadas geográficas informadas nos dados da ANA.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

O rio Santo Antônio é um rio perene que ao longo dos 76 anos de série histórica analisados mostrou grandes variações de vazão. A construção de barragens em cursos d'água tributários vem contribuindo para a redução das vazões na calha principal. A Figura 2 mostra as vazões médias anuais e as linhas coloridas, as médias decenais desse período, indicando que houve grande variabilidade na vazão média anual ao apresentar picos e quedas bruscas.

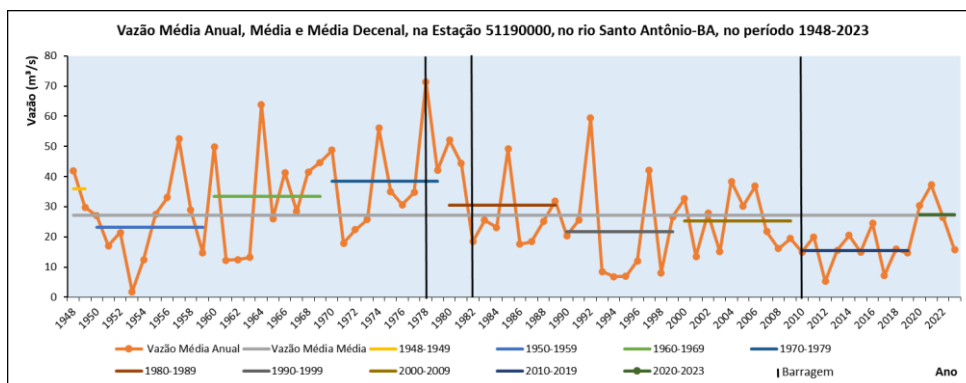


Figura 2 – Gráfico de Vazões médias anuais e médias decenais no período 1948-2023.

Fonte: ANA, 2023. Elaborado pelos autores, 2025.

Antes das barragens e até 1978, o regime do rio era mais natural e apresentava alternância entre períodos de alta e baixa vazão. Após a construção da Barragem de Cabeceira do rio, em 1978, no riacho Ponte de Tábua, afluente do rio Utinga, que por sua vez é afluente do rio Santo Antônio, é possível observar grande oscilação de vazão, alternando valores altos e baixos extremos. Após os anos 1980, e especialmente após a construção das barragens Rocinha/Cotia e Rio Tijuco/Mulungu do Morro, nos anos 1982 e 2010, respectivamente, observa-se uma redução nas variações extremas da vazão. Isso sugere que as barragens podem ter regulado o fluxo do rio, resultando em um possível controle da vazão devido às intervenções humanas. Além disso, a vazão média aparenta diminuir e se estabilizar em níveis mais baixos, frequentemente abaixo da média de 27,2 m³/s, com poucas exceções. Esse comportamento pode indicar um período prolongado de déficit hídrico, possivelmente causado pela redução dos índices de precipitação e pelo aumento do consumo hídrico. Esse quadro se repetiu nas duas últimas décadas, quando houve a redução da vazão média e causou impacto negativo na disponibilidade hídrica devido à maior frequência de períodos de baixa vazão, causando conflitos socioambientais na SBHRSA a partir de 2017.

A Razão de Fluxo (RF) é um parâmetro hidrológico que avalia a variação do regime de vazão de um rio por meio da comparação de períodos de cheia e estiagem, indicando a permanência hídrica ao longo de um determinado período. No rio Santo Antônio, a Rf, no período 1948-2023 (Figura 3) apresentou o valor de 5,10, classificando o fluxo do rio como Normal Deficitário e mostrando que a vazão máxima média no período analisado foi aproximadamente 6,5 vezes maior do que a vazão mínima média. De acordo com Gonçalves (2023), valores elevados de Rf apontam para um rio com alta variabilidade hídrica, com grandes diferenças entre períodos de cheia e seca e isso sugere vulnerabilidade a períodos de estiagem e comportamento sazonal definido.

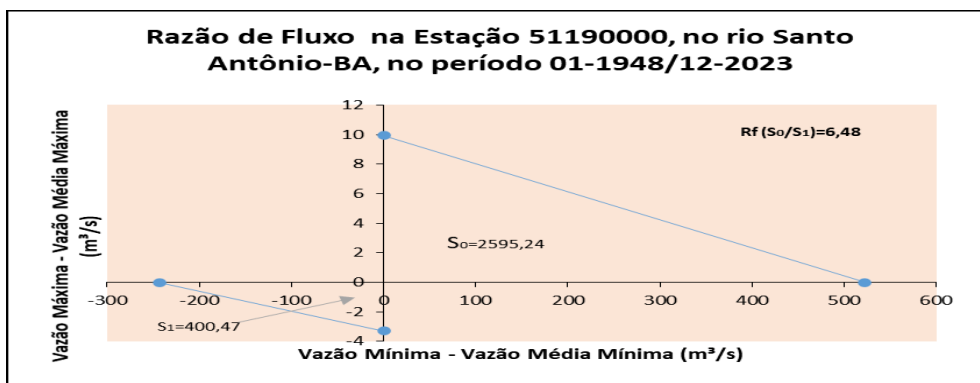


Figura 2 – Gráfico da Razão de Fluxo do rio Santo Antônio entre 1948 e 2023. Fonte: ANA, 2023. Elaborado pelos autores, 2025.

Um valor elevado de S_0 , que representa um coeficiente relacionado à vazão máxima média do rio, sugere que na vazão do rio existem picos significativos de vazão em alguns períodos. Já o valor de S_1 , coeficiente representativo à vazão mínima média, quando consideravelmente menor que S_0 , reforça o regime do rio com fluxo irregular e grande susceptibilidade à sazonalidade. A relação entre as vazões máximas e mínimas revela uma tendência negativa no rio Santo Antônio, indicando que, conforme as vazões mínimas aumentam, as máximas tendem a diminuir. Esse fato sugere que, ao longo do tempo, a amplitude entre os períodos de cheia e estiagem podem estar diminuindo, possivelmente em decorrência da construção de barragens, das variações climáticas acentuadas nas últimas décadas ou da intensificação no uso da água.

O Gráfico da ERF (Figura 3) mostrou que houve variações significativas ao longo dos 76 anos analisados, pois a Rf oscilou entre valores Normal Excedente e Normal Deficitário. Entre os anos de 1948 e 2002, correspondente aos primeiros 6 períodos analisados, a Rf se manteve como Normal Excedente (≥ 2 e < 4). No período 1978-2007, observou-se que a Rf atingiu o pico de 5,48, caracterizando uma fase de normal deficitário devido à maior variabilidade entre os extremos de vazões médias máximas e mínimas. Entre 1983 e 2012, a Rf volta a ser normal excedente, apresentando o valor de 3,94. De 1988 a 2017, a Rf fica normal deficitária, semelhante ao período 1978-2007. O último período de 1993 a 2023 apresentou a Rf com valor de 3,20 (normal excedente).

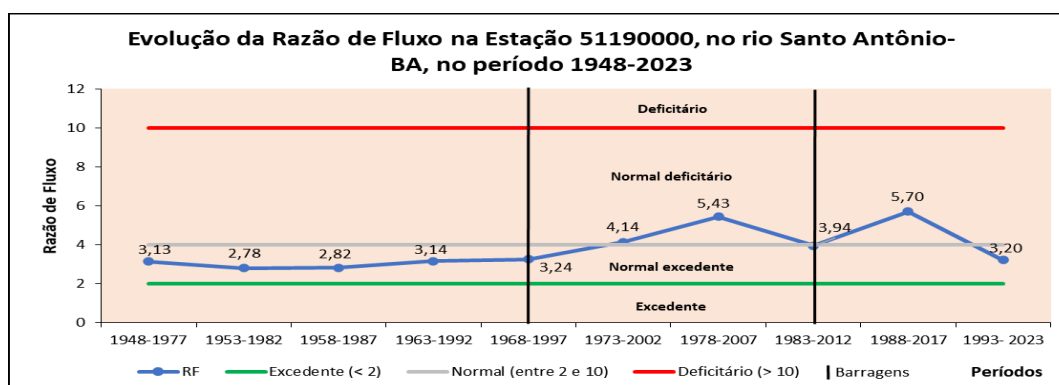


Figura 3 – Gráfico da Evolução da Razão de Fluxo do rio Santo Antônio entre 1948 e 2023.

Fonte: ANA, 2023. Elaborado pelos autores, 2025.

Essas variações confirmam que o fluxo do rio Santo Antônio sofreu alterações significativas no período 1948-2023 e que existe tendência de redução na variabilidade hídrica provavelmente reforçada pela construção das barragens, que podem estar contribuindo para a regularização de suas vazões.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A análise da Rf apresentada pelo rio mostrou alta variabilidade no regime de vazão, com uma diferença significativa entre os períodos de cheia e estiagem. Esse comportamento mostra que ele pode ser considerado suscetível a eventos extremos, como secas prolongadas, o que reforça a necessidade de monitoramento e gestão eficiente de suas águas. O monitoramento efetivo permite prever tendências na permanência hídrica e na disponibilidade de suas águas.

- O gráfico da ERf confirmou que a Razão de Fluxo no rio Santo Antônio sofreu alterações significativas ao longo dos 76 anos analisados e sugere que há tendência de redução na variabilidade hídrica após a construção das barragens, reforçando a hipótese de que as intervenções humanas contribuíram para o maior controle da vazão do rio.

AGRADECIMENTOS

À FAPESB pelo apoio financeiro. A todos os integrantes do grupo de estudo Observatório das Águas da Bahia (OBA). Àqueles que de alguma forma contribuíram para a realização da pesquisa de mestrado sobre a SBRSA.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Brasil (2023). HidroWeb – Séries Históricas. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 11 mar. 2023.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ARANTES, José Tadeu. Superexploração das águas subterrâneas está comprometendo a vazão dos rios no Brasil. **Um Só Planeta**, 8 fev. 2025. Disponível em: <https://umsoplaneta.globo.com/energia/noticia/2025/02/08/superexploracao-das-aguas-subterraneas-esta-comprometendo-a-vazao-dos-rios-no-brasil.ghtml>. Acesso em: 2 mar. 2025.

GONÇALVES, Cezar Neubert. Variações na Vazão do Rio Santo Antônio, Relação com o Pantanal Marimbus e a Importância para a Biodiversidade na Região do Parque Nacional da Chapada Diamantina/BA. **Revista Biodiversidade Brasileira**, 11(4): 21-45, 2021. DOI: 10.37002/biobrasil.v11i4.1782. Disponível em: <https://revistaeletronica.icmbio.gov.br/index.php/BioBR/article/download/1782/1290/10654>. Acesso em: 15 mar. 25.

GONÇALVES, Mário Jorge de Souza. Classificação do fluxo no rio utilizando a Razão de Fluxo (Rf), um novo parâmetro para análise hidrológica. **Cadernos de Geociências**, v. 18, ed. especial, 2023. DOI: 10.9771/geocad.v18i0.55993.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICO-INEMA. Bahia (2025). APA Marimbus-Iraquara. Disponível em: <https://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/unidades-de-conservacao/apa/apa-marimbus-iraquara/>. Acesso em: 15 mar. 25.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICO-INEMA. Bahia (2025). Planilha de barragens. Ano 2013. Dados fornecidos pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2024. Uso restrito.



GARANTIA DE VAZÃO, CURVA DE PERMANÊNCIA, FIRMEZA DA GARANTIA HÍDRICA E OS CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA NA SUB-BACIA DO RIO SANTO ANTÔNIO-BA

FLOW GUARANTEE, DURATION CURVE, RELIABILITY OF SUPPLY
GUARANTEE, AND CONFLICTS OVER WATER USE IN THE SANTO
ANTÔNIO RIVER SUB-BASIN, BA

Anne Danielle Duarte de Oliveira

E-mail: daniduarteribas2013@gmail.com

PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves

E-mail: mariotaboca@gmail.com

Dr. Antonio Puentes Torres (*in memoriam*)

E-mail: puentes@ufba.com

Bruna Pereira dos Santos Tolentino

E-mail: bruna.tolentino@yahoo.com.br

RESUMO

Os conflitos pelo uso da água no Brasil vêm se intensificando, especialmente na sub-bacia hidrográfica do rio Santo Antônio (SBHRSA), localizada na bacia do rio Paraguaçu, Bahia. Este estudo avalia a garantia hídrica e a curva de permanência na SBHRSA, utilizando dados de vazão da série histórica (1948-2023) da Estação Fluviométrica 51190000, em Andaraí – BA, obtidos no *Hidroweb* da ANA. A metodologia empregada, Hidrologia Avançada Experimental (HAE), analisa a disponibilidade hídrica e sua permanência no tempo. A garantia hídrica de 90% no rio Santo Antônio apresenta vazão de 3,05 m³/s, e em 60% do período analisado, os valores ficaram abaixo de 5,38 m³/s. Conflitos pelo acesso à água registrados pela Comissão Pastoral da Terra (CPT) entre 2017 e 2021 coincidiram com períodos de vazões abaixo da média histórica de 3,3 m³/s, evidenciando a relação entre disponibilidade hídrica e disputas pelo uso da água.

Palavras-chaves: Hidrologia Avançada Experimental (HAE). Rio Paraguaçu. Comissão Pastoral da Terra (CPT).

ABSTRACT

Water use conflicts have been intensifying in Brazil, particularly in the Santo Antônio River sub-basin (SBHRSA), located within the Paraguaçu River Basin in Bahia. This study assesses water security and the flow duration curve in the SBHRSA using historical flow data (1948–2023) from Fluviometric Station 51190000, situated in Andaraí – BA, and obtained from ANA’s *Hidroweb* platform. The methodology employed, Advanced Experimental Hydrology (AEH), analyzes water availability and its

temporal persistence. The 90% water security level in the Santo Antônio River corresponds to a flow rate of 3.05 m³/s, and for 60% of the analyzed period, flow rates remained below 5.38 m³/s. Water access conflicts recorded by the Pastoral Land Commission (CPT) between 2017 and 2021 coincided with periods when flow rates fell below the historical average of 3.3 m³/s, highlighting the relationship between water availability and disputes over its use.

Keywords: Advanced Experimental Hydrology (HAE). Paraguaçu River. Pastoral Land Commission (CPT).

1. INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são conjuntos de terras delimitadas por divisores topográficos nas quais as águas precipitadas são drenadas das áreas de maior altitude para as menos elevadas, formando cursos d'água, subafluentes e afluentes, até alcançar um rio principal. Para Tucci e Mendes (2006, p. 19), a bacia hidrográfica é toda a área que contribui por gravidade para os rios até chegar à seção que define a bacia e tem como principais características a área de drenagem, o comprimento e a declividade do rio principal e a declividade da bacia. Santos (2004, p.85) afirma que o conceito de bacia hidrográfica está associado à noção de sistema, nascentes, divisores de águas, cursos de água hierarquizados e foz, onde os eventos, de origem antrópica ou natural, interferem na dinâmica desse sistema, na quantidade de cursos de água e sua qualidade. Para Pires, Santos e Del Prette (2002, p.17), em estudos hidrológicos, o conceito de bacia hidrográfica refere-se ao “conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes”.

Na gestão ambiental, a bacia hidrográfica é a unidade espacial de planejamento ideal, pois é nela que os elementos físicos, ecológicos e socioeconômicos interagem. A Lei 9433/97, conhecida como a Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelece a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e gestão dos recursos hídricos no Brasil a fim de garantir que as ações relacionadas ao uso da água sejam organizadas dentro dos limites naturais das bacias, garantindo uma gestão integrada e sustentável.

Como todo espaço terrestre está vinculado a uma bacia hidrográfica, são nessas unidades ambientais que acontecem as ações humanas, como agricultura, urbanização, industrialização e manejo de recursos hídricos, que impactam diretamente a qualidade e quantidade da água, a capacidade de recarga dos mananciais e, conseqüentemente, o equilíbrio ecológico. As atividades socioeconômicas modificam a cobertura da terra, por meio da alteração/supressão da cobertura vegetal para promover a agropecuária e a urbanização, afetam a qualidade do solo e podem causar impactos na drenagem e na qualidade da água. Assim, o uso da terra afeta a dinâmica ambiental nas bacias hidrográficas, pois influencia, diretamente, a qualidade e a disponibilidade da água, a biodiversidade e os processos hidrológicos. Somadas às alterações proporcionadas pela mudança na cobertura da terra, as variações climáticas observadas nas últimas décadas têm mostrado diminuição ou aumento dos padrões de precipitação em diferentes regiões da Terra, evidenciando de forma acentuada a distribuição desigual da água. O Brasil é um país rico em recursos hídricos, no entanto, a distribuição da água é um grande desafio, especialmente na Região Nordeste, que detém apenas 5% das reservas nacionais (E.M. Foco, 2025).

É nesta região que está localizada a sub-bacia hidrográfica do rio Santo Antônio (SBHRSA), nossa área de estudo. Ela possui uma área total de 9.853,40 km² e está localizada entre as coordenadas: -11°49'41,376”S e -13°07'0,624”S de latitude e -42°03'

8,424”O e -40°54’ 57,218”O longitude de (Figura 1), na porção central do estado da Bahia, na Chapada Diamantina, e faz parte da bacia do rio Paraguaçu, ocupando cerca de 18,03% desta, englobando, integralmente, os municípios de Iraquara, Lençóis e Wagner e parcialmente, Palmeiras, Boninal, Utinga, Mulungu do Morro, Bonito, Seabra, Lajedinho, Andaraí, Souto Soares, Piatã, Ruy Barbosa, Mucugê, Ibiquera, Morro do Chapéu, Ibitiara, Novo Horizonte e Mundo Novo. Na SBHRSA os rios principais são o Preto, o Cochó, o Utinga e o Santo Antônio, que dá nome a sub-bacia. Oficialmente, o rio Santo Antônio recebe esse nome a partir da confluência dos rios Preto e Cochó, contudo, a nascente mais distante é a do rio Cochó, no município de Piatã - BA. O rio Utinga é um importante afluente do rio Santo Antônio, e a maior parte dos conflitos pelo uso da água registrados pela CPT ocorreram em suas margens. Entre 2017 e 2021, foram registrados 90 conflitos pelo uso da água na sub-bacia. Dada a tendência de intensificação das atividades agropecuárias e do aumento da urbanização, presume-se que haverá maior consumo hídrico na sub-bacia e, conseqüentemente, maior pressão quanto à disponibilidade e uso dos recursos hídricos.

Esse estudo foi feito com a utilização dos dados fluviométricos referentes ao período 1948-2023 registrados pela Estação 51190000, que está localizada em Andaraí-BA. Com a utilização desses dados, foi possível analisar a Garantia Hídrica e a Curva de Permanência dos 76 anos da série histórica e relacioná-las aos conflitos registrados pela Comissão Pastoral da Terra (CPT) na SBHRSA na última década. O gráfico da Garantia Hídrica mostra a probabilidade de encontrar água no sistema fluvial e o da Curva de Permanência é representativo da porcentagem de duração do tempo total das vazões médias diárias. A análise conjunta das informações contidas nos dois gráficos permite visualizar a potencialidade natural do rio, sendo de grande importância para conhecer a disponibilidade hídrica na SBHRSA e compreender as razões que levaram à ocorrência dos conflitos.

A SBHRSA está localizada no semiárido brasileiro marcado por altas temperaturas e baixos índices de precipitação, no entanto, a altitude da região da Chapada Diamantina, onde a área de estudo está inserida, propicia temperaturas amenas que variam entre 18 e 22°C e a precipitação está abaixo de 1000 mm anuais, distribuída basicamente em duas estações bem marcadas, uma seca e uma chuvosa (Alvares et al, 2013). O relevo da SBHRSA varia de plano a escarpado com a presença de morros de topo plano, vales profundos e serras com altitudes que variam entre 317 e 1801 m assentados em rochas metassedimentares que deram origem a argissolos, cambissolos, latossolos e neossolos. O relevo acidentado recortado por rios e vales abriga ainda cachoeiras, cavernas e grutas que são os principais atrativos turísticos. A cobertura vegetal possui espécies vegetais típicas da Caatinga, do Cerrado e da Mata Atlântica distribuídas em função das condições do relevo e da umidade. Na hidrografia destacam-se os rios Cochó, Utinga, Preto e Santo Antônio.

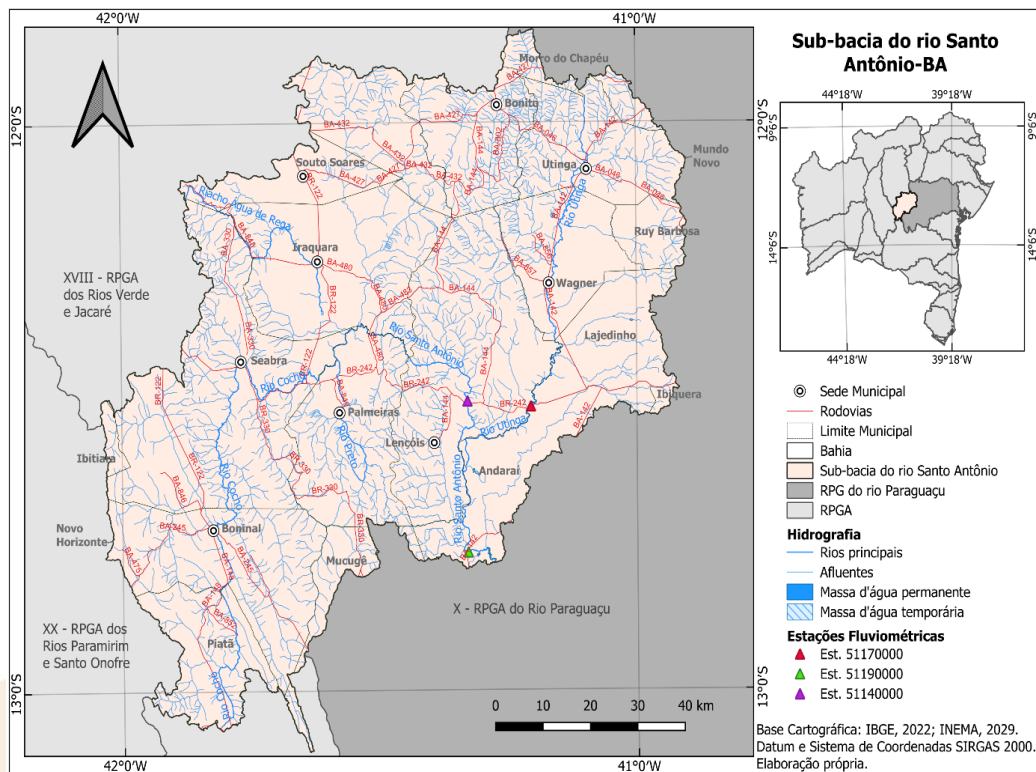


Figura 1 – Localização da sub-bacia hidrográfica do rio Santo Antônio.

Fonte: Produção dos autores, 2025.

A população nos municípios soma 305.672 habitantes, mas na sub-bacia esse número é inferior, pois nem todos os municípios estão integralmente na área de estudo. Turismo e agropecuária são as atividades econômicas mais destacadas, sendo estas favorecidas pelo clima e pela altitude que propiciam condições favoráveis ao desenvolvimento de culturas voltadas à exportação. Além do clima, o turismo ecológico foi beneficiado também pela natureza exuberante e beleza cênica.

2. OBJETIVOS

O objetivo desse estudo é avaliar a garantia hídrica, a curva de permanência e a firmeza da garantia hídrica na SBHRSA e contribuir para a gestão das águas na sub-bacia e a diminuição da ocorrência de conflitos pelo uso da água na SBHRSA.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo foi feito com a utilização dos dados fluviométricos referentes ao período 1948-2023 registrados pela Estação 51190000, que está localizada em Andaraí-BA. Devido à existência de lacunas em alguns períodos, foi necessário fazer o preenchimento das mesmas com a utilização de dados das Estações 51140000 e 51170000. As vazões dessas duas Estações foram somadas e os valores foram colocados nas lacunas da Estação 51190000. As lacunas remanescentes foram preenchidas, e os dados de vazão discrepantes foram corrigidos ou substituídos por meio de regra de três simples, garantindo um único valor de vazão para cada cota. Com as lacunas preenchidas, foi possível analisar a Garantia Hídrica e a Curva de Permanência dos 76 anos da série histórica e relacioná-las aos conflitos registrados pela Comissão Pastoral da Terra (CPT) na SBHRSA na última década. O gráfico da Garantia Hídrica mostra a probabilidade de encontrar água no sistema fluvial e o da Curva de Permanência é representativo da

porcentagem de duração do tempo total das vazões médias diárias. A análise conjunta das informações contidas nos dois gráficos permite visualizar a potencialidade natural do rio, sendo de grande importância para conhecer a disponibilidade hídrica na SBHRSA e compreender as razões que levaram à ocorrência dos conflitos.

As informações sobre usos da terra do ano 2004 e 2022 foram adquiridas da plataforma Mapbiomas. Os dados de população, de produção agrícola e o *shapefile* de limite municipal utilizados na confecção de gráficos e mapas foram coletados nos *sites* do IBGE. Os *shapefiles* referentes à hidrografia foram adquiridos no GEOBAHIA. Para a tabulação dos dados e construção de tabelas e gráficos foi utilizado o Excel 2021 e para a produção cartográfica foi utilizado o *Quantum GIS 3.42* (QGIS).

Para a confecção do gráfico da Garantia Hídrica foi necessário colocar os dados de vazões diárias em ordem crescente e numerá-los sequencialmente numa planilha do *software Excel*. Em seguida, cada vazão é dividida pelo número total de dados utilizados e multiplicado por 100, de modo a encontrar seus percentuais correspondentes. Os valores de vazão encontrados nos percentuais de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100% são coletados para gerar um gráfico de dispersão. O gráfico da Curva de Permanência, confeccionado também no tipo dispersão, é gerado com os percentuais e seus respectivos dados de vazão diários.

Para avaliação do tipo, predominante, de conflito na sub-bacia foi utilizado o conceito de Gonçalves & Santos (2025) que avalia firmeza da garantia hídrica existente através da relação Q_{90} e Q_0 encontrados numa determinada estação fluviométrica. A Classificação da Firmeza da garantia hídrica segue o Quadro 1, onde os valores $\leq 3\%$ representam estação localizadas em rios com predominância de conflitos pelo uso da água e $> 3\%$ representam estação localizadas em rios com predominância de conflitos pelo uso da terra.

Quadro 1: Classificação da firmeza da garantia hídrica em estações fluviométricas.

Firmeza da Garantia Hídrica	Classificação da Firmeza	Índice Multiplicativo Sazonal
0%	Não firme	*****
> 0 a $\leq 3\%$	Pouco firme	$1,300 \times Q_{90}$
> 3 a $\leq 10\%$	Medianamente firme	$1,200 \times Q_{90}$
> 10 a $\leq 20\%$	Firme	$1,150 \times Q_{90}$
> 20 a $\leq 40\%$	Muito firme	$1,125 \times Q_{90}$
$> 40\%$	Super firme	$1,100 \times Q_{90}$

Fonte: Traduzido de Gonçalves & Santos, 2025.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Garantia Hídrica relaciona as vazões aos percentuais de ocorrência dessas vazões e mostra a probabilidade de encontrar água no sistema fluvial. Apenas em 20% do tempo da série histórica as vazões foram superiores à média das vazões anuais. Na Garantia Hídrica de 90%, correspondente ao Q_{90} , valor de vazão adotado para a liberação de outorgas no estado da Bahia, existe a probabilidade de encontrar a vazão de $1,53 \text{ m}^3/\text{s}$ no sistema. E no Q_{100} , que corresponde à vazão encontrada em 100% do tempo, $0,32 \text{ m}^3/\text{s}$ é a provável vazão encontrada. Apenas nos percentuais de 20%, 10% e 0% estão acima da média histórica anual de $27,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 2).

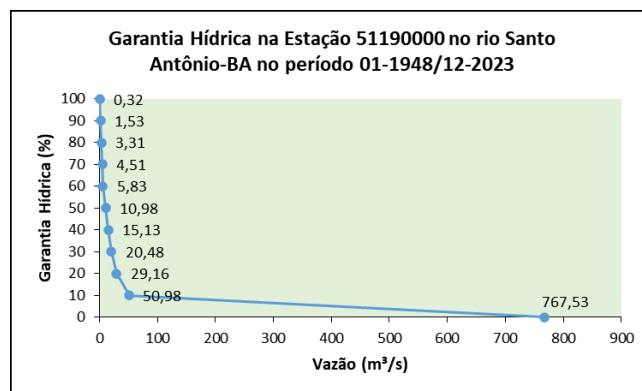


Figura 2 – Curva de Garantia
 Fonte: ANA, 2023. Produção dos autores, 2025.

A Curva de Permanência (Figura 3), representativa da porcentagem de duração do tempo total das vazões diárias, indica que as vazões maiores que 10,98 m³/s foram registradas pela Estação até 50% do tempo e que entre 60% e 100% do tempo da série histórica analisada, as vazões diminuem de 5,83 m³/s para 0,32 m³/s. Isso significa dizer que as vazões acima da vazão média anual de 27 m³/s estiveram em menos de 20% do tempo analisado e que na SBHRSA as baixas vazões prevalecem. Essas informações são bastante relevantes e, para uma avaliação mais completa, devem ser comparadas aos dados de vazão.

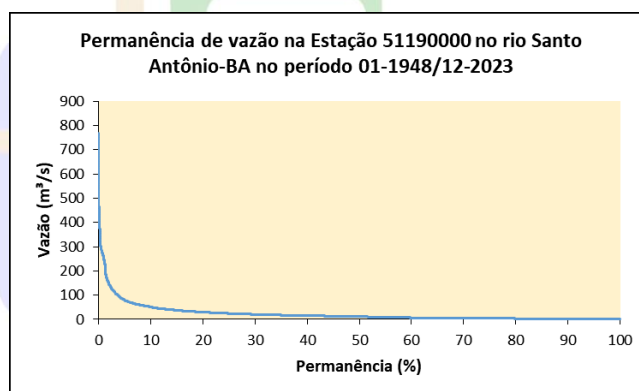


Figura 3 – Curva de Permanência
 Fonte: ANA, 2023. Produção dos autores, 2025.

A Vazão Média Anual (VMA) corresponde à média das vazões diárias por um ano. Neste estudo, a VMA durante os 76 anos da série histórica hidrológica foi de 27 m³/s (Figura 4). Por 44 anos ela esteve abaixo da média encontrada e por 32 anos, acima, 58% e 42% do período da série histórica, respectivamente. A maior VMA foi no ano de 1978 com 71,4 m³/s e a menor aconteceu em 1953, quando foi registrada a média de 1,8 m³/s. A partir do ano 2000, foram 17 anos abaixo da média e 7 anos acima da média. Nesse mesmo período, nas duas décadas as médias decenais da VMA esteve abaixo de 27,2 m³/s. Considerando os 76 anos de análise, por 4 décadas a VMA esteve abaixo dessa média. Em resumo, as VMA apontam para uma tendência de diminuição, mesmo após as construções das barragens de Cabeceiras, no rio Bonito, em 1978; da Cotia, no rio Cochó, em 1982; e Rio Tijuco/ Mulungu do Morro, em 2010. Atualmente está em construção a Barragem de Baraúnas, no rio Cochó. Esses equipamentos, criados para garantir o abastecimento humano e a irrigação, modificam e ajudam a regularizar a vazão dos rios

nos quais são instalados. Percebe-se, ao analisar o gráfico, que os picos de vazão diminuíram após a construção das barragens, mas esse fator pode estar ligado também à diminuição dos índices de precipitação como ocorreu entre 2010 e 2019.

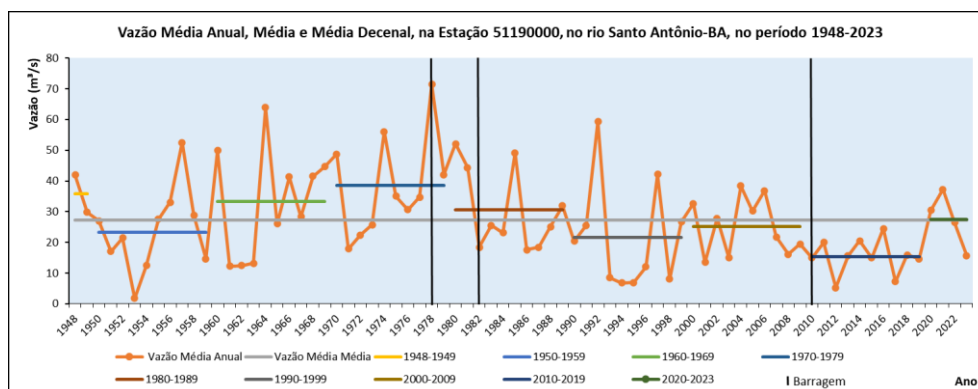


Figura 4 – Vazão Média Anual, Média e Média Decenal

Fonte: ANA, 2023. Produção dos autores, 2025.

A análise dos dados do Mapbiomas mostrou que a área ocupada pelas classes de uso da terra Silvicultura, Pastagem, Mosaico de Usos, Outras Lavouras Temporárias, Café e Outras Lavouras Perenes, que representam as classes voltadas para a produção agropecuária na SBHRSA, entre os anos de 2004 e 2022, aumentou 21,5%, saindo de 232.090,4 ha para 282.039,5 ha. A área ocupada por cada uma delas pode ser visualizada na Tabela 1. Em 2022 a Silvicultura, que não existia em 2004, passou a ocupar quase 10 hectares, Pastagem e Mosaico de Usos cresceram pouco mais de 20% cada uma em relação ao ano de 2004, mas as classes que mais apresentaram crescimento foram Café e Outras Lavouras Perenes, com 762,9% e 215,6% respectivamente. A classe Outras Lavouras Temporárias cresceu 5,3%.

Tabela 1 - Classes de usos da terra relacionadas à agropecuária na sub-bacia do rio Santo Antônio-BA

Classe	Área (ha)	
	2004	2022
Silvicultura	0	9,9
Pastagem	132587,7	159945,9
Mosaico de Usos	95804,8	115817,9
Outras Lavouras Temporárias	2887,5	3041,9
Café	121,8	1050,7
Outras Lavouras Perenes	688,6	2173,2
Total	232090,4	282039,6

Fonte: Mapbiomas, 2023. Elaborado pelos autores, 2025.

O crescimento dessas classes significa maior pressão sobre os recursos hídricos na sub-bacia ainda que a produção agropecuária não tenha crescido expressivamente. Com relação à produção agrícola, a observação do gráfico (Figura 5) mostra que existe

uma tendência de diminuição da produção das lavouras temporárias, principalmente, e de pequeno aumento das lavouras perenes na sub-bacia.

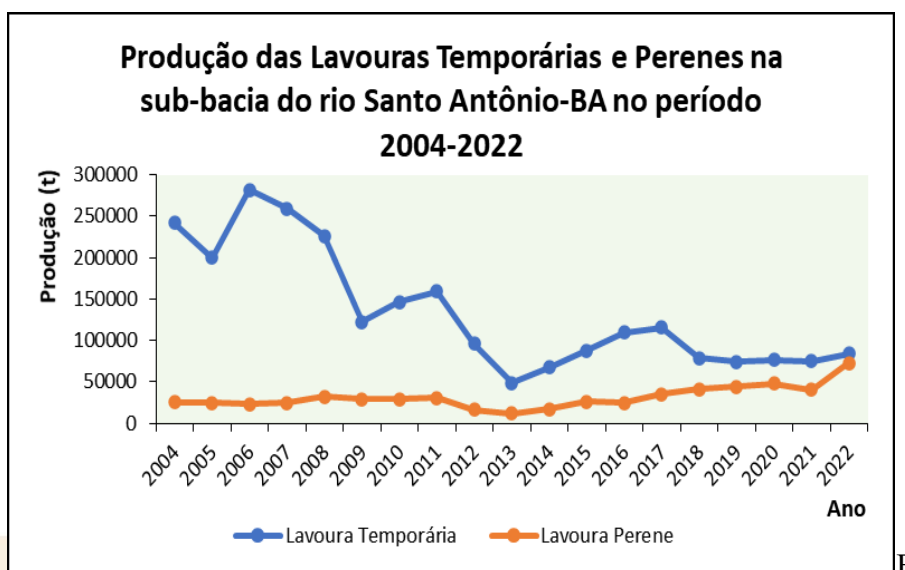


Figura 5 – Produção agrícola
Fonte: IBGE, 2024. Produção dos autores, 2025.

A pecuária nesse mesmo intervalo de tempo aumentou 6,29% em número de cabeças, considerando toda a produção de animais (asininos, bovinos, bubalinos, caprinos, codornas, coelhos, equinos, galináceos, muares, ovinos e suínos), que passou de 740.129 para 786.668 cabeças (Figura 6).

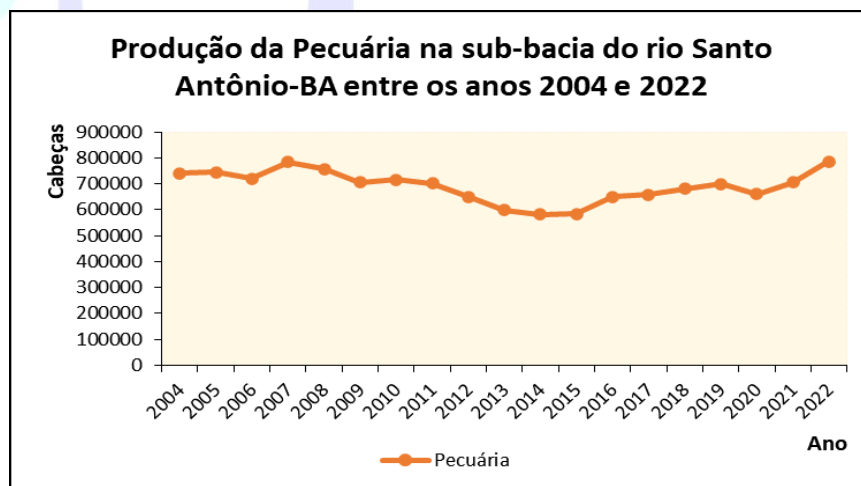


Figura 6 – Produção pecuária
Fonte: IBGE, 2024. Produção dos autores, 2025.

A observação do mapa de uso da terra (Figura 7) mostra a espacialização de todas as classes de uso observadas pelo Mapbiomas presentes na SBHRSA e deixa evidente o crescimento das áreas de pastagens e mosaico de usos, especialmente nos municípios de Mulungu do Morro, Souto Soares e Iraquara e na parte Leste da sub-bacia, onde estão os municípios de Utunga, Wagner, Ruy Barbosa e Lajedinho. Nessa última área, onde ocorre

a maior parte dos conflitos, a substituição da cobertura vegetal para dar lugar ao crescimento das áreas de pastagem, mosaico de usos e de lavouras, principalmente, permanentes, como plantações de banana e café, que demandam muita água para a produção, provavelmente influenciou a disponibilidade de água. Ela está no entorno do rio Utinga, onde as atividades agropecuárias, basicamente, são irrigadas por captações em poços.

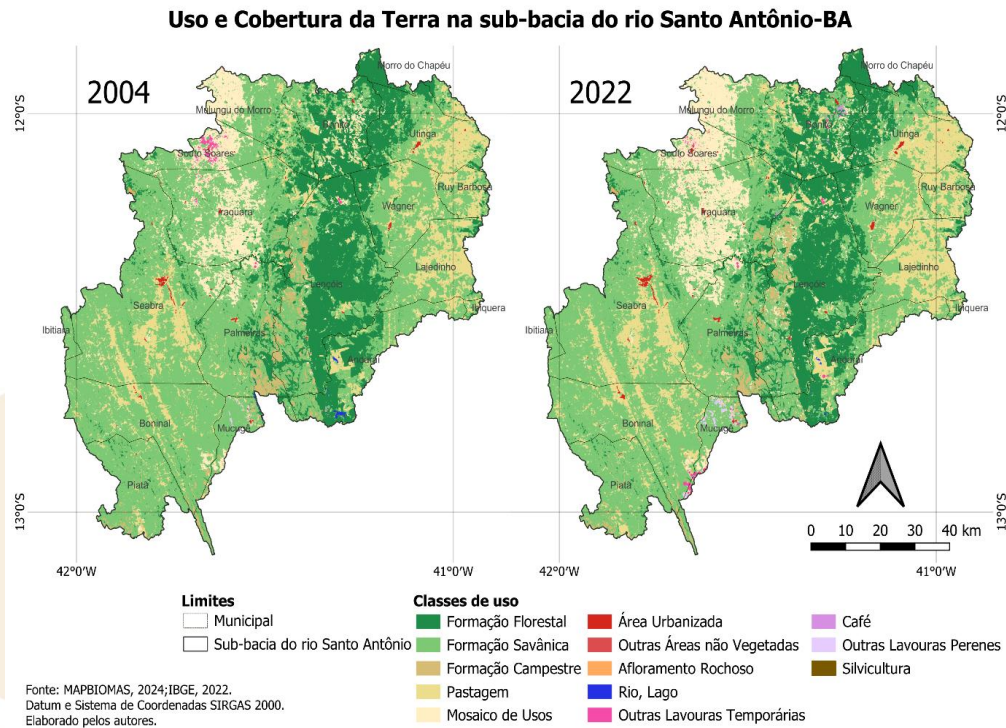


Figura 7 – Uso da terra em 2004 e 2022.
 Fonte: Mapbiomas, 2024; IBGE, 2022. Produção dos autores, 2025.

Em toda sub-bacia, no ano de 2023, foram 890 outorgas – 16 captações em espelho d’água, 181 em cursos d’água e 693 em poços - que totalizam 5,17 m³/s em volume de água (INEMA, 2024). Desse total, 4,34 m³/s são destinados à atividade de irrigação, que corresponde a 84,04% do volume de água captado em toda a sub-bacia. Esses números referem-se às captações de água legalizadas, mas em toda a sub-bacia podem existir captações não autorizadas. Um estudo publicado recentemente no periódico *Nature Communications* “*Widespread potential for streamflow leakage across Brazil*” (Arantes, 2025) apontou que mais da metade dos rios brasileiros pode sofrer redução no fluxo devido à transferência de água para os aquíferos e que o bombeamento para irrigação está entre os principais fatores e, ainda, que mais de 88% dos poços operam em condições ilegais. É possível que essa situação pode estar acontecendo há algum tempo na SBHRSA e que tenha sido agravada na última década pela diminuição ocorrida nos índices de precipitação e vazão e que essas duas situações somadas tenham contribuído para a ocorrência de conflitos.

Em uma reportagem do Jornal Folha da Chapada (2017), agricultores entrevistados atribuíram a falta de água no curso do rio Utinga à intensa captação de água para a irrigação de banana, planta que necessita de 40 litros de água por dia para manter a produtividade. Em outro artigo, desta vez da CPT (2018), agricultores afirmaram que o rio Utinga, um dos principais afluentes do rio Santo Antônio, está ameaçado “devido ao

uso desregrado e insustentável praticado pelo agronegócio” e que o rio havia secado pela sétima vez, por mais de 30 dias, em dois anos. Em reportagem do Jornal Correio, Georgina Maynard (2019) afirmou que, de acordo com estimativas de entidades e órgãos consultados pelo jornal, havia “um o percentual de clandestinidade na captação de águas superficiais, sugadas diretamente na calha do rio, chega a 98% das propriedades”. Além da captação irregular de águas fluviais, essas estimativas apontaram em seus levantamentos que “apenas num perímetro de 40 quilômetros, entre a nascente e a cidade de Wagner, existem cerca de 500 poços artesianos clandestinos”.

Arantes (2025) destaca a perfuração indiscriminada de poços para irrigação agrícola ou consumo privado, além de comprometer seriamente a vazão dos rios, afetando a disponibilidade de água pode causar a subsidência do solo. A retirada excessiva de água do rio para irrigação deixa a população sem acesso à água e contraria as diretrizes da Lei 9433/97, que determina que em situação de escassez deve-se priorizar o uso da água para consumo humano e dessedentação animal (BRASIL, 1997). Além de não obedecer ao que está definido em lei, todas as vezes que o rio seca, compromete o ambiente natural do qual dependem diversos animais. Ao longo do tempo essa situação está se agravando.

A partir do ano de 2017, foram registrados na SBHRSA 90 conflitos relacionados ao uso da água. A maior parte deles (82) ocorreu por apropriação particular e ocasionou a diminuição de acesso à água por parte da população (CPT, 2023) e aconteceu às margens do rio Utinga. Foram 4 conflitos em janeiro; 5 em fevereiro; 21, em maio; 16, em setembro; e, 36, em outubro. As vazões dos meses de ocorrência desses conflitos são mostradas na Tabela 2. Em estudo realizado sobre os conflitos socioambientais registrados nessa região, Oliveira, Jesus e Júnior (2022, p.536) afirmam que eles decorrem da expansão de áreas cultivadas cuja demanda hídrica é muito alta, como banana e mamão.

Quando observados a média das vazões mínimas da série histórica, que foi de 3,3 m³/s, a média das vazões mínimas mensais do período 1948-2023 (Figura 8) e os meses de ocorrência dos conflitos registrados, claramente se percebe a relação entre eles. No mês de janeiro foram 5 conflitos registrados; em fevereiro, 5; em abril, apenas 1; em maio, 21; em julho, 3; em setembro, 17; e, em outubro, 33. A maior quantidade de conflitos ocorreu nos meses de setembro e outubro quando a vazão dos rios é menor.

Tabela 2 - Meses e anos de ocorrência de conflitos pelo uso da água na sub-bacia do rio Santo Antônio-BA entre 2017 e 2021.

Mês e ano dos conflitos	Vazão Mensal		
	Máxima	Média	Mínima
Fevereiro, 2017	5,9	2,6	1,3
Setembro, 2017	19,4	7,9	2,6
Janeiro, 2018	15,8	5,6	2,1
Outubro, 2018	7,2	1,8	0,3
Maio, 2019	10,5	10,7	4,4
Outubro, 2021	93	24,6	1,6

Fonte: ANA, 2023. Elaborado pelos autores, 2025.

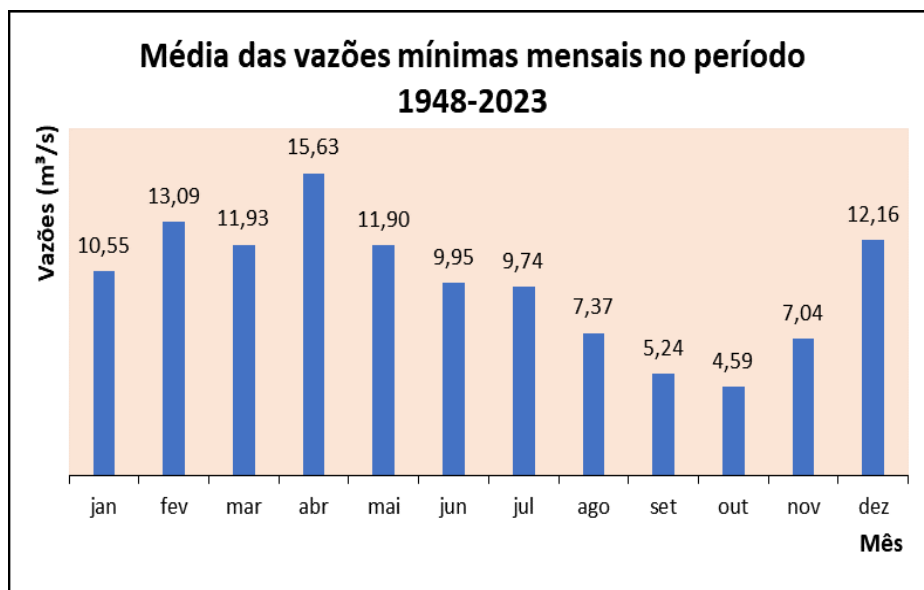


Figura 8 - Médias mínimas mensais de vazões.
Fonte: ANA, 2023. Produção dos autores, 2025.

Os conflitos registrados pela CPT ocorreram em momentos em que as vazões mínimas anuais registradas estavam bem abaixo das médias mínimas mensais registradas. E, ao analisar essa informação com as vazões anuais, percebe-se que entre 2017 e 2021, as vazões estavam muito abaixo da média de 27,2 m³/s, exceto em outubro de 2021. Em 2017 e 2019, a vazão anual mínima foi de 0,8 m³/s, em 2018 foi 0,3 m³/s, em 2020 foi de 3,4 m³/s e em 2021 foi de 1,5 m³/s. Quando comparada às médias anuais das vazões mínimas, essa relação fica ainda mais evidente.

Considerando o valor de $Q_{90} = 1,53 \text{ m}^3/\text{s}$ e $Q_0 = 767,53 \text{ m}^3/\text{s}$, no período de 1948 a 2023, a firmeza da garantia hídrica foi calculada utilizando a fórmula: $F = (Q_{90} \times 100) / Q_0$, se obtendo o valor 0,2% para a Estação fluviométrica 51190000. Indicando que a predominância de conflito acontece pelo uso da água, nos arredores da Estação 51190000.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Na SBHRSA, prevalecem baixas vazões. Apenas em 20% do tempo as vazões médias estiveram acima da média de 27,2 m³/s.
- Os resultados mostram que os valores de vazão que prevalecem no rio Santo Antônio registrados na Estação 51190000 são de 1,53 m³/s para a Garantia Hídrica de 90%, e que em 60% do tempo no período 01-1948/12-2023 as vazões registradas foram menores que 5,83 m³/s. Se considerar que o valor outorgado para a irrigação em 2023 foi de 4,34 m³/s, que corresponde a 83,9 % de 5,17 m³/s, valor outorgado oficialmente em 2023, sobrou apenas 0,83 m³/s para os demais usos – abastecimento público, consumo humano, criação animal, esgotamento sanitário, indústria e serviços. A vazão média em 2023 foi de 15,7 m³/s, subtraindo os 5,17 m³/s outorgados, sobraram 10,53 m³/s e esse número corresponde ao que ficou para a manutenção do ecossistema fluvial e à contribuição de vazão para o rio Paraguaçu.
- Os conflitos por diminuição do acesso à água, registrados pela CPT entre 2017 e 2021, ocorreram em períodos de baixa vazão, abaixo da média histórica de 27,2 m³/s (VMA) e da média mínima de 3,3 m³/s, evidenciando a relação direta entre essas disputas e a disponibilidade hídrica na SBHRSA. Com

exceção do conflito de maio de 2019, que o conflito acontece numa vazão acima da vazão mínima (4,4 m³/s).

- As bacias hidrográficas são sistemas ambientais e unidades naturais que integram fatores naturais, econômicos e político-administrativos. A gestão baseada nessas unidades territoriais orienta a conservação e o uso sustentável da água e do solo, promovendo uma visão sistêmica e integrada que favorece tanto a proteção dos recursos hídricos quanto o desenvolvimento sustentável. Além disso, essa abordagem permite prevenir problemas ambientais decorrentes das atividades humanas, como a poluição e a escassez de água. Nesse contexto, a fiscalização da captação hídrica e o monitoramento constante da vazão dos rios são fundamentais para garantir uma administração eficaz das bacias. Também é crucial considerar os impactos do uso do solo e as variações climáticas, assegurando a sustentabilidade hídrica e ambiental em longo prazo. Assim, a gestão deve abranger tanto as águas superficiais quanto as subterrâneas, por meio de um monitoramento hidrogeológico mais eficiente e efetivo.

- A predominância de conflitos nos arredores da Estação 51190000, pelo uso da água, se justifica quando analisamos que se trata de uma sub-bacia inserida no bioma Caatinga e com clima semiárido.

AGRADECIMENTOS

À FAPESB pelo apoio financeiro no desenvolvimento da pesquisa. A todos os integrantes do grupo de estudo Observatório das Águas da Bahia (OBA). Àqueles que de alguma forma contribuíram para a realização da pesquisa de mestrado sobre a SBHRSA.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Brasil (2023). *HidroWeb – Séries Históricas*. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 11 mar. 2023.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ARANTES, José Tadeu. Superexploração das águas subterrâneas está comprometendo a vazão dos rios no Brasil. **Um Só Planeta**, 8 fev. 2025. Disponível em: <https://umsoplaneta.globo.com/energia/noticia/2025/02/08/superexploracao-das-aguas-subterraneas-esta-comprometendo-a-vazao-dos-rios-no-brasil.ghhtml>. Acesso em: 2 mar. 2025.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 11 mar. 2025.

COMISSÃO PASTORAL DA TERRA (CPT). Manifestantes fecham BR 242 na Chapada Diamantina em favor do rio Utinga que seca pela 7ª vez em dois anos. Comissão Pastoral da Terra, 22 out. 2018. Disponível em: <https://www.cptnacional.org.br/publicacoes/noticias/conflitos-no-campo/4520->

manifestantes-fecham-br-242-na-chapada-diamantina-em-favor-do-rio-utinga-que-seca-pela-7-vez-em-dois-anos. Acesso em: 11 mar. 2025.

COMISSÃO PASTORAL DA TERRA (CPT). Conflitos pela Água. *CPT Nacional*, 2025. Disponível em: <https://www.cptnacional.org.br/downlods/category/6-conflitos-pela-agua>. Acesso em: 11 mar. 2023.

E.M. FOCO. Governo alerta brasileiros sobre possível escassez hídrica no Brasil. *Estado de Minas*, Belo Horizonte, 28 fev. 2025. Disponível em: <https://www.em.com.br/emfoco/2025/02/28/governo-alerta-brasileiros-sobre-possivel-escassez-hidrica-no-brasil/>. Acesso em: 2 mar. 2025.

FOLHA DA CHAPADA. Chapada Diamantina: Rio Utinga pede Socorro! Folha da Chapada, 22 mar. 2017. Disponível em: <https://folhadachapada.com.br/chapada-diamantina-rio-utinga-pede-socorro/>. Acesso em: 11 mar. 2025.

GONÇALVES M. J. de S. e SANTOS J. M. dos. 2025. Modelo de Gestão Hídrica Para Rios Perenes: Outorga Sazonal – Brasil. **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**. Disponível em: Vista do MODELO DE GESTÃO HÍDRICA PARA RIOS PERENES: OUTORGA SAZONAL- BRASIL Acesso em: 16/03/2025.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICO-INEMA. Bahia. Planilha de Outorgas do ano 2023. Dados fornecidos pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2024. Uso restrito.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICO-INEMA. Bahia (2019a). Arquivo vetorial de recursos hídricos Massa D'água. Mapeamento Trecho Massa D'água do Estado Bahia. Vetor 1:50.000 – 2019. Disponível em: <http://mapa.geobahia.ba.gov.br/>. Acesso em: 11 mar. 2023.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICO-INEMA. Bahia (2019b). Arquivo vetorial de Trecho de drenagem. Mapeamento Trecho Massa D'água do Estado Bahia. Vetor 1:50.000 – 2019. Disponível em: <http://mapa.geobahia.ba.gov.br/>. Acesso em: 11 mar. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Brasil (2022). *IBGE Cidades e Estados*, 2025. Dados Populacionais. Censo Demográfico 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba.html>. Acesso em: 11 mar. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Brasil (2021). Bases Cartográficas Contínuas – Brasil. *IBGE*, 2025. Versão 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=downloads>. Acesso em: 11 mar. 2022.

MAPBIOMAS. Coleção 9 – **Mapeamento Anual da Cobertura e Uso da Terra no Brasil**. *MapBiomias*, 2025. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 11 ago. 2024.

MAYNART, Georgina. Disputa por água ameaça empregos e produção de alimentos na Chapada. *Correio 24 Horas*, 2 dez. 2019. Disponível em: <https://www.correio24horas.com.br/sustentabilidade/disputa-por-agua-ameaca-empregos-e-producao-de-alimentos-na-chapada-1219>. Acesso em: 11 mar. 2025.

OLIVEIRA, A. K. N.; DE JESUS, T. B.; FERRARO JUNIOR, L. A. Disputas por água na sub-bacia do rio Utinga: *Water disputes in the Utinga river sub-basin. Studies in Environmental and Animal Sciences*, [s.l.], v. 3, n. 3, p. 533–540, 2022. DOI: 10.54020/seasv3n3-005. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/seas/article/view/690>. Acesso em: 11 mar. 2025.

PIRES, José Salatiel Rodrigues; SANTOS, José Eduardo dos; DEL PRETTE, Marcos Estevan. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio F. M. (Eds.). *Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações*. Ilhéus, BA: **Editus**, 2002. p. 293.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches; DEL PRETTE, Marcos Estevan. RECURSOS HÍDRICOS E AS BACIAS HIDROGRÁFICAS: ÂNCORAS DO PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, Brasil, v. 12, p. 89–121, 2011. DOI: 10.7154/RDG.1998.0012.0005. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53736>. Acesso em: 2 mar. 2025.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. *Planejamento Ambiental: teoria e prática*. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2004.

TUCCI, Carlos E. M.; MENDES, Carlos André. *Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica*. Brasília: Ministério do Meio

CARACTERIZAÇÃO DE AQUÍFERO POR MODELAGEM GEOFÍSICA INVERSA COM DADOS ELÉTRICOS E GRAVIMÉTRICOS

AQUIFER CHARACTERIZATION BY GEOPHYSICAL INVERSION USING ELECTRICAL AND GRAVIMETRIC DATA

Annie Gabrielle de Oliveira Silva

E-mail: annie.gabrielle.silva@gmail.com

Alanna Costa Dutra

E-mail: alannacd@ufba.br

Wilson Mouzer Figueiró

E-mail: figueiro6@gmail.com



Resumo

Este trabalho propõe uma abordagem de inversão conjunta para a caracterização hidrogeológica de aquíferos fraturados e porosos, simulados em um ambiente tectônico com estruturas de horst e fossas sedimentares. Foram utilizados dados sintéticos de eletrorresistividade (arranjo dipolo-dipolo) e de gravimetria, com 44 e 10 pontos de medição, respectivamente. A modelagem considerou propriedades físicas como resistividade e densidade, associadas a litologias distintas. A inversão conjunta foi conduzida por meio das metodologias Metropolis e Steepest Descent, permitindo integrar informações complementares para reduzir ambiguidades geofísicas e melhorar a resolução dos modelos. A eletrorresistividade mostrou-se eficaz na diferenciação de materiais saturados, enquanto a gravimetria contribuiu com variações de densidade associadas à presença de aquíferos. Os resultados indicam que a combinação dos métodos potencializa a interpretação estrutural e a delimitação de zonas aquíferas, destacando o valor da integração geofísica em contextos hidrogeológicos complexos.

Palavras-chaves: Aquífero; Modelagem; Inversão; Eletrorresistividade; Gravimetria.

Abstract

This work proposes a joint inversion approach for the hydrogeological characterization of fractured and porous aquifers, simulated in a tectonic environment with horst structures and sedimentary trenches. Synthetic data of electrical resistivity (dipole-dipole array) and gravimetry were used, with 44 and 10 measurement points, respectively. The modeling considered physical properties such as resistivity and density, associated with distinct lithologies. The joint inversion was conducted using the Metropolis and Steepest Descent methodologies, allowing the integration of complementary information to reduce geophysical ambiguities and improve model resolution. Electrical resistivity proved to be effective in differentiating saturated materials, while gravimetry contributed to density variations associated with the presence of aquifers. The results indicate that the combination of methods enhances the structural

interpretation and delimitation of aquifer zones, highlighting the value of geophysical integration in complex hydrogeological contexts.

Keywords: Aquifer; Modeling; Inversion; Electrical resistivity; Gravimetry.

1-INTRODUÇÃO

A compreensão dos aquíferos é fundamental para a gestão sustentável dos recursos hídricos, especialmente em regiões onde a disponibilidade de água subterrânea é crítica para o abastecimento humano, agrícola e industrial. A geofísica atua como uma ferramenta investigativa que, por meio dos seus métodos indiretos, detecta e delinea características locais de interesse potencial que não poderiam ser descobertas sem uma grande quantidade de onerosas perfurações.

A presente pesquisa investiga um ambiente geológico caracterizado por aquíferos fraturados em estruturas de horst, além de aquíferos porosos resultantes da sobreposição de sedimentos sobre estruturas tectônicas de fossas. Foi adotada uma abordagem metodológica que integra a modelagem de dados sintéticos de eletrorresistividade e gravimetria dos ambientes mencionados, a inversão conjunta dos dados e a interpretação dos resultados.

A gravimetria e a eletrorresistividade são métodos com diversas aplicações, dentre elas os estudos ambientais. No contexto da água subterrânea, os métodos geoeletricos são particularmente eficazes na identificação da estrutura de resistividade do subsolo, permitindo distinguir entre água doce e água salgada, aquíferos arenosos (em rochas pouco consolidadas) e materiais argilosos, além de diferenciar aquíferos porosos (ou fraturados em rochas duras) de zonas argilosas de baixa permeabilidade. Também se destacam na separação entre rochas fraturadas portadoras de água e suas rochas hospedeiras mais compactas. De forma complementar, o método gravimétrico é capaz de detectar pequenas variações gravitacionais que podem indicar a presença de aquíferos, especialmente em ambientes onde há contraste significativo de densidade entre rochas saturadas e secas. Além disso, essa técnica é particularmente eficiente para identificar variações de densidade entre o embasamento cristalino e sedimentos porosos saturados, fornecendo informações relevantes sobre a profundidade, extensão e geometria dos aquíferos (Kirsch, 2006).

Métodos geofísicos sofrem intrinsecamente com o problema da ambiguidade. Tal fato ocorre devido a diferentes propriedades físicas do subsolo poderem produzir respostas observadas muito semelhantes ou até indistinguíveis nos dados geofísicos. Dessa maneira, é altamente recomendado o uso de, pelo menos, mais de uma técnica para a redução da incerteza. Cabe destacar, neste contexto, investigações que aplicaram os mesmos métodos geofísicos por meio de distintas abordagens metodológicas, evidenciando o valor da complementaridade entre técnicas. O estudo de Santos et al. (2006) constitui um estudo pioneiro, ao empregar a modelagem inversa de dados eletrorresistivos e gravimétricos para caracterizar estruturas geológicas e recursos hídricos no Sinai, Egito. Outros trabalhos que seguiram direções semelhantes incluem: Represas (2009), com estudos no Sinai e em Chaves (Portugal); Sultan et al. (2010), que mapeou o embasamento e zonas aquíferas no Cairo; e Pedrosa Júnior (2010), que aplicou essas técnicas em áreas com baixa resolução sísmica na Bacia do Potiguar.

A modelagem geofísica inversa utiliza os dados de campo em conjunto com princípios físicos ou teorias para estimar modelos de propriedades físicas do subsolo,

promovendo o ajuste entre curvas observadas e calculadas. O objetivo é encontrar a configuração de subsuperfície que melhor explica os dados medidos. As curvas calculadas são geradas por equações físicas que fazem modelagem quantitativa. As metodologias empregadas para a resolução de problemas inversos podem ser subdivididas em abordagens de escopos global e local. As chamadas abordagens de escopo global exploram um conjunto amplo de possibilidades, como quem busca entender um território desconhecido. Já os métodos de escopo local partem de uma ideia inicial e ajustam os parâmetros passo a passo, refinando o modelo até que ele produza dados calculados que se aproximem dos dados observados. Por fim, a inversão conjunta permite integrar dois ou mais tipos de dados geofísicos ao mesmo tempo, combinando informações complementares, como a resistividade elétrica e a variação de densidade, para obter uma imagem mais coerente e detalhada do ambiente subterrâneo.

Neste trabalho, dados geoeletricos e gravimétricos foram invertidos conjuntamente, gerando modelos individuais que são, posteriormente, integrados em um modelo único. A modelagem de dados sintéticos foi realizada com base em 10 pontos de medidas gravimétricas e 44 para o método eletrorresistivo, utilizando a técnica de caminhamento elétrico com arranjo dipolo-dipolo, resultando em uma visualização 2D das propriedades físicas. A inversão conjunta foi aplicada utilizando-se dois métodos: o Metropolis e o *Steepest Descent*.

2- MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Nesta seção, descrevem-se os métodos geofísicos utilizados, abordando a teoria básica dos métodos elétricos e gravimétricos, explicam-se os fundamentos básicos dos problemas inversos e apresentam-se as equações empregadas na inversão conjunta com o uso da lei de Archie. Também são detalhados o modelo geológico adotado e o procedimento de geração dos dados sintéticos.

2-1 Método eletrorresistivo

Todos os métodos eletrorresistivos implicam na injeção de uma corrente elétrica artificial no solo, por meio de eletrodos dispostos em sua superfície. Isso permite a aferição da diferença de potencial resultante, que é então usada para determinar a resistividade aparente das camadas subsuperficiais (Telford et al., 2004).

A resistividade de um material é uma característica que varia significativamente entre diferentes tipos de substâncias. A maioria dos minerais que compõem as rochas possuem alta resistividade, de maneira que a condução da eletricidade das rochas ocorre, em sua maioria, por processos eletrolíticos. Fluidos condutores que preenchem os poros da rocha são responsáveis pela condução elétrica em subsuperfície tornando, dessa forma, a porosidade um fator determinante para a determinação da resistividade.

A modelagem elétrica deste trabalho foi realizada usando o arranjo dipolo-dipolo, sobre o qual os eletrodos de corrente A e B permanecem fixos e espaçados de uma distância x , enquanto apenas os eletrodos de potencial M e N , são deslocados por uma distância nx . Além disso foi utilizada a técnica de caminhamento elétrico, em que os eletrodos de corrente e os de potencial são mantidos a uma separação fixa e progressivamente movidos ao longo da direção da linha de investigação, como pode ser verificado na Figura 1.

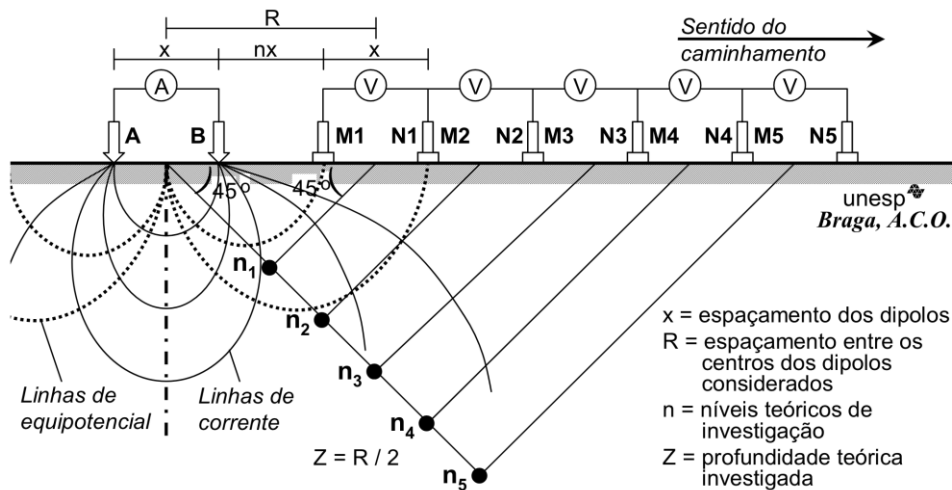


Figura 1 – Caminhamento elétrico feito com arranjo dipolo-dipolo.
 Fonte: Braga (2006).

Para o modelo geoeletrico escolhido, representado na Figura 2, descrito por uma sucessão de estratos horizontais separados por interfaces elétricas (de diferentes resistividades) também horizontais, a resistividade aparente (σ_a) pode ser calculada pela equação:

$$\sigma_a = \left(\frac{\Delta V}{I}\right)K, \quad (1)$$

onde o ΔV é a diferença de potencial entre os eletrodos, I é a corrente elétrica aplicada durante a aquisição, a representa o espaçamento entre os eletrodos de corrente, que também é o mesmo espaçamento entre os eletrodos de potencial, e $K = \pi a n(n + 1)(n + 2)$ é o fator geométrico sobre o qual depende da estrutura do arranjo de campo utilizado. Para o cálculo de ΔV , utiliza-se uma equação mais complexa, sobre a qual se leva em consideração a influência da resistividade e das espessuras de todas as camadas do modelo, tornando a equação de resistividade aparente uma estrutura recursiva. Esta equação é resolvida iterativamente ao longo do processo de inversão.

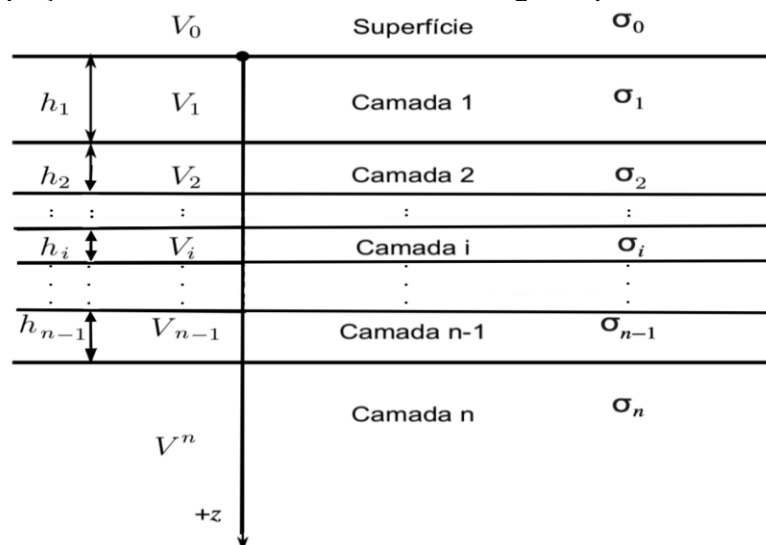


Figura 2 – Modelo geoeletrico de n camadas paralelas separadas por interfaces elétricas horizontais. Fonte: Adaptado de Borja (2018).

2-2 Método gravimétrico

O método gravimétrico utiliza medições das variações no campo gravitacional terrestre para obter informações sobre a subsuperfície. Espera-se que seja possível localizar massas mais ou menos densas do que as formações adjacentes e entender sobre as irregularidades do campo terrestre (Telford et al., 2004). As anomalias de gravidade detectadas devem-se às variações laterais de densidade dos materiais dentro do ambiente geológico. Assim, as curvas gravimétricas representam o contraste de densidade entre um corpo rochoso (de densidade ρ_1) e as rochas encaixantes (de densidade ρ_2). Portanto,

$$\Delta\rho = \rho_1 - \rho_2. \quad (2)$$

A modelagem gravimétrica deste trabalho foi realizada utilizando a discretização de subsuperfície por prismas homogêneos e de comprimento infinito em uma das direções horizontais como apresentados nas Figuras 3, 4 e 5.

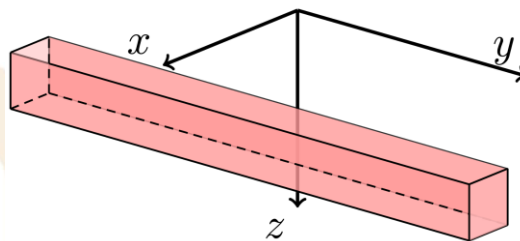


Figura 3 – Prisma infinitamente horizontal na direção y .

Fonte: Silva (2025).

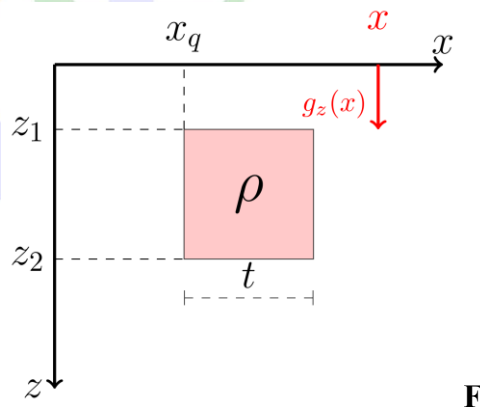


Figura 4 – Parâmetros do prisma.

Fonte: Silva (2025).

A equação que descreve a anomalia gravimétrica vertical $g_z(x)$ de um prisma é descrita por Luiz e da Costa e Silva (1995) como:

$$g_z(x) = 2G\rho \left\{ \frac{(x - x_q)}{2} \cdot \ln \left(\frac{z_2^2 + (x - x_q)^2}{z_1^2 + (x - x_q)^2} \right) + \frac{[(x - x_q) - t]}{2} \cdot \ln \left(\frac{z_1^2 + [(x - x_q) - t]^2}{z_2^2 + [(x - x_q) - t]^2} \right) - z_2 \left[\arctan \left(\frac{(x - x_q) - t}{z_2} \right) - \arctan \left(\frac{x - x_q}{z_2} \right) \right] + z_1 \left[\arctan \left(\frac{(x - x_q) - t}{z_1} \right) - \arctan \left(\frac{x - x_q}{z_1} \right) \right] \right\}. \quad (3)$$

A abordagem escolhida envolve a discretização de subsuperfície em 60 prismas homogêneos. Seus parâmetros são: z_1 é a profundidade do topo, z_2 é a profundidade da base, t é a espessura, x_q é a coordenada horizontal do vértice superior esquerdo, e ρ é o contraste de densidades. Dessa forma, a anomalia gravimétrica do modelo discretizado é dada por:

$$g_z(x) = \sum_{i=1}^{60} g_i(x). \quad (4)$$

2-3 Problemas Inversos

A teoria inversa é um conjunto de técnicas matemáticas organizadas para transformar dados visando obter conhecimento sobre o mundo físico com base em inferências retiradas de observações (Menke, 2013). Portanto, a inversão geofísica visa estimar propriedades físicas da subsuperfície terrestre combinando as observações empíricas com princípios ou teorias da física. As metodologias empregadas para a resolução de problemas inversos podem ser subdivididas em abordagens local e global (Figura 6).

Os métodos de inversão com escopo global exploram soluções em uma ampla gama de modelos de propriedades físicas. Em termos iterativos, parte-se de um modelo inicial distante do modelo geológico alvo, geralmente isto ocorre devido à falta de informações prévias (como dados de poço, mapas geológicos, outros dados geofísicos e etc.) antes do início das gerações dos modelos. Já os métodos de escopo local se concentram em buscar modelos próximos à um modelo alvo que representa um possível modelo geológico real. O uso de metodologias locais está sempre relacionado a um maior conhecimento geológico da área de estudo. [10]

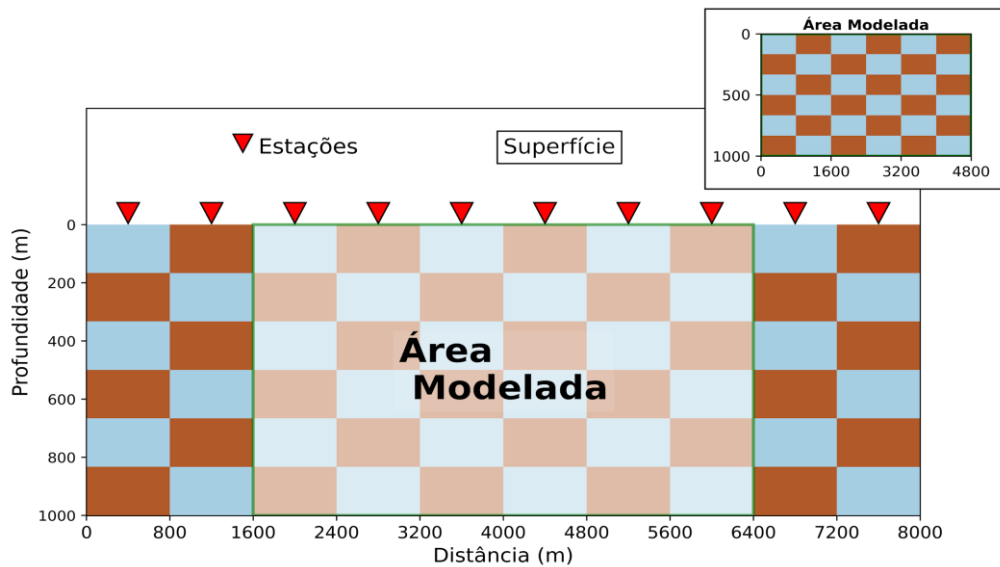


Figura 5 – Malha gravimétrica de 60 prismas.
 Fonte: Silva (2025).

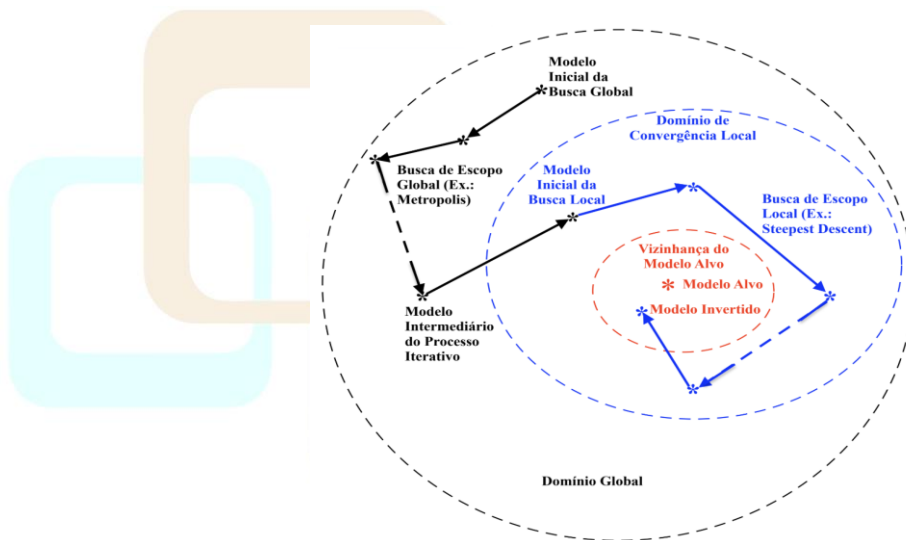


Figura 6 – Processo de inversão envolvendo métodos de escopos global e local.
 Fonte: Silva (2025).

O método Metropolis é uma variante do método Monte Carlo (Metropolis & Ulam, 1949) para a resolução de problemas do tipo $g(M) = d$ (onde: d é o dado observado, M é o modelo incógnito, e g representa um relacionamento físico-matemático) que permite o escape de mínimos locais no decorrer do processo iterativo que o define. Trata-se, também, de um método de geração de modelos pseudo-aleatórios segundo uma regra probabilística que é capaz de alterar significativamente tendências algorítmicas guiadas por funções otimizadoras. Em termos resumidos, tal algoritmo segue os seguintes passos: (i) gera-se um modelo inicial pseudo-aleatório M ; (ii) obtêm-se um modelo N a partir da perturbação dos parâmetros de M ; (iii) verifica-se algum critério de parada, que, se satisfeito, faz-se do modelo corrente a solução do problema e encerra-se

a busca dirigindo-se para (viii); (iv) escolhe-se N como novo modelo corrente, caso a distância de d a $g(N)$ seja menor do que a de d a $g(M)$, neste caso atribui-se os parâmetros de N a M , e retorna-se a (ii); (v) caso contrário, gera-se um número pseudo-aleatório A entre 0 e 1; (vi) se $A < P(N)/P(M)$ (onde P representa alguma função de probabilidade), então M recebe os parâmetros de N e retorna-se a (ii); (vii) Retorna-se para (ii); (viii) fim.

O método do decrescimento mais rápido, *Steepest Descent (SDM)*, utiliza a noção de que o gradiente de uma função aponta no sentido de seu maior crescimento. Ao realizar uma inversão, cria-se uma função (também chamada de função objetivo ou FO) que relaciona todos os parâmetros do modelo de propriedade física (que representam propriedades físicas do meio geológico, tais como: as resistividades e as espessuras das camadas e as densidades de rochas, e etc.) com o dado observado. O objetivo da FO é com o processo iterativo, encontrar valores para estes parâmetros que a minimizem, no sentido de se obter a melhor aproximação possível entre dados observados e calculados. No SDM, o uso do vetor gradiente negativo tem por propósito fazer o processo de busca iterativa tomar a direção de maior decrescimento da FO. Este tipo de método, com sua abordagem de escopo local, necessita de bons modelos iniciais e, com o auxílio do gradiente, promove a atualização de modelos correntes que são subtraídos de suas perturbações geradas pelo produto do vetor gradiente da FO por um fator escalar, que determina o tamanho de cada passo do processo iterativo.

2-4 Inversão conjunta, lei de Archie, modelo geológico e dados sintéticos

A literatura sobre inversão conjunta é crescente, mas ainda restrita quando comparada à amplitude de problemas geofísicos que poderiam se beneficiar dessa abordagem. De acordo com Haber e Oldenburg (1997), uma inversão é considerada conjunta quando ela é capaz de inverter simultaneamente o conjunto de dados combinados (d_1, d_2) e recuperar os modelos (m_1, m_2) , onde d_1 e d_2 são dados observados de diferentes naturezas (obtidos, por exemplo, por distintos métodos) correspondentes aos modelos m_1 e m_2 . Ou seja, a inversão ocorre de maneira síncrona para dois ou mais tipos de dado geofísicos, ao mesmo tempo, sendo capaz de gerar dois ou mais modelos de propriedades físicas distintas.

Haber e Oldenburg (1997) também destacam que existem muitos estudos sobre inversão de medidas geofísicas complementares, que tratam das mesmas propriedades físicas, mas a abordagem que trata de dados geofísicos díspares é muito menos explorada. Esta pesquisa busca preencher essa lacuna ao propor uma abordagem inédita que alia a integração de propriedades fracamente correlacionadas (resistividade e a densidade) com uma metodologia híbrida de inversão (que utiliza abordagens de escopo local e global), oferecendo uma alternativa para a caracterização hidrogeológica.

Atualmente, existem duas abordagens principais para a realização dessas modelagens inversas: o uso de atributos estruturais, os quais determinam, por exemplo, as mesmas interfaces para propriedades físicas distintas; e o uso da petrofísica ou da hidrologia para relacionar diferentes propriedades geofísicas.

Lei de Archie

Diante do supracitado, realizar uma inversão conjunta de dados elétricos e gravimétricos é um desafio visto que não existe nenhuma relação física direta que relacione as propriedades de densidade e de resistividade. Sendo assim, para solucionar esta problemática, foi utilizada a abordagem descrita por Santos et al. (2006), sobre a qual se realiza a inversão mediante a um vínculo petrofísico tendo como base a Lei de Archie (Archie, 1942), para rochas limpas que, com argila e métodos de baixa frequência ou DC, tal lei pode ser expressa por (Grant e West, 1965):

$$\sigma = a\sigma_w S_w^{-n} \phi^{-m}, \quad (5)$$

onde a , m , n são constantes empíricas, σ_w é a resistividade da água, ϕ é a porosidade fracionária, S_w é a quantidade fracionária de saturação de água nos poros e σ é a resistividade do meio. A densidade ρ de meios porosos parcialmente preenchidos com água é apenas a densidade ponderada por volume expressa por (Santos et al., 2006):

$$\rho = (1 - \phi)\rho_m + S_w \phi \rho_w, \quad (6)$$

onde ρ_w é a densidade da água e ρ_m é a densidade da matriz rochosa. Combinando ambas as equações descritas acima temos,

$$f(\sigma, \rho) = (1 - \phi)\rho_m + [a\sigma_w/\sigma \phi^{m-n}]^{1/n} \rho_w - \rho = 0. \quad (7)$$

Podemos simplificar a equação acima tornando as constantes m e n iguais, assim ficamos com a equação final para construção de modelos:

$$f(\sigma, \rho) = (1 - \phi)\rho_m + [a\sigma_w/\sigma]^{1/n} \rho_w - \rho = 0. \quad (8)$$

A partir da equação acima, foram criados modelos geológicos que foram usados na geração de dados sintéticos, e como modelos iniciais para a inversão tanto para a eletrorresistividade quanto para a gravimetria. Esses modelos iniciais foram usados como entrada para o algoritmo Metropolis e, os modelos resultantes dessa primeira inversão foram empregados como entrada para o algoritmo do SDM.

Modelo geológico

Nesta pesquisa utilizou-se, apenas, um modelo geológico como base para as inversões. Uma versão adaptada do modelo proposto por Santos et al. (2006) é ilustrada pela Figura 7. É apresentado um cenário geológico típico, com um embasamento tipo *horst*, coberto por camadas horizontais de sedimentos. O modelo é composto por três estratos, cada um com resistividades e densidades distintas. Reforça-se que a área invertida compreende, apenas, aquela demarcada na Figura 7.

Os parâmetros de Archie utilizados na elaboração dos modelos foram extraídos de (Grant e West, 1965) e (Lima de Lima, 2014), com a exceção do parâmetro σ_w , que foi obtido de (da Silva et al., 2017). Os valores adotados incluem: $a = 1$, $n = 2,4$, $\rho_m = 2200 \text{ kg/m}^3$ (densidade média das rochas da crosta terrestre), $\rho_w = 1250 \text{ kg/m}^3$ e $\sigma_w = 100 \Omega \cdot \text{m}$. A Tabela 1 apresenta o valor da porosidade ϕ , para as diferentes camadas do modelo geológico. Ela também apresenta os tipos de sedimentos característicos de cada camada, juntamente com os valores de referência adotados na construção do modelo. Os

valores de densidade foram obtidos de Telford et al. (2004), enquanto os de resistividade foram baseados em Braga (2006).

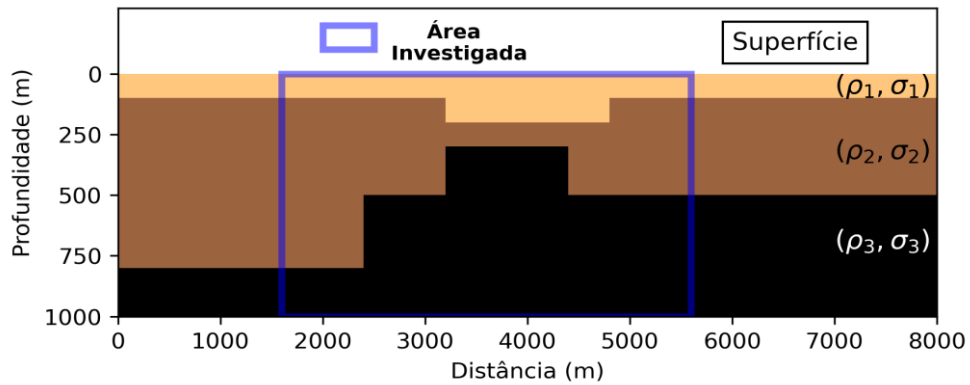


Figura 7 – Modelo geológico alvo.
Fonte: Silva (2025).

Tabela 1 – Parâmetros de Archie do modelo geológico.

Camada	Geologia	Propriedades	Valores de referência	Porosidade (%)
1	Areia	ρ_1 (kg/m^3)	1700 – 2300	37
		σ_1 ($\Omega \cdot m$)	100 – 3000	
2	Arenito	ρ_2 (kg/m^3)	1610 – 2760	50
		σ_2 ($\Omega \cdot m$)	80–200	
3	Calcário fino	ρ_3 (kg/m^3)	1930 – 2900	0
		σ_3 ($\Omega \cdot m$)	500 – 1000	

Fonte: Grant e West, 1965 e Lima de Lima, 2014. Os autores, 2025.

Devido as diferentes modelagens apresentadas, o ambiente geológico apresentou diferentes parametrizações. Consequentemente apresentou, também, modelagens distintas. Estas podem ser vistas nas Figuras 8 e 9.

Dados sintéticos

A estrutura de aquisição para os dados sintéticos é apresentada na Figura 10. Apesar da discretização ser feita em uma malha com 8 km de extensão horizontal e 1 km

de profundidade, o modelo considerado possui dimensões de 4,8 km por 1 km. Nenhum ruído foi adicionado aos dados.

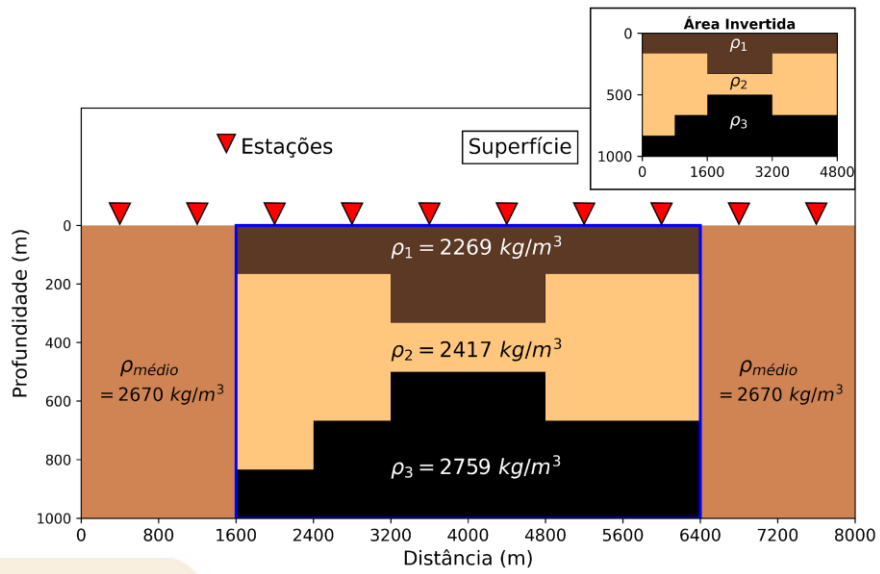


Figura 8 – Modelo gravimétrico.
 Fonte: Silva (2025).

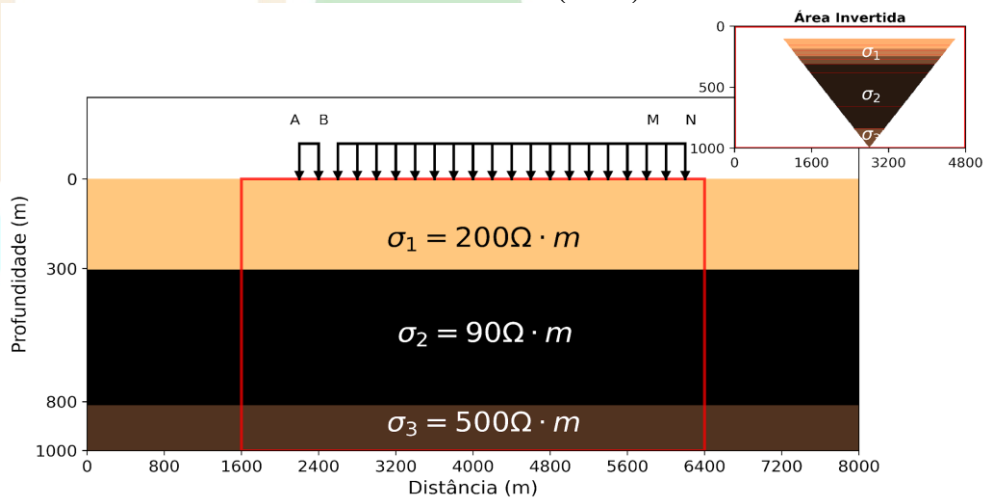


Figura 9 – Modelo elétrico.
 Fonte: Silva (2025).

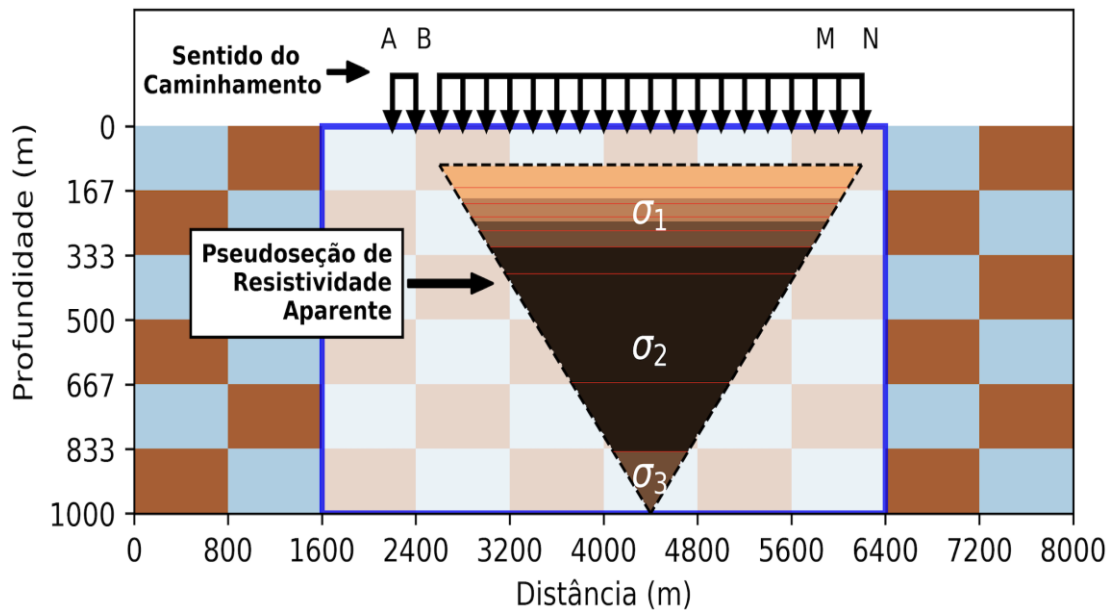


Figura 10 – Caminhamento elétrico em relação à malha gravimétrica.
Fonte: Silva (2025).

Os dados elétricos foram gerados a partir de duas linhas de caminhamento, uma da esquerda para a direita e outra no sentido oposto. A distância entre os eletrodos foi fixada em 200 metros, e cada linha contou com 19 níveis de medição. Trata-se de um estudo de natureza teórica, no qual a quantidade de níveis foi definida de modo a permitir que ambos os métodos geofísicos alcançassem uma profundidade de investigação equivalente (1.000 m), ainda que o método elétrico imponha desafios adicionais nesse aspecto.

Para a geração de dados gravimétricos foram utilizadas 10 estações gravimétricas distribuídas uniformemente em linha ao longo de uma extensão de 8 km, com um espaçamento de 800 m entre cada estação. Além disso, foi incorporada ao algoritmo uma organização crescente dos valores das densidades em cada coluna. Essa modificação não acarreta prejuízos teóricos, pois é bem estabelecido que as densidades aumentam em conformidade com a profundidade.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo geológico pode ser descrito com o modelo de propriedades físicas apresentados na Figura 11 e pode-se observar as diferentes parametrizações dadas para cada um dos métodos geofísicos. O modelo gravimétrico é ilustrado pelo colormap com uma barra de cores e o modelo elétrico é subdividido em camadas, sendo estas representadas por linhas horizontais com os valores de resistividades apresentados em seu centro.

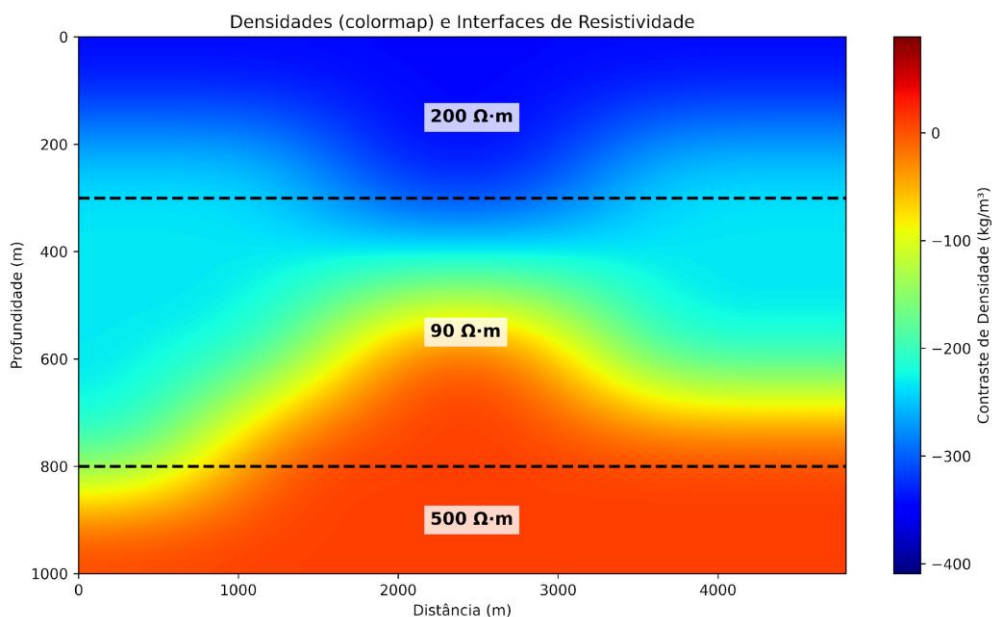


Figura 11 – Modelo de propriedades físicas (resistividade e densidade).
 Fonte: Os autores, 2025.

A Figura 12 representa o modelo inicial dado como entrada para o algoritmo Metropolis. Este é um modelo sem muitas informações prévias e é considerado um modelo relativamente distante do modelo de propriedades alvo apresentado na Figura 11. Tal padrão foi escolhido para testar a robustez do algoritmo global, sobre o qual teria que gerar, ao final, um modelo próximo ao geológico de propriedades físicas sem informações que facilitem essa aproximação. A representação das propriedades é dada, na eletroresistividade, por espessuras das camadas e valores de resistividade distantes. No que concerne a gravimetria, observa-se o modelo de estratos plano-paralelos com diminuição gradativa das densidades em profundidade.

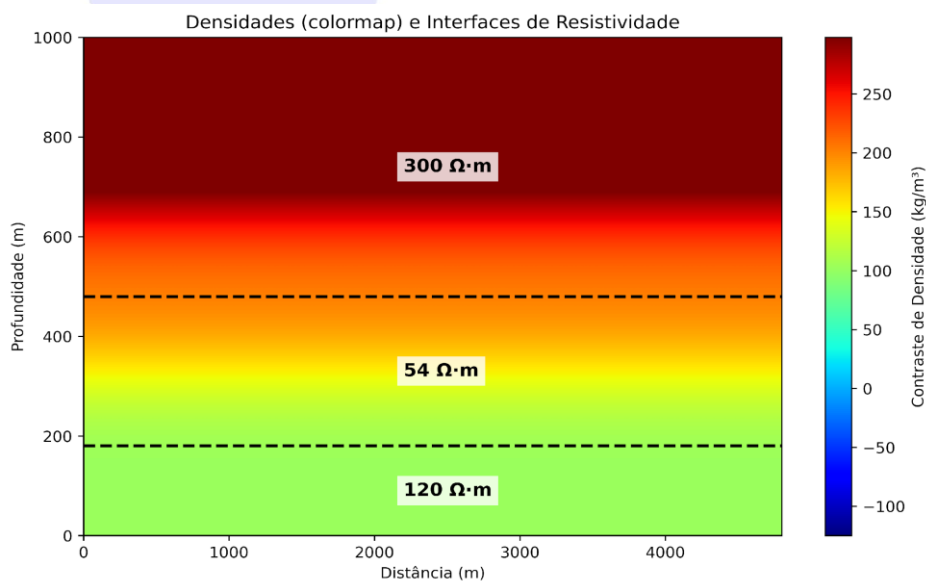


Figura 12 – Modelo inicial dado para a inversão Metropolis.
 Fonte: Os autores, 2025.

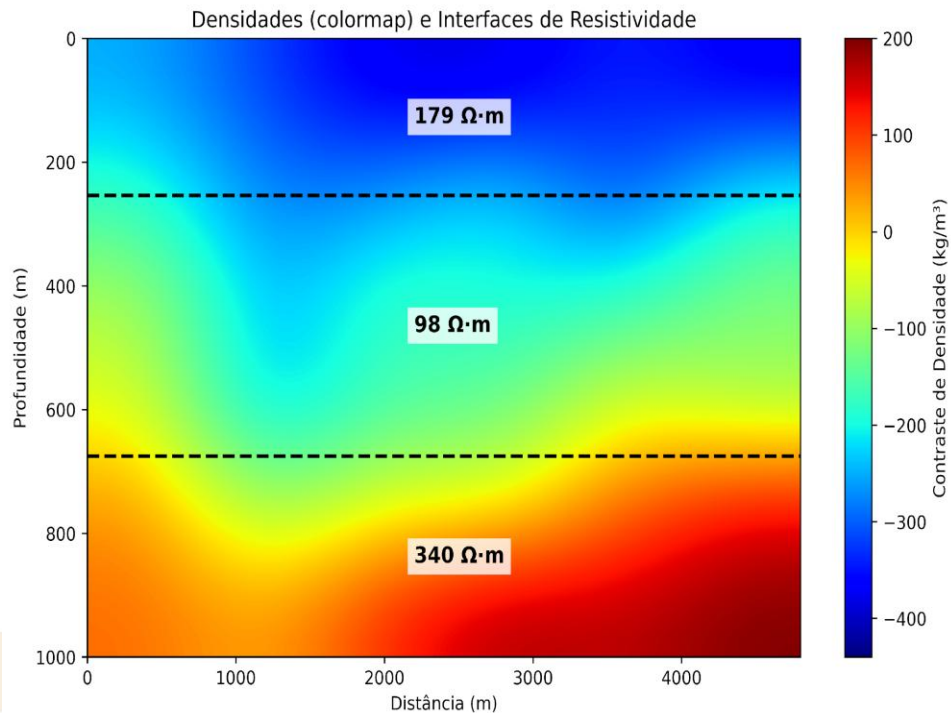


Figura 13 – Resultado do método Metropolis e entrada para o algoritmo SDM.
 Fonte: Os autores, 2025.

A Figura 13 retrata o resultado da inversão do método Metropolis usando como entrada o modelo inicial da Figura 12. O resultado da modelagem inversa aproximou-se do modelo geológico alvo de maneira satisfatória, tanto para a recuperação dos dados gravimétricos quanto para os dados elétricos. As densidades foram mais bem determinadas, conseguindo visualizar um modelo de 3 camadas com a intermediária apresentando o início do desenvolvimento de uma estrutura *horst*. Para as resistividades pode-se observar uma aproximação dos valores com os do modelo alvo, principalmente nas camadas superiores. O maior erro do modelo encontra-se principalmente na resistividade e na espessura da última camada, fato justificável, pois, à medida que a profundidade de investigação aumenta, o erro associado a essas medições tende a ser maior.

O resultado da última inversão com o método *Steepest Descent* é apresentado na Figura 14. Utiliza-se como modelo inicial aquele mostrado na Figura 13, o algoritmo convergiu para um modelo idêntico. Esse resultado sugere uma estagnação do processo iterativo, evidenciando limitações do método na geração de novos modelos a partir dessa configuração inicial.

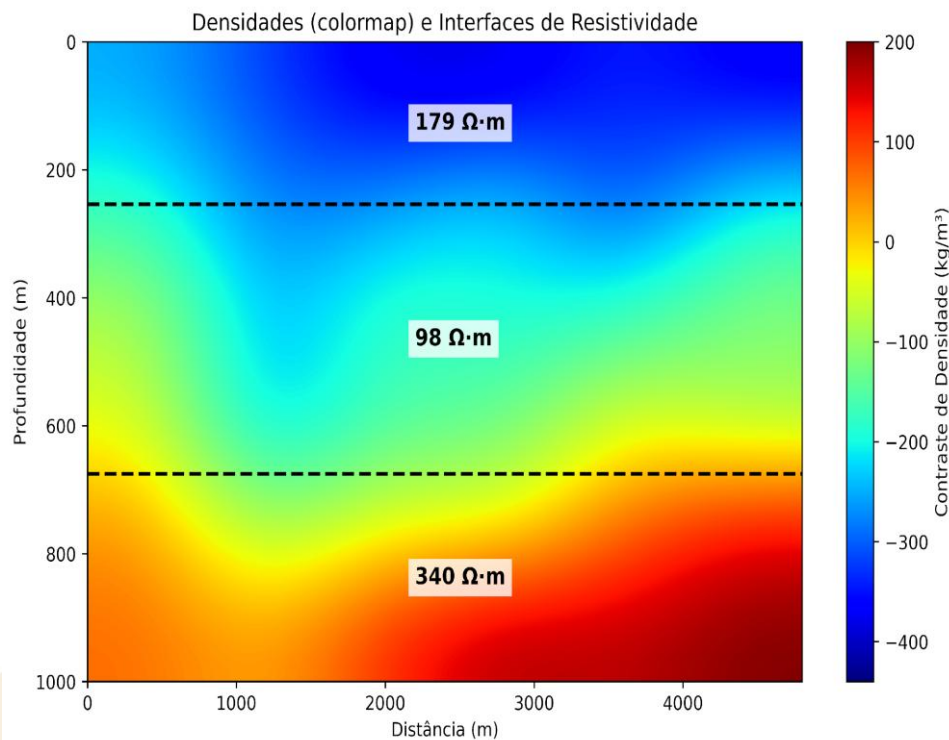


Figura 14 – Resultado do método SDM.

Fonte: Os autores, 2025.

4 - CONCLUSÕES

Os resultados preliminares indicam que a inversão conjunta dos dados gravimétricos e de eletrorresistividade oferece uma solução mais robusta na delimitação das interfaces de densidades e resistividades, quando comparada à aplicação isolada dos métodos. A distribuição dessas propriedades no meio geológico foi bem caracterizada, permitindo estimar a geometria de tais interfaces, bem como localizar zonas de armazenamento de água subterrânea.

Destaca-se que, dada a natureza preliminar deste estudo, ainda serão inseridos ruídos nos dados e testados novos modelos. Na geofísica, é comum utilizar uma abordagem em duas etapas, aplicando inicialmente um método de inversão de escopo global, mais genérico e abrangente, seguido por um método de escopo local, mais específico e refinado. Essa combinação visa melhorar a qualidade dos resultados e reduzir ambiguidades. No presente caso, a inversão inicial, baseada no método de Metrópolis, apresentou algumas limitações inerentes à geração de dados pseudo-aleatórios, o que justifica a necessidade de um método adicional mais específico para alcançar uma melhor resolução das propriedades do meio geológico. Em termos operacionais a metodologia proposta funcionou de modo satisfatório, embora necessite de aperfeiçoamentos para realizar inversões mais efetivas.

A metodologia proposta mostra-se promissora na aplicação a sistemas aquíferos, podendo ser adaptada a diferentes contextos geológicos e ambientais. No futuro, pretende-se validar os resultados com dados de campo e expandir o uso da metodologia para regiões de relevância hídrica.

AGRADECIMENTOS

Esse artigo constitui parte dos resultados encontrados pela autora em sua pesquisa de mestrado. Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Geofísica da UFBA pelo suporte acadêmico e à CAPES pela bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

ARCHIE, G. E. The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics. *Transactions of the AIME*, v. 146, n. 1, p. 54–62, 1942.

BORJA, M. S. Modelagem e Inversão de Eletrorresistividade 1D usando Fortran moderno: arranjos Wenner e Schlumberger. Salvador: Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

BRAGA, A. C. de O. Métodos Geométricos em Hidrogeologia. 1a. ed. Oficina de Textos, São Paulo, 2016.

DA SILVA, A. B.; DE BRITO, J. M.; DE ARAÚJO SILVA, R.; BRAZ, A. S.; DA SILVA FILHO, E. D. Parâmetros físico-químicos da água utilizada para consumo em poços artesianos na cidade de Remígio-PB. *Águas Subterrâneas*, v. 31, n. 2, p. 109–118, 2017.

GRANT, F. S.; WEST, G. F. *Interpretation Theory in Applied Geophysics*. McGraw-Hill, New York, 1965.

HABER, E.; OLDENBURG, D. Joint inversion: a structural approach. *Inverse Problems*, v. 13, n. 1, p. 63–77, 1997.

KIRSCH, R. *Groundwater geophysics: a tool for hydrogeology*. Berlin, Heidelberg: Springer, Berlin Heidelberg, 2006.

LIMA, O. Propriedades Físicas das Rochas-Bases da Geofísica Aplicada: Sociedade Brasileira de Geofísica. Rio de Janeiro, 2014.

LUIZ, J. G.; DA COSTA E SILVA, L. M. Geofísica de Prospecção. Volume 1. CEJUP, Belém, 1995.

MENKE, W. *Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory*. 3rd. Ed., Academic Press, San Diego, 2013.

METROPOLIS, N.; ULAM, S. The Monte Carlo method. *Journal of the American Statistical Association*, v. 44, n. 247, p. 335–341, 1949.

PEDROSA JUNIOR, N. C. Inversão Conjunta de Dados Geofísicos (Gravimetria e Eletrorresistividade) ao longo de uma Seção Transversal ao Rifte da Bacia Potiguar. Tese de Doutorado em Geofísica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

REPRESSAS, P. M. M. F. Inversão Conjunta de Dados de Gravimetria e Resistividade. 2009. Tese de Doutorado em Geofísica, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2009.

SANTOS, F. M.; SULTAN, S.; REPRESSAS, P.; SORADY, A. E. Joint inversion of gravity and geoelectrical data for groundwater and structural investigation: application to the northwestern part of Sinai, Egypt. *Geophysical Journal International*, v. 165, n. 3, p. 705–718, 2006.

SILVA, A.G.O. Estimativa de Parâmetros Geoelétricos e Gravimétricos através de Inversão Híbrida com os Métodos Metropolis e *Steepest Descent*. Dissertação em Geofísica, Programa de Pós-Graduação em Geofísica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2025.

SULTAN, S. A.; SANTOS, F. A. M.; ABBAS, A. M. Joint inversion interpretation for gravity and resistivity data: a case study at New Heliopolis City, Cairo, Egypt. *Near Surface Geophysics*, v. 8, n. 1, p. 43–53, 2010.

TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E. *Applied geophysics*. 2nd Ed., Cambridge University Press, Cambridge, 2004.

CLASSIFICAÇÃO DOS ANOS HIDROLÓGICOS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE (BA)

CLASSIFICATION OF HYDROLOGICAL YEARS IN THE RIO GRANDE HYDROGRAPHIC SUB-BASIN (BA)

Bruna Pereira dos Santos Tolentino

bruna.tolentino@yahoo.com.br

Anne Danielle Duarte de Oliveira

daniduarteribas2013@gmail.com

PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves

mariotaboca@gmail.com

Dr. Marco Antonio Tomasoni

tomasoni@ufba.br



Resumo

A Sub-bacia Hidrográfica do rio Grande (SBHRG) localiza-se no Oeste da Bahia, entre os paralelos 10°6'0"S e 13°24'0"S e os meridianos 46°42'0"O e 43°6'0"O. O rio Grande tem suas principais nascentes em São Desidério-BA e percorre aproximadamente 580 km até desaguar no rio São Francisco, no município de Barra-BA. O objetivo desta pesquisa é analisar a garantia hídrica de vazão na SBHRG a partir de dados da estação fluviométrica nº 46902000, situada no município de Mansidão, no período de 1934 a 2022. A análise foi realizada por meio da Metodologia de Hidrologia Avançada Experimental (HAE), que permite avaliar a permanência das vazões em diferentes percentuais de garantia. Os resultados indicam redução das vazões em todos os percentuais analisados no período recente em relação ao período inicial, evidenciando diminuição da disponibilidade hídrica na sub-bacia e reforçando a importância da garantia de vazão como subsídio à gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Fator Hidrológico (FH), Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH), Vazão, Oeste baiano, Expansão agrícola.

Abstract

The Rio Grande Hydrographic Sub-basin (SBHRG) is located in western Bahia State, between latitudes 10°6'0"S and 13°24'0"S and longitudes 46°42'0"W and 43°6'0"W. The Rio Grande River has its main headwaters in São Desidério, Bahia, and flows approximately 580 km before discharging into the São Francisco River, in the municipality of Barra, Bahia. This study aims to analyze flow reliability in the SBHRG using data from fluviometric station No. 46902000, located in the municipality of Mansidão, covering the period from 1934 to 2022. The analysis was conducted using the Advanced Experimental Hydrology Methodology (HAE), which allows the assessment of flow permanence at different reliability

levels. The results indicate a reduction in streamflow across all analyzed reliability percentages in the most recent period compared to the initial period, evidencing decreased water availability in the sub-basin and reinforcing the relevance of flow reliability as a tool to support water resources management.

Keywords: Hydrological Factor (FH); Detailed Hydrological Factor (DFH); Streamflow; Western Bahia; Agricultural Expansion.

1. INTRODUÇÃO

A sub-bacia hidrográfica do rio Grande (SBHRG) localiza-se no Oeste do estado da Bahia, entre os paralelos $-10^{\circ}6'0''$ S e $-13^{\circ}24'0''$ S e os meridianos $-46^{\circ}42'0''$ O e $-43^{\circ}6'0''$ O. Com nascentes situadas no município de São Desidério, o rio Grande percorre, aproximadamente, 580 km até sua confluência com o rio São Francisco, no município de Barra. Ao longo desse trajeto, a SBHRG abrange áreas que passaram por significativas transformações territoriais, sobretudo a partir da segunda metade do século XX, com o avanço de projetos de irrigação e da expansão do agronegócio na região.

A partir de 1948, com a criação da Comissão do Vale do São Francisco (CVSF), atual Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), intensificaram-se os investimentos públicos e privados voltados à modernização da produção agrícola. Nesse contexto, o território da sub-bacia tornou-se progressivamente caracterizado pelo uso intensivo da água, tanto para a irrigação de grandes lavouras quanto para geração de energia e abastecimento. O dinamismo econômico foi acompanhado, entretanto, por alterações no regime hidrológico do rio Grande, perceptíveis nas modificações dos padrões de vazão observadas nas últimas décadas.

Diante desse cenário, torna-se pertinente desenvolver uma análise hidrológica de longa duração, com vistas a identificar as tendências e os possíveis impactos da intervenção humana sobre a dinâmica das águas da sub-bacia. A classificação dos anos hidrológicos surge, nesse sentido, como uma abordagem eficaz para detectar variações no regime de vazão e compreender como os ciclos hídricos se comportaram frente às transformações ambientais, institucionais e produtivas ao longo do tempo.

A sub-bacia hidrográfica do rio Grande (SBHRG) está localizada na porção centro-norte da bacia do rio São Francisco, ocupando uma posição estratégica no Oeste baiano. Com extensão, aproximada, de 580 km, o rio Grande nasce no município de São Desidério e segue preferencialmente na direção nordeste até desaguar no rio São Francisco, no município de Barra. A área da sub-bacia compreende 16 municípios baianos, sendo que em 11 deles mais de 90% do território está inserido dentro dos limites da SBHRG, o que evidencia sua centralidade na organização territorial regional.

A SBHRG integra a XXI Região de Planejamento e Gestão das Águas da Bahia e está sob a governança do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Grande, instituído em 2008 e, atualmente, composto por 65 membros, entre titulares e suplentes. A elaboração do Plano de Recursos Hídricos da bacia e o processo de enquadramento dos corpos d'água foram concluídos em 2022, consolidando marcos importantes no processo de institucionalização da gestão das águas.

Do ponto de vista fisiográfico, a região da SBHRG está inserida nos domínios do Cerrado e da Caatinga, com predomínio de clima tropical semiárido no Norte e tropical sazonal no Sul. Os solos variam entre latossolos, neossolos e argissolos, em uma paisagem marcada por planaltos dissecados, chapadas, vales fluviais e áreas de veredas. As altitudes variam entre 400 e 950 metros, sendo mais elevadas no sul da bacia, região das nascentes, e mais baixas nas áreas próximas à foz do rio Grande.

Hydrograficamente, o rio Grande é o principal afluente da margem esquerda do rio São Francisco em território baiano. Ele apresenta um regime fluvial perene, com sazonalidade marcada por cheias entre os meses de novembro e abril, período chuvoso regional. Ao longo de sua extensão, recebe importantes tributários, entre os quais se destacam os rios: Branco, de Ondas, das Fêmeas e Preto.

No que se refere ao uso da terra, a SBHRG abriga um dos mais dinâmicos polos de produção agrícola do país, destacando-se pelos cultivos de soja, milho, algodão e café. A presença de pivôs centrais de irrigação é notável, sobretudo nos municípios de São Desidério, Luís Eduardo Magalhães e Barreiras, que concentram grandes empreendimentos agroindustriais. A intensificação do uso dos recursos hídricos para fins agrícolas vem sendo acompanhada por um processo acelerado de ocupação e transformação da paisagem natural, com impactos diretos sobre os cursos d'água e os aquíferos da região, como o Urucuia.

A escolha da SBHRG como área de estudo se justifica, portanto, por sua relevância hidrográfica no contexto do rio São Francisco, pela intensidade das transformações territoriais nas últimas décadas e pela urgência de produzir diagnósticos capazes de subsidiar ações de gestão e conservação dos recursos hídricos frente às crescentes pressões antrópicas (Figura 1).

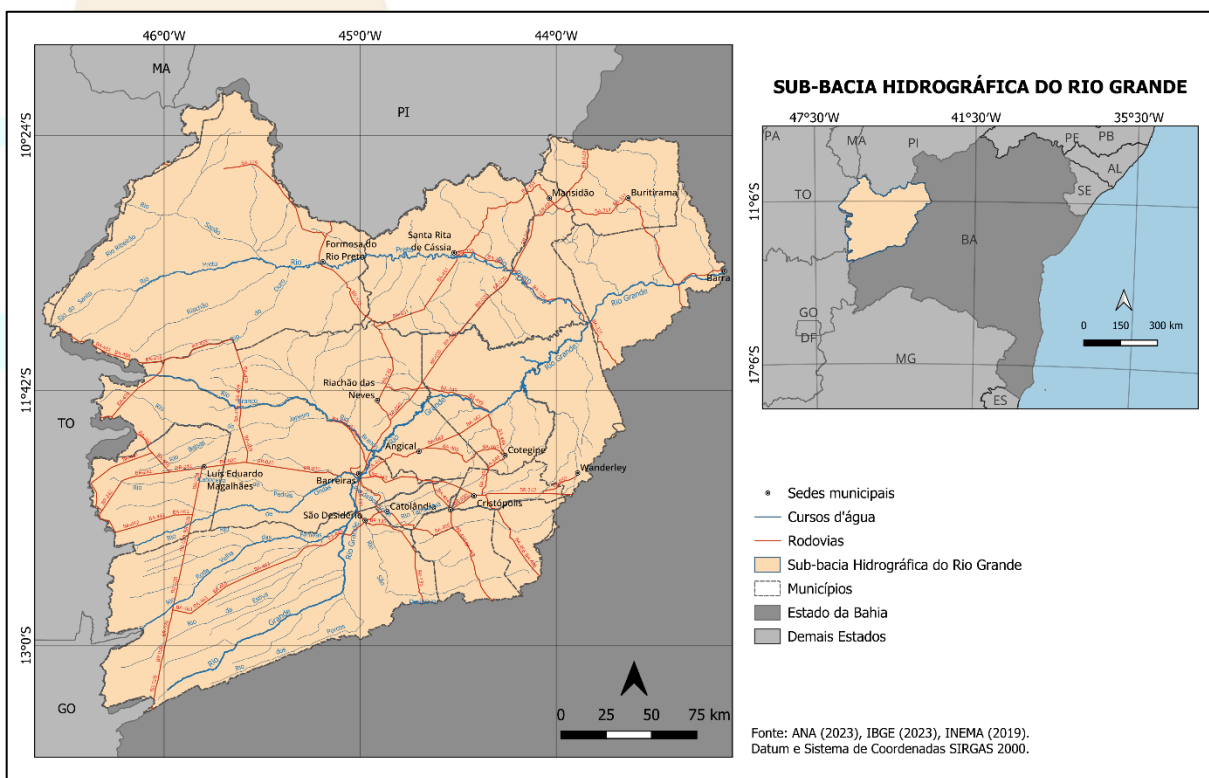


Figura 1 – Localização da área de estudo

Fonte: ANA, 2023; IBGE, 2022; INEMA, 2019. Elaborado pelos autores, 2025.

A compreensão da dinâmica hidrológica de uma bacia demanda uma abordagem sistêmica, que permita integrar os múltiplos fatores físicos e antrópicos que influenciam o comportamento do regime de vazões ao longo do tempo. Para tanto, adota-se como base conceitual a Teoria Geral dos Sistemas (TGS), cuja origem remonta aos trabalhos de Ludwig von Bertalanffy, e que vem sendo difundida como uma abordagem metodológica capaz de interpretar sistemas complexos e abertos, como as bacias hidrográficas.

Conforme Uhlmann, “um sistema poderá descrever tanto o funcionamento de uma fábrica, da bolsa de valores ou de um organismo vivo” (Uhlmann, 2002, p. 4).

No campo da Geografia, a incorporação da abordagem sistêmica tornou-se relevante a partir da segunda metade do século XX, especialmente, diante da necessidade de interpretar a complexidade das interações entre natureza e sociedade. A contribuição de Georges Bertrand ao propor o modelo GTP (Geossistema, Território e Paisagem) é central nesse debate, por permitir compreender os processos naturais (geossistema), as dinâmicas de apropriação e organização do espaço (território) e as formas perceptíveis dessas relações (paisagem) como dimensões indissociáveis da análise ambiental (Bertrand; Bertrand, 2014).

Conforme argumenta Rodrigues (2001), a abordagem geossistêmica na Geografia Física permite recuperar o sentido integrador da disciplina, articulando os conteúdos naturais e sociais a partir de uma lógica de síntese. Essa lógica considera que os elementos do meio natural (relevo, solo, clima, vegetação, hidrografia) não podem ser analisados de forma isolada, mas em interação constante com as ações humanas que modelam, transformam e regulam o território.

Desse modo, o referencial teórico que sustenta esta pesquisa articula a perspectiva sistêmica da Geografia com a análise crítica das transformações territoriais e o instrumental técnico da hidrologia aplicada. Essa abordagem integrada permite compreender a água como um elemento central na configuração do território, cujas dinâmicas não podem ser dissociadas dos processos produtivos, institucionais e ecológicos que o estruturam.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo classificar os anos hidrológicos da SBHRG no período de 1934 a 2022, utilizando dados da Estação Fluviométrica de Boqueirão (46902000), localizada no município de Mansidão, na Bahia. A metodologia adotada baseia-se na Hidrologia Avançada Experimental (HAE), por meio da aplicação do Fator Hidrológico (FH) e do Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH), desenvolvidos por Gonçalves (2014, 2019). Esses indicadores possibilitam identificar anos com excedente hídrico, normais e deficitários, ainda com detalhamento dos anos normais, se normais excedentes ou normais deficitários.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta pesquisa baseia-se nos fundamentos da Hidrologia Avançada Experimental (HAE), proposta por Gonçalves (2014, 2019), com o objetivo de analisar o comportamento da vazão fluvial e suas variações ao longo do tempo. A aplicação da HAE permite uma avaliação detalhada da disponibilidade hídrica e a identificação de possíveis alterações associadas a fatores ambientais e antrópicos.

Os resultados foram organizados em quatro períodos distintos, definidos a partir de marcos institucionais e produtivos que caracterizaram o desenvolvimento da região: o primeiro, de 1934 a 1948, corresponde ao período anterior à atuação da Codevasf; o segundo, de 1949 a 1960, refere-se à implantação dos primeiros projetos de irrigação; o terceiro, de 1961 a 1999, marca a consolidação do agronegócio; e o quarto, de 2000 a 2022, retrata a situação atual, com predominância de uso intensivo dos recursos hídricos. A análise comparativa entre os intervalos permite observar a redução dos anos com excedente hídrico e o aumento expressivo de anos deficitários, evidenciando as implicações da transformação do território sobre a dinâmica da água.

A etapa inicial consistiu na obtenção das séries históricas de vazão da Estação Fluviométrica de Boqueirão (46902000), localizada no município de Mansidão-BA. Os

dados de vazão disponíveis na base *HidroWeb*, da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), abrangem o período de 1934 a 2022. As informações foram organizadas em planilhas do *Microsoft Excel* (versão 2310), onde foram realizados os procedimentos de identificação e correção de dados inconsistentes ou inexistentes. O preenchimento de lacunas foi realizado com base nos valores de cota, por meio do cálculo de médias aritméticas, assegurando maior coerência dos dados fluviométricos.

Em seguida, os valores de vazão máxima, vazão mínima e vazão média anual foram sistematizados em uma tabela, possibilitando a aplicação dos métodos da HAE. O primeiro cálculo aplicado foi o do Fator Hidrológico (FH), conforme metodologia proposta por Gonçalves (2014). O FH consiste na atribuição de valores binários (0 ou 1) para cada ano da série, considerando-se:

- Valor 1 para o ano cuja vazão máxima anual supera a vazão média máxima de todo o período;
- Valor 1 para o ano cuja vazão mínima anual supera a vazão média mínima do período.

A soma desses dois índices gera o valor final do FH. Se a soma for igual a 2, o ano é classificado como excedente; se for 1, normal; e se for 0, deficitário (Gonçalves, 2014).

Para os anos classificados como “normais” no FH, aplica-se o Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH), conforme proposto por Gonçalves (2023). Nesse método, realiza-se uma análise adicional:

- Se a vazão máxima anual for maior que a média máxima do período, soma-se 0,5 ao valor 1 do FH (resultando em 1,5, classificado como normal excedente);
- Se a vazão mínima anual for maior que a média mínima do período, subtrai-se 0,5 do valor 1 do FH (resultando em 0,5, classificado como normal deficitário) (Gonçalves, 2023).

A demonstração desses critérios está sistematizada no Quadro 1.

Quadro 1 - Resumo do Detalhamento do Fator Hidrológico (FH)

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.

Para facilitar a compreensão do processo metodológico adotado, foi elaborado um fluxograma (Figura 2) que ilustra de forma esquemática as etapas de classificação dos anos hidrológicos segundo a metodologia da HAE. O diagrama demonstra o fluxo de tratamento dos dados de vazão, partindo da correção da série histórica e do cálculo das vazões máximas e mínimas anuais, seguidos da comparação com as médias do período, até a definição do Fator Hidrológico (FH). A seguir, aplica-se o Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH), permitindo uma classificação mais precisa dos anos como excedentes, normais excedentes, normais deficitários ou deficitários. Essa representação gráfica reforça a lógica sequencial do método adotado.

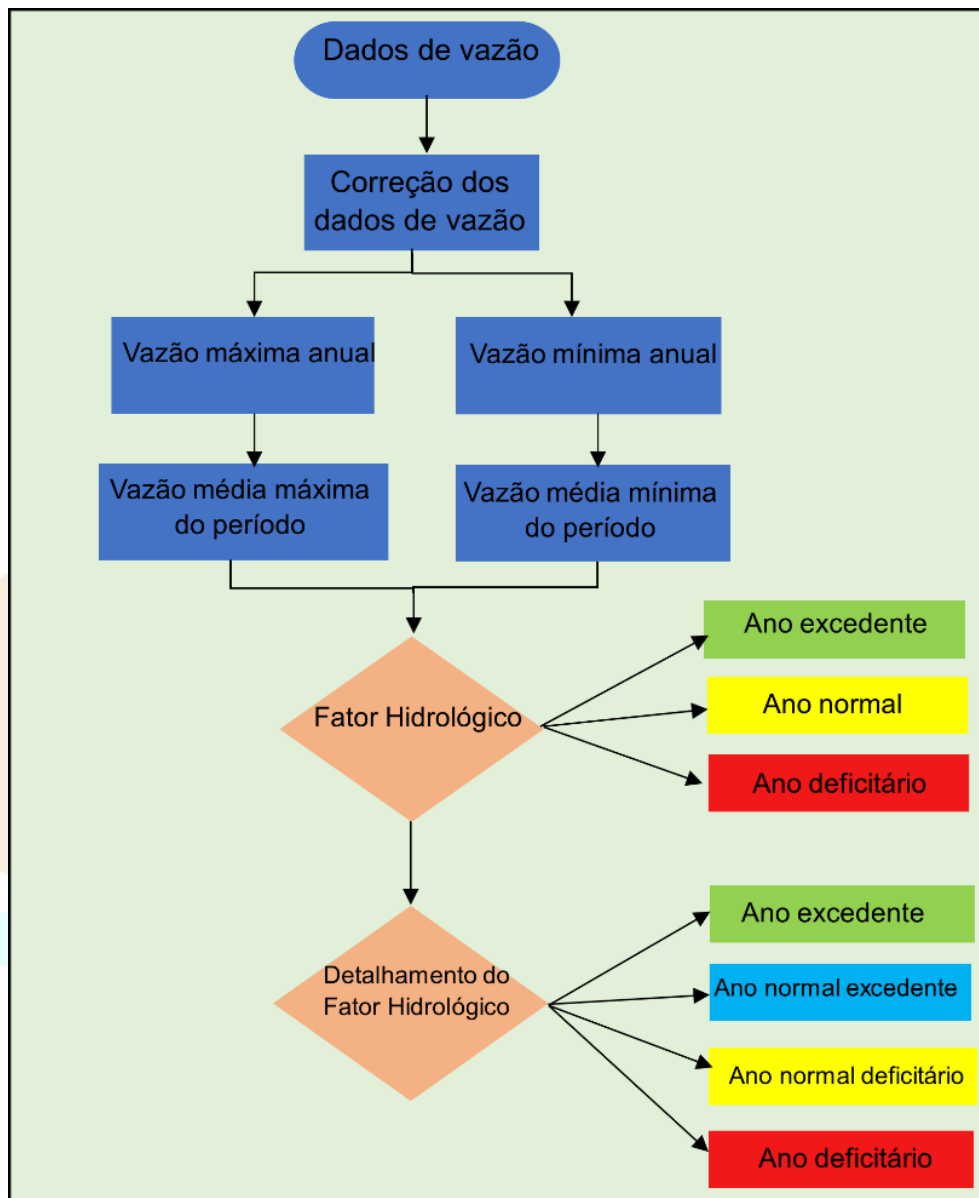


Figura 2 - Fluxograma da metodologia do FH e DFH

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A análise dos resultados foi organizada em quatro períodos distintos, definidos com base em marcos institucionais e históricos que refletem diferentes fases da ocupação territorial e de uso da água na região:

1. 1934 a 1948 – Período anterior à atuação da Codevasf;
2. 1949 a 1960 – Implantação dos primeiros projetos de irrigação;
3. 1961 a 1999 – Consolidação do agronegócio;
4. 2000 a 2022 – Situação atual.

Por fim, os resultados da classificação foram representados por meio de gráficos e quadros comparativos, permitindo relacionar os padrões hidrológicos observados com os períodos de maior intervenção antrópica, como a construção de barragens e a expansão da agricultura irrigada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação dos índices da Hidrologia Avançada Experimental (HAE) à série histórica da estação fluviométrica de Boqueirão permitiu classificar os anos hidrológicos da SBHRG, no período de 1934 a 2022, em deficitário, normal ou excedente (Figura 3a), além do detalhamento dos anos normais em excedentes ou deficitários (Figura 3b).

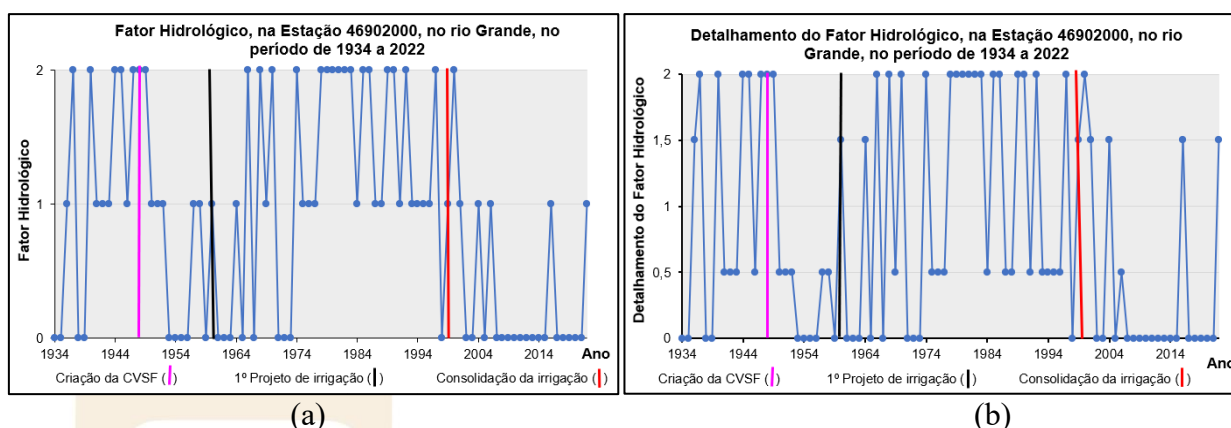


Figura 3 – FH e DFH, na Estação Boqueirão (46902000), de 1934 a 2022
Fonte: ANA (2023). Elaborado pelos autores, 2025.

Ao analisar a classificação dos anos hidrológicos, com base nos intervalos temporais definidos a partir de marcos históricos da ocupação e do uso da água na sub-bacia, verifica-se que, até a criação da Comissão do Vale do São Francisco (CVSF), em 1948, predominavam anos classificados como excedentes (fator hidrológico igual a 2). Após esse período, e especialmente a partir do início do primeiro projeto de irrigação, em 1964, observa-se uma leve oscilação nos fatores hidrológicos. Ainda assim, a maior parte dos anos, até o início dos anos 2000, manteve-se predominantemente estável, com frequência significativa de anos excedentes e normais (fator hidrológico igual a 1).

A partir de 2002, entretanto, quando se consolida o uso intensivo da irrigação na sub-bacia, ocorre uma mudança expressiva no comportamento do fator hidrológico: os anos com valor igual a zero - ou seja, classificados como deficitários - passam a ocorrer com maior frequência e continuidade.

Além disso, ao se verificar os anos hidrológicos normais por meio do detalhamento do fator hidrológico, observa-se que, após a consolidação da irrigação, os anos normais excedentes passaram a substituir, em parte, a ocorrência de anos plenamente excedentes.

Os Quadros 2 e 3 apresentam um recorte ilustrativo com os resultados do Detalhamento do Fator Hidrológico na Estação 46902000, no rio Grande. O Quadro 2 refere-se ao período de 1934 a 1948 e destaca visualmente as categorias hidrológicas: as linhas em verde indicam anos excedentes; em azul, anos normais excedentes; em amarelo, anos normais deficitários; e em vermelho, anos deficitários. Essa codificação por cores facilita a interpretação dos padrões de variação hidrológica ao longo do tempo. Já o Quadro 3 corresponde ao período de 2000 a 2022, mantendo o padrão cromático, sendo possível observar de forma imediata a predominância de anos classificados como deficitários.

Quadro 2 - DFH no período de 1934 a 1948. Quadro 3 - DFH no período de 2000 a 2022

Ano	Máxima da máxima	Vazão média máxima	Mínimo do Mínimo	Vazão média mínima
1934	450,98	464,18	180,35	182,69
1935	386,19	464,18	163,82	182,69
1936	499,01	464,18	182,47	182,69
1937	470,98	464,18	186,75	182,69
1938	392,40	464,18	179,29	182,69
1939	345,53	464,18	180,35	182,69
1940	517,16	464,18	186,75	182,69
1941	437,42	464,18	185,67	182,69
1942	425,23	464,18	185,67	182,69
1943	416,77	464,18	193,26	182,69
1944	468,47	464,18	184,60	182,69
1945	661,13	464,18	221,61	182,69
1946	453,47	464,18	208,90	182,69
1947	696,54	464,18	221,61	182,69
1948	630,71	464,18	215,78	182,69

Fonte: ANA (2023). Elaborado pelos autores, 2025.

Ano	Máxima da máxima	Vazão média máxima	Mínimo do Mínimo	Vazão média mínima
2000	563,44	464,18	185,81	182,69
2001	466,83	464,18	178,22	182,69
2002	402,48	464,18	165,48	182,69
2003	367,53	464,18	169,69	182,69
2004	493,10	464,18	179,54	182,69
2005	425,23	464,18	175,68	182,69
2006	450,98	464,18	191,23	182,69
2007	371,67	464,18	153,85	182,69
2008	401,06	464,18	148,12	182,69
2009	371,67	464,18	163,14	182,69
2010	325,39	464,18	139,90	182,69
2011	412,50	464,18	157,29	182,69
2012	416,13	464,18	149,80	182,69
2013	380,78	464,18	144,34	182,69
2014	407,09	464,18	138,15	182,69
2015	278,35	464,18	142,25	182,69
2016	636,77	464,18	126,68	182,69
2017	269,85	464,18	113,33	182,69
2018	329,03	464,18	136,01	182,69
2019	327,75	464,18	137,37	182,69
2020	366,89	464,18	143,45	182,69
2021	418,97	464,18	143,45	182,69
2022	663,80	464,18	134,65	182,69

Fonte: ANA (2023). Elaborado pelos autores, 2025.

Ao analisar a classificação dos anos hidrológicos em relação aos marcos institucionais e históricos da sub-bacia, foi possível identificar a ocorrência das classificações hidrológicas dos anos em cada período.

No intervalo de 15 anos, anterior às intervenções estatais da CVSF (antiga CODEVASF), observa-se uma predominância de anos com excedente hídrico (40%), seguido por anos normais deficitários (27%), deficitários (27%) e uma ocorrência pontual de ano normal excedente (7%).

Essa configuração reflete um cenário hidrológico ainda marcado por baixa pressão antrópica sobre os cursos d'água, com maior estabilidade nos processos naturais de recarga hídrica e manutenção das vazões.

Com o início das ações institucionais voltadas à promoção da agricultura irrigada, observa-se uma inversão significativa na distribuição dos tipos de ano hidrológico. Neste período, 42% dos anos foram classificados como deficitários, 42% como normais deficitários, 8% como excedentes e 8% como normais excedentes.

O avanço da agricultura irrigada, ainda que em escala inicial, já se manifesta como um fator de pressão sobre os recursos hídricos, contribuindo para uma redução na ocorrência de anos com excedente. A conversão de áreas naturais em sistemas produtivos promove alterações nos fluxos superficiais e subterrâneos, o que pode impactar a manutenção das vazões médias, especialmente durante o período seco.

Durante quase quatro décadas de expansão e consolidação do modelo agroexportador no Oeste da Bahia, observa-se um comportamento hidrológico mais

variado: 41% dos anos foram excedentes, 31% normais deficitários, 23% deficitários e apenas 5% normais excedentes.

Esse período é marcado pela intensificação do uso da terra, pelo avanço dos pivôs centrais e pelo aumento da demanda por água superficial e subterrânea, especialmente nas áreas do aquífero Urucuia.

No período mais recente, observa-se o cenário mais crítico: 74% dos anos foram classificados como deficitários, 17% como normais excedentes, 4% como normais deficitários e apenas 4% como excedentes.

Essa mudança evidencia os efeitos acumulados da intensificação do uso da água na agricultura irrigada, da redução da cobertura vegetal nativa e da recorrência de eventos climáticos como El Niño, que provoca secas prolongadas no Nordeste do país.

A análise comparativa entre os quatro períodos, conforme representado na Figura 4, permite identificar uma clara tendência de diminuição dos anos hidrológicamente excedentes e aumento dos anos deficitários, especialmente nas duas últimas décadas. Esse padrão está diretamente relacionado à transformação do território da SBHRG em um espaço funcional ao agronegócio.

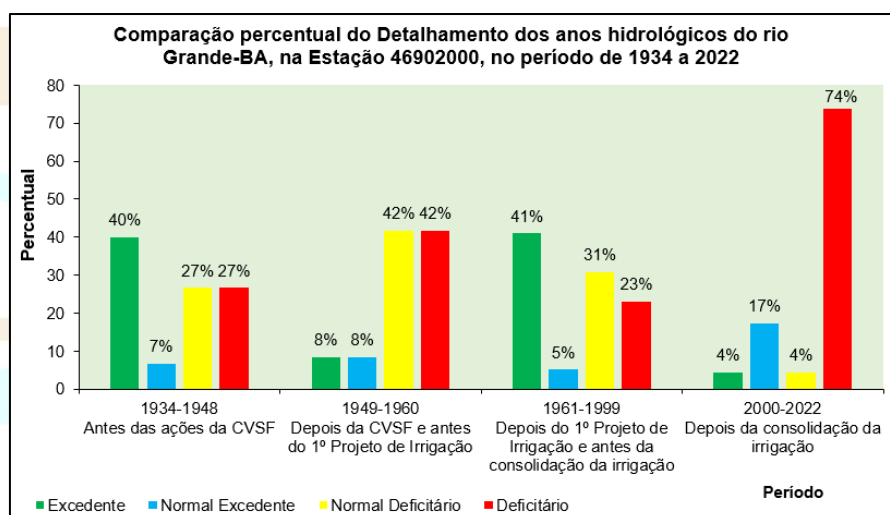


Figura 4 – Comparação percentual do detalhamento dos anos hidrológicos do rio Grande-BA na Estação 46902000 (1934–2022).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da série histórica da Estação fluviométrica de Boqueirão (46902000), com base na metodologia da Hidrologia Avançada Experimental (HAE), possibilitou classificar os anos hidrológicos da sub-bacia do rio Grande (SBHRG) em categorias que refletem as mudanças ocorridas no regime hídrico ao longo de quase nove décadas. Os resultados evidenciam uma transição marcante entre períodos caracterizados por maior regularidade hídrica e um presente cada vez mais definido por anos deficitários.

O recorte por quatro períodos históricos demonstrou que a intensificação do uso dos recursos hídricos para a agricultura irrigada, associada à expansão do agronegócio e às alterações no uso da terra, contribuiu diretamente para a redução da ocorrência de anos com excedente hídrico. Especialmente a partir dos anos 2000, observa-se um predomínio de anos deficitários, o que indica a sobrecarga do sistema natural frente à pressão antrópica crescente.

A metodologia da HAE mostrou-se eficaz ao permitir não apenas a classificação objetiva dos anos hidrológicos, mas também o detalhamento dos anos normais.

A compreensão do comportamento hidrológico da sub-bacia à luz das dinâmicas territoriais, econômicas e institucionais reforça a importância de abordagens integradas, capazes de articular os dados físico-hidrológicos com as transformações sociais e produtivas. Nesse sentido, o estudo contribui para o fortalecimento de políticas de gestão hídrica baseadas em evidências.

Os dados apresentados podem subsidiar o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Grande e os órgãos gestores estaduais e federais na construção de cenários de gestão mais sustentáveis, que garantam a segurança hídrica para múltiplos usos e para as futuras gerações.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasil. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), 2022. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas?codigoEstacao=46902000>. Acesso em 03 de janeiro de 2023.

BERTALANFFY, Ludwig von. *Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações*. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1973.

BERTRAND, C.; BERTRAND, G. La nature-artéfact: entre anthropisation et artialisation, l'expérience du système GTP (Géosystème-Territoire-Paysage). *L'Information Géographique*, v. 78, n. 3, p. 10-25, 2014.

CASTRO, Manuel Messias. *Índice de Saúde da Água*. 2021. Disponível em: https://www.conservation.org/docs/default-source/brasil/resumo_executivo_isa-versao_web.pdf?Status=Master&sfvrsn=fbbb651c_2. Acesso em: 19 set. 2023.

GONÇALVES, M. J. de S. Gestão quantitativa das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu no estado da Bahia – Brasil. 2014. 168 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/21527>. Acesso em: 20 set. 2023.

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*, Salvador: Universidade Federal da Bahia, v. 18, n. especial, ago. 2023. DOI: 10.9771/geocad.v18i0.56147. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/cadgeoc/article/view/56147>. Acesso em: 15 out. 2024.

INEMA - INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DA BAHIA. Bahia. *Hidrografia do Estado da Bahia: shapefile dos rios*. Salvador: INEMA, 2019. Base de dados geoespacial. Disponível em: <https://mapa.geobahia.ba.gov.br/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Brasil. *Malha municipal digital da divisão político-administrativa brasileira: 2023*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Base cartográfica digital. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 10 nov. 2023.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 14, p. 69–77, 2001.

SALES, V. C. Geografia, sistemas e análise ambiental: abordagem crítica. *GEOUSP – Espaço e Tempo*, n. 16, p. 125–141, 2004.

UHLMANN, G. W. *Teoria Geral dos Sistemas: do atomismo ao sistemismo*. São Paulo, 2002. Pré-print.



CLASSIFICAÇÃO DAS AMPLITUDES DE CHEIAS E SECAS HIDROLÓGICAS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO LOURENÇO – MT.

CLASSIFICATION OF HYDROLOGICAL FLOOD AND DROUGHT AMPLITUDES IN THE SÃO LOURENÇO RIVER SUB-BASIN – MT.

PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves

Email: mariotaboca@gmail.com

Esp. Edna Cristina de Lucena Marques

Email: ednaclmarques@gmail.com

RESUMO

A sub-bacia hidrográfica do rio São Lourenço (SBHRSL) está localizada nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. A SBHRSL possui uma área aproximada de 24.000 km², altitudes que decrescem de cerca de 800 m nos divisores de água para cerca de 200 m na saída para o Pantanal. Este trabalho procura classificar a amplitude das cheias e secas, na Estação fluviométrica de nome: São José do Boriréu, código 66470000, antes e após o início de operação da PCH São Lourenço, no ano de 2009. Para isso foram utilizando as ferramentas da metodologia Hidrologia Avançada Experimental (HAE): Amplitude de Cheias e de Secas, para avaliar se aconteceram alterações na dinâmica das vazões na sub-bacia hidrográfica do rio São Lourenço. Os resultados obtidos revelam que aconteceu uma grande redução das cheias e aumento das secas hidrológicas na SBHRSL, após o início de operação da barragem de São Lourenço.

Palavras-chaves: Hidrologia avançada experimental (HAE); Barragem; Pantanal.

ABSTRACT

The São Lourenço River sub-basin (SBHRSL) is located in the states of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul. The SBHRSL has an approximate area of 24,000 km², with altitudes decreasing from about 800 m at the watersheds to around 200 m at the exit to the Pantanal. This work aims to classify the magnitude of floods and droughts at the river gauging station named: São José do Boriréu, code 66470000, before and after the start of operations of the São Lourenço small hydroelectric power plant (PCH) in 2009. For this, tools from the Experimental Advanced Hydrology (HAE) methodology were used: Flood and Drought Magnitude, to assess whether there were changes in the flow dynamics in the São Lourenço River sub-basin. The results obtained reveal that there was a significant reduction in floods and an increase in hydrological droughts in the SBHRSL after the operation of the São Lourenço dam began.

Keywords: Advanced experimental hydrology (EAH); Barrage; Pantanal.

1. INTRODUÇÃO

Uma bacia hidrográfica é uma área delimitada pelo divisor de águas, na qual os componentes físico-climáticos possuem forte interação com sua dinâmica hídrica, suas vazões, armazenamento ou escoamento de suas águas dentro de um sistema de drenagem, que pode originar rios com fluxos permanente ou intermitente. A análise desse sistema foi realizada através da análise de vazão e permite compreender o escoamento superficial da bacia hidrográfica.

A SBHRSL está localizada nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, com seus principais formadores nascendo nas serras dos Coroados, do Roncador e das Parnaibas no Mato Grosso. A sub-bacia possui uma área aproximada de 24.000 km², altitudes que decrescem de cerca de 800 m, nos divisores de água no Bioma Cerrado, para cerca de 200 m, na saída para o Bioma Pantanal, drenando dezoito municípios de Mato Grosso (Alto Garças, Barão de Melgaço, Campo Verde, Dom Aquino, Guiratinga, Itiquira, Jaciara, Juscimeira, Pedra Preta, Primavera do Leste, Poconé, Poxoréu, Rondonópolis, Santo Antonio do Leverger, São José do Povo, São Pedro da Cipa e Tesouro) e um município de Mato Grosso do Sul (Corumbá). O rio São Lourenço é um rio federal: nasce no município de Campo Verde, no estado de Mato Grosso, no bioma do Cerrado; deságua no rio Cuiabá, no povoado de Barra do Rio São Lourenço, município de Corumbá, estado de Mato Grosso do Sul, no bioma do Pantanal. O rio São Lourenço deságua no rio Cuiabá no Pantanal Sul Matogrossense.

O estudo realizado observou os dados de monitoramento de vazão de uma estação fluviométrica localizadas na sub-bacia hidrográfica do rio São Lourenço – SBHRSL, nas proximidades de sua foz.

Este trabalho tem como objetivo classificar as amplitudes de cheias e secas utilizando as ferramentas da metodologia Hidrologia Avançada Experimental (HAE): Amplitude de Cheias e Amplitude de Secas, para avaliar se existe impactos na distribuição dessas amplitudes nos anos hidrológicos na sub-bacia hidrográfica do rio São Lourenço após o início da operação da PCH São Lourenço no ano de 2009, na calha principal do rio São Lourenço, no Estado do Mato Grosso-MT.

Gonçalves (2019) fez a primeira publicação a respeito de avaliação da amplitude de cheias e secas, onde o autor procura analisar o impacto destas vazões extremas sobre a vazão na foz do rio São Francisco.

O Mapa de localização da sub-bacia hidrográfica do rio São Lourenço em relação à bacia hidrográfica do rio da Prata (BHRP), na América do Sul, e à sub-bacia hidrográfica do rio Paraguai, no Brasil, pode ser observado na Figura 1.

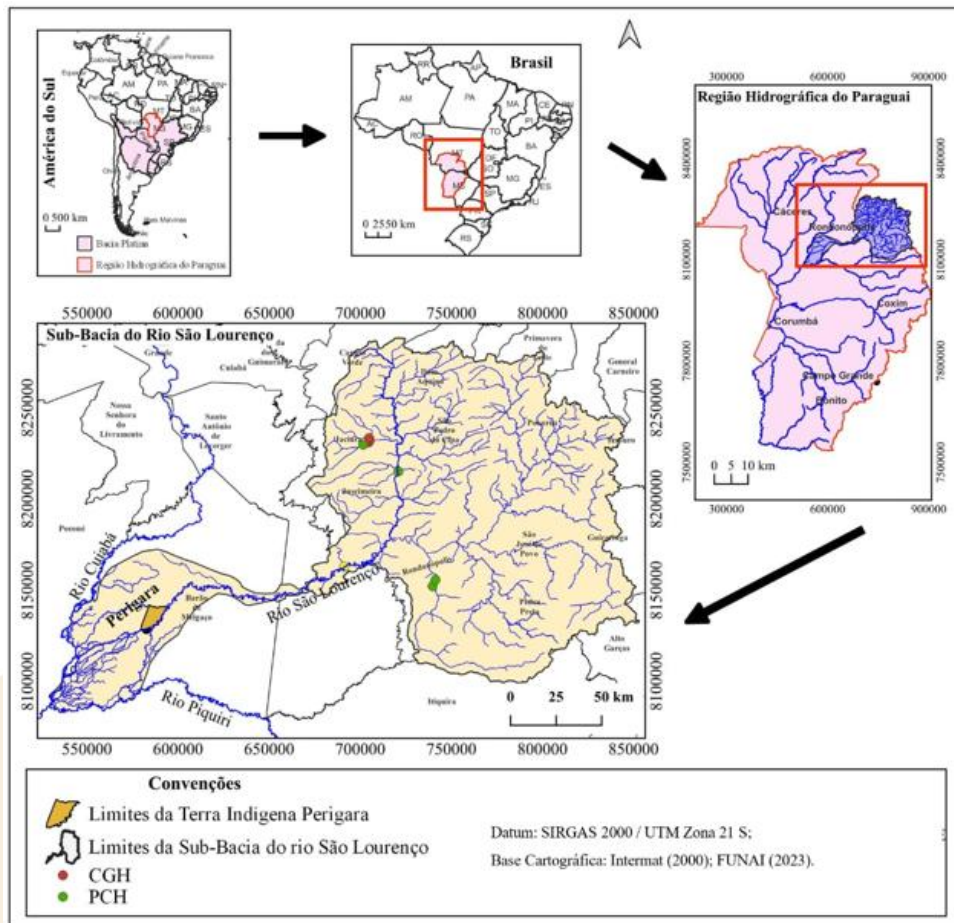


Figura 1 - Mapa de localização da sub-bacia hidrográfica do rio São Lourenço em relação à bacia hidrográfica do rio da Prata (BHRP), na América do Sul, e à sub-bacia hidrográfica do rio Paraguai, no Brasil.

Fonte: Gonçalves & Marques, 2024

2. METODOLOGIA

A metodologia denominada de Hidrologia Avançada Experimental (HAE) desenvolvida desde o início da década de 2000, quando ainda não tinha essa denominação, e continua sendo atualizada até os dias atuais, auxiliou no desenvolvimento dos trabalhos de Doutorado, Gonçalves (2014), e Pós-Doutorado, Gonçalves (2019), dentre muitos outros trabalhos acadêmicos, e que tem como objetivo realizar o diagnóstico da dinâmica hídrica de uma bacia hidrográfica, através da avaliação quantitativa das águas superficiais e de sua interface com as águas subterrâneas, constituindo-se assim numa ferramenta importante no planejamento e gestão dos recursos hídricos.

Neste trabalho foram utilizados os dados da estação fluviométrica de nome: São José do Boriréu, código 66470000, localizada no município de Barão de Melgaço, coordenadas: $-16,9253^{\circ}$ S e $-56,2236^{\circ}$ O, situada na bacia hidrográfica do rio da Prata, sub-bacia do rio São Lourenço, no estado de Mato Grosso.

Os dados de séries históricas utilizados neste trabalho estão disponíveis em Brasil (2024), no site “*HidroWeb*” da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Antes de avaliar a Amplitude das Cheias e das Secas foi realizado o tratamento dos dados a partir do editor de planilha *Microsoft Office Excel*. Os dados faltantes na série histórica foram preenchidos sempre destacando/sinalizando, em vermelho, para que o

usuário, futuro, tenha conhecimento do que é dado original coletado e dado obtido através de preenchimento de lacuna. Esse preenchimento de lacunas faz parte da consolidação de dados, que visa dá uma maior confiabilidade nos resultados encontrados a partir das séries históricas utilizadas.

Segundo Gonçalves & Marques (2024), o preenchimento das lacunas de cotas deve ser realizado a partir do cálculo da razão da Progressão Aritmética (PA) para lacunas com intervalo maior que um dia. O procedimento é realizado subtraindo os valores das extremidades, para depois dividindo o resultado encontrado pelo número de espaços vazios (n) mais 1 (n+1). O resultado encontrado na divisão se constitui na razão (R) de uma Progressão Aritmética (PA), que será crescente se o valor inicial for menor do que o valor final e decrescente se o valor inicial for maior do que o valor final (Quadro 1).

Quadro 1 - Exemplo de preenchimento de lacuna com uso de Progressão Aritmética (PA)

Data	Cota 01	Cota 02	Cota 03	Cota 04
01/02/2022	163	164	165	166
01/03/2022	15,6	16,13	16,66	17,2
01/04/2022	190	186,66	183,33	180

Fonte: Gonçalves & Marques (2024).

De maneira geral, a metodologia de preenchimento de lacunas segue o seguinte fluxograma simplificado e como pode ser observado na Figura 2.

O gráfico das amplitudes das secas anuais permitirá verificar em quais anos ocorreram secas hidrológicas de pequenas, médias e grandes amplitudes. De forma similar, o gráfico das amplitudes das cheias anuais permitirá verificar em quais anos ocorreram cheias hidrológicas de pequenas, médias e grandes amplitudes.

Com os dados de vazões máximas identificam-se os maiores valores de vazões em cada ano do período analisado (vazão máxima anual) e cria-se uma tabela para se calcular a vazão média máxima anual para o período em estudo, a partir do somatório dos valores e dividindo o resultado pelo número de anos do período. Esse processo se faz também para as vazões mínimas. Com isso foi possível selecionar as vazões máximas e mínimas. Para o cálculo da vazão média máxima usamos todas os valores máximos anuais, enquanto que para o cálculo da vazão média mínima usamos todas os valores mínimos anuais.

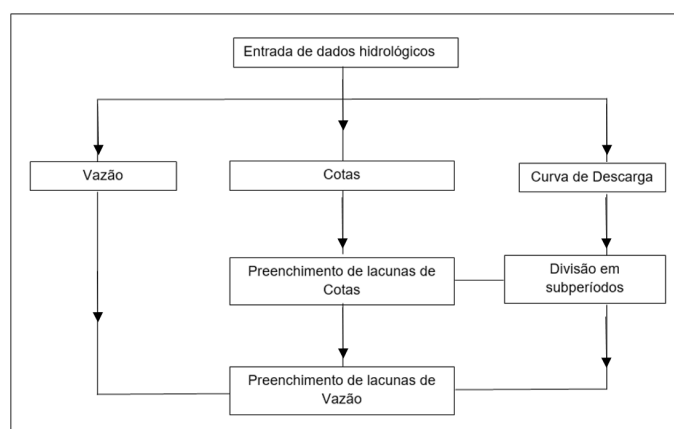


Figura 2 - Fluxograma simplificado de preenchimento de lacunas.

Fonte: Gonçalves & Marques, 2024.

De posse dos dados de vazões e médias máximas e mínimas, utilizam-se os parâmetros definidos por Gonçalves (2019) para classificação de amplitudes (Quadro 2). Assim, é possível a geração do gráfico de amplitude de secas e cheias.

Quadro 2 – Classificação das amplitudes das secas e cheias hidrológicas

Amplitude	Limite da Seca Hidrológica	Limite da Cheia Hidrológica
Pequena	Vazão média mínima - $\geq 2/3$ (vazão média mínima)	Vazão média máxima - $\leq 3/2$ (vazão média máxima)
Média	$< 2/3$ (vazão média mínima) - $\geq 1/3$ (vazão média mínima)	$> 3/2$ (vazão média máxima) - ≤ 2 (vazão média máxima)
Grande	$< 1/3$ (vazão média mínima)	> 2 (vazão média máxima)

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2019)

O fluxograma da metodologia HAE, na qual a classificação das amplitudes das Cheias e das Secas hidrológicas está inserida, pode ser observado na Figura 3.

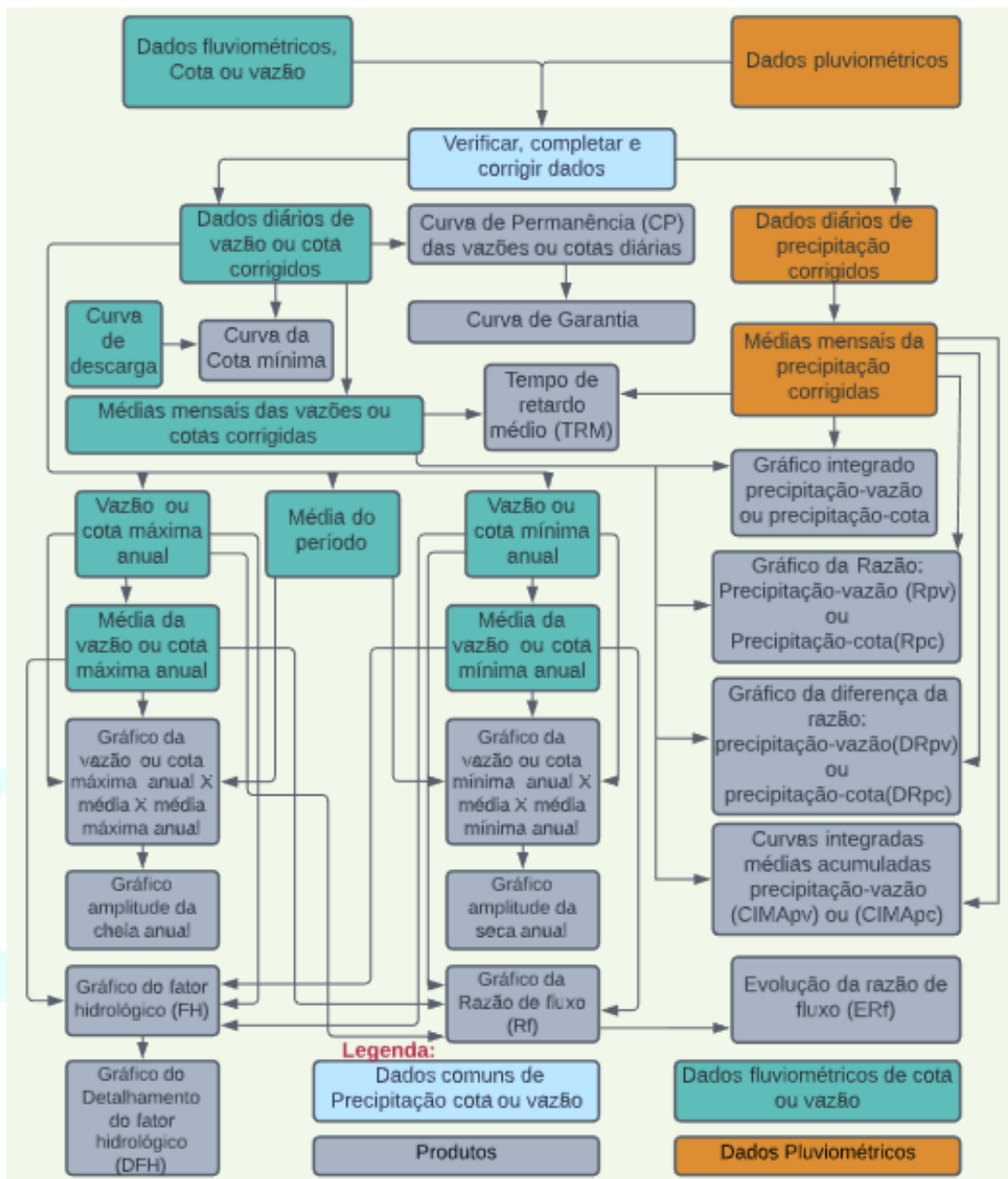


Figura 3 - Fluxograma da metodologia HAE aplicada para desenvolvimento do trabalho.

Fonte: Gonçalves (2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados da série histórica da ANA, consolidadas, foram calculadas as Vazões: Máximas anuais, Média Máxima, 3/2 Média Máxima e 2 Média Máxima. Os valores das vazões máximas anuais, média máxima, mínimas anuais, média mínima, além da classificação da amplitude de cheia que aconteceu em cada ano, sendo que os anos em verde representam o período antes do início de operação da PCH e em amarelo após o início. Os resultados podem ser observados no Quadro 3.

Quadro 3 - Valores das vazões máximas anuais, média máxima, 3/2 média máxima e 2 média máxima e a amplitude das cheias.

Ano	Vazão Máxima Anual (m³/s)	Vazão Média Máxima (m³/s)	3/2 Vazão Média Máxima (m³/s)	2 Vazão Média Máxima (m³/s)	Amplitude da Cheia
1994	419,8	404,1	606,1	808,2	Pequena
1995	435,6	404,1	606,1	808,2	Pequena
1996	418,3	404,1	606,1	808,2	Pequena
1997	418,3	404,1	606,1	808,2	Pequena
1998	407,9	404,1	606,1	808,2	Pequena
1999	390,3	404,1	606,1	808,2	-
2000	386,6	404,1	606,1	808,2	-
2001	407,3	404,1	606,1	808,2	Pequena
2002	403,5	404,1	606,1	808,2	-
2003	422,6	404,1	606,1	808,2	Pequena
2004	411,2	404,1	606,1	808,2	Pequena
2005	404,7	404,1	606,1	808,2	Pequena
2006	419,8	404,1	606,1	808,2	Pequena
2007	418,3	404,1	606,1	808,2	Pequena
2008	416,9	404,1	606,1	808,2	Pequena
2009	418,3	404,1	606,1	808,2	Pequena
2010	409,2	404,1	606,1	808,2	Pequena
2011	414,9	404,1	606,1	808,2	Pequena
2012	393,7	404,1	606,1	808,2	-
2013	391,2	404,1	606,1	808,2	-
2014	391,2	404,1	606,1	808,2	-
2015	381,5	404,1	606,1	808,2	-
2016	381,5	404,1	606,1	808,2	-
2017	381,5	404,1	606,1	808,2	-
2018	392,2	404,1	606,1	808,2	-
2019	401,1	404,1	606,1	808,2	-
2020	395,6	404,1	606,1	808,2	-
2021	393,5	404,1	606,1	808,2	-
2022	395,6	404,1	606,1	808,2	-
2023	400,4	404,1	606,1	808,2	-

Fonte: Brasil, 2024. Os Autores, 2024.

As amplitudes de cheias anuais hidrológicas indicam que na Estação 66470000, apenas, acontecem cheias de pequena amplitude. Esse tipo de cheia é característica de bacias hidrográficas que possuem uma boa infiltração, bacias permeáveis, e, conseqüentemente, um bom aquífero, o qual absorve as águas precipitadas, dificultando o escoamento superficial das mesmas, aumentando o percurso, impedindo que as mesmas cheguem ao mesmo tempo na calha do rio e provoque cheias de amplitudes maiores. Analisando os dados das amplitudes foi possível determinar, também, que tivemos 15 anos sem cheias e 15 cheias de pequena amplitude, na Estação 66470000. Das cheias que foram observadas, 12 cheias aconteceram antes da inauguração da PCH São Lourenço e apenas 3 aconteceram após a inauguração da mesma. A distribuição das amplitudes das cheias ao longo do período de 1994 a 2023, na Estação 66470000, do rio São Lourenço, pode ser observada na Figura 4.

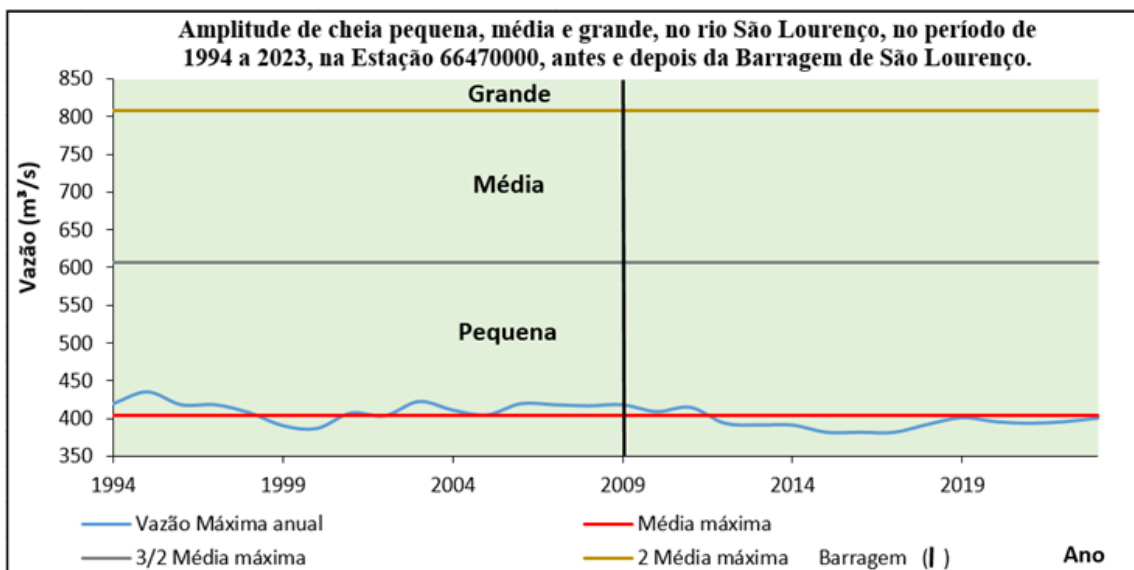


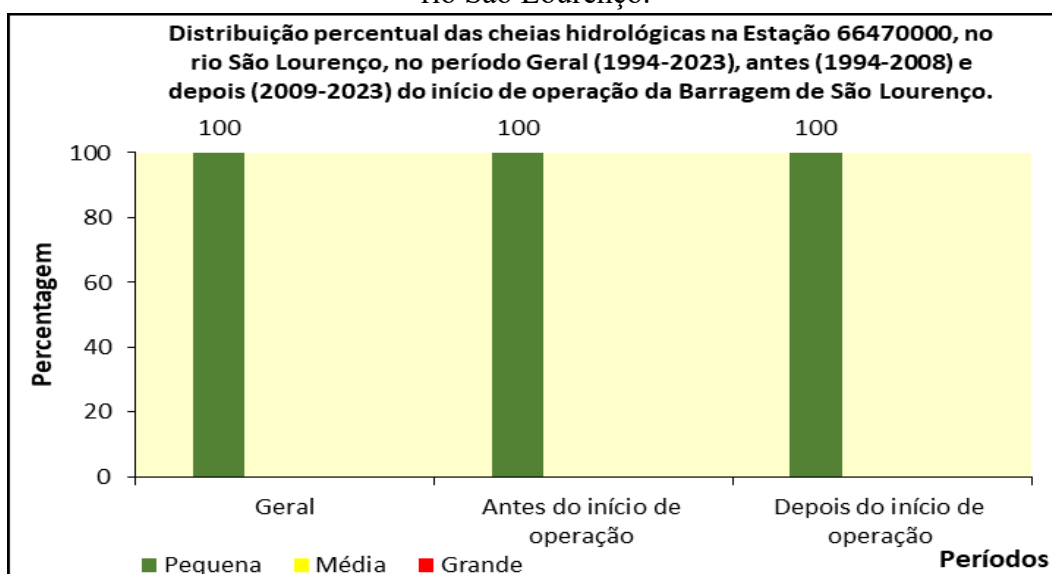
Figura 4 - Amplitudes de cheias do rio São Lourenço, na Estação 66470000, no período de 1994 a 2023.

Fonte: Gonçalves & Marques, 2024.

A distribuição percentual das cheias hidrológicas na Estação 66470000, no rio São Lourenço, no período Geral (1994-2023), antes do início de operação da PCH São Lourenço (1994-2008) e depois do início de operação da PCH São Lourenço (2009-2023), pode ser observada na Figura 5.

A partir dos dados da série histórica da ANA (2024), consolidadas, foram calculadas as Vazões: Mínimas anuais, Média Mínima, 2/3 Média Mínima e 1/3 Média Mínima. Os valores das vazões Mínimas anuais, Média Mínima, 2/3 Média Mínima e 1/3 Média Mínima, além da classificação da Amplitude de Seca que aconteceu em cada ano, sendo que os anos em verde representam o período antes do início de operação da PCH e em amarelo após o início. Os resultados podem ser observados no Quadro 4.

Figura 5: Distribuição percentual das cheias hidrológicas na Estação 66470000, no rio São Lourenço.



Fonte: Brasil, 2024. Os Autores, 2024.

Quadro 4 - Vazões Mínimas anuais, Média Mínima, 2/3 Média Mínima e 1/3 Média Mínima, além da classificação da Amplitude de Seca.

Ano	Vazão Mínima Anual (m³/s)	Vazão Média Mínima (m³/s)	2/3 Vazão Média Mínima (m³/s)	1/3 Vazão Média Mínima (m³/s)	Amplitude da Seca
1994	161,8	136,4	90,9	45,5	-
1995	173,7	136,4	90,9	45,5	-
1996	169,7	136,4	90,9	45,5	-
1997	168,7	136,4	90,9	45,5	-
1998	161,8	136,4	90,9	45,5	-
1999	145,5	136,4	90,9	45,5	-
2000	141,5	136,4	90,9	45,5	-
2001	125,9	136,4	90,9	45,5	Pequena
2002	147,9	136,4	90,9	45,5	-
2003	156,6	136,4	90,9	45,5	-
2004	139,1	136,4	90,9	45,5	-
2005	176,1	136,4	90,9	45,5	-
2006	188,5	136,4	90,9	45,5	-
2007	174,0	136,4	90,9	45,5	-
2008	171,8	136,4	90,9	45,5	-
2009	151,1	136,4	90,9	45,5	-
2010	121,4	136,4	90,9	45,5	Pequena
2011	125,9	136,4	90,9	45,5	Pequena
2012	116,1	136,4	90,9	45,5	Pequena
2013	117,4	136,4	90,9	45,5	Pequena
2014	122,0	136,4	90,9	45,5	Pequena
2015	130,5	136,4	90,9	45,5	Pequena
2016	114,9	136,4	90,9	45,5	Pequena
2017	104,3	136,4	90,9	45,5	Pequena
2018	115,6	136,4	90,9	45,5	Pequena
2019	114,4	136,4	90,9	45,5	Pequena
2020	84,4	136,4	90,9	45,5	Média
2021	85,4	136,4	90,9	45,5	Média
2022	87,0	136,4	90,9	45,5	Média
2023	99,0	136,4	90,9	45,5	Pequena

Fonte: Brasil, 2024. Os Autores, 2024.

As amplitudes de secas anuais hidrológicas indicam que, na Estação 66470000, acontecem secas de pequenas e médias amplitudes. Esse tipo de seca é característica de bacias hidrográficas que possuem uma boa infiltração, bacias permeáveis, e, conseqüentemente, um bom aquífero, o qual absorve as águas precipitadas, dificultando o escoamento superficial das águas, aumentando o percurso, impedindo que as mesmas cheguem ao mesmo tempo na calha do rio ficando parte armazenada no aquífero, a qual é liberada ao longo do ano, e desta forma não se tem secas de grandes amplitudes. Analisando os dados das amplitudes foi possível determinar que tivemos 15 anos sem secas e 15 anos de secas, na Estação 66470000, sendo que destas, 11 de pequena e 03 de média amplitudes, e que 01 seca de pequena amplitude aconteceu antes da inauguração da PCH São Lourenço e que todas as 3 secas de média amplitude aconteceram após a inauguração da mesma. A distribuição das amplitudes das secas ao longo do período de 1994 a 2023, na Estação 66470000, do rio São Lourenço, pode ser observada na Figura 6.

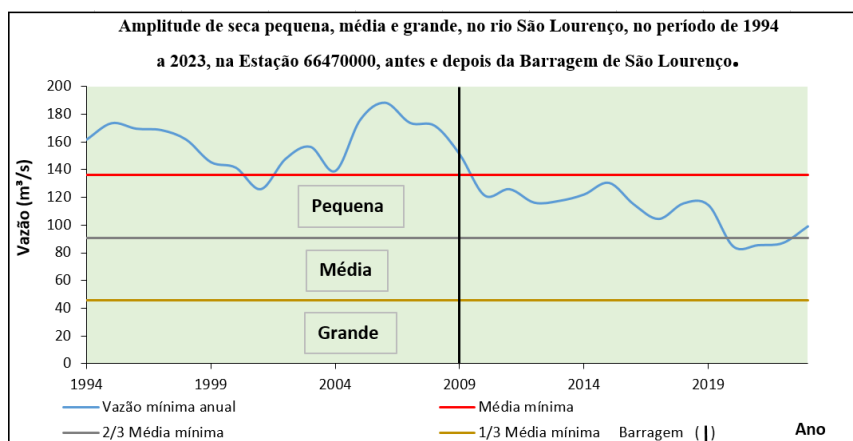


Figura 6 - Amplitudes de secas do rio São Lourenço, na Estação 66470000, no período de 1994 a 2023.
 Fonte: Gonçalves & Marques, 2024.

A distribuição percentual das secas hidrológicas na Estação 66470000, no rio São Lourenço, no período Geral (1994-2023), antes do início de operação da PCH São Lourenço (1994-2008) e depois do início de operação da PCH São Lourenço (2009-2023), pode ser observada na Figura 5.

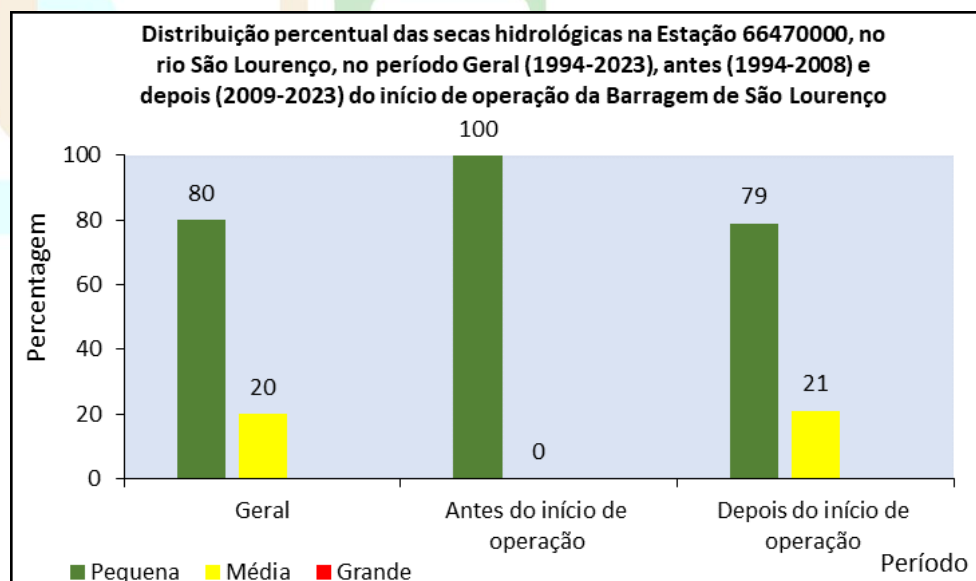


Figura 5: Distribuição percentual das cheias hidrológicas na Estação 66470000, no rio São Lourenço.
 Fonte: Brasil, 2024. Os Autores.

4 CONCLUSÕES

Os anos hidrológicos com cheias hidrológicas de pequena amplitude são 100%, mostrando que as cheias de grande e média amplitude não existem na bacia, corroborando com o modelo que as águas precipitadas têm preferência a infiltração em detrimento ao escoamento superficial. Do total de 30 anos hidrológicos analisados, 50% tiveram cheias,

sendo 80% antes do início de operação da PCH São Lourenço. Esse dado mostra que mesmo de pequena amplitude, as cheias hidrológicas se fazem presentes na bacia.

De modo análogo os 30 anos hidrológicos analisados, 50% também tiveram secas hidrológicas, sendo que destas 80% são secas com amplitude pequena e 20% são de amplitude média. Além disso, vale a pena ressaltar que 93,34% das secas aconteceram após o início da operação da PCH São Lourenço.

REFERÊNCIAS

BRASIL (2024). **Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico -ANA**. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 17 de maio de 2024.

GONÇALVES, M. & MARQUES, E. (2024). **Estudo hidrológico da sub-bacia hidrográfica do rio São Lourenço, Mato Grosso, Brasil. 121p**. Consultoria hidrológica. Empresa contratante: Associação Humana Povo para Povo Brasil, CNPJ: 08.949.168/0001-50, a serviço da Fundação Nacional dos Povos Indígenas – FUNAI.

GONÇALVES, M. J. de S. (2019). **Avaliação do impacto ambiental da redução de vazão na foz do rio São Francisco. I Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Juazeiro-BA**. Disponível em: <[Avalização-do-impacto-ambiental-da-redução-de-vazão-na-foz-do-Rio-SF.pdf \(agenciapeixevivo.org.br\)](http://agenciapeixevivo.org.br/Avalizacao-do-impacto-ambiental-da-reducao-de-vazao-na-foz-do-Rio-SF.pdf)>. Acesso em 14 de fevereiro de 2024.

GONÇALVES, M. J. de S. (2020). **Estudo hidrológico do rio Parnaíba, na bacia hidrográfica do rio Parnaíba, visando a compreensão da dinâmica fluvial e a garantia hídrica para a tomada de decisão utilizando a metodologia: Hidrologia Avançada Experimental**. Apresentação em Power Point. Palestra ministrada no auditório da Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal da Bahia-UFBA.

GONÇALVES, M. J. de S. **Gestão quantitativa das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu no estado da Bahia – Brasil**. 2014. 168 p. Tese (Doutoramento) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/21527>

ANÁLISE DO FATOR HIDROLÓGICO E O DETALHAMENTO DO FATOR HIDROLÓGICO NA SUB- BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO LOURENÇO – MT.

ANALYSIS OF THE HYDROLOGICAL FACTOR AND THE DETAILING OF
THE HYDROLOGICAL FACTOR IN THE SUB-BASIN OF THE SÃO
LOURENÇO RIVER – MT.

PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves

Email: mariotaboca@gmail.com

Esp. Edna Cristina de Lucena Marques

Email: ednaclmarques@gmail.com

Resumo

A sub-bacia hidrográfica do rio São Lourenço (SBHRSL) está localizada nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. A SBHRSL possui uma área aproximada de 24.000 km², altitudes que decrescem de cerca de 800 m nos divisores de água para cerca de 200 m na saída para o Pantanal. Este trabalho procura classificar os anos hidrológicos e avaliar a existência de impactos nas vazões após o início de operação da PCH São Lourenço, no ano de 2009. Para isso foram utilizando as ferramentas da metodologia Hidrologia Avançada Experimental (HAE): Fator Hidrológico (FH) e Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH), para avaliar se existe impactos nas vazões da sub-bacia hidrográfica do rio São Lourenço após o início da operação da PCH São Lourenço. Os resultados obtidos revelam que aconteceu uma grande redução de vazões na SBHRSL, aumentando de forma significativa à presença de anos hidrológicos deficitários.

Palavras-chaves: Rio São Lourenço; Hidrologia avançada experimental (HAE); Barragem.

Abstract

The São Lourenço River sub-basin (SBHRSL) is located in the states of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul. The SBHRSL has an approximate area of 24,000 km², with altitudes decreasing from about 800 meters at the watershed divides to about 200 meters at the outflow to the Pantanal. This work aims to classify the hydrological years and assess the existence of impacts on flow rates following the start of operation of the PCH São Lourenço in 2009. To achieve this, tools from the Experimental Advanced Hydrology methodology (HAE) were used: Hydrological Factor (HF) and Detailed Hydrological Factor (DHF), to evaluate whether there are impacts on the flow rates of the São Lourenço River sub-basin after the commencement of operations at the PCH São Lourenço. The results obtained reveal that there was a significant reduction in flow rates in the SBHRSL, which increased significantly during the presence of deficit hydrological years.

Keywords: Advanced experimental hydrology (EAH); Barrage; Pantanal.

1. INTRODUÇÃO

Uma bacia hidrográfica é uma área delimitada por divisores de águas, onde os componentes físico-climáticos possuem interação com a dinâmica hídrica, suas vazões, armazenamento ou escoamento de suas águas num sistema de drenagem, que pode originar rios com fluxos permanente ou intermitente. A análise das vazões desse sistema foi realizada de forma a permitir compreender a dinâmica do escoamento superficial da bacia hidrográfica e sua evolução.

A SBHRSL está localizada nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, com seus principais formadores nascendo nas serras dos Coroados, do Roncador e das Parnaíbas no Mato Grosso. A sub-bacia possui uma área aproximada de 24.000 km², altitudes que decrescem de cerca de 800 m, nos divisores de água no Bioma Cerrado, para cerca de 200 m, na saída para o Bioma Pantanal, drenando dezoito municípios de Mato Grosso (Alto Garças, Barão de Melgaço, Campo Verde, Dom Aquino, Guiratinga, Itiquira, Jaciara, Juscimeira, Pedra Preta, Primavera do Leste, Poconé, Poxoréu, Rondonópolis, Santo Antonio do Leverger, São José do Povo, São Pedro da Cipa e Tesouro) e um município de Mato Grosso do Sul (Corumbá). O rio São Lourenço é um rio federal: nasce no município de Campo Verde, no estado de Mato Grosso, no bioma do Cerrado; deságua no rio Cuiabá, no povoado de Barra do Rio São Lourenço, município de Corumbá, estado de Mato Grosso do Sul, no bioma do Pantanal. O rio São Lourenço deságua no rio Cuiabá no Pantanal Sul Matogrossense.

O estudo realizado observou os dados de vazão de uma estação fluviométricas localizada na sub-bacia hidrográfica do rio São Lourenço – SBHRSL, nas proximidades de sua foz.

Gonçalves (2014) fez a primeira publicação a respeito do fator hidrológico, onde o autor procura classificar os anos hidrológicos na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu, no estado da Bahia. Entretanto o detalhamento do fator hidrológico só foi publicado em Gonçalves (2023), entendendo que os anos normais poderiam ser desmembrados e com isso oferecer importantes informações sobre a dinâmica hídrica de uma bacia hidrográfica.

O Mapa de localização da sub-bacia hidrográfica do rio São Lourenço em relação à bacia hidrográfica do rio da Prata (BHRP), na América do Sul, e à sub-bacia hidrográfica do rio Paraguai, no Brasil, pode ser observado na Figura 1.

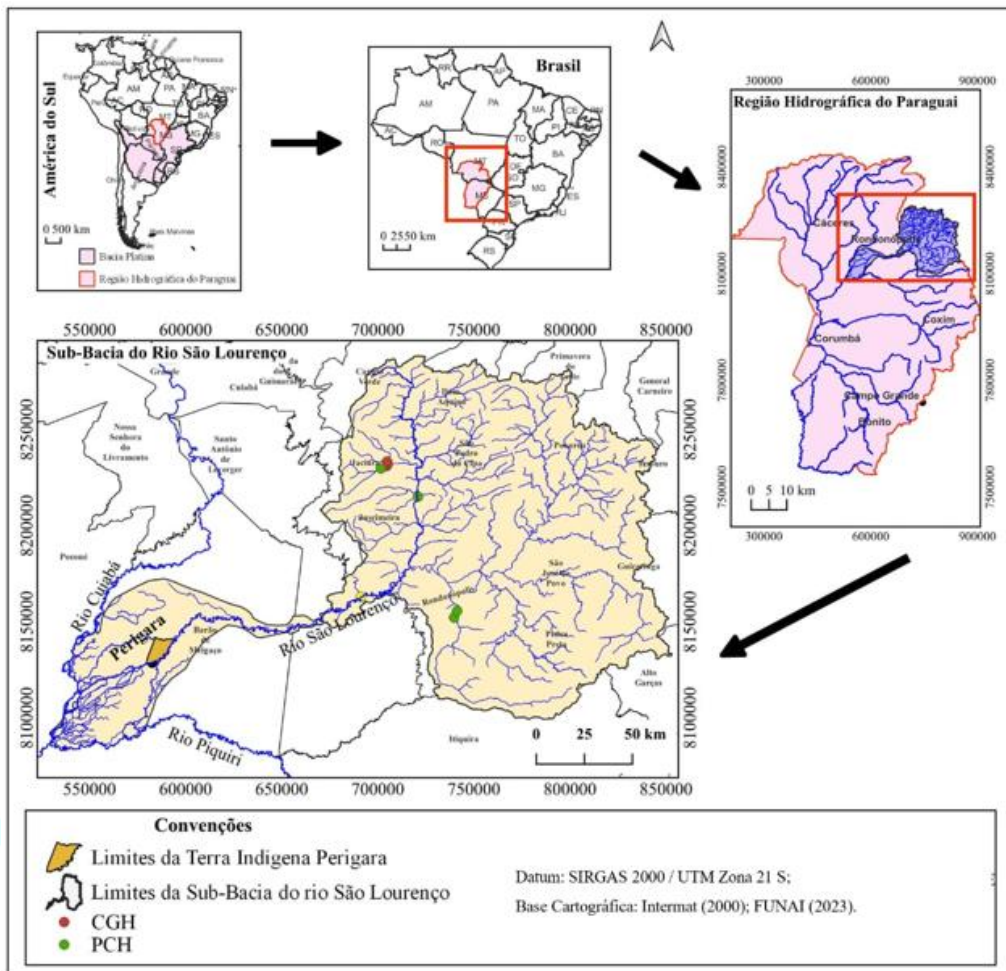


Figura 2 - Mapa de localização da sub-bacia hidrográfica do rio São Lourenço em relação à bacia hidrográfica do rio da Prata (BHRP), na América do Sul, e à sub-bacia hidrográfica do rio Paraguai, no Brasil.

Fonte: Gonçalves & Marques, 2024

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo classificar os anos hidrológicos utilizando as ferramentas da metodologia Hidrologia Avançada Experimental (HAE), Fator Hidrológico (FH) e Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH), para avaliar se existe impactos nas vazões da sub-bacia hidrográfica do rio São Lourenço após o início da operação da PCH São Lourenço no ano de 2009, na calha principal do rio São Lourenço, no Estado do Mato Grosso-MT.

3. METODOLOGIA

A metodologia denominada de Hidrologia Avançada Experimental (HAE) desenvolvida desde o início da década de 2000, quando ainda não tinha essa denominação, e continua sendo atualizada até os dias atuais, auxiliou no desenvolvimento dos trabalhos de Doutorado, Gonçalves (2014), e Pós-Doutorado, Gonçalves (2019), dentre muitos outros trabalhos acadêmicos, e que tem como objetivo realizar o diagnóstico da dinâmica hídrica de uma bacia hidrográfica, através da avaliação quantitativa das águas superficiais e de sua interface com as águas subterrâneas, constituindo-se assim numa ferramenta importante no planejamento e gestão dos recursos hídricos.

Neste trabalho foram utilizados os dados da estação fluviométrica de nome: São José do Boriréu, código 66470000, localizada no município de Barão de Melgaço, coordenadas: -16,9253° S e -56,2236° O, localizada na bacia hidrográfica do rio da Prata, sub-bacia do rio São Lourenço, no estado de Mato Grosso.

Os dados de séries históricas utilizados neste trabalho estão disponíveis em Brasil (2024), no site “*HidroWeb*” da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Antes de utilizar o Fator Hidrológico (FH) e o Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH) foi realizado o tratamento dos dados a partir do editor de planilha *Microsoft Office Excel*. Os dados faltantes na série histórica foram preenchidos sempre destacando/sinalizando, em vermelho, para que o usuário, futuro, tenha conhecimento do que é dado original coletado e dado obtido através de preenchimento de lacuna. Esse preenchimento de lacunas faz parte da consolidação de dados, que visa dá uma maior confiabilidade nos resultados encontrados a partir das séries históricas utilizadas.

Segundo Gonçalves & Marques (2024), o preenchimento das lacunas de cotas deve ser realizado a partir do cálculo da razão da Progressão Aritmética (PA) para lacunas com intervalo maior que um dia. O procedimento é realizado subtraindo os valores das extremidades, para depois dividindo o resultado encontrado pelo número de espaços vazios (n) mais 1 (n+1). O resultado encontrado na divisão se constitui na razão (R) de uma Progressão Aritmética (PA), que será crescente se o valor inicial for menor do que o valor final e decrescente se o valor inicial for maior do que o valor final (Quadro 1).

Quadro 1 - Exemplo de preenchimento de lacuna com uso de Progressão Aritmética (PA)

Data	Cota 01	Cota 02	Cota 03	Cota 04
01/02/2022	163	164	165	166
01/03/2022	15,6	16,13	16,66	17,2
01/04/2022	190	186,66	183,33	180

Fonte: Gonçalves & Marques (2024).

De maneira geral, a metodologia de preenchimento de lacunas segue o seguinte fluxograma simplificado e como pode ser observado na Figura 2.

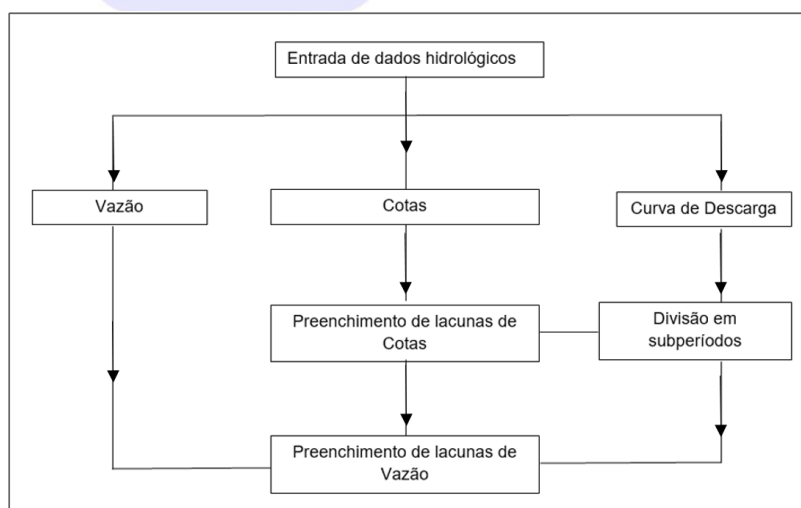


Figura 2 - Fluxograma simplificado da metodologia de preenchimento de lacunas.

Fonte: Gonçalves & Marques, 2024.

O gráfico do Fator Hidrológico classifica os anos hidrológicos em excedentes, normais e deficitários, utilizando para isso as médias das vazões 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: a) Fator hidrológico com valor 2 (dois) possui os valores extremos anuais máximos e mínimos acima das médias máximas e mínimas (ano hidrológico excedente, Figura 3); b) Fator hidrológico com valor 1 (um) possui pelo menos um valor extremo anual máximo ou mínimo acima das médias, (ano hidrológico normal, Figura 4 e 5); c) Fator hidrológico (FH) com valor 0 (zero) possui valores extremos anuais máximos e mínimos abaixo das médias máxima ou mínima (ano com hidrológico deficitário, Figura 6). No caso de valores extremos anuais máximos ou mínimos iguais à média máxima ou mínima, respectivamente, pode-se considerar: a) o valor do fator hidrológico igual a 1 (um) se a outra medida for $\geq 70\%$ da média anual máxima ou mínima e 0 (zero) no caso do outro valor do fator hidrológico for $< 70\%$ da média anual máxima ou mínima (Adaptado de Gonçalves, 2014).

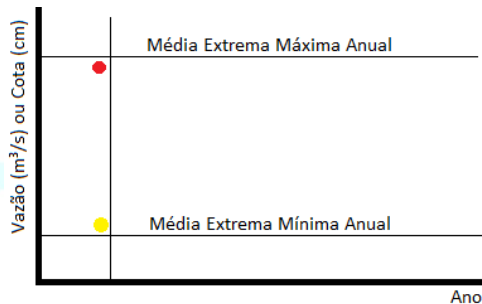


Figura 3 - Valor Extremo Máximo Anual abaixo da média extrema máxima e valor Extremo Mínimo Anual maior do que a média extrema mínima anual: Ano Hidrológico Normal.

Fonte: Gonçalves, 2014.

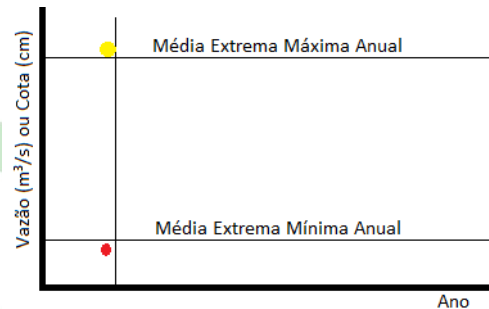


Figura 4 - Valor Extremo Máximo Anual acima da média extrema máxima e valor Extremo Mínimo Anual menor do que a média extrema mínima anual: Ano Hidrológico Normal.

Fonte: Gonçalves, 2014.

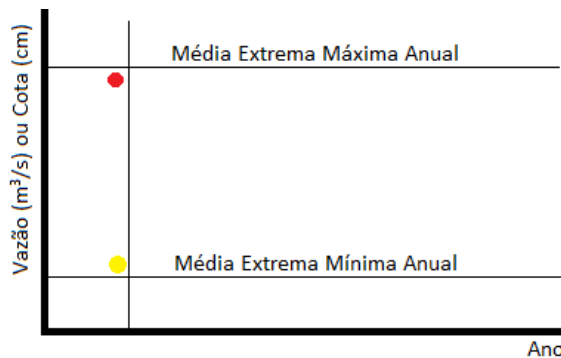


Figura 5 - Valor Extremo Máximo Anual abaixo da média extrema máxima e valor Extremo Mínimo Anual maior do que a média extrema mínima anual: Ano Hidrológico Normal.

Fonte: Gonçalves, 2014.

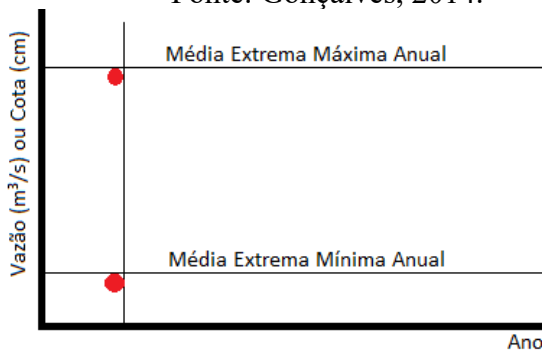


Figura 6 - Valores Extremos Máximos e Mínimos Anuais abaixo das médias extremas máximas e mínimas anuais: Ano Hidrológico Deficitário.

Fonte: Gonçalves, 2014.

O resumo do Fator Hidrológico pode ser verificado no Quadro 2.

Quadro 2 - Resumo do Fator Hidrológico (FH).

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	Classificação do Ano Hidrológico
Valor Máximo	1	-	-	-	1+1=2	Ano Excedente
Valor Mínimo	-	-	1	-		
Valor Máximo	1	-	-	-	1+0=1	Ano Normal
Valor Mínimo	-	-	-	0		
Valor Máximo	-	0	-	-	0+1=1	Ano Normal
Valor Mínimo	-	-	1	-		
Valor Máximo	-	0	-	-	0+0=0	Ano Deficitário
Valor Mínimo	-	-	-	0		

Fonte: Gonçalves (2014).

Segundo Gonçalves (2023), o gráfico do Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH) nos mostra a classificação dos anos hidrológicos excedentes, normais excedentes, normais deficitários e deficitários, para isso são consideradas as médias das vazões máximas e mínimas, da seguinte maneira: A partir dos dados obtidos para realização do gráfico de fator hidrológico foi possível realizar o DFH consideradas as médias das vazões mínimas e médias máximas 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 3.

Quadro 3 - 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).

O fluxograma geral da metodologia Hidrologia Avançada Experimental (HAE), na qual o Fator Hidrológico e o Detalhamento do Fator Hidrológico estão inseridos, pode ser observado na Figura 7.

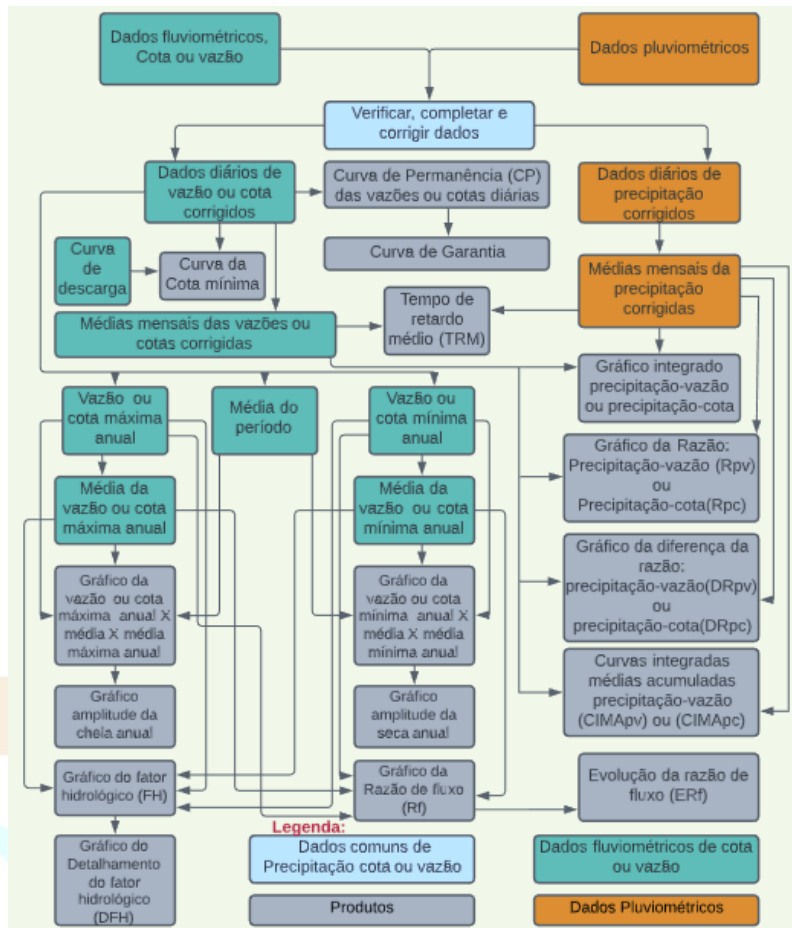


Figura 7 - Fluxograma da metodologia HAE aplicada para desenvolvimento do trabalho.

Fonte: Gonçalves (2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados da série histórica da ANA, consolidadas, foram calculadas as Vazões: máximas anuais, média máxima, mínimas anuais e média mínima. Além do FH e do DFH. Os valores das vazões máximas anuais, média máxima, mínimas anuais, média mínima e do FH e do DFH podem ser observados no Quadro 4, onde os valores do FH foram destacados em verde para os anos hidrológicos excedentes, amarelo para os anos hidrológicos normais, vermelho para os anos hidrológicos deficitários e para os valores do DFH, temos: verde para os anos hidrológicos excedentes, azul para os anos hidrológicos normais excedentes, amarelo para os anos hidrológicos normais deficitários e vermelho para os anos hidrológicos deficitários.

Quadro 4 - Valores das vazões máximas anuais, média máxima, mínimas anuais, média mínima e do FH e do DFH.

Ano	Vazão Máxima anual (m³/s)	Média máxima (m³/s)	Vazão mínima anual (m³/s)	Média mínima (m³/s)	FH	DFH
1994	419,8	404,1	161,8	136,4	2	2
1995	435,6	404,1	173,7	136,4	2	2
1996	418,3	404,1	169,7	136,4	2	2
1997	418,3	404,1	168,7	136,4	2	2
1998	407,9	404,1	161,8	136,4	2	2
1999	390,3	404,1	145,5	136,4	1	1,5
2000	386,6	404,1	141,5	136,4	1	1,5
2001	407,3	404,1	125,9	136,4	1	0,5
2002	403,5	404,1	147,9	136,4	1	1,5
2003	422,6	404,1	156,6	136,4	2	2
2004	411,2	404,1	139,1	136,4	2	2
2005	404,7	404,1	176,1	136,4	2	2
2006	419,8	404,1	188,5	136,4	2	2
2007	418,3	404,1	174,0	136,4	2	2
2008	416,9	404,1	171,8	136,4	2	2
2009	418,3	404,1	151,1	136,4	2	2
2010	409,2	404,1	121,4	136,4	1	0,5
2011	414,9	404,1	125,9	136,4	1	0,5
2012	393,7	404,1	116,1	136,4	0	0
2013	391,2	404,1	117,4	136,4	0	0
2014	391,2	404,1	122,0	136,4	0	0
2015	381,5	404,1	130,5	136,4	0	0
2016	381,5	404,1	114,9	136,4	0	0
2017	381,5	404,1	104,3	136,4	0	0
2018	392,2	404,1	115,6	136,4	0	0
2019	401,1	404,1	114,4	136,4	0	0
2020	395,6	404,1	84,4	136,4	0	0
2021	393,5	404,1	85,4	136,4	0	0
2022	395,6	404,1	87,0	136,4	0	0
2023	400,4	404,1	99,0	136,4	0	0

Fonte: Brasil, 2024. Os Autores.

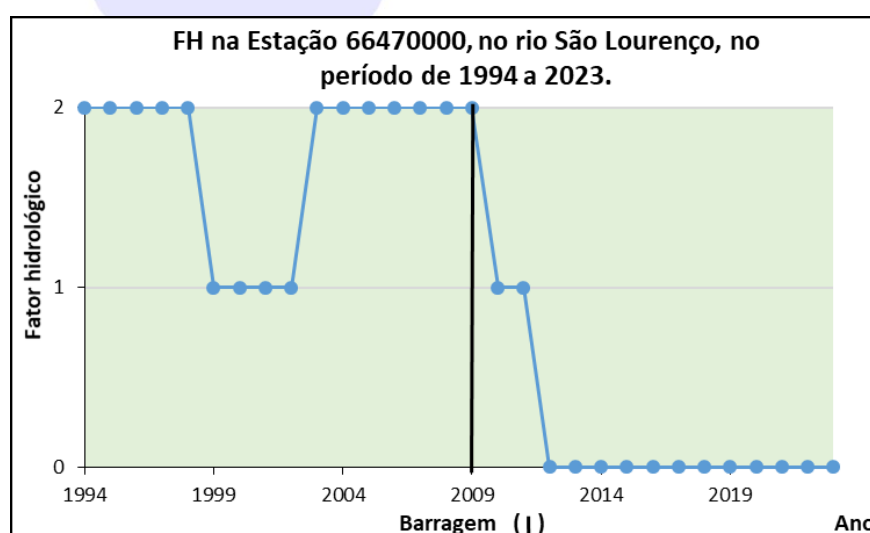


Figura 8 - Fator hidrológico na Estação 66470000, no rio São Lourenço, no período de 1994 a 2023.

Fonte: Gonçalves & Marques, 2024.

Na distribuição do fator hidrológico, na Estação 66470000, no rio São Lourenço, no período de 01/1994 a 08/2009 e 09/2009 a 12/2023, respectivamente, antes e após a inauguração da PCH São Lourenço. Observa-se que antes da inauguração da PCH São Lourenço existia uma predominância de anos hidrológicos excedentes, com 73%, e que após a inauguração da PCH esse valor diminuiu, para 7%, enquanto que os anos deficitários que totalizavam 0% aumentou para 79%, após a inauguração da PCH. A distribuição percentual dos anos hidrológicos do FH pode ser observada na Figura 9.

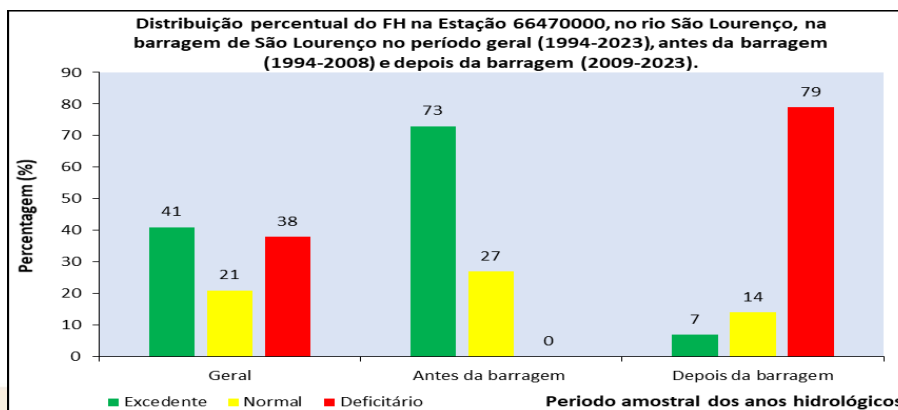


Figura 9 - Distribuição percentual do FH, na Estação 66470000, antes e após a inauguração da PCH São Lourenço.

Fonte: Gonçalves & Marques, 2024.

O detalhamento do fator hidrológico nos mostrou que o impacto também aconteceu nos anos hidrológicos normais, tendo em vista que todos os anos normais após a inauguração da barragem são deficitários. O detalhamento do fator hidrológico pode ser observado na Figura 10.

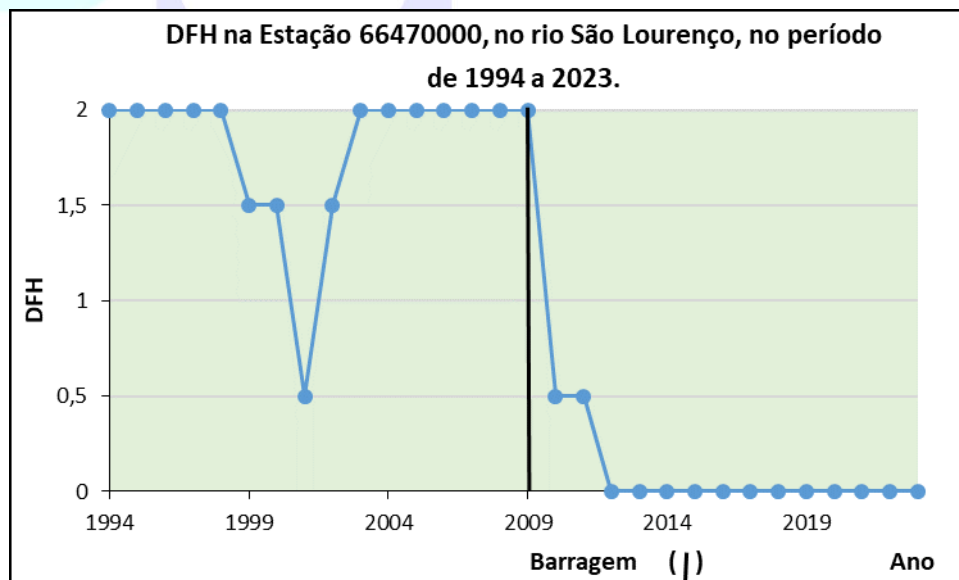


Figura 10 - Detalhamento do fator hidrológico na Estação 66470000, no rio São Lourenço, no período de 1994 a 2023.

Fonte: Gonçalves & Marques, 2024.

A distribuição do detalhamento do fator hidrológico, calculada para a Estação 66470000, no rio São Lourenço, no período de 01/1994 a 08/2009 e 09/2009 a 12/2023, respectivamente, antes e após a inauguração da PCH São Lourenço, nos mostra que antes da inauguração da PCH São Lourenço existiam anos hidrológicos normais excedentes, com 20%, e que após a inauguração da PCH esse valor diminuiu, para 0%, enquanto que os anos normais deficitários que totalizavam 7% aumentou para 13%, após a inauguração da PCH. A grande mudança aconteceu nos anos deficitários que antes da PCH eram 0% e aumentaram para 80%, corroborando com a redução de vazão observada. A distribuição percentual dos anos hidrológicos do DFH pode ser observada na Figura 11.

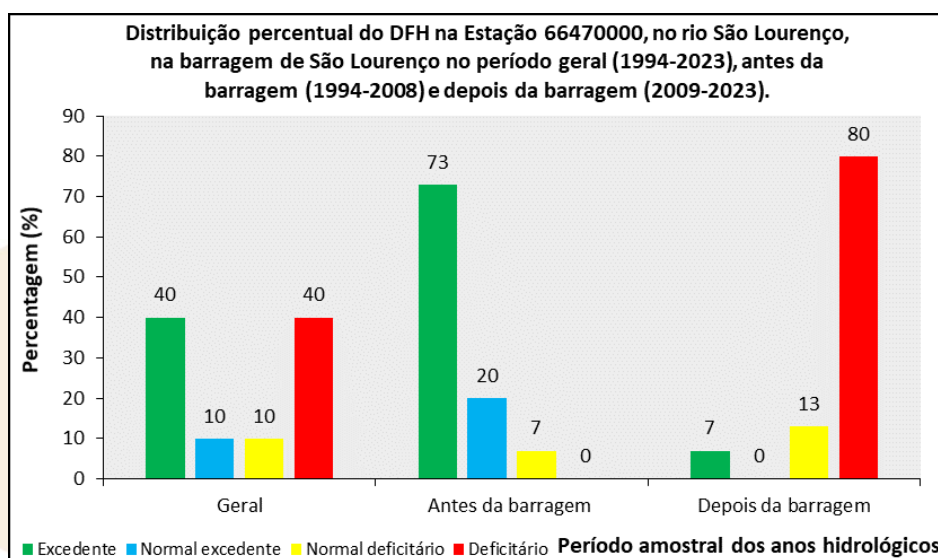


Figura 11 - Distribuição percentual do DFH, na Estação 66470000, antes e após a inauguração da PCH São Lourenço.

Fonte: Gonçalves & Marques, 2024.

5. CONCLUSÕES

Os anos hidrológicos normais no período de 1994 a 2023, no fator hidrológico (FH), são minoria na bacia (21%), seguido dos anos deficitários (38%) e dos anos excedentes (41%). Entretanto, após a implantação e início de operação da unidade de geração São Lourenço, na calha principal da bacia, esse cenário mudou e hoje se tem a minoria dos anos hidrológicos excedentes com 7%, com predominância absoluta dos anos deficitários com 79%.

No DFH, no período geral (1994-2023), se observou que os anos hidrológicos normais excedentes (10%) e normais deficitários (10%) são os menores representantes na distribuição anual, enquanto que os anos hidrológicos excedentes (40%) e deficitários (40%) são os maiores representantes dessa distribuição anual. Entretanto, após a implantação e início de operação da PCH São Lourenço esse cenário mudou e hoje se tem os anos normais excedentes com 0%, os hidrológicos excedentes com 7%, com aumento dos anos normais deficitários (13%) e predominância dos anos deficitários com 80%.

A redução das vazões pode afetar diretamente a biota e a reprodução de peixes e outros animais aquáticos presentes no sistema hídrico, bem como outros usos existentes na SBHRSL.

REFERÊNCIAS

BRASIL (2024). **Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico -ANA**. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 17 de maio de 2024.

GONÇALVES, M. & MARQUES, E. **Estudo hidrológico da sub-bacia hidrográfica do rio São Lourenço, Mato Grosso, Brasil. 2024. 121p.** Consultoria hidrológica. Empresa contratante: Associação Humana Povo para Povo Brasil, CNPJ: 08.949.168/0001-50, a serviço da Fundação Nacional dos Povos Indígenas – FUNAI.

GONÇALVES, M. J. de S. (2023). **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 barragens.** Cadernos de Geociências, [S. l.], v. 18, n. especial, 2023. DOI: 10.9771/geocad.v18i0.56147. Disponível em: <<https://periodicos.ufba.br/index.php/cadgeoc/article/view/56147>>. Acesso em: 26 set. 2024.

GONÇALVES, M. J. de S. (2020). **Estudo hidrológico do rio Parnaíba, na bacia hidrográfica do rio Parnaíba, visando a compreensão da dinâmica fluvial e a garantia hídrica para a tomada de decisão utilizando a metodologia: Hidrologia Avançada Experimental.** Apresentação em Power Point. Palestra ministrada no auditório da Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal da Bahia-UFBA.

GONÇALVES, M. J. de S. **Gestão quantitativa das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu no estado da Bahia – Brasil.** 2014. 168 p. Tese (Doutoramento) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2014. Disponível em: Acesso em: 26 set. 2024.

A DENSIDADE DE DRENAGEM COMO CENTRALIDADE NAS ANÁLISES AMBIENTAIS: UM ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA – BA.

DRAINAGE DENSITY AS A CENTRALITY IN ENVIRONMENTAL
ANALYSES: A STUDY OF THE CACHOEIRA RIVER BASIN – BA.

Dr. Emilson Batista da Silva

E-mail: emilson13@yahoo.com.br.

Dr. Nilton de Oliveira

E-mail: niltonde@gmail.com.

PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves

E-mail: mariotaboca@gmail.com.

Dr. Antonio Puentes Torres (in memoriam)

E-mail: puentes@ufba.com.



Resumo

A densidade de drenagem (Dd) é um parâmetro morfométrico que revela os controles naturais na drenagem. Assim, o presente estudo objetivou analisar a Dd da bacia hidrográfica do rio Cachoeira/BA, compreendendo-a como reflexo das alterações sociais no ambiente, e sua resposta aos controles naturais. A primeira etapa para o cálculo da Dd se deu no QGIS 3.28.5, utilizando dados vetoriais e matriciais fornecidos pelo IBGE e pela ANA, sendo criada uma grade de 2,5 km x 2,5 km e sobreposta sobre a drenagem, a fim de individualizar a drenagem de cada uma das 793 feições encontradas. Na segunda etapa, foi quantificada a Dd em quilômetros no Excel, em que se verificou uma Dd = 1,67 km/km², classificada como boa. Assim, nas bordas da bacia, com declividade e altitudes mais elevadas, a Dd regular expressa a presença de cobertura vegetal que retém a água da chuva e atenua a Dd.

Palavras-Chave: Intervenções socioespaciais; Gestão de bacias hidrográficas; SIG.

Abstract

Drainage density (Dd) is a morphometric parameter that reveals natural drainage controls. Thus, this study aimed to analyze the Dd of the Cachoeira River basin in Bahia, understanding it as a reflection of social changes in the environment, as well as its response to the controls exerted by natural elements. The first step in calculating Dd was performed in QGIS 3.28.5, using vector and matrix data provided by IBGE and ANA. A grid of 2.5 km x 2.5 km features was created and superimposed over the drainage to individualize the drainage of each of the 793 features found. In the second step, Dd was quantified in kilometers in Excel, finding a Dd of 1.67 km/km², classified as good. Thus, at the edges of the basin, with

steeper slopes and higher altitudes, a regular Dd indicates the presence of vegetation cover that retains rainwater and mitigates Dd.

Palavras-Chave: Socio-spatial interventions; Watershed management; GIS.

1. INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas se consubstanciam como centralidade nos estudos contemporâneos em relação à água disponível para os vários usos possíveis, pois estes ambientes vêm sendo compreendidos como unidades de planejamento por muitos especialistas da área. Sabe-se que a bacia hidrográfica está associada a uma unidade, composta por um sistema, formado por uma rede de drenagem, em que é possível distinguir seu curso principal. Esse sistema drena uma área em específico, determinando sua evolução no tempo e no espaço.

Na perspectiva de um estudo hidrológico, o conceito de bacia hidrográfica envolve explicitamente o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes (Schiavetti; Camargo, 2002, p. 17).

Dessa forma, torna-se de fundamental importância a elaboração e/ou aperfeiçoamento de metodologias capazes de propiciarem a produção de resultados mais próximos da realidade e, nessa ótica, contribuir para a resolução de problemáticas importantes, inerentes à quantidade, qualidade e distribuição têmporo-espacial da água, no âmbito das bacias.

Para Ross; Del Pratte (1998), a importância alcançada pela água, enquanto recurso natural, para a sociedade industrial moderna, fez com que a bacia hidrográfica se tornasse um foco geográfico referencial para as ações de planejamento, bem como de manejo e aproveitamento dos recursos naturais. A variabilidade de escalas de trabalho possíveis, a depender do objetivo do estudo, torna a bacia hidrográfica um importante objeto para as pesquisas hidrológicas.

A complexidade dos sistemas hídricos cresceu devido à diminuição da disponibilidade dos recursos hídricos e deterioração da qualidade das águas. Como consequência, projetos com múltiplas finalidades tenderam a ser desenvolvidos, além do aumento do interesse público pelo impacto dos aproveitamentos hídricos sobre o meio ambiente (Tucci, 2001, p. 27).

Nessa perspectiva, estudos em bacia hidrográficas, apresentam recorrentemente a análise de índices morfométricos para apresentar as características morfométricas, do relevo e da drenagem de uma determinada bacia. Dentre esses índices, a Densidade de Drenagem (Dd) se destaca como um elemento morfométrico que, através das características do desenvolvimento da drenagem, é capaz de possibilitar uma visão global das características ambientais da bacia, pois é capaz de refletir a porosidade das rochas que compõem o terreno e, nessa ótica, se há maior ou menor tendência para esculturação de canais; respondem ao grau de dissecação do relevo, pois em ambientes com alta dissecação ocorre maior facilidade para o escoamento e formação de novos canais; influenciam o escoamento e o transporte sedimentar na bacia de drenagem, tendo em vista que quanto mais elevadas a Dd, maior o volume de água escoada por unidade de tempo, o mesmo ocorrendo com o transporte sedimentar; e podem possibilitar a interpretação de

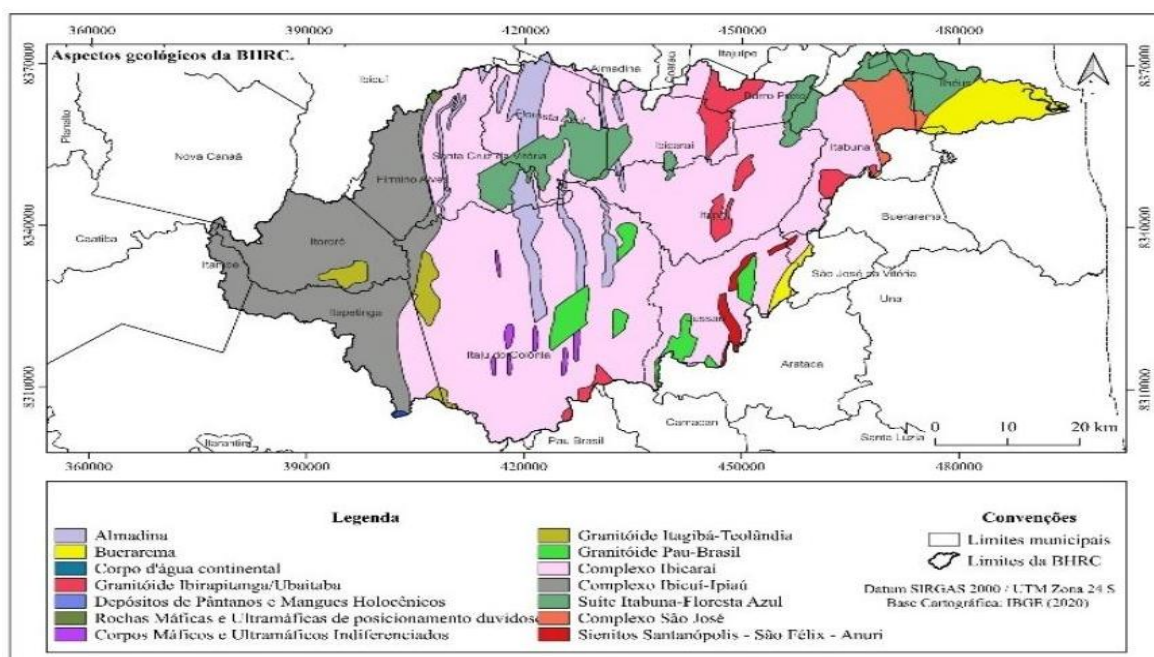


Figura 2 - Geologia da BHRC. Fonte: Silva (2025).
Fonte: Silva (2025).

Em relação à geomorfologia da bacia, a Leste estão Os Patamares Pré-Litorâneos do Leste da Bahia em duas porções ao Norte e ao Sul, divididos pela Unidade Depressão de Itapetinga-Itabuna. Os processos erosivos atuantes nesta Unidade determinam a existência de relevos bastante dissecados, com modelados de dissecação homogênea, predominando outeiros e morros de vertentes convexo-côncavas e topos abaulados (IBGE, 2022). A Norte e a Leste da área de estudo, localiza-se as Serras e Maciços Pré-Litorâneos, que comporta modelados de influência fluvial, além de serras estruturadas e morros e colinas esculpidos nos gnaisses e charnockitos.

Já no extremo Oeste da bacia, encontramos o Patamar Oriental do Planalto dos Geraizinhos, com relevo movimentado e intensa dissecação, responsável por esculpir a vertente oriental do planalto e resultando na presença de colinas e morros de topos convexos (IBGE, 2022). Se estendendo de Sul para Sudeste, o Maciço de Camacã se constitui em um maciço montanhoso, elaborado em gnaisses granulíticos, com vales profundos em “V” adaptados a falhas ortogonais ou transversais, onde predominam modelados de dissecação estrutural com topos aguçados (IBGE, 2022).

Se estendendo em uma longa faixa de Oeste para Leste, a Depressão de Itabuna-Itapetinga e é composta por uma porção do relevo rebaixada, possuindo modelados de aplainamento e residuais dissecados (IBGE, 2022). Por fim, a Leste, na desembocadura do rio principal, encontramos as Planícies Litorâneas, constituída por uma planície fluvio-marinha resultante da combinação de processos de acumulação fluvial e marinho, sujeito a inundações periódicas (Arcanjo, 1993) (Figura 3).

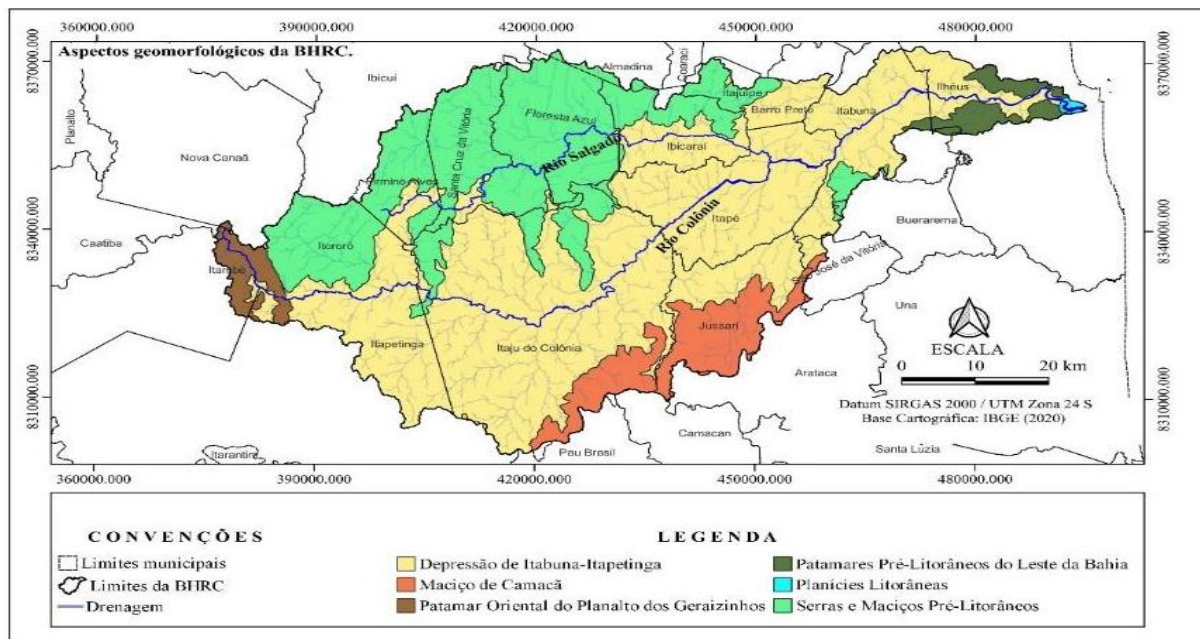


Figura 3 - Unidades Geomorfológicas da BHRC.

Fonte: Silva (2025).

Na BHRC, os interflúvios apresentam geralmente forma convexa, indo de colinas até grandes elevações, com as maiores altitudes predominando nos extremos Norte, Sul e Oeste da bacia. As áreas com menores cotas estão ao longo dos vales dos rios, principalmente a partir do médio curso da bacia, com cotas abaixo de 100 m. Na porção Centro-Norte da bacia, encontramos pontos mais individualizados acima dos 400 m de altitude. Assim, em linhas gerais a BHRC é constituída por um relevo composto por colinas, áreas rebaixadas em torno dos 150 m de altitude e topos residuais acima dos 1000 m (Figura 4).

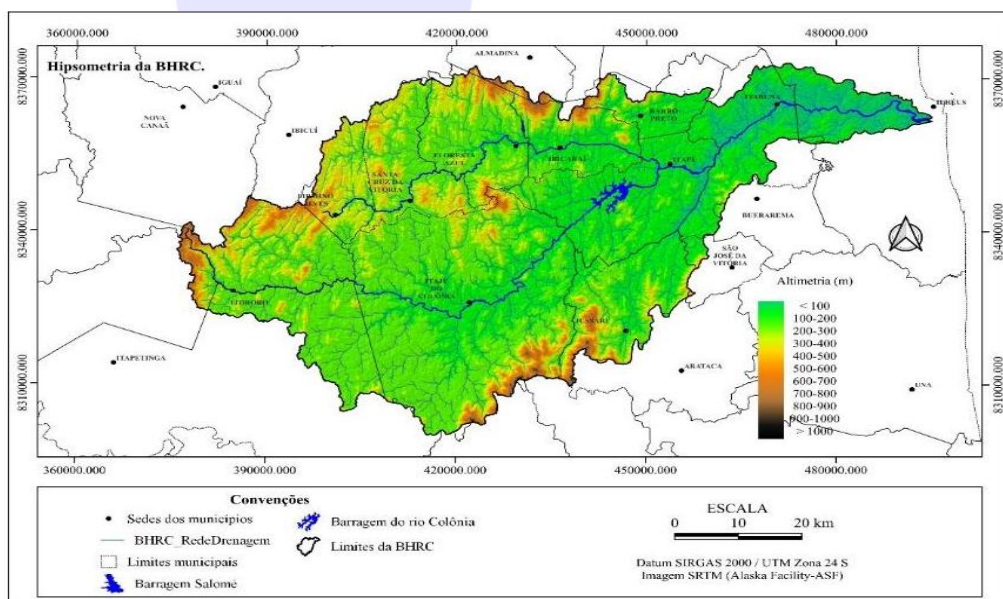


Figura 4 - Variação altimétrica na BHRC.

Fonte: Silva (2025).

A BHRC apresenta declividade média de 17%, sendo que prevalece o relevo ondulado. As inclinações classificadas como planas e suave-onduladas estão localizadas ao longo das planícies fluviais, bem como, em sua maior parte, na Depressão de Itabuna-Itapetinga, favorecendo a ocorrência de cheias. As zonas com maiores inclinações estão a Norte e Sul da bacia, em locais onde afloram a estrutura geológica, que apresenta maior resistência aos processos erosivos (Figura 5).

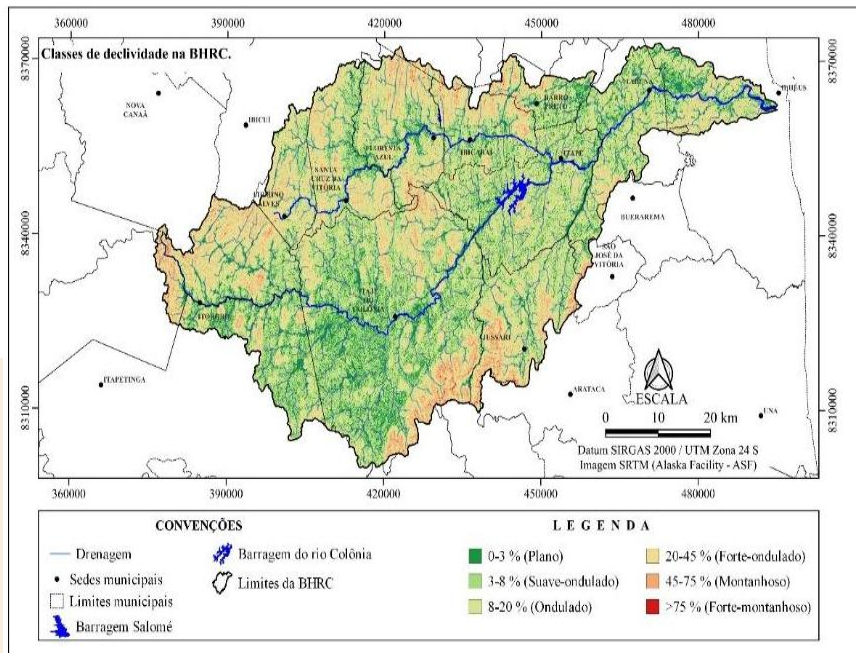


Figura 5 - Faixas de declividade do relevo na BHRC.

Fonte: Silva (2025).

A observação da hidrogeologia da bacia nos permite verificar que em sua quase totalidade existe um embasamento cristalino. Neste caso, predomina uma permeabilidade secundária, o que determina dificuldades na circulação e realimentação do aquífero, sendo que a recarga acontece sobretudo através da água das chuvas, que infiltram sobretudo pelas zonas onde se associam as fraturas e a drenagem, principalmente no período chuvoso (Figura 6).

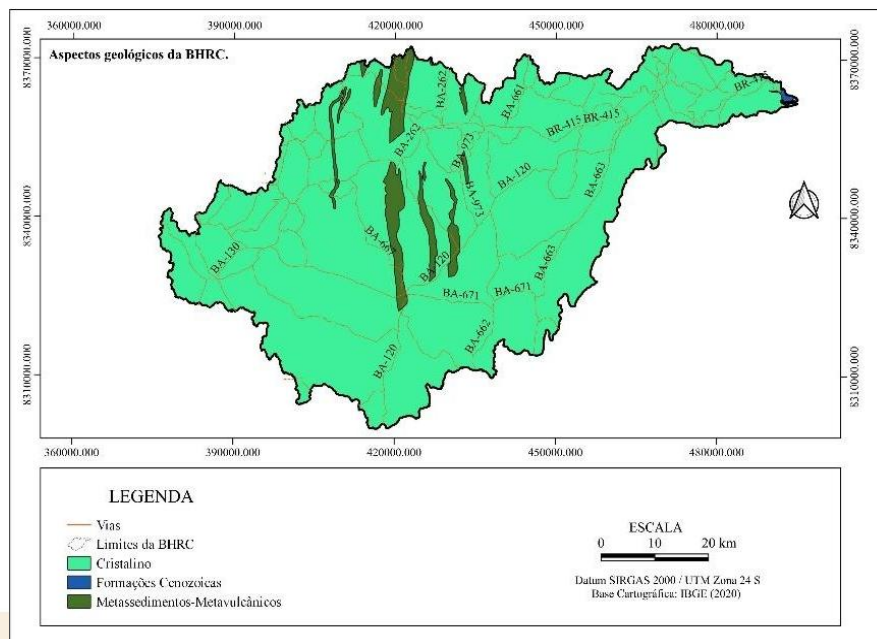


Figura 6 - Hidrogeologia da BHRC.

Fonte: Silva (2025).

O modelo predominante de apropriação do espaço na bacia, concentrado na criação extensiva de gado, sobretudo na porção Oeste, é responsável pelo intenso desmatamento, originado no século XVI, com a extração do pau brasil. De acordo com o IBGE (2012), existem seis tipologias de cobertura vegetal na bacia, a saber: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional, Vegetação com influência fluvial, Manguezal, Restinga e Brejo Litorâneo (Figura 7).

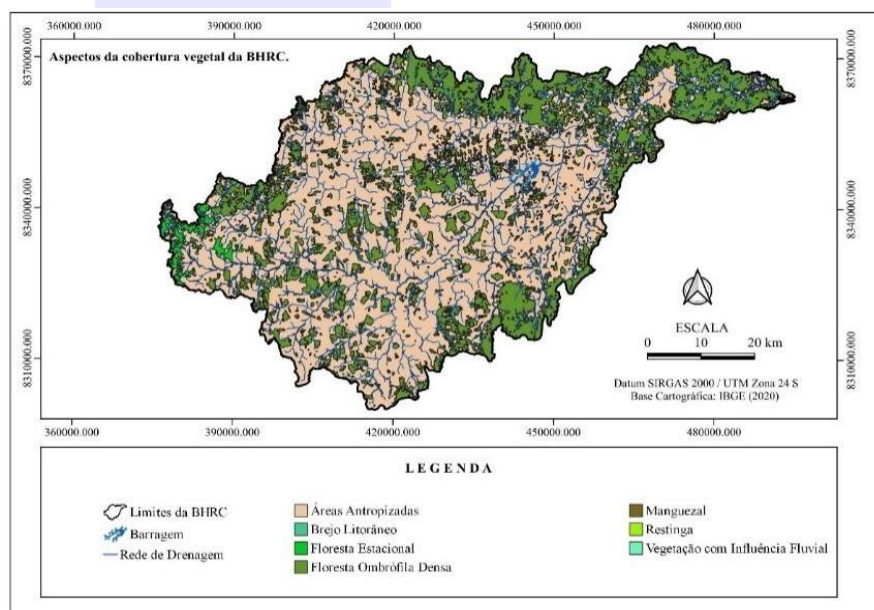


Figura 7 - Distribuição da cobertura vegetal na BHRC.

Fonte: Silva (2025).

As principais intervenções socioespaciais na BHRC é o lançamento de esgoto, a retirada da mata ciliar, a deposição de resíduos sólidos e a retirada de areia das margens. Silva (2013), através de estudo realizado na bacia, com série histórica coletada na rede de monitoramento existente, comprovou que as vazões vêm diminuindo no decorrer do tempo, interferindo, dessa forma na disponibilidade de água para a população local.

2. OBJETIVO

O presente trabalho objetivou analisar a densidade de drenagem (Dd) da bacia hidrográfica do rio Cachoeira/BA, buscando entender a Dd como reflexo das alterações empreendidas pela ação social no ambiente, bem como sua resposta aos controles exercidos pelo clima, vegetação, litologia e outras características da drenagem.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A manipulação dos dados cartográficos foi realizada inteiramente no QGIS 3.28.5. O primeiro passo foi acessar a Base Hidrográfica Otto Nível 6 (IBGE, 2012) para identificar e recortar o polígono, no formato *shapefile*, da área de estudo, que posteriormente foi transformado para o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) SIRGAS 2000 / UTM 24S. Em seguida, obtemos a imagem, no formato *raster*, da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (ASF, 2022) e a reprojetoamos para o SRC da pesquisa. Então, recortamos a área de estudo deste *raster*, utilizando o *shapefile* da bacia, oriundo da Base Hidrográfica Otto Nível 6 (IBGE, 2012).

De posse desses dados, a partir da caixa de ferramentas do QGIS, realizamos o preenchimento dos pixels sem dados e a remoção das depressões da imagem SRTM, para daí identificarmos a rede de drenagem existente na BHRC, mediante a ferramenta *Channel Network and Drainage Basins*. Após isso, procedemos com a vetorização da rede de drenagem da bacia, criando uma camada no formato *shapefile*.

Já a densidade de drenagem, foi aferida, conforme Christofolletti (1979), em ambiente QGIS. Para tanto, a primeira etapa foi criar uma camada vetorial no formato *shapefile*, composta por uma grade, dividida em polígonos quadráticos (feições) de 2,5 km x 2,5 km (6,25 km²). O próximo passo foi fazer um recorte no *shapefile* da rede de drenagem, utilizando esta grade como camada máscara, criando uma saída separada para cada uma das 793 feições (polígonos) levantadas. Ainda nesta fase, foi criado um campo na Tabela de Atributos do *shapefile* da rede de drenagem de cada feição, denominado de comprimento da drenagem (Figura 8).

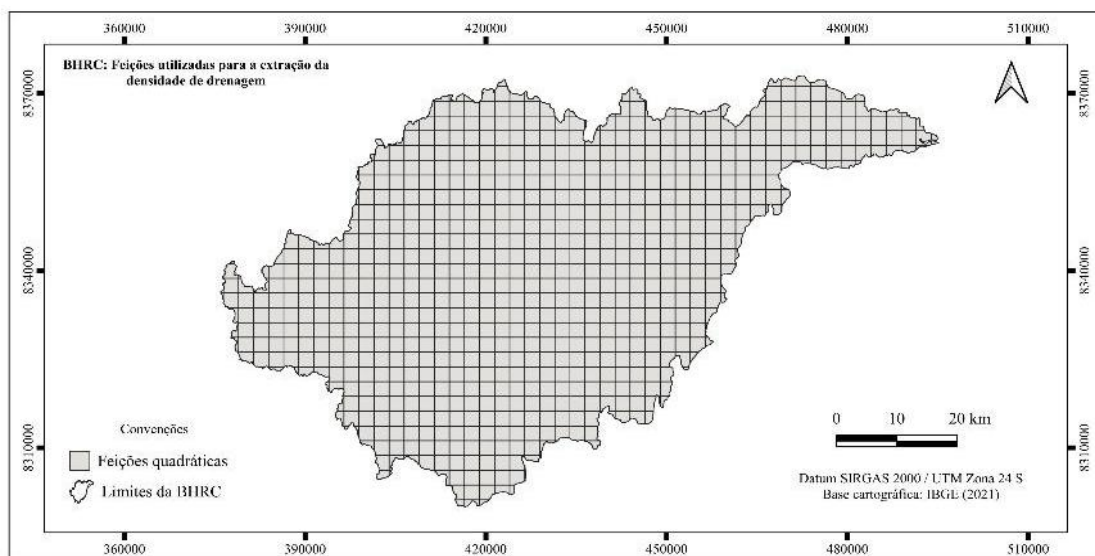


Figura 8 - Grade de polígonos quadráticos utilizada para a extração da densidade de drenagem na BHRC, Fonte: IBGE (2021). Produção dos autores.

Na continuação, utilizamos o *Microsoft Excel*, onde foi feito o cálculo da densidade de drenagem para cada feição. Isso foi realizado por meio da soma do campo comprimento total da drenagem, resultando, dessa forma, num único valor, representando toda a drenagem da feição. Na sequência, dividimos cada valor encontrado pela área do delimitada por cada polígono ($6,25 \text{ km}^2$), encontrando a densidade de drenagem para cada um deles. Por fim, foi construída uma camada vetorial de pontos, no formato *shapefile*, constando os centroides de cada feição, aos quais foram vinculados os valores da densidade de drenagem.

A etapa seguinte foi a espacialização da densidade de drenagem na bacia, produzindo o mapa da distribuição da densidade de drenagem. Para isso, lançamos mão da técnica de interpolação denominada de Ponderação do Inverso da Distância (IDW), onde os valores dos pontos são determinados utilizando uma combinação linear ponderada dos pontos amostrados, atribuindo peso maiores ao ponto mais próximo, diminuindo esse peso com o aumento da distância (Righi; Basso, 2016; Marcuzzo; Andrade; Melo, 2011).

A classificação da densidade de drenagem seguiu a orientação de Carvalho; Silva (2006) posteriormente classificada em Pobre, Regular, Boa, Muito Boa ou Excepcionalmente bem drenada (Quadro 1).

Quadro 1 – Parâmetros para a classificação da densidade de drenagem na BHRC.

Bacias com drenagem pobre	$Dd < 0,5 \text{ km/km}^2$
Bacias com drenagem regular	$0,5 \leq Dd < 1,5 \text{ km/km}^2$
Bacias com drenagem boa	$1,5 \leq Dd < 2,5 \text{ km/km}^2$
Bacias com drenagem muito boa	$2,5 \leq Dd < 3,5 \text{ km/km}^2$
Bacias excepcionalmente bem drenadas	$Dd \geq 3,5$

Fonte: Carvalho; Silva (2006). Produção dos autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Dd da BHRC é de 1,67 km/km², o que indica uma Dd classificada como boa, conforme a referência utilizada na pesquisa. Isso significa que a bacia apresenta uma drenagem com relativo desenvolvimento, onde existe dificuldade de infiltração da água em detrimento do fluxo superficial.

Como foi observado, o embasamento da bacia é constituído, em sua quase totalidade, por rochas plutônicas e metamórficas, caracterizando um ambiente com estrutura predominantemente cristalina. Por isso, ocorre menor infiltração da água no terreno e, em consequência, uma maior circulação superficial.

Por outro lado, quando observamos alguns espaços de forma particularizada na bacia, verificamos aspectos da Dd que destoam das características do embasamento cristalino, fazendo com que percebamos a influência de outros elementos no desenvolvimento do sistema de drenagem superficial.

Assim, nas bordas da bacia, onde temos maior entalhamento do relevo e maiores declividades e altitudes, o fluxo superficial é naturalmente incentivado, o que ocasionaria uma elevação da Dd, devido a esses fatores, típicos de relevos movimentados, potencializarem os processos erosivos. No entanto, nesses locais a cobertura vegetal estabelece um processo de interação com o relevo, onde a sua presença contribui para limitar a drenagem superficial e favorecer a infiltração da água. Essa dinâmica é a responsável por conter a Dd, provocando a sua diminuição e fazendo com que, nesses locais, a Dd apresente-se pobre ou regular. Deriva daí a necessidade de preservação da vegetação de topo de morro, que se constituem em áreas de recargas para as nascentes e os aquíferos dos rios.

Como observado, na maior parte da bacia, a Dd classificada como boa, refletindo o embasamento cristalino, mas sofrendo intervenção da baixa declividade. A Dd ainda é incentivada, nestas áreas da bacia, pelo processo de desmatamento, estabelecido a partir do século XVI, pois a carência de cobertura vegetal é uma característica que amplia a Dd e diminui a infiltração da água, contribuindo para cheias e secas hidrológicas.

As localidades com Dd classificada como muito boa ou excepcionalmente bem drenada estão situadas em áreas desprovidas de cobertura vegetal, facilitando a drenagem superficial e, assim, a esculturação de canais (Figura 9).

A carência de cobertura vegetal, propiciada pelo processo de desmatamento, contribui fortemente para a existência de cheias e secas, principalmente a partir do médio curso do rio principal, pois, dessa forma, quando acontecem as precipitações, a Dd é potencializada, podendo possibilitar o assoreamento dos rios. A dificuldade de infiltração da água imposta pelo embasamento cristalino impede a recarga do aquífero de forma ideal e, conseqüentemente o déficit de água nos momentos de estiagem.

Os resultados deverão subsidiar outras análises em torno da Dd como elemento capaz de sintetizar as características ambientais das bacias hidrográficas e, dessa forma, contribuir para a tomada de decisão.

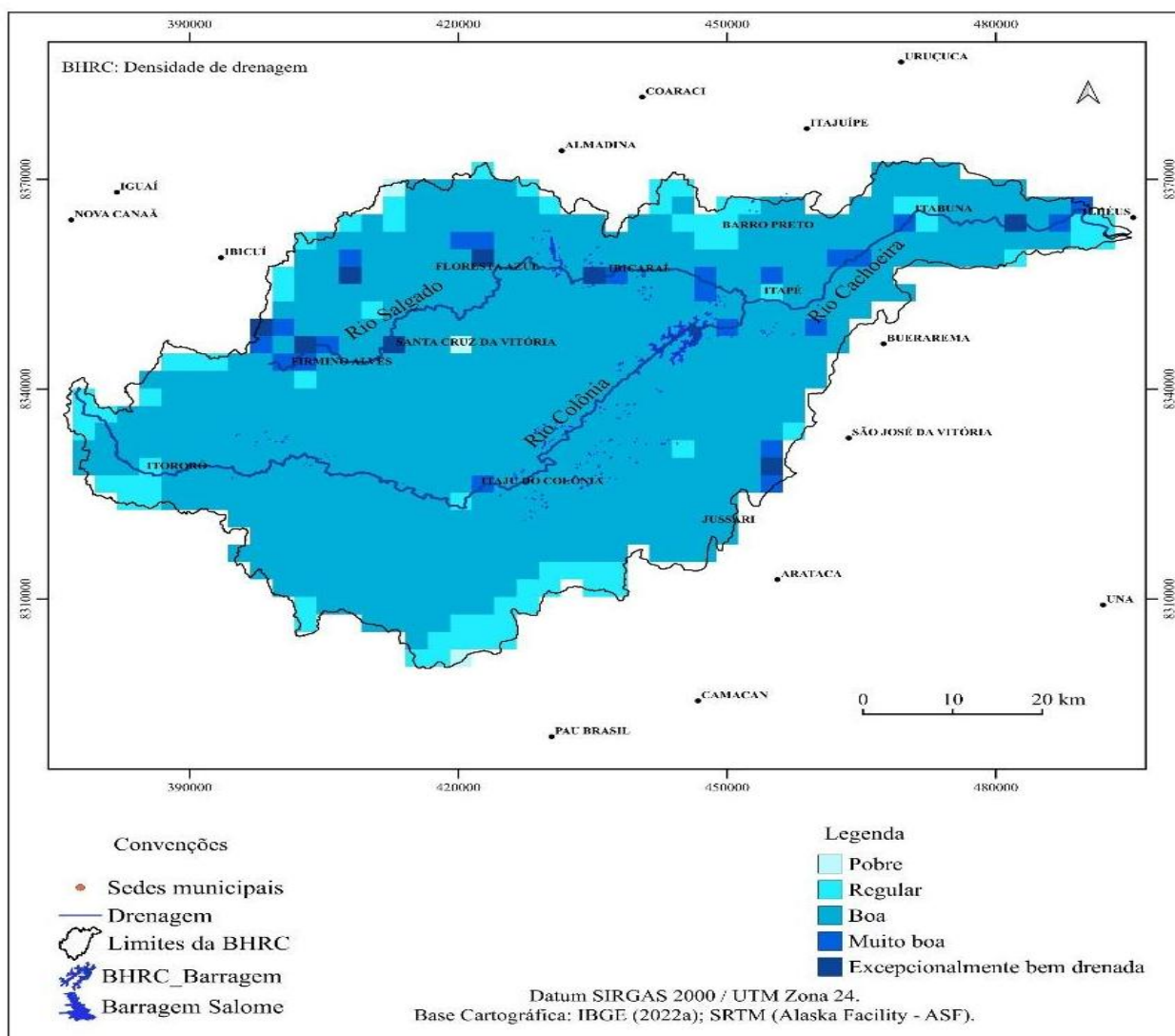


Figura 9 - Densidade de drenagem na BHRC, 2025.
Fonte: IBGE (2022); ASF (2022). Produção dos autores.

5. CONCLUSÕES

A procura por mecanismos que possibilitem compreender de que forma o ambiente responde às intervenções da sociedade, é uma permanente busca dos estudos científicos, no intuito de encontrar alternativas que nos direcione para a preservação de nosso planeta e, ao mesmo tempo, a perpetuação da humanidade.

Neste estudo, tentamos demonstrar que a densidade de drenagem pode ser um desses mecanismos, de utilização simples e efetiva. Observamos que o comportamento da densidade de drenagem pode possibilitar a compreensão no tempo e no espaço das transformações advindas do modelo de apropriação social do espaço geográfico e, nesse sentido, servir de parâmetro para a tomada de decisão e gestão de uma determinada bacia hidrográfica.

Em nossa área de estudo, ficou evidente a insubordinação litológica, haja vista que os valores encontrados para a densidade de drenagem não refletem a estrutura cristalina predominante na bacia. Verificamos também que os raros locais onde existe uma Dd classificada como muito boa ou extremamente bem drenada são aqueles desprovidos de cobertura vegetal e/ou mais elevados.

A principal dificuldade encontrada no uso da Dd é a carência de referências que possam expressar metodologias eficientes, ficando a cargo do pesquisador encontrar a metodologia mais adequada ao seu objeto, no intuito de aproximar seus resultados o quanto possível da realidade.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. Brasil. Sistema Nacional de Hidrografia e Recursos Hídricos – SNHRH. **Bacias Hidrográficas Otto Nível 6**, 2012. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/b228d007-6d68-46e5-b30d-a1e191b2b21f>. Acesso em 03 de agosto de 2024.

ARCANJO, João Batista Alves (Org.). **Itabuna: folha SD.24-Y-B-VI** - estado da Bahia. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Brasília: CPRM, 1993.

ASF, Alaska Satellite Facility. **MapReady**. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/#/>. Acesso em: 10 de setembro de 2022.

BARBOSA, Johildo Salomão Figueiredo; SABATÉ, Pierre. Colagem Paleoproterozóica de placas arqueanas do Cráton do São Francisco na Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**. 33(1-Suplemento):7-14, março de 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/2568/1/10323-35270-1-PB.pdf>. Acesso em 01 de maio de 2022.

CARVALHO, Daniel Fonseca; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. **Hidrologia** – Cap. 3: Bacia Hidrográfica. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://www.profec.com.br/escola/apostilas/basico-em-hidrologia-pfc-2.pdf>. Acesso em 03 de março de 2023.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. A análise da densidade de drenagem e suas implicações geomorfológicas. **Geografia**, p. 23-42, 1979. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/14769/11403>. Acesso em: 03 de março de 2024.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Brasil. Serviço Geológico do Brasil. Arquivos vetoriais (shp). **Carta Hidrogeológica do Nordeste ao Milionésimo**, escala 1:1.000.000. Projeto Gis Brasil. GEOSGB, 2016. Disponível em: <https://geosgb.sgb.gov.br/geosgb/downloads.html>. Acesso em: 22 de março de 2022.

DELGADO, Inácio de Medeiros; SOUZA, João Dalton de; SILVA, Luiz Carlos da; FILHO, Nelson Custódio da Silveira; SANTOS, Reginaldo Alves dos; PEDREIRA, Augusto José; GUIMARÃES, José Torres; ANGELIM, Luiz Alberto de Aquino;

VASCONCELOS, Antonio Maurílio; GOMES, Iaponira Paiva; FILHO, Joffre Valmorio de Lacerda; VALENTE, Cidney Rodrigues; PERROTTA, Mônica Mazzini; HEINECK, Carlos Alberto. **Geotectônica do Escudo Atlântico**. In: BIZZI, Luiz Augusto; SCHOBENHAUS, Carlos; VIDOTTI, Roberta Mary; GONÇALVES, João Henrique. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG. Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/294860719_Geotectonica_do_Escudo_Atlantico_Geotectonics_of_the_Atlantic_Shield. Acesso em 02 de fevereiro de 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasil. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro:1979. 83p. disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/327212>. Acesso em 02 de outubro de 2023.

HORTON, Robert Elmer. Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, p. 275-370, 1945. Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article/56/3/275/4075/EROSIONAL-DEVELOPMENT-OF-STREAMS-AND-THEIR>. Acesso em 05 de abril de 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil. **Mapeamento de Recursos Naturais do Brasil, geologia, 2023**. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geologia/levantamento_geologico/vetores/escala_250_mil/versao_2023/. Acesso em 01 de abril de 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil. **Mapeamento de Recursos Naturais do Brasil, geomorfologia, 2023a**. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/vetores/escala_250_mil/versao_2023/. Acesso em 01 de abril de 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil. **Banco de dados de informações ambientais, 2022**. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geomorfologia>. Acesso em: 27 de agosto de 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil. **Bacias e divisão hidrográfica do Brasil, 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/31653-bacias-e-divisoes-hidrograficas-do-brasil.html>. Acesso em: 19 de setembro de 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil. **Malha municipal 2020**. Disponível em: https://forest-gis.com/2022/10/ibge-atualiza-malha-municipal-e-intermediariabrasileira.html/#google_vignette. Acesso em 03 de março de 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil. **Manual técnico de vegetação**, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=263011>. Acesso em: 19 de setembro de 2023.

MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha; ANDRADE, Lucas Reinehr; MELO, Denise Christina de Rezende. Métodos de interpolação matemática no mapeamento de chuvas do estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.4, n.4, p. 696-710, 2011.

RIGHI, Eléia; BASSO, Luís Alberto. Aplicação e análise de técnicas de interpolação para espacialização de chuvas. **Ambiência. Guarapuava (PR)**. Vol. 12, n. 1 (jan./abr. 2016), p. 101-117, 2016.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches; DEL PRETTE, Marcos Estevan. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 12, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, Humanitas, 1998. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/53736>. Acesso em: 02 de novembro de 2024.

SILVA, Emilson Batista. **Subsídios hidrológicos para a análise geossistêmica**: estudo da bacia hidrográfica do rio Cachoeira – Ilhéus/BA. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2025.

SILVA, Emilson Batista. **As intervenções sócioespaciais na Baía do Pontal – Ilhéus/BA e suas repercussão morfo genéticas**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio Fernando Monteiro. **Conceitos de bacias hidrográficas**: teorias e aplicações. 2.ed. Ilhéus, Ba: Editus, 2002.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Hidrologia: Ciência e Aplicação. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (Org). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001. Disponível em: [file:///C:/Meus%20Documentos/My%20PC%20\(LAPTOP-2FKMGTQQ\)/Downloads/pdfcoffee.com_livro-hidrologia-ciencia-e-aplicacao-carlos-tuccipdf-pdf-free.pdf](file:///C:/Meus%20Documentos/My%20PC%20(LAPTOP-2FKMGTQQ)/Downloads/pdfcoffee.com_livro-hidrologia-ciencia-e-aplicacao-carlos-tuccipdf-pdf-free.pdf). Acesso em: 03 de janeiro de 2023.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

CARACTERIZAÇÃO DA VAZÃO HIDROLÓGICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA – BA, DE 1966 A 2019.

CHARACTERIZATION OF HYDROLOGICAL FLOW IN THE CACHOEIRA
RIVER BASIN – BA, FROM 1966 TO 2019.

Dr. Emilson Batista da Silva

E-mail: emilson13@yahoo.com.br.

Dr. Nilton de Oliveira

E-mail: niltonde@gmail.com.

PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves

E-mail: mariotaboca@gmail.com.

Dr. Antonio Puentes Torres (*in memoriam*)

E-mail: puentes@ufba.com.

Resumo

O acompanhamento da evolução da vazão é uma ação fundamental para a gestão de uma bacia hidrográfica. Assim, este estudo objetivou analisar o comportamento da vazão na bacia hidrográfica do rio Cachoeira/BA, de 1966 a 2019. O estudo foi desenvolvido com série histórica disponibilizada pela ANA, na estação fluviométrica 53170000, localizada em Itabuna. O tratamento dos dados se deu a partir da Hidrologia Avançada Experimental (HAE) e do Excel. A cartografia deu-se no QGIS 3.28.5, mediante dados vetoriais e matriciais, oriundos da ANA e IBGE. A vazão média da série foi 19 m³/s e os resultados apontaram a redução paulatina da vazão média anual para valores abaixo dessa média, com destaque para as décadas de 1980 e 2000. As vazões máximas e mínimas reduziram significativamente, evidenciando picos e *déficits* ao longo do ano, provocando importantes cheias e secas, respectivamente. Os dois barramentos existentes também contribuíram para a redução das vazões.

Palavras-Chave: Vazão; Gestão de bacias hidrográficas; SIG.

Abstract

Monitoring flow trends is a fundamental action for river basin management. Therefore, this study aimed to analyze flow behavior in the Cachoeira River basin in Bahia, Brazil, from 1966 to 2019. The study was developed using historical data provided by ANA (National Institute of Geography and Statistics) at fluviometric station 53170000, located in Itabuna. Data processing was performed using Advanced Experimental Hydrology (HAE) and Excel. Mapping was performed in QGIS 3.28.5, using vector and matrix data from ANA and IBGE. The average flow rate of the series was 19 m³/s, and the results indicated a gradual reduction in the average annual flow to values below this average, particularly in the 1980s and 2000s. Maximum and minimum flows decreased significantly, demonstrating peaks and deficits throughout the year, causing significant floods and droughts, respectively. The two existing dams also contributed to the reduction in flows.

Palavras-Chave: Flow; Watershed management; GIS.

1. INTRODUÇÃO

As análises das transformações em nível das bacias hidrográficas são de suma importância para a compreensão da dinâmica ambiental nestes ambientes, sobretudo das intervenções humanas, que potencialmente são capazes de modificar a quantidade e/ou qualidade da água, bem como sua disponibilidade. Sabe-se que a bacia hidrográfica está associada a uma unidade de planejamento, em que existe um sistema, formado por uma rede de drenagem, onde é possível distinguir seu curso principal. Esse sistema drena uma área em específico, determinando sua evolução no tempo e no espaço. Para Ross; Del Prette (1998, p. 101), a bacia hidrográfica é “uma unidade natural, cujo elemento integrador está representado pelos leitos fluviais ou canais de drenagem naturais”.

Na perspectiva de um estudo hidrológico, o conceito de bacia hidrográfica envolve explicitamente o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes (Schiavetti; Camargo, 2002, p. 17).

A bacia hidrográfica se configura, dessa forma, em um sistema aberto com entrada e saída de energia. “As bacias hidrográficas contíguas, de qualquer hierarquia, estão interligadas pelos divisores topográficos, formando uma rede onde cada uma delas drena água, material sólido e dissolvido para uma saída comum” (Guerra; Cunha, 2011, p. 353).

A entrada de energia no sistema da bacia hidrográfica ocorre a partir dos processos climáticos e tectônicos locais, que através de diversos fenômenos hidrológicos são convertidos em vazão, com sedimentos e solúveis que se deslocam pelo exutório (Guerra; Cunha, 2011; Tucci, 2006). As alterações implementadas nesse processo de entrada e saída, podendo variar em intensidade e escala, têm o potencial de provocar ajustes internos importantes (Guerra; Cunha, 2011).

Em consequência desses ajustes internos, uma possível alteração na bacia é a redução da vazão, influenciando, nesse sentido, na disponibilidade de água na calha do rio. Assim, todas as intervenções que acontecem no âmbito da bacia apresentam relação direta com o comportamento da vazão do rio, contribuindo para a ocorrência de eventos de cheias e secas hidrológicas.

Em sintonia com esse contexto, o presente estudo tem como objeto de estudo a bacia hidrográfica do rio Cachoeira (BHRC), localizada no Sul e Sudoeste da Bahia, entre as coordenadas -14°42'S e -15°20'S e - 39°01'O e -40°09'O. A população é em torno de 37 mil habitantes e drena uma área de 4.337 km², envolvendo 15 municípios, no Sul e Sudoeste da Bahia. Localiza-se na região hidrográfica da Bacia do Leste e na Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) do Leste, sob o N° VII. A nascente fica na Serra do Ouricana, município de Itororó, a 800 metros de altitude e a foz no município de Ilhéus, no Oceano Atlântico, depois de percorrer uma distância de 181 km (Figura 1).

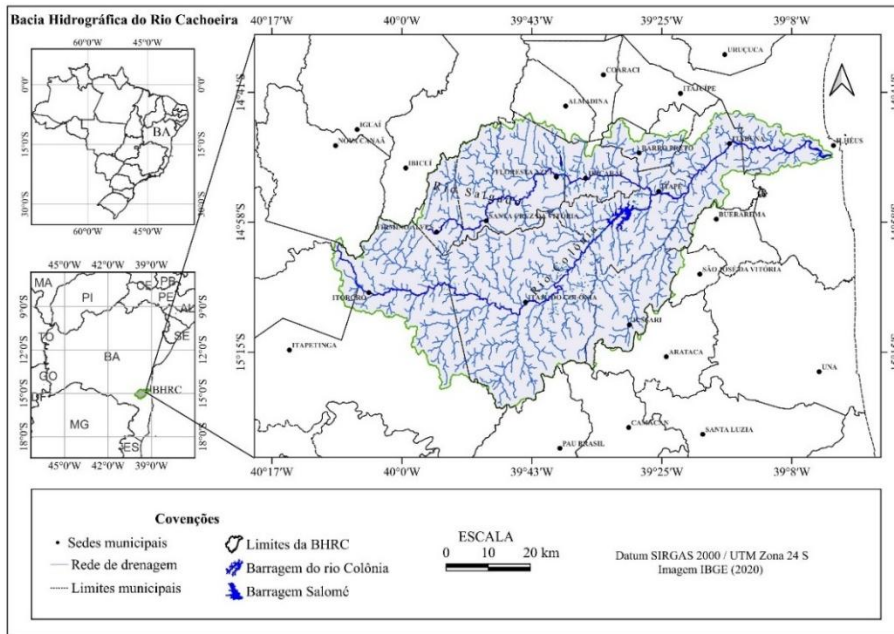


Figura 3 - Localização da BHRC.

Fonte: Silva (2025).

A BHRC localiza-se no bioma da Mata Atlântica e da Caatinga e o período de maior escoamento fica entre os meses de novembro a janeiro, sendo que nos meses de agosto e setembro ocorrem maiores *déficits* hídrico. A temperatura média mensal da bacia é de 23°C, sendo que as temperaturas mais elevadas acontecem de janeiro a março, ficando acima dos 24°C de média mensal, enquanto em julho e agosto, momentos das médias mais baixas, que ficam abaixo dos 21°C. A pluviosidade média anual na BHRC é de 80 mm, podendo ultrapassar os 120 mm nos meses de novembro e dezembro e ficarem abaixo dos 50 mm em agosto e setembro. (Figura 2).

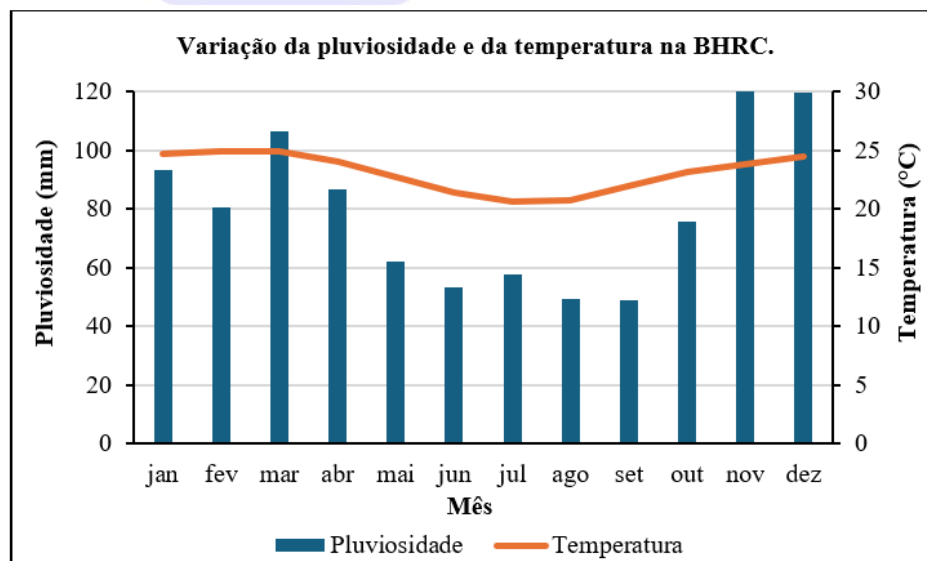


Figura 4 - Climograma da BHRC.

Fonte: Climate-Data.Org (2022). Produção do autor.

Avançada Experimental (HAE), sendo que os resultados permitiram contribuir para o entendimento do andamento das alterações na bacia e, assim, possibilitar uma gestão conformada às suas características ambientais, principalmente em relação às perspectivas de evolução dos processos inerentes à sua dinâmica ambiental.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento da pesquisa pautou-se no uso de dados de vazão, coletados na plataforma *Hidroweb* da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). A série histórica amostrada compreendeu 54 anos, de 1966 a 2019 e os procedimentos realizados se fundamentaram na Hidrologia Avançada Experimental (HAE). A tabulação dos dados foi realizada no *Microsoft Excel 2013* e a produção cartográfica foi a partir do QGIS 3.28.5.

A HAE foi idealizada pelo geólogo baiano Mário Jorge de Souza Gonçalves e aplicada em diversas oportunidades, a exemplo de Gonçalves (2020; 2019; 2019a; 2019b; 2016; 2014). No caso deste estudo, a HAE não foi aplicada em sua totalidade, apenas a utilizamos para o tratamento dos dados de vazão e cota, gerando dois produtos, a saber: gráfico de vazão da BHRC e gráfico de relação cota x vazão (curva-chave).

Dessa forma, o primeiro passo foi a escolha da estação fluviométrica, em que selecionamos a estação 53170000, situada mais à jusante, considerando também a existência e disponibilidade de dados que atendessem à necessidade da pesquisa. A prioridade foi usar dados com nível de consistência 2 (dados consistidos). Os dados com nível de consistência 1 foram utilizados no caso da não existência desses com nível de consistência 2.

O segundo passo, executado no *Microsoft Excel*, consistiu na organização dos dados de cotas e vazões, preenchendo as lacunas e eliminando as linhas repetidas, contemplando todos os meses dos anos selecionados. O preenchimento das lacunas foi realizado mediante o cálculo da razão da progressão aritmética (P.A.) e média aritmética (M.A.) para posteriormente consolidar os dados.

Assim, foram produzidos o gráfico de comportamento das vazões e o gráfico de dispersão vazão X cota (curva-chave), abrangendo a dimensão temporal da pesquisa (de 1966 a 2019), com curva de tendência, equação polinomial do 3º grau e Coeficiente de Determinação (R^2), objetivando visualizar a condição geral da estação em análise. A linha de tendência polinomial é usada para representar grandes conjuntos de dados, onde existem oscilações de valores. O R^2 determina o nível de confiabilidade da linha de tendência gerada, quanto mais próximo do 1, mais a linha de tendência está ajustada aos dados. Esse gráfico foi gerado com os dados não consolidados (sem correção) e posteriormente, com os dados consolidados, pois dessa forma, foi possível verificar a confiabilidade da geração de dados na estação.

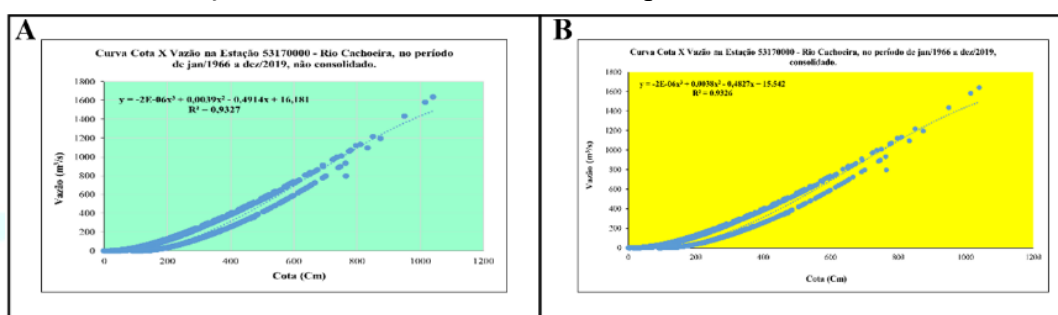
A manipulação dos dados cartográficos foi realizada inteiramente no QGIS 3.28.5. O primeiro passo foi acessar a Base Hidrográfica Otto Nível 6 (IBGE, 2012) para identificar e recortar o polígono, no formato *shapefile*, da área de estudo, que posteriormente foi transformado para o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) SIRGAS 2000 / UTM 24S. Em seguida, obtemos a imagem, no formato *raster*, da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (ASF, 2022) e a reprojetoamos para o SRC da pesquisa. Então, recortamos a área de estudo deste *raster*, utilizando o *shapefile* da bacia, oriundo da Base Hidrográfica Otto Nível 6 (IBGE, 2012).

De posse desses dados, a partir da caixa de ferramentas do QGIS, realizamos o preenchimento dos pixels sem dados e a remoção das depressões da imagem SRTM, para daí identificar a rede de drenagem existente na BHRC, mediante a ferramenta *Channel Network and Drainage Basins*. Após isso, procedemos com a vetorização da rede de drenagem da bacia, criando uma camada no formato *shapefile*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados permitiram observar que a Curva-chave da dimensão temporal utilizada apresentou duas tendências, ou seja, tivemos valores diferentes de vazões para os mesmos valores de cotas. Em rios com pequena inclinação, como é o caso aqui analisado, é comum que a variação da linha de água aconteça sem que ocorra alteração no nível da água (PINTO *et al*, 1976). Isso pode se evidenciar em momentos de rápidas flutuações de nível de água, devido a uma onda de cheia. O grau de confiança dos dados não consolidados e consolidados não apresentou alterações significativas (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Relação Cota X Vazão, com dados não-consolidados e consolidados, na Estação 53170000 - rio Cachoeira, no período de 1966 a 2019.



Fonte: Silva (2025).

Os dados coletados demonstraram grande confiabilidade, com o R2 apresentando-se muito próximo de 1. O valor negativo entre os dados não consolidados e os consolidados se deve à variabilidade temporal extensa, que proporciona variações na seção amostral (Tabela 1).

Tabela 1 - Nível de confiabilidade dos dados na Estação 53170000, na BHRC – 1966 a 2019.

Período	R ² não consolidado	R ² consolidado	Diferença	%
Jan/1966 a dez/2019	0,9327	0,9326	-0,0001	-0,01%

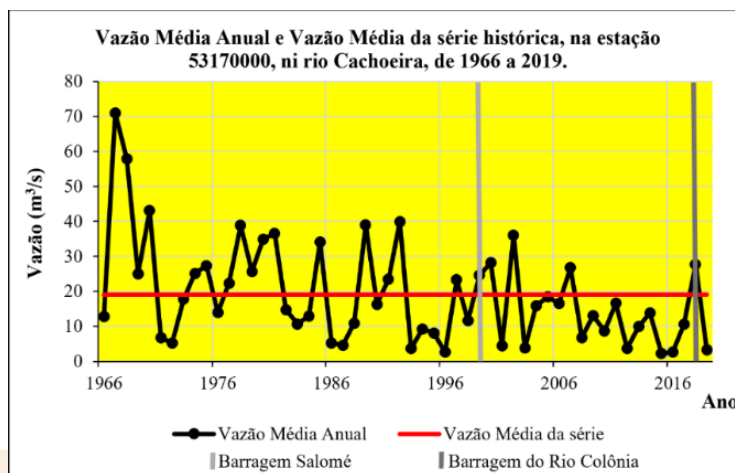
Fonte: ANA (2023). Produção do autor.

As análises permitiram observar que a Vazão Média da Série histórica amostrada foi de 19 m³/s e que o espaço temporal de 54 anos apresenta 21 anos em que a Vazão Média Anual (VM) esteve acima da vazão média da série histórica e em 33 anos esteve abaixo, correspondendo a 38,9% e 61,1%, respectivamente. É possível perceber também que na década de 1980 se tem valores da VM abaixo da média da série histórica. A tendência se mantém e se mostra mais acentuada na década de 2000, onde apenas em quatro anos a VM esteve acima da vazão média da série histórica.

Nos 20 anos que se seguiram após a construção da barragem de Salomé 1999, apenas em quatro anos ocorreu vazão acima da média, indicando que este empreendimento pode ter influenciado nos padrões da dinâmica da bacia à sua jusante, reduzindo 80% das médias anuais a valores iguais ou menores do que a média da série

(19 m³/s). Após elevação da VM de 2,2 m³/s, em 2015, para 27,7 m³/s, em 2018, verifica-se que ocorreu uma redução da VM para 3,2 m³/s em 2019, um ano depois da implantação da barragem do rio Colônia (Gráfico 2).

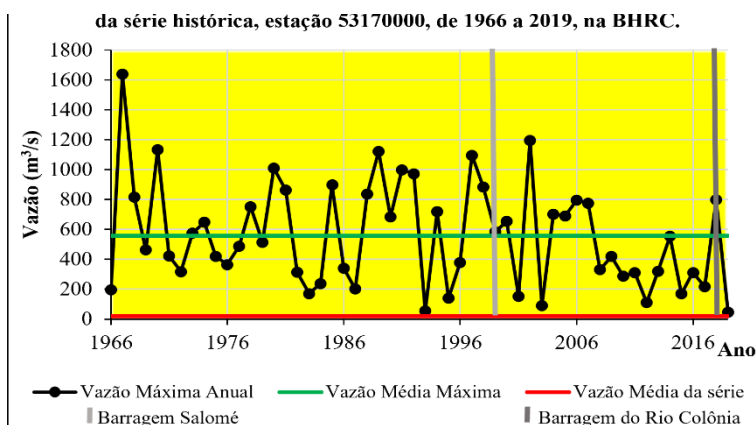
Gráfico 2 – Comportamento da Vazão Média Anual na Estação 53170000, no rio Cachoeira, no período de 1966 a 2019.



Fonte: Silva (2025).

Ao analisar as vazões máximas anuais (Vmax) na série histórica de 1966 a 2019 se verifica que elas flutuaram entre 19 m³/s e 1.640 m³/s. No início da série, a Vmax, foi de 194,6 m³/s (1966), chegando a 19 m³/s, no final da série (2019), sendo que a média das vazões máximas (VMmax) foi de 559 m³/s, considerando toda a série. Sabendo que a vazão média (VM), neste período, foi de 19 m³/s, verificamos que as Vmax sempre foram maiores ou iguais à média (VM). Também podemos observar que, considerando de 1966 a 2004, as Vmax estiveram acima da VMmax em 52,6% do tempo analisado. A partir de 2005, os momentos em que as Vmax estiveram acima da VMmax diminuíram, correspondendo a 33,4%. O ano de 1999, implantação da barragem Salomé, demarca um momento de intensificação da recorrência de Vmax abaixo da VMmax, principalmente a partir do ano de 2008. No ano de 2018 entrou em operação a barragem do rio Colônia, com 01 ano de recorrência da Vmax abaixo da VMmax e outro acima (Gráfico 3).

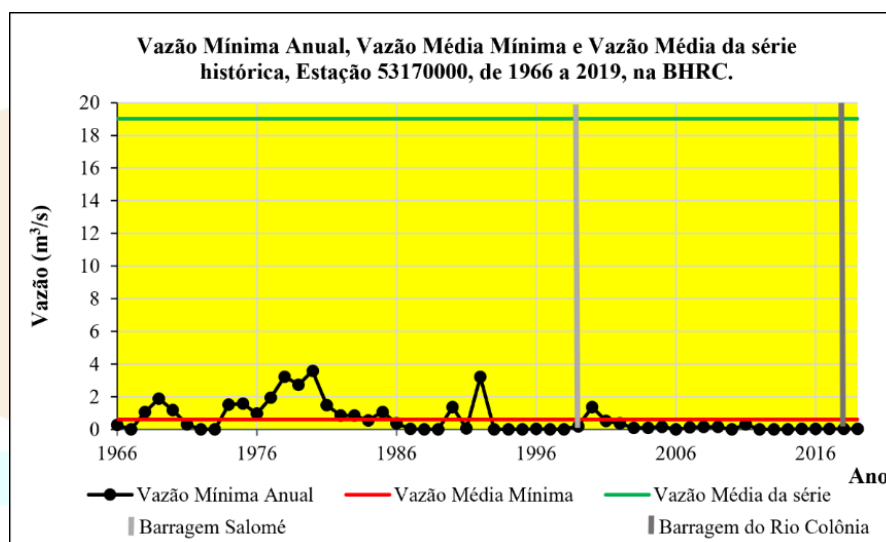
Gráfico 3 – Comportamento das vazões Máxima Anual, Média Máxima e Média no período de 1966 a 2019, na Estação 53170000, na BHRC.



Fonte: Silva (2025).

A série histórica analisada permitiu observar que a partir da década de 1980 tivemos quatro anos em que a Vazão Mínima Anual (Vmin) superou a Vazão Média mínima (VMmin). Em nenhum ano da série a Vmin ultrapassou a Vazão Média (VM) de 19 m³/s, indicando que não existe tendência de excedentes hídricos. A maior Vmin no período foi de 3,6 m³/s em 1980. Desde então tivemos queda dos valores, destacando apenas em quatro momentos de superação da VMmin, como citado acima, sobressaindo os anos de 1992 e 2000, com 3,2 m³/s e 1,4 m³/s, respectivamente. Considerando toda a série histórica analisada, em apenas 31,4% dos anos a Vmin esteve acima da VMmin, se apresentando na maior parte do tempo próxima de zero. É importante ressaltar que após a construção da barragem Salomé, apenas no ano 2000 a Vmin esteve acima da VMmin, ou seja, de 2000 a 2019, em 95,5% do tempo a Vmin foi inferior a 0,63 m³/s (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Comportamento das vazões Mínima Anual, Média Mínima e Média de 1966 a 2019, na Estação 53170000, na BHRC.



Fonte: Silva (2025).

As transformações na paisagem da BHRC estão associadas ao processo de ocupação instaurado, desde a extração do pau brasil, no século XVI, até os dias atuais. O desmatamento, em especial nos topos de morros e nas margens dos rios, em sua maior parte para alocar o modelo de apropriação do espaço agropastoril, vem contribuindo para alterações no ciclo hidrológico e intensificação do fluxo superficial, o que se desdobra no assoreamento dos rios. Esse processo justifica a redução da vazão e ocorrência de cheias e secas hidrológicas na bacia.

4. CONCLUSÕES

O reconhecimento da importância das bacias hidrográficas para a oferta hídrica às populações é inquestionável. A prova dessa afirmação é o adensamento de estudos voltados para a análise desses sistemas locais, buscando compreender os reflexos das intervenções que a ação social impõe, causando contraditoriamente a indisponibilidade de água, seja qualitativa ou quantitativamente.

Nessa pesquisa, de acordo com a série histórica amostrada, ficou evidente a diminuição da vazão no decorrer dos 54 anos analisados. Foi possível verificar o recuo das vazões máximas e sobretudo das vazões mínimas, que nos anos 2000 ficaram muito próximas de zero em todos os anos.

As cheias e secas hidrológicas deverão continuar a fazer parte da vida da população alocada na bacia, pois não encontramos a implementação de ações práticas no intuito de combater o assoreamento dos rios e o desmatamento intensamente instalado, com destaque para a porção Oeste da BHRC.

Quanto aos barramentos construídos no âmbito da bacia, os dois que são catalogados, pois existem outros menores, indicam que ambas podem ter influenciado nos padrões da dinâmica da bacia à jusante, haja vista que ocorreu redução das vazões após as implantações das barragens.

Por fim, sentimos a necessidade da existência de maior número de estações fluviométricas, localizadas em pontos mais à jusante, que disponibilizem dados com maior dimensão temporal. A rede de monitoramento existente na bacia é aquém do que se necessita para acompanhar as transformações em trânsito.

REFERÊNCIAS

AGERSA. Agência Reguladora de Saneamento Básico do Estado da Bahia. Bahia. Disponível em: <http://www.agersa.ba.gov.br/?p=6555>. Acesso em: 18 de outubro de 2023.

ANA. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. Brasil. Sistema Nacional de Hidrografia e Recursos Hídricos – SNHRH. *Hidroweb. Séries históricas*. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em 03 de março de 2023.

ANA. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. Brasil. Sistema Nacional de Hidrografia e Recursos Hídricos – SNHRH. **Bacias Hidrográficas Otto Nível 6**, 2012. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/b228d007-6d68-46e5-b30d-a1e191b2b21f>. Acesso em 03 de agosto de 2024.

ASF, Alaska Satellite Facility. **MapReady**. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/#/>. Acesso em: 10 de setembro de 2022.

CLIMATE-DATA. ORG. **Dados climáticos para cidades mundiais**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org>. Acesso em 03 de março de 2022.

CERB. Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia. Bahia. **Acompanhamento Operacional de Reservatórios**, 2023. Disponível em: <https://portaldagua.sih.ba.gov.br/portal/apps/experiencebuilder/experience/?id=6509ff8fb90b4fe4aaffe3d3a778c259>. Acesso em: 13 de março de 2023.

EMBASA. Empresa Baiana de Água e Saneamento S. A. Bahia. **Barragem do rio Colônia**. Salvador, 2014. Disponível em:

<https://pt.slideshare.net/semiao123456/apresentao-barragem-do-rio-colonia>. Acesso em: 18 de outubro de 2023.

GONÇALVES, Mário Jorge de Souza. (2020). **Estudo hidrológico do rio Parnaíba, na bacia hidrográfica do rio Parnaíba, visando a compreensão da dinâmica fluvial e a garantia hídrica para a tomada de decisão utilizando a metodologia: Hidrologia Avançada Experimental**. Apresentação em Power Point.

GONÇALVES, Mário Jorge de Souza. (2019). **Metodologia de avaliação quantitativa das águas superficiais em bacias hidrográficas**. Palestra ministrada no dia 16 de maio de 2019, no auditório da Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal da Bahia-UFBA.

GONÇALVES, Mário Jorge de Souza; TORRES, Antônio Puentes. 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. (2019a). **Revista Mercator**. Submissão abril/2019.

GONÇALVES, Mário Jorge de Souza. (2019b). **Curvas integradas das médias acumuladas de precipitação e vazão (CIMA_{pv}) e sua interação com o tempo de retardo médio (TRM)**. Salvador (2019b). Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/334446843_Curvas_integradas_das_medias_acumuladas_de_precipitacao_e_vazao_CIMA_{pv}e_sua_interacao_com_o_tempo_de_retardo_medio_TRM](https://www.researchgate.net/publication/334446843_Curvas_integradas_das_medias_acumuladas_de_precipitacao_e_vazao_CIMA_p_v_e_sua_interacao_com_o_tempo_de_retardo_medio_TRM). Acesso em 08 de fevereiro de 2022.

GONÇALVES, Mário Jorge de Souza. **Avaliação do impacto ambiental da redução de vazão na foz do rio São Francisco**. 1º Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. (2016). Disponível em: <http://cdn.agenciapeixe vivo.org.br/media/2019/06/Avaliza%C3%A7%C3%A3o-do-impacto-ambiental-da-redu%C3%A7%C3%A3o-de-vaz%C3%A3o-na-foz-do-Rio-SF.pdf>> Acesso em: 13 de janeiro de 2022.

GONÇALVES, Mário Jorge de Souza. (2014). **Gestão quantitativa das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu no estado da Bahia – Brasil**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia. 167 p. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/browse?type=author&order=ASC&rpp=20&value=Gon%C3%A7alves%2C+M%C3%A1rio+Jorge+de+Souza>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2022.

GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Orgs). **Geomorfologia e meio ambiente**. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil. **Bacias e divisão hidrográfica do Brasil, 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/31653-bacias-e-divisoes-hidrograficas-do-brasil.html>. Acesso em: 19 de setembro de 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil. **Manual técnico de vegetação**, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2. ed. Rio de

Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=263011>. Acesso em: 19 de setembro de 2023.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches; DEL PRETTE, Marcos Estevan. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 12, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, Humanitas, 1998. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/53736>. Acesso em: 02 de novembro de 2024.

SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio Fernando Monteiro. **Conceitos de bacias hidrográficas**: teorias e aplicações. 2.ed. Ilhéus, Ba: Editus, 2002.

SILVA, Emilson Batista. **Subsídios hidrológicos para a análise geossistêmica**: estudo da bacia hidrográfica do rio Cachoeira – Ilhéus/BA. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2025.

SILVA, Emilson Batista. **As intervenções sócioespaciais na Baía do Pontal – Ilhéus/BA e suas repercussões morfológicas**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; MENDES, Carlos André. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2006. Disponível em: <http://projects.mcrit.com/ceara/attachments/article/189/Avali%C3%A7%C3%A3o%20ambiental%20de%20bacias%20hidrogr%C3%A1ficas.pdf>. Acesso em: 03 de setembro de 2024.

AS COMUNIDADES QUILOMBOLAS DE NORDESTINA-BA: A MINERAÇÃO, O USO DA ÁGUA E OS CONFLITOS

QUILOMBO COMMUNITIES OF NORDESTINA-BA: MINING, WATER USE AND CONFLICTS

Analice Passos Costa Gramacho

E-mail: analice_pcn@yahoo.com.br

Ana Cláudia do Carmo Cedraz

E-mail: claudiacedraz2009@hotmail.com

Noeli Pertile

E-mail: noeli.pertile@yahoo.com.br



Resumo

Este trabalho objetiva analisar os impactos causados pela mineração na paisagem e nas dinâmicas sociais dos territórios quilombolas do município de Nordestina-Ba. Neste, existem doze comunidades quilombolas que têm passado por muitas dificuldades devido a atividade mineradora de diamantes por uma grande empresa. Para a realização do trabalho, após rigorosa busca e análise de dados secundários, foi realizado trabalho de campo com aplicação de entrevistas semiestruturadas, em três comunidades. Como resultados parciais, desse processo de conflito e forças desiguais, é possível destacar o cercamento de terras, a perda de solo, vegetação da caatinga e água, poluição sonora, vibração do solo e contaminação do ar, causados pela utilização de explosivos e tráfego de grandes veículos. Destacam-se, os conflitos pela água, tanto aquela cuja fonte é o rio, quanto aquela da chuva, possível de ser armazenada. A paisagem outrora conhecida pelas comunidades quilombolas foi significativamente transformada e, em partes, de modo irremediável.

Palavras-chaves: Comunidade quilombola; Conflitos; Mineração; Paisagem.

Abstract

This paper aims to analyze the impacts of mining on the landscape and social dynamics of quilombola communities in the municipality of Nordestina, Bahia. Twelve quilombola communities have endured significant hardship due to diamond mining activities by a large company. To complete this study, after rigorous search and analysis of secondary data, fieldwork was conducted with semi-structured interviews in three communities. Partial results of this process of conflict and unequal forces include land fencing, loss of soil, caatinga vegetation, and water, noise pollution, ground vibration, and air contamination caused by the use of explosives and large vehicle traffic. Conflicts over water, both river water and rainwater, which can be stored, are particularly noteworthy. The landscape once known to quilombola communities has been significantly transformed, and in some cases, irreparably.

Keywords: Quilombola Communities; Conflicts; Mining; Landscape.

1. INTRODUÇÃO

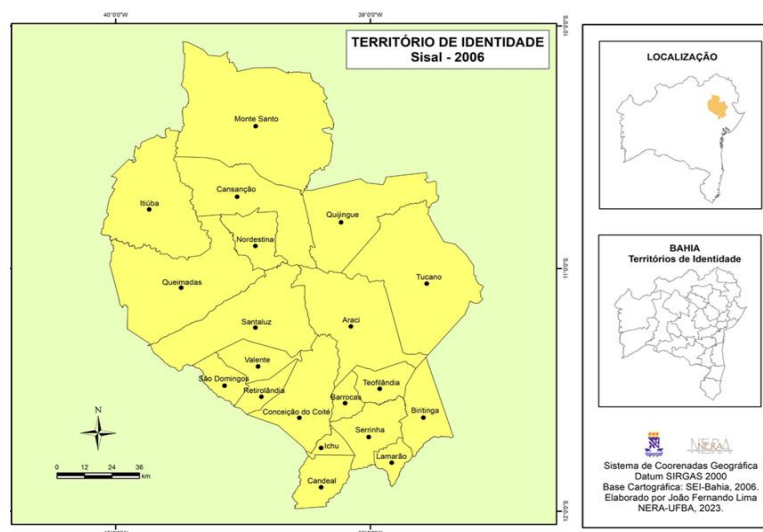
Este trabalho é parte do Projeto de Pesquisa de Iniciação Científica (voluntário) “Agricultura familiar, políticas públicas e produção de alimentos na Bahia: o Território do Sisal”, desenvolvido por professores e alunos de graduação e pós-graduação em Geografia e vinculado ao Grupo de Pesquisa Dinâmica Agrária Regional e da Relação Campo-Cidade (DARC-NERA) do Instituto de Geociências da UFBA. Está relacionado à pesquisa de Doutorado, intitulada “Tramas Territoriais e Tessituras Multidimensionais das Comunidades Quilombolas do Território de Identidade do Sisal-BA”, de Ana Cláudia Cedraz, tutora da bolsista de Iniciação Científica, sob orientação da Profa. Dra. Noeli Pertile.

O município de Nordestina é um dos vinte municípios baianos que compõe o Território de Identidade do Sisal, um conjunto de municípios demarcados por critérios ambientais, econômicos e culturais, orientados pela Secretaria de Cultura do Estado da Bahia (SECULT), para fins de planejamento e desenvolvimento regional pelo governo estadual. Este território, possui uma extensão de 19.625 Km² (3,6% do estado) e uma população de 592.939 habitantes em 2022, o que representa 4,2% do total da Bahia (BAHIA, 2025).

Os demais municípios do território do Sisal são: Araci, Barrocas, Biritinga, Candeal, Cansação, Conceição do Coité, Ichu, Itiúba, Lamarão, Monte Santo, Nordestina, Queimadas, Quijingue, Retirolândia, Santa Luz, São Domingos, Serrinha, Teofilândia, Tucano e Valente, identificados no Mapa 1. Nestes municípios estão inseridas diversas comunidades tradicionais, como as de fundo e fecho de pasto e quilombolas, e, que carregam um histórico de lutas sociais que colaborou para a transformação de um espaço marcado pela escassez para um território produtivo.

Cabe, no entanto, ressaltar que a dinâmica atual do território, que se dá em função da sua grande mobilização social e participação popular em empreendimentos solidários e cooperativos, é atravessada também por discursos e práticas desenvolvimentistas e de exploração de seus recursos naturais. Destacamos aqui, o município de Nordestina que, distante 340 quilômetros da capital Salvador, possui doze comunidades quilombolas que têm passado por muitas dificuldades devido a atividade mineradora de diamantes por uma grande empresa. O objetivo deste trabalho é analisar os impactos causados pela mineração na paisagem e nas dinâmicas sociais dos territórios quilombolas do município de Nordestina-Ba.

Mapa 1 – Território de Identidade do Sisal.



Fonte: Cedraz, 2025.

Para tanto, utilizamos os conceitos de paisagem em Ab'Saber (2003), que trata da paisagem atual como uma herança de processos naturais (fisiológicos e biológicos), ou ainda como “patrimônio coletivo dos povos que, historicamente, as herdaram como território de atuação de suas comunidades” (Ab' Saber, 2003, p.09); e também em Milton Santos, que afirma “paisagem é o conjunto de formas que, num dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza (Santos, 2006, p.66)”, e, “paisagem e sociedade são variáveis complementares cuja síntese, sempre por refazer, é dada pelo espaço humano (Santos, 2006, p.69)”.

2. MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Neste estudo foram feitas reuniões de aproximação ao tema e ao trabalho de Doutorado, com leitura de referencial teórico e pesquisa bibliográfica. Seguiu-se a isso, a transcrição, sistematização em tabelas e análise de conteúdo das trinta e cinco entrevistas orais realizadas em pesquisa de campo. Um total de 35 pessoas foram entrevistadas das Comunidades Quilombolas do Território do Sisal, sendo 11 de Retirolândia (Comunidade Jitai), 8 de Conceição do Coité (Comunidade Maracujá), 6 de São Domingos (Comunidade Vila África) e 10 de Nordestina (Comunidades de Lagoa dos Bois, Fazenda Poças e Lagoa de Salinas). Para este trabalho, foram analisadas especificamente as entrevistas realizadas nas três comunidades do município de Nordestina, recorte que se mostrou mais adequado aos objetivos da pesquisa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

É em Nordestina, que a Mineradora Lipari está operando, desde 2016 com a Mina Braúna, tida como a primeira e maior mina de diamantes da América do Sul, e; são as comunidades tradicionais, denominadas pela Constituição de 1988 como Remanescentes das Comunidades dos Quilombos, que vivem hoje sob a interferência da atividade de mineração de diamantes em seus territórios. Elas têm seu próprio modo de vida e relação

muito forte com a terra, a água e o clima, especialmente pela convivência com o semiárido e com a Caatinga, como se vê na Figura 1. Formadas a partir de um movimento contra a escravidão e de adaptação ao ambiente, possuem “laços de consangüinidade e de familiaridade que permitem a utilização de áreas de forma individual e coletiva [...] concomitante com práticas de proteção aos recursos naturais disponíveis” (Amorim; Germani; 2005, p.797). São pessoas que, apesar da pouca terra que possuem, conseguem ter uma produção agrícola diversificada, absorvida e compartilhada na própria localidade (Gramacho, Pertile e Cedraz, 2024, p.274).



Figura 1 - Modos de Vida e Formas de captação de água em Comunidades Quilombolas de Nordestina, Bahia
Fonte: Cedraz, 2025.

No Território do Sisal, atualmente existem vinte e três comunidades quilombolas reconhecidas pela Fundação Cultural Palmares (2024): Vila Nova e Trindade (Biritinga), Maracujá (Conceição do Coité), Tamanduá e Jatobá (Cansanção), Laje do Antônio e Acarú (Monte Santo), Bom Sucesso, Caldeirão, Lagoa da Fumaça, Caldeirão do Sangue, Laje das Cabras, Grota, Lagoa da Cruz Lagoa dos Bois, Lagoa da Salina, Palha, Poças e Tanque Bonito (Nordestina), Alto do Jitai (Retirolândia), Vila África (São Domingos) e Lagoa do Curralinho (Serrinha).

Em meio às dificuldades relacionadas ao reconhecimento institucional, ao acesso à terra e à manutenção de seus modos de vida, grande parte das comunidades, inseridas em um território historicamente marcado por intensa mobilização social, organiza-se por meio de associações comunitárias. Essas organizações possibilitam o acesso a diferentes formas de apoio estatal, como o Seguro Safra e o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF (programas federais que atuam conjuntamente no fortalecimento da agricultura familiar, oferecendo crédito produtivo e proteção financeira diante de perdas causadas por eventos climáticos), além de viabilizarem a participação em programas específicos focados na agricultura familiar e nas identidades tradicionais.

É nessa complexa paisagem, que a Mina Braúna foi implantada pela Lipari Mineração Ltda em outubro de 2012, e está em operação desde abril de 2016, funcionando 24 horas por dia, de segunda a domingo. Suas principais atividades são: perfuração,

desmonte com explosivos, escavação e transporte de minério e estéril, alimentação da planta, operação dos equipamentos de britagem, peneiramento, separação por meio denso, recuperação final, espessamento e desaguamento do rejeito fino. A Lipari Mineração Ltda é uma empresa brasileira de mineração privada. “Os sócios da Lipari são um fundo de investimentos baseado em Hong Kong, na China, o Favourite Company, é uma empresa familiar da Antuérpia, na Bélgica, a Afergut & Zonen - ambos com negócios com diamantes pelo mundo” (Zenha, 2019, p. 264)

Do outro lado, estão as comunidades quilombolas que, historicamente, construíram suas existências no território e que agora vêm seus modos de vida transformados cotidianamente. As entrevistas realizadas com os moradores das comunidades quilombolas evidenciaram vários impactos que a mineração vêm causando, conforme pode ser observado nas falas:

- “Os conflitos que a gente tem é só das rachaduras nas casas que a gente se preocupa muito. O pessoal fala que é por causa da firma, mas a gente não sabe se é, né? Mas que, a minha mesmo tava pra cair, se a gente não compra cimento pra ir ajeitando, no banheiro, agora mesmo a gente comprou cimento pra ajeitar e já tá rachando em outro lugar”.

- “Além do incômodo sonoro, porque como a empresa trabalha 24 horas por dia e com maquinário pesado, estamos **o tempo todo ouvindo**, e às vezes **durante o dia explosões e causam tremores provocando rachaduras nas casas e nas cisternas, por exemplo**” (grifo nosso).

- “Sim, trouxe sim problemas de saúde. É saúde, poeira, barulho muito, do ruído dos maquinários é... rachamento das cisternas, nas casas, então trouxe muitos problemas”.

- “Não, o problema é que o rio seca muito rápido”.

- “O pessoal fala que a água do rio tá poluída também por causa da mineração”

- “Contaminou as águas, tirou nosso sossego, tá derrubando as casas”.

Percebe-se nas respostas dos moradores entrevistados, que a operação da mina tem gerado uma série de impactos socioambientais perceptíveis no cotidiano das comunidades. Entre eles, destacam-se o desmatamento da caatinga, a redução da vazão

do rio Itapicuru, a contaminação das águas, danos às estruturas de casas e cisternas, além de problemas de saúde.

O uso da água, marcado por uma história de cuidado e manutenção das fontes de água, tem no rio Itapicuru seu principal ponto de referência. Por muito tempo este rio vem sendo usado pelos quilombolas para a manutenção de seus modos de vida, e por isso mesmo, a redução de sua vazão aparece na fala dos entrevistados como um dos maiores impactos da mineração nestes territórios. Pelas características geográficas do território, a irrigação historicamente depende dos ciclos de cheias dos reservatórios nos períodos de chuva, e de recursos materiais para aproveitá-los, por isso a importância do rio na dinâmica das comunidades. Segundo uma moradora, “a Lipari só trouxe prejuízo para os moradores”. Em meio a caatinga, pior não poderia ser, uma cisterna rachada que perde a água abençoada. Neste contexto, são as cisternas que proporcionam maior segurança às famílias locais garantindo o abastecimento, mas com os efeitos negativos da atividade mineradora, estes reservatórios correm risco de perder a sua capacidade de armazenamento.

Para atender as demandas de suas atividades no extrativismo mineral de diamantes, a empresa Lipari cerca a área, perfura o solo para a extração dos minérios (diamantes), empilha rejeitos, transporta máquinas e equipamentos pesados e pessoas, mudando completamente a rotina e a vida dos quilombolas. A trepidação na estrada pelo peso das máquinas, mas também as explosões dos detonadores de rochas fazem vibrar o chão e provocam rachaduras nas casas.

As rachaduras recorrentes em casas e cisternas materializam o impacto diretamente no espaço doméstico, comprometendo segurança, bem-estar e dignidade, ao mesmo tempo em que impõem custos financeiros contínuos às famílias, que precisam arcar com reparos paliativos. A persistência dos danos, mesmo após intervenções, reforça a sensação de insegurança e desgaste emocional. Além disso, ao afirmar que “os conflitos que a gente tem é só das rachaduras”, a moradora tende a minimizar o problema, o que pode indicar naturalização do conflito diante da ausência de mecanismos institucionais eficazes de mediação, fiscalização e reparação. Trata-se, portanto, de um relato que sintetiza a experiência cotidiana de impactos ambientais, econômicos e sociais vividos pelas comunidades afetadas pela mineração.

Pelos relatos, torna-se evidente que a atividade mineradora tem gerado múltiplos problemas de saúde e de bem-estar entre os moradores, sobretudo em razão da poeira, do ruído intenso e contínuo dos maquinários e das explosões realizadas ao longo do dia. Como a empresa opera de forma ininterrupta, o incômodo sonoro se torna permanente, interferindo no cotidiano das famílias e produzindo sofrimento físico e emocional. Somado a isso, a exposição constante à poeira, às vibrações e às operações de risco cria um ambiente de insegurança que aprofunda a vulnerabilidade das comunidades situadas no entorno da área de extração.

Os entrevistados apontam a transformação acelerada da paisagem local, o aumento do tráfego pesado acompanhado de poeira, ruído e riscos à circulação, bem como alterações significativas nas dinâmicas sociais das comunidades afetadas. A substituição e o cercamento de áreas da caatinga por estradas e depósitos de rejeitos transformam profundamente a percepção da paisagem pelas comunidades, evidenciando a amplitude dos impactos socioambientais decorrentes da atividade mineradora (Figura 2).

Segundo a Lipari Mining Ltd. (2025), a Mina Braúna 3 desde o início da produção comercial em 2016, até o final de 2024, produziu 1.188.767 quilates de diamantes brutos naturais, tendo uma receita bruta total de vendas de US\$ 214,5 milhões. O site da empresa traz a afirmação de que “trabalhamos em conjunto com as comunidades locais onde atuamos para garantir que nossas operações apoiem iniciativas positivas e sustentáveis, com o mínimo impacto ambiental” Lipari (2025). No entanto, apesar de tanto lucro e de uma narrativa desenvolvimentista, atribuída à presença da mineradora, o impacto causado por sua atividade nas proximidades de comunidades quilombolas no município de Nordestina, contribui para a vulnerabilidade dos modos de vida desses grupos tradicionais e de suas futuras gerações.



Figura 2 – Transformação da Paisagem na Caatinga: montanhas de rejeitos e tráfego de caminhões.
Fonte: Cedraz, 2025.

Segundo Silva e Natezon (2023), as atividades minerárias podem ser integralmente associadas às vulnerabilidades, uma vez que:

em todas as suas fases podem produzir ameaças e riscos como de exposição a enfermidades, poluição de águas superficiais ou subterrâneas, redução de vegetação tornando áreas mais propensas a escorregamentos, riscos de rompimento de barragens com todas as suas consequências, enfim, diversas condições para as quais a força do capital será definidora do uso e apropriação do espaço à revelia dos habitantes do lugar e à revelia do próprio lugar Silva e Natezon (2023, s/p.).

As comunidades se tornam vulneráveis diante de estruturas alheias à paisagem, ao lugar, aos modos de vida, e constantemente se vêem em um ambiente de risco. Em 2019 um levantamento realizado com o apoio da Comissão Pastoral da Terra – CPT de Senhor do Bonfim, concluiu que “das 12 comunidades situadas no entorno da mina, nove delas,

com cerca de 60 famílias, tiveram suas casas e/ou cisternas de captação de água de chuva danificadas pelas detonações na mina” (Brasil de Fato, 2020).

Em 2020, em meio à pandemia de COVID-2019, as doze comunidades quilombolas de Nordestina, que somam cerca de quinhentas famílias, organizadas no Fórum de Comunidades Quilombolas de Nordestina, com o apoio de entidades diversas lançaram uma nota em que denunciavam os impactos da manutenção da exploração de diamante pela Lipari e buscavam reivindicações como audiência com o Ministério Público, melhorias em infraestrutura e água, indenizações e suspensão das atividades da mineradora por risco às comunidades. Em janeiro de 2025, o Ministério Público Federal (MPF) ajuizou uma ação civil pública (ACP) pedindo a suspensão das licenças ambientais e das operações da mineradora Lipari, além de multa de R\$ 10 milhões por danos morais coletivos, a análise técnica da Assessoria Nacional de Perícia em Antropologia do MPF confirmou a permanência dos impactos socioambientais, culturais e econômicos na área de influência direta do empreendimento (MPF, 2025). No mesmo ano, o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema) publicou uma portaria concedendo Licença de Alteração, válida por dois anos, à Lipari Mineração Ltda. para implantar e operar mina subterrânea na Mina Braúna 3 (Lopes, G., 2025), em que se espera “que a operação subterrânea adicione mais quatro anos à vida útil da mina, produzindo aproximadamente 433.000 quilates de diamantes” (Lipari, 2025).

4. CONCLUSÕES

Do processo de conflito e forças desiguais nestes territórios, é possível destacar: cercamento de terras, perda de solo, vegetação da caatinga e da água, poluição sonora e contaminação do ar, vibração do solo e danos à saúde. A extração de diamantes na Mina Braúna tem afetado a paisagem bem como o cotidiano dos moradores das comunidades quilombolas de Nordestina-BA.

As paisagens, sejam “formas” ou “patrimônio herdado” outrora conhecidas pelas comunidades quilombolas foram significativamente transformadas e, em partes, de modo irremediável.

A transformação da paisagem e seus efeitos diretos sobre as comunidades configuram uma forma de violência contra as populações tradicionais. Cabe ao Estado garantir proteção e amparo a esses grupos, historicamente submetidos à negação de direitos ao longo de séculos de exploração, em vez de legitimar práticas que aprofundam essa violência e favorecem a destruição de seus territórios.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Iniciação Científica (PIBIC) e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Bahia, pela parceria e oportunidade de cooperação entre estudantes de Graduação e Pós-Graduação no desenvolvimento desta pesquisa.

Agradecemos ao Observatório das Águas da Bahia (OBA) e ao Núcleo de Estudos Regionais e Agrários (NERA) pela organização do III Seminário - Águas, Soberania Alimentar e Justiça espacial no Brasil: emergências climáticas, que nos proporcionou apresentar, debater e compartilhar esta pesquisa, além de conhecer os demais trabalhos.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: Potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AMORIM, I. G.; GERMANI, G.I. Quilombos da Bahia: presença incontestável. In: **Anais do Encontro de Geógrafos da América Latina**. X, 20 a 26 mar. 2005. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005, p.796-812

BAHIA. Secretaria de Planejamento do Estado da Bahia. Cartilha do PPA Participativo, SEPLAN, Salvador, 2007. Disponível em: p://www.ppaparticipativo.ba.gov.br/downloads/pdf/cartilha_ppa.pdf

BAHIA. SEI-Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Território de Identidade: Sisal. Disponível em: https://www.ba.gov.br/sei/sites/site-sei/files/migracao_2024/arquivos/images/informacoes_por/territorio/indicadores/pdf/sisal.pdf. Acesso em 04 jul.2025.

BRASIL DE FATO. **Entidades lançam nota de apoio a comunidades atingidas pela mineração em Nordestina**. Salvador (BA), 10 jul. 2020. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2020/07/10/entidades-lancam-nota-de-apoio-a-comunidades-atingidas-pela-mineracao-em-nordestina/>. Acesso em 04 jul.2025.

CEDRAZ, Ana Cláudia Do Carmo. **Tramas territoriais e tessituras multidimensionais das Comunidades Quilombolas do Território de Identidade do Sisal-BA**. Orientador: Noeli Pertile. 2025. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2025.

FUNDAÇÃO CULTURAL PALMARES. **Certificação Quilombola - Comunidades certificadas**. Brasília:2026. Disponível em: <https://www.gov.br/palmars-pt-br/departamentos/protacao-preservacao-e-articulacao/certificacao-quilombola>. Acesso em: 25 nov. 2025.

GRAMACHO, A. P. C.; PERTILE, N.; CEDRAZ, A. C. do C. Território do Sisal: agricultura familiar e produção de alimentos. In: **CONGRESSO UFBA, 2024, Salvador, Camaçari, Vitória da Conquista**. Caderno de resumos. Universidade Federal da Bahia, 2024. Disponível em: https://proext.ufba.br/sites/proext.ufba.br/files/congresso_ufba_2024_caderno_de_resumos.pdf. Acesso em: 21 nov. 2025.

LIPARI MINING. **Nossas Operações**. Disponível em: <https://www.liparimining.com/corporate-profile/our-operations/>. Acesso em: 27 nov. 2025.

LIPARI MINING. **Sobre nós**. Disponível em: <https://www.liparimining.com/corporate-profile/about-us/>. Acesso em: 27 nov. 2025.

LOPES, Gabriel. **Inema concede licença para operação subterrânea em mina de diamantes no interior da Bahia**. Bahia Notícias, 26 ago. 2025. Disponível em: <https://www.bahianoticias.com.br/noticia/307870-inema-concede-licenca-para-operacao-subterranea-em-mina-de-diamantes-no-interior-da-bahia>. Acesso em 04 set.2025.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. **MPF aciona Justiça para proteger comunidades quilombolas impactadas por mineração em Nordestina (BA)**. 17 jan. 2025. Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/ba/sala-de-imprensa/noticias-ba/mpf-aciona-justica-para-proteger-comunidades-quilombolas-impactadas-por-mineracao-em-nordestina-ba>. Acesso em 04 set.2025.

SANTOS, Milton. **A Natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. 4. ed. 2. reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

SILVA, Vicente De Paulo Da. **Estudos de vulnerabilidade ambiental como metodologia para análise de impactos de grandes empreendimentos**. Anais do XV ENANPEGE... Campina Grande: Realize Editora, 2023. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/94343>>. Acesso em: 27/10/2025

ZENHA, Lucas Antonino. **Territórios extrativo-mineral na Bahia: Violações de direitos e conflitos nos territórios terra-abrigo**. Tese, Programa de Pós-graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019.



GARANTIA HÍDRICA: ESTUDO DE CASO NOS BIOMAS CERRADO E CAATINGA

WATER SECURITY: A CASE STUDY IN THE CERRADO AND CAATINGA BIOMES

MsC. José Jackson de Souza Andrade

E-mail: jacksonamargosa@gmail.com

PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves

E-mail: mariotaboca@gmail.com

Dr. Antonio Puentes Torres (*in memoriam*)

E-mail: puentes@ufba.br

Resumo

A água é essencial para a vida, mas sua disponibilidade está cada vez mais vulnerável devido ao aumento da demanda e às mudanças climáticas, exigindo diagnósticos mais robustos. O objetivo deste trabalho é a avaliação hídrica em 12 estações na Bahia (seis no Cerrado e seis na Caatinga). A metodologia utilizou a Hidrologia Avançada Experimental (HAE): Detalhamento do Fator Hidrológico e o Índice do Detalhamento do Fator Hidrológico (IDFH). Resultados mostraram um menor IDFH na Caatinga em contraste com o Cerrado, com destaque para o Jacuípe em situação crítica e o rio Correntina mais equilibrado em relação ao IDFH. Alterações nos regimes de vazão foram observados, aumentando riscos futuros. Em termos de gestão, é necessária uma abordagem regional: priorizar a oferta na Caatinga e combinar conservação e estocagem no Cerrado. Esses achados reforçam a importância do monitoramento integrado e estratégias adaptativas para garantir a segurança hídrica diante das pressões ambientais.

Palavras-chaves: Detalhamento do fator Hidrológico; Hidrologia Avançada Experimental – HAE; Geografia Física; Bahia; Bacia hidrográfica

Abstract

Water is essential for life, yet its availability has become increasingly vulnerable due to rising demand and the impacts of climate change, highlighting the need for more robust assessments. This study aims to evaluate water resources across 12 monitoring stations in Bahia, Brazil (six located in the Cerrado and six in the Caatinga). The methodology employed Advanced Experimental Hydrology (AEH), specifically the Detailing of the Hydrological Factor and the Hydrological Factor Detailing Index (HFDI). Results indicate lower HFDI values in the Caatinga compared to the Cerrado, with the Jacuípe River exhibiting a critical condition, while the Correntina River presented a more balanced status regarding HFDI. Alterations in flow regimes were also identified, suggesting increased future risks. From a management perspective, a regionalized approach is required: prioritizing water supply in the Caatinga and combining conservation and storage strategies in the Cerrado. These findings underscore the importance of integrated monitoring and adaptive strategies to safeguard water security under mounting environmental pressures.

Keywords: Detailing of the Hydrological Factor; Advanced Experimental Hydrology – AEH; Physical Geography; Bahia; River Basin

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo analisar a Garantia Hídrica, através do Índice de Detalhamento do Fator Hidrológico (IDFH) nos biomas Caatinga e Cerrado, no Estado da Bahia, através do estudo das séries históricas de vazão em estações fluviométricas (Figura 01), disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), e analisados sob a ótica da Hidrologia Avançada Experimental - HAE.

Figura 01 – Mapa da área de estudo.



Fonte: IBGE (2018), ANA, (2024), os autores, (2025).

A água é um dos elementos físicos mais importantes na composição da paisagem terrestre, pois interliga fenômenos da atmosfera inferior e da litosfera, bem como interfere na vida vegetal, animal e humana, a partir da interação com os demais elementos do seu ambiente de drenagem (Coelho Netto, 2008). De acordo com Suguio, (2006), a água é

essencial e insubstituível na vida da maioria dos seres vivos, uma vez que a sua falta pode acarretar a morte em poucos dias. Este autor ainda nos lembra de que grandes civilizações, desde a mais remota antiguidade tiveram sua origem nas proximidades de grandes rios, entretanto, verifica-se historicamente completa inadequação, que cedo ou tarde conduz a uma situação de degradação dos corpos hídricos e suas respectivas bacias.

A análise de bacias hidrográficas começou a apresentar caráter mais objetivo a partir dos estudos de Horton em 1945, que procurou estabelecer as leis do desenvolvimento dos rios e suas bacias. Outro nome de destaque no incremento deste tipo de estudo foi o pesquisador Arthur Strahler, (Christofoletti, 1980).

De acordo com Christofoletti (1980), bacias hidrográficas são compostas por um conjunto de canais de escoamento de água. A drenagem fluvial por sua vez, é constituída desses canais de escoamento inter-relacionados que formam a bacia. Assim, bacia hidrográfica ou de drenagem, constitui uma área da superfície terrestre, drenada por um rio principal e seus tributários (Novo, 2008). Independentemente do tipo e da sua constituição, uma rede de drenagem tem seu começo quando o potencial erosivo da água excede a resistência do solo à erosão, ocorrendo assim, a formação de um novo canal ou a ampliação de um antigo (Leopold et al, 1964).

Além dos conceitos básicos sobre água e constituição de uma bacia hidrográfica, devemos buscar um entendimento da importância da água, especialmente, em relação a sua oferta e possibilidades de múltiplos usos, seja para atendimento das necessidades básicas humanas, animais e para a manutenção dos ecossistemas, ou como insumo na maioria dos processos produtivos (ANA, 2013). O que nos leva a discussão sobre a garantia hídrica. A garantia hídrica, ser compreendida como a probabilidade de atendimento das demandas por água em quantidade e qualidade, em determinado horizonte temporal, sendo fortemente influenciada pelas condições climáticas, hidrológicas e pela gestão integrada dos recursos hídricos disponíveis.

A Lei Nº 11.612/09, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos - PERH assegura que a água exerce um papel indispensável à vida, à promoção social e ao desenvolvimento (Bahia, 2009). Dada a sua importância, deve-se desde modo, assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, bem como, buscar a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais, como prescrito na Lei Nº 9.433/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SNGRH (Brasil, 1997).

O crescimento populacional das últimas décadas e os correspondentes níveis de demanda de água para satisfação dos seus diversos usos, consuntivos e não consuntivos, estão contribuindo para seu esgotamento em muitas partes do mundo, seja em termos dos volumes remanescentes, seja pela deterioração da sua qualidade, resultando deste modo, considerar a água um recurso natural limitado, dotado de valor social, econômico e ambiental (ANA, 2013).

A compreensão do comportamento hidrológico das bacias hidrográficas constitui um elemento central para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, além de trazer informações que possibilitam também, a mitigação de conflitos decorrentes dos diferentes usos da terra e da água. Nesse sentido, o conhecimento de dados hidrológicos constitui informação básica para a tomada de decisão em diversos estudos, como processos de

outorga, dimensionamentos de obras hidráulicas e planejamentos agrícolas (Moreira; Silva, 2010).

As informações hidrológicas obtidas através da rede de estações da ANA, distribuída nos rios de praticamente todo o território nacional, e conseqüentemente em todos os biomas terrestres brasileiros, especialmente na Caatinga e no Cerrado, são cada vez mais estratégicas para o gerenciamento dos recursos hídricos e desenvolvimento de projetos em vários segmentos da economia como: agricultura, transporte, energia e meio ambiente.

O território brasileiro está contido em duas zonas climáticas, a intertropical e temperada. Essa grande extensão territorial, especialmente no sentido latitudinal, associado a outros fatores climáticos como diferenças de altitude, movimentação de massas de ar, influência de correntes marítimas, continentalidade e maritimidade possibilitou ao território brasileiro uma diversidade climática considerável. Como reflexo da adaptação da vegetação a essa diversidade de tipos climáticos, temos a configuração de seis biomas conforme IBGE (2004) .

Em 2004, por meio de um projeto colaborativo entre o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA), foi lançado o “Mapa dos Biomas Brasileiros” (Figura 01), estudo que tem como base técnico-operacional o Mapa da Vegetação do Brasil, demarcando então a existência de seis grandes conjuntos: dois complexos de florestas tropicais (Mata Atlântica e Floresta Amazônica) e quatro complexos formados por diferentes tipos de savana (Caatinga, Cerrado, Pantanal e Pampa). Bioma é conceituado nesse mapa do IBGE e neste trabalho, como um *“conjunto de vida (vegetal e animal) constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, o que resulta em uma diversidade biológica própria”* (IBGE, 2004).

A disponibilidade hídrica, por sua vez, é resultado da interação entre o regime pluviométrico regional, a capacidade de armazenamento das bacias hidrográficas e as características ecológicas de cada bioma, que influenciam processos como infiltração, evapotranspiração e recarga dos aquíferos. Contudo, sua efetiva expressão também se encontra condicionada à intensidade e diversidade dos usos antrópicos, que afetam o equilíbrio entre a oferta natural e a demanda de água.

O Cerrado, ocorre principalmente no Planalto Central Brasileiro, e faixa Oeste do território baiano. Também chamado de "berço das águas", o Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e é fundamental para a recarga dos aquíferos e nascentes que alimentam as principais bacias hidrográficas brasileiras, como a do Paraná, do Tocantins-Araguaia e do São Francisco. O bioma abriga nascentes de rios que são vitais para o abastecimento de água em várias regiões do país. Até a segunda metade do séc. XX manteve-se pouco alterado, no entanto, na atualidade, o Cerrado tem sofrido intensa pressão antrópica devido à expansão agrícola, o que compromete a sua capacidade de reter água e alimentar os cursos d'água (ALMEIDA, 2007).

A Caatinga, por sua vez, localiza-se na região Nordeste do Brasil e no norte de Minas Gerais, no território baiano, ocupa, principalmente, a região Centro e Oeste do Estado. Caracteriza-se por um clima semiárido, com longos períodos de estiagem e baixa disponibilidade hídrica. Apresenta grande variedade de paisagens e relativa riqueza biológica, os tipos de vegetação do bioma Caatinga encontram-se bastante alterados, com

a substituição de espécies vegetais nativas por pastagens e agricultura. A irregularidade das chuvas e a alta evapotranspiração limitam a quantidade de água superficial e subterrânea, tornando a gestão dos recursos hídricos um desafio constante na região. A escassez de água impacta diretamente as atividades econômicas e a qualidade de vida das populações locais, que dependem de técnicas como a cisterna para armazenamento da água das chuvas (Montenegro; Montenegro, 2012).

2. MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

A Hidrologia Avançada Experimental (HAE) é uma metodologia desenvolvida por Gonçalves, (2014) e aprimorada em trabalhos posteriores a exemplo de Gonçalves, 2019, 2023; Gonçalves & Marques, 2024; Gonçalves & Santos, 2025, que buscaram 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.

Neste trabalho foram analisados dados de 12 (doze) estações fluviométricas distribuídas nos biomas Caatinga e Cerrado, no Estado da Bahia. Para tal, foram consideradas séries 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 Cerrado, utilizando como recorte a espacialização desses biomas no Estado da Bahia e geoprocessamento dos dados através do QGIS, versão 3.4.

O tratamento das séries históricas é realizado por meio do editor de planilhas *Microsoft Excel*. Os dados de cota e vazão, obtidos no portal *HidroWeb* foram organizados em ordem cronológica e submetidos ao preenchimento de lacunas, priorizando inicialmente as cotas e, em seguida, as vazões. Esse tratamento possibilita a aplicação da correlação cota-vazão, e correções dos dados quando necessário, objetivando maior consistência e precisão nos dados obtidos. Ressalta-se que todos os valores frutos de correção ou inseridos para preenchimento de lacunas são devidamente sinalizados, de forma a permitir a distinção entre os dados originais e aqueles resultantes de complementações necessárias.

Após a organização e validação dos dados passamos para o cálculo do Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH) e confecção dos gráficos de distribuição e temporais conforme Gonçalves (2023). O DFH (Quadro 1) mostra a classificação dos anos hidrológicos excedentes (valor = 2), normais excedentes (valor = 1,5), normais deficitários (valor = 0,5) deficitários (valor = 0). Assim é possível estabelecer a distribuição dos anos hidrológicos para o rio estudado, além das tendências de seca e cheias nos períodos analisados através do gráfico da distribuição temporal dos períodos. Para isso são consideradas as vazões máximas e mínimas anuais, bem como suas médias máximas e mínimas, da seguinte maneira: os valores obtidos para confecção do gráfico do detalhamento do fator hidrológico é realizado considerando as médias das vazões mínimas e médias mínimas e vazões máximas e médias máximas atribuindo os valores citados, o valor 2 (dois) para anos hidrológicos excedentes, quando as vazões máximas e mínimas são maiores, respectivamente, às médias máximas e mínimas, o valor 0 (zero) para os anos hidrológicos deficitários, quando as vazões máximas e mínimas são menores, respectivamente, às médias máximas e mínimas, valor 1,5 (um e meio) aos anos

hidrológicos normais excedentes quando as vazões máximas e mínimas são, respectivamente, maior do que a média máxima e menor do que a média mínima, e valor 0,5 (meio) aos anos hidrológicos normais deficitários, quando as vazões máximas e mínimas são, respectivamente, menor do que a média máxima e maior do que a média mínima.

Quadro 1: Resumo do fator hidrológico (FH) e do detalhamento do fator hidrológico (DFH)

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

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2023)

Após os cálculos de DFH, temos a produção do 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.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados evidenciam que os rios inseridos na região da Caatinga apresentam, em termos gerais, menores índices de garantia hídrica, o que se manifesta, sobretudo, na elevada frequência de ocorrências de vazões deficitárias (Tabela 1). O rio Jacuípe, por exemplo, registrou 71 % de anos classificados como deficitários e 8% como “normal deficitário”, totalizando 79% do período analisado, sob condição crítica de restrição hídrica. Em contraste, apenas 19% dos anos foram considerados “normal excedente” e 2% “excedente”, somando 21% do total. Nos rios analisados neste recorte espacial, o IDFH ficou entre 0,27 e 0,66 , o que confirma a predominância de escassez hídrica e consequentemente menores garantias, especialmente quando comparados com o bioma Cerrado, como veremos adiante.

Tabela 1- Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH) e Índice do Detalhamento do Fator Hidrológico (IDFH) em rios da Caatinga-

Rio	Número da Estação	Intervalo	Bioma da Nascente	Bioma da Estação	Deficitário (%)	Normal Deficitário (%)	Normal Excedente (%)	Excedente (%)	IDFH
Rio Jacuípe	514600	1973-2020	Caatinga	Caatinga	71%	8%	19%	2%	0,27
Rio Paramirim	462950	1977-2019	Caatinga	Caatinga	39,5%	34,9%	7,0%	18,6%	0,34
Rio Salitre	479000	1985-2022	Caatinga	Caatinga	58%	13%	21%	8%	0,41
Rio do Peixe	513450	1985-2018	Caatinga	Caatinga	67,6%	2,9%	29,4%	0,0%	0,42
Rio Verde	472490	1978-2021	Caatinga	Caatinga	56,8%	13,6%	13,6%	15,9%	0,42
Rio Santo Antônio	511400	1936-2018	Caatinga	Caatinga	41,0%	19,3%	14,5%	25,3%	0,66

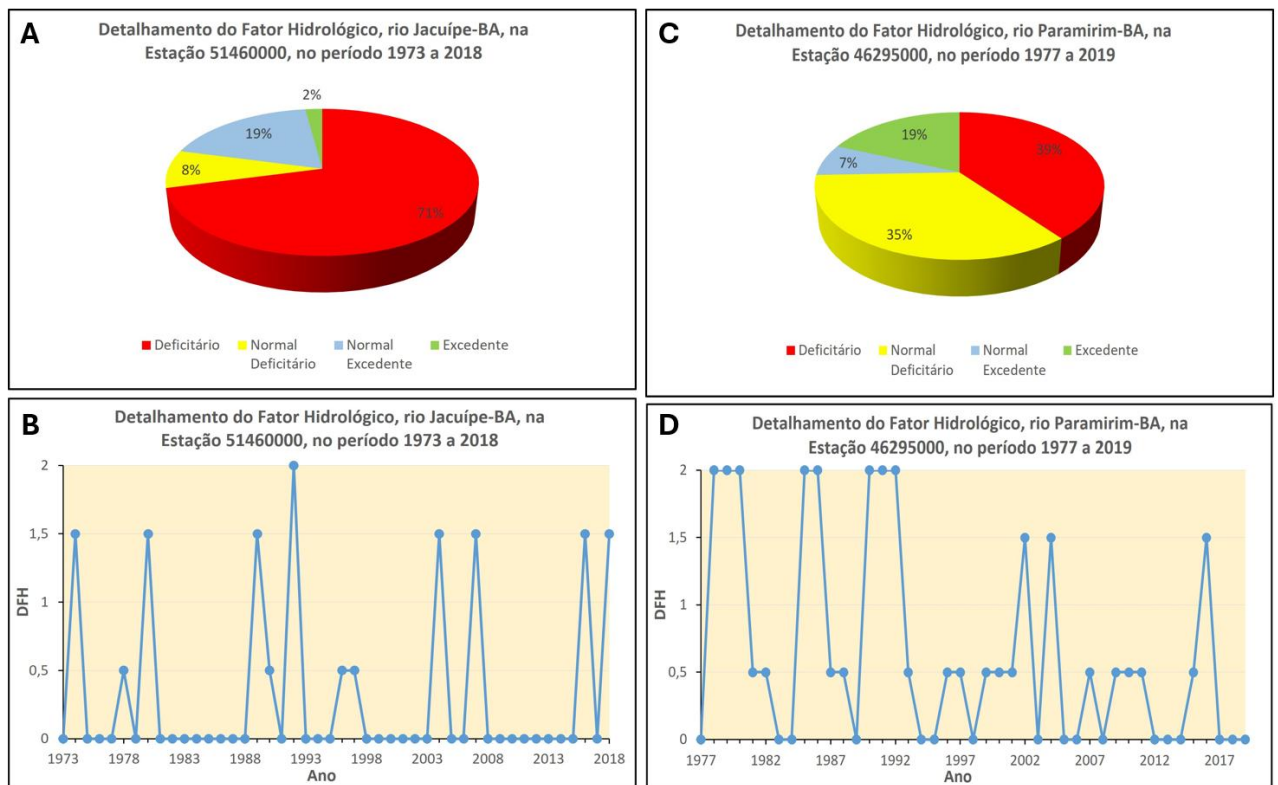
Fonte: Os autores (2025).

Esse padrão repete-se, com variações de magnitude, nos demais rios da Caatinga analisados. O rio Paramirim apresentou 39,5% de anos deficitários e 34,9% de anos “normal deficitário”, além de 7% classificados como “normal excedente” e 18,6% como “excedente”. Já o rio Salitre registrou 58% de períodos deficitários e 13% de “normal deficitário”, contra apenas 21% e 8% de ocorrência de condições “normal excedente” e “excedente”, respectivamente. O rio do Peixe, por sua vez, destacou-se pelo alto percentual de anos deficitários (67,7%), acrescido de 2,9% “normal deficitário”, e apenas 29,4% de registros de “normal excedente”, não apresentando, em toda a série, nenhum ano de excedente (0%). Por fim, o rio Santo Antônio apresentou 41% de anos deficitários, 19,3% “normal deficitário”, 14,5% “normal excedente” e 25,3% “excedente”.

Com exceção do rio Santo Antônio, que apresentou 60,2% de anos sob condições deficitárias, todos os demais registraram acima de 70% do tempo em situações de déficit ou tendência a déficit hídrico (soma de “deficitário” e “normal deficitário”). Da mesma forma, os períodos de cheia ou tendência à cheia (anos “excedente” e “normal excedente”) mantiveram-se, em geral, abaixo de 30%. O rio Santo Antônio novamente destoou desse padrão, alcançando 39,8% de anos nessas condições, o que sugere a influência de características ambientais locais mais favoráveis, como maior aporte pluviométrico ou melhores condições de retenção hídrica na bacia, conferindo-lhe maior garantia hídrica em comparação aos demais rios do bioma semiárido.

A apreciação do regime hidrológico dos rios Jacuípe (Figura 2 – A e B), e Paramirim (Figura 2 – C e D), a partir dos gráficos de distribuição do DFH, permite observar com maior clareza e detalhe a variação temporal das classes hidrológicas ao longo dos anos, ratificando as observações pretéritas. No rio Jacuípe destaca-se a ocorrência de apenas um ano classificado como excedente em toda a série temporal (1973 a 2018), revelando a raridade de eventos de cheia nessa bacia. O gráfico de linha associado (Figura 2 - B), evidencia valores persistentemente baixos, com poucos picos de maior disponibilidade hídrica, confirmando desta forma, a predominância de anos deficitários. Sobre o rio Paramirim, embora também prevaleçam condições de déficit, a distribuição temporal é relativamente mais equilibrada, o que indica uma leve melhoria na garantia hídrica em comparação ao Jacuípe. Neste rio, chama atenção a ausência de registros de anos excedentes a partir dos primeiros anos da década de 1990 (Figura 2 - D), sugerindo mudanças significativas na bacia com impactos diretos sobre suas vazões.

Figura 2 – Detalhamento do Fator Hidrológico, rio Jacuípe – BA, Estação 51460000 (A e B) e rio Paramirim – BA, Estação 46295000 (C e D).

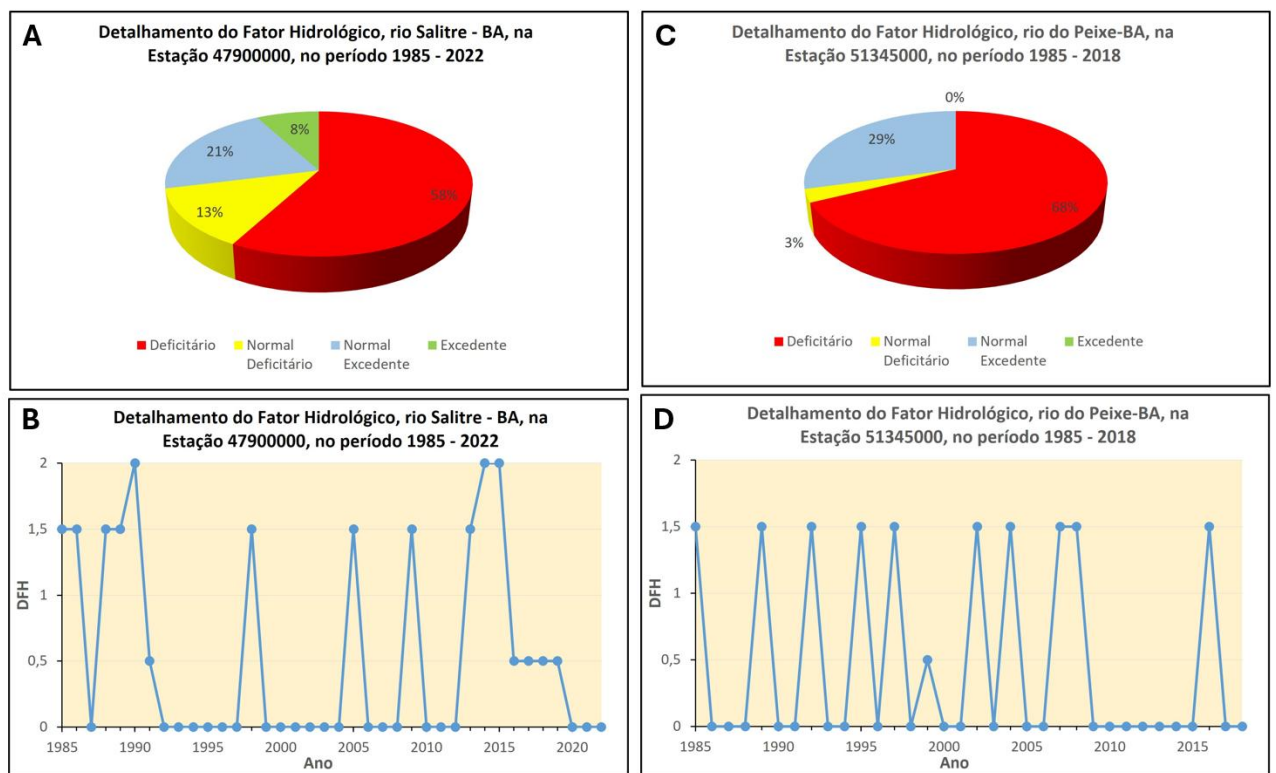


Fonte: Os Autores (2025)

A análise do regime hidrológico do rio Salitre (Figura 3 - A e B), e rio do Peixe (Figura 3 - C e D), representada nos gráficos de distribuição do DFH, do mesmo modo, evidencia a predominância de condições deficitárias ao longo das séries históricas. No rio Salitre, 58% dos anos foram classificados como deficitários e 13% como “normal deficitário”, totalizando 71% do período em situações de escassez. Apenas 8% dos anos

apresentaram excedente e 21% foram “normal excedente”, revelando certa irregularidade na ocorrência de cheias. O gráfico de linha (Figura 3 - B) confirma esse padrão, mostrando valores concentrados em baixos índices, intercalados por picos esporádicos de disponibilidade hídrica, especialmente na década de 1990 e após 2010, o que caracteriza um regime altamente instável e dependente de eventos isolados de maior precipitação. A análise do regime hidrológico do rio do Peixe (Figura 3 C e D) reforça o quadro de fragilidade hídrica observado na Caatinga, com predominância expressiva de condições deficitárias. Os resultados apontam que 68% dos anos da série foram classificados como deficitários e outros 3% como “normal deficitário”, totalizando 71% do período em situação de escassez. Por outro lado, 29% dos anos foram “normal excedente”, enquanto não se registraram ocorrências de anos excedentes, revelando a baixa regularidade e a ausência de períodos de abundância hídrica significativa. O gráfico temporal (Figura 3 – D) corrobora esse cenário, evidenciando oscilações abruptas no DFH, marcadas pela alternância entre anos de déficit absoluto e episódios pontuais de maior disponibilidade, com maior predominância de períodos de maior escassez nas últimas duas décadas.

Figura 3 – Detalhamento do Fator Hidrológico, rio Salitre – BA, Estação 47900000 (A e B) e rio do Peixe– BA, Estação 51345000 (C e D).

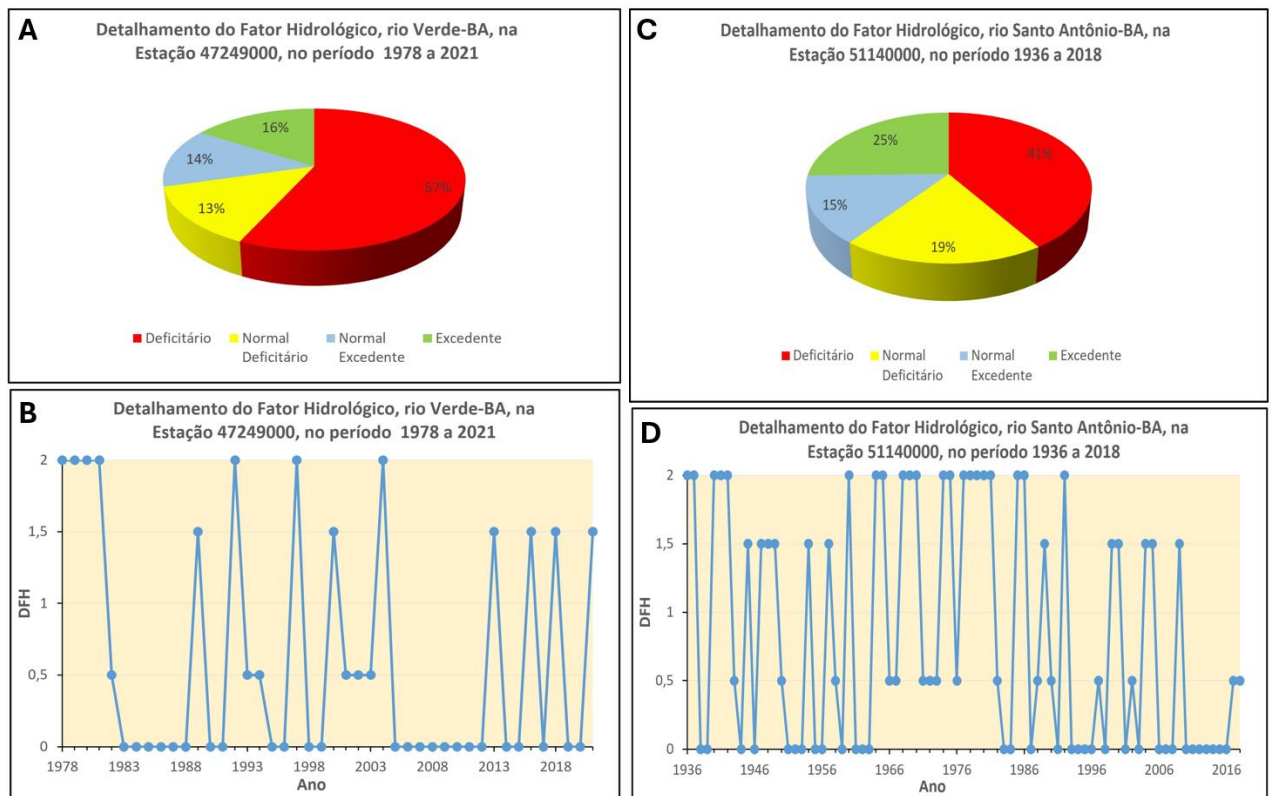


Fonte: Os Autores (2025)

A análise do regime hidrológico dos rios Verde (Figura 4 – A e B), e rio Santo Antônio (Figura 4 – C e D), apresentada nos gráficos de distribuição do DFH evidencia diferenças relevantes na dinâmica hídrica das duas bacias. O rio Verde apresenta 57% de anos classificados como deficitários e 13% como “normal deficitário”, totalizando 70%

do período sob condição de escassez. Em contrapartida, apenas 16% dos anos foram excedentes e 14% “normal excedente”. Essa leitura é reforçada pelo gráfico de linha (Figura 4 – B), que mostra valores marcadamente baixos, intercalados por picos pontuais de maior disponibilidade, demonstrando um regime caracterizado pela predominância de déficits e pela irregularidade dos eventos de cheia. No rio Santo Antônio, os resultados se mostram relativamente mais equilibrados: 41% dos anos foram deficitários e 19% “normal deficitário”, enquanto 25% foram excedentes e 15% “normal excedente”. O gráfico temporal (Figura 4 – D), confirma essa tendência, revelando maior frequência de anos com disponibilidade elevada quando comparado ao rio Verde. Essa condição diferenciada pode estar associada a fatores ambientais locais, como maior aporte pluviométrico ou condições geomorfológicas mais favoráveis à retenção de água. Ainda assim, a persistência de anos deficitários demonstra que, embora o Santo Antônio apresente melhores condições de garantia hídrica em relação ao Verde, ambos os rios reforçam a vulnerabilidade típica do bioma Caatinga e a necessidade de estratégias de gestão que contemplem armazenamento e uso eficiente da água.

Figura 4 – Detalhamento do Fator Hidrológico, rio Verde – BA, Estação 47249000 (A e B) e rio do Santo Antônio – BA, Estação 51140000 (C e D).



Fonte: Os Autores (2025)

A análise conjunta dos rios da Caatinga (Jacuípe, Paramirim, Salitre, Peixe, Verde e Santo Antônio) revela um padrão marcado pela predominância de anos deficitários e pela irregularidade dos eventos de cheia, característica intrínseca ao regime hidrológico desse bioma. Embora existam diferenças internas entre as bacias, como a leve melhoria da garantia hídrica no Paramirim em relação ao Jacuípe, ou o maior equilíbrio observado

no Santo Antônio quando comparado ao Verde, em todos os casos a frequência de anos excedentes é reduzida e insuficiente para compensar longos períodos de escassez. Esse comportamento indica uma vulnerabilidade sistêmica, que tende a se agravar diante de alterações climáticas e pressões antrópicas sobre o uso da terra e da água.

Portanto, a leitura integrada dos gráficos de DFH reforça que a garantia hídrica na Caatinga permanece baixa, sendo dependente de estratégias de gestão que fortaleçam a resiliência das bacias. Entre elas destacam-se a integração de reservatórios, a adoção de técnicas de captação alternativa, o reúso de águas e a proteção das áreas de recarga, como medidas essenciais para mitigar os riscos associados à irregularidade dos regimes de vazão e assegurar a disponibilidade de água para os múltiplos usos.

Os resultados referentes aos rios inseridos na região do Cerrado baiano revelam um comportamento hidrológico distinto daquele observado na Caatinga, caracterizado por melhores condições de garantia hídrica como podemos observar na distribuição do IDFH (0,53 a 1,0) e maior equilíbrio entre anos deficitários e excedentes (Tabela 2). O rio Preto, por exemplo, registrou 42,3% de anos classificados como deficitários e 23,1% como “normal deficitário”, totalizando 65,4% do período sob condição de escassez. Em contrapartida, 7,7% dos anos foram “normal excedente” e 26,9% “excedente”, somando 34,6% de situações favoráveis. O rio Grande 2 apresentou proporções semelhantes, com 61,8% dos anos sob déficit (37,1% deficitários e 24,7% “normal deficitário”) e 38,2% com excedentes (11,2% “normal excedente” e 27% “excedente”). Já o rio Carinhanha evidenciou uma distribuição mais equilibrada, com 59% de períodos deficitários e 41% de excedentes, destacando-se pela expressiva participação de anos classificados como “excedente” (34%).

Tabela 2 - Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH) e Índice do Detalhamento do Fator Hidrológico (IDFH) em rios do Cerrado.

Rio	Número da Estação	Intervalo	Bioma da Nascente	Bioma da Estação	Deficitário (%)	Normal Deficitário (%)	Normal Excedente (%)	Excedente (%)	IDFH
Rio Preto	46830000	1940-2017	Cerrado	Cerrado	42,3%	23,1%	7,7%	26,9%	0,53
Rio Grande 2	46902000	1934-2022	Cerrado	Cerrado	37,1%	24,7%	11,2%	27,0%	0,62
Rio Carinhanha	45260000	1965-2023	Cerrado	Cerrado	37%	22%	7%	34%	0,69
Rio Correntina	45590000	1977-2018	Cerrado	Cerrado	47,6%	4,8%	11,9%	35,7%	0,91
Rio Sapão	46770000	1977-2018	Cerrado	Cerrado	45,0%	7,0%	24,0%	24,0%	0,92
Rio Grande 1	46550000	1935-2022	Cerrado	Cerrado	38%	13%	10%	40%	1,00

Fonte: Os autores (2025).

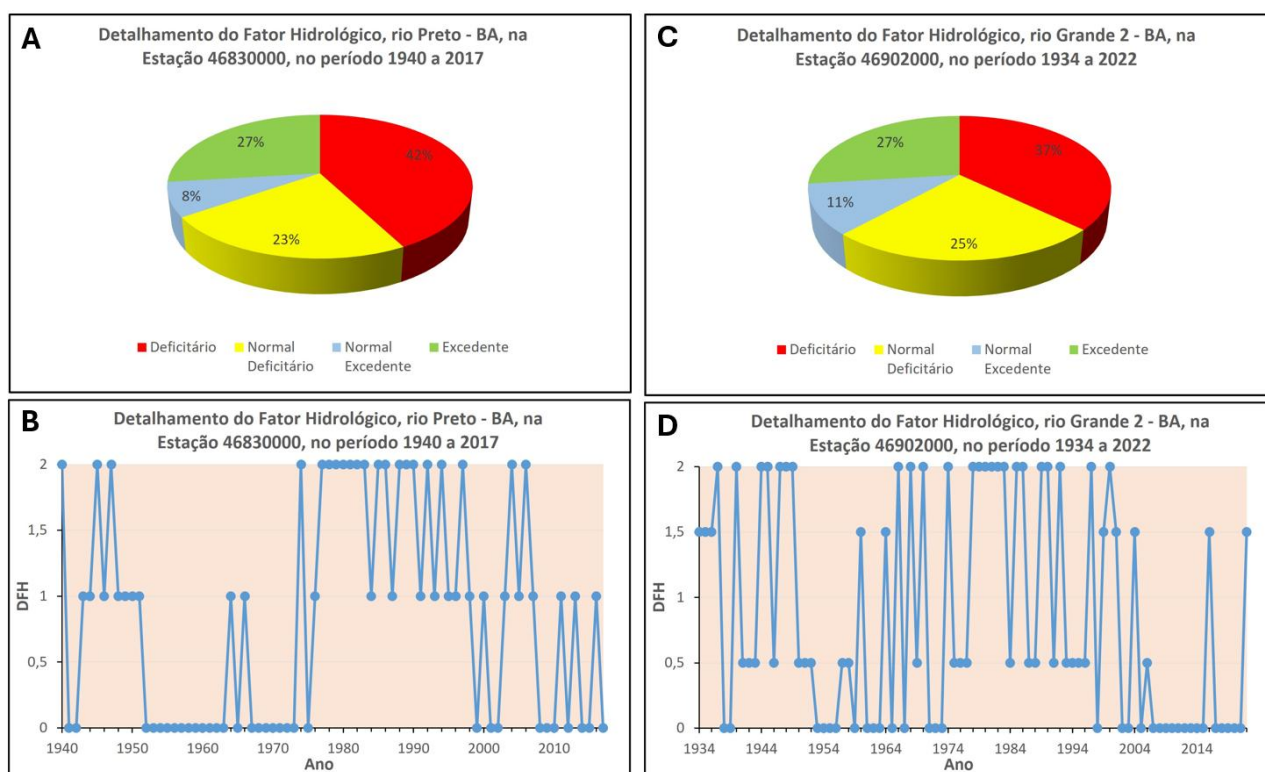
Observa-se que, nas primeiras décadas da série de estudo (1940–1970), os episódios de déficit foram mais frequentes e persistentes, intercalados por poucos anos de maior disponibilidade. A partir da década de 1980, entretanto, nota-se uma intensificação da variabilidade, com oscilações mais regulares entre déficit e excedência, indicando um regime mais instável e sujeito a variações climáticas interanuais. Já nos anos 2000 em diante, a tendência volta a apontar para maior predominância de períodos deficitários, com redução dos picos de excedência. Esse comportamento sugere um agravamento recente das condições de escassez, possivelmente associado à intensificação de pressões antrópicas na bacia e à variabilidade climática.

Os demais rios da região reforçam esse padrão de maior regularidade. O rio Correntina apresentou 52,4% de anos deficitários, contra 47,6% de ocorrência de cheias ou tendências à cheia, incluindo 35,7% de registros de “excedente”, um dos mais elevados da série. O rio Sapão mostrou comportamento próximo, com 52% de anos deficitários e 48% em condições de excedente, igualmente com alta participação de anos “normal excedente” (24%). Já o rio Grande 1 destacou-se pelo maior equilíbrio, registrando apenas 50% de anos sob déficit (37,5% deficitários e 12,5% “normal deficitário”) e outros 50% em condições de excedência, incluindo a maior proporção entre todos os rios analisados (39,8% de anos excedentes).

A análise do regime hidrológico do rio Preto (Figura 5 – A e B) evidencia uma distribuição relativamente equilibrada entre anos de déficit e excedente, embora ainda se observe predominância de condições de escassez. Os resultados indicam que 42,3% dos anos da série foram classificados como deficitários e 23% como “normal deficitário”, totalizando 65,3% do período sob déficit hídrico. Em contrapartida, 27% dos anos foram excedentes e 8% “normal excedente”, correspondendo a 35% de anos com maior disponibilidade hídrica. O gráfico de linha (Figura 5 – B) confirma essa dinâmica, ao revelar oscilações acentuadas do DFH ao longo das décadas, com forte alternância entre períodos de baixa e alta disponibilidade, evidenciando a irregularidade natural do regime hidrológico no Cerrado. A análise do regime hidrológico do rio Grande 2 (Figura 5 – C e D) evidencia uma distribuição relativamente mais equilibrada entre condições deficitárias e excedentes, quando comparado ao rio Preto. Os resultados mostram que 37% dos anos da série foram classificados como deficitários e 25% como “normal deficitário”, totalizando 62% do período em situação de escassez. Por outro lado, 27% dos anos foram excedentes e 11% “normal excedente”, representando 38% do total com maior disponibilidade hídrica. Essa proporção ligeiramente mais elevada de anos excedentes sugere maior resiliência hídrica na bacia do rio Grande.

O gráfico temporal (Figura 5 – D) confirma essa leitura, evidenciando variações interanuais marcantes no DFH. Nas primeiras décadas (1930–1960), predominou uma alternância relativamente equilibrada entre anos de déficit e de maior abundância hídrica, refletindo um regime ainda mais estável. Entre 1970 e meados da década de 1990, intensificaram-se os picos de excedência, sugerindo maior ocorrência de cheias nesse período. Contudo, a partir dos anos 2000, observa-se uma mudança no padrão, com maior frequência de anos deficitários e menor regularidade dos episódios de excedência, o que revela um comportamento mais instável nas últimas décadas.

Figura 5 – Detalhamento do Fator Hidrológico, rio Preto – BA, Estação 46830000 (A e B) e rio do Grande 2 – BA, Estação 46902000 (C e D).

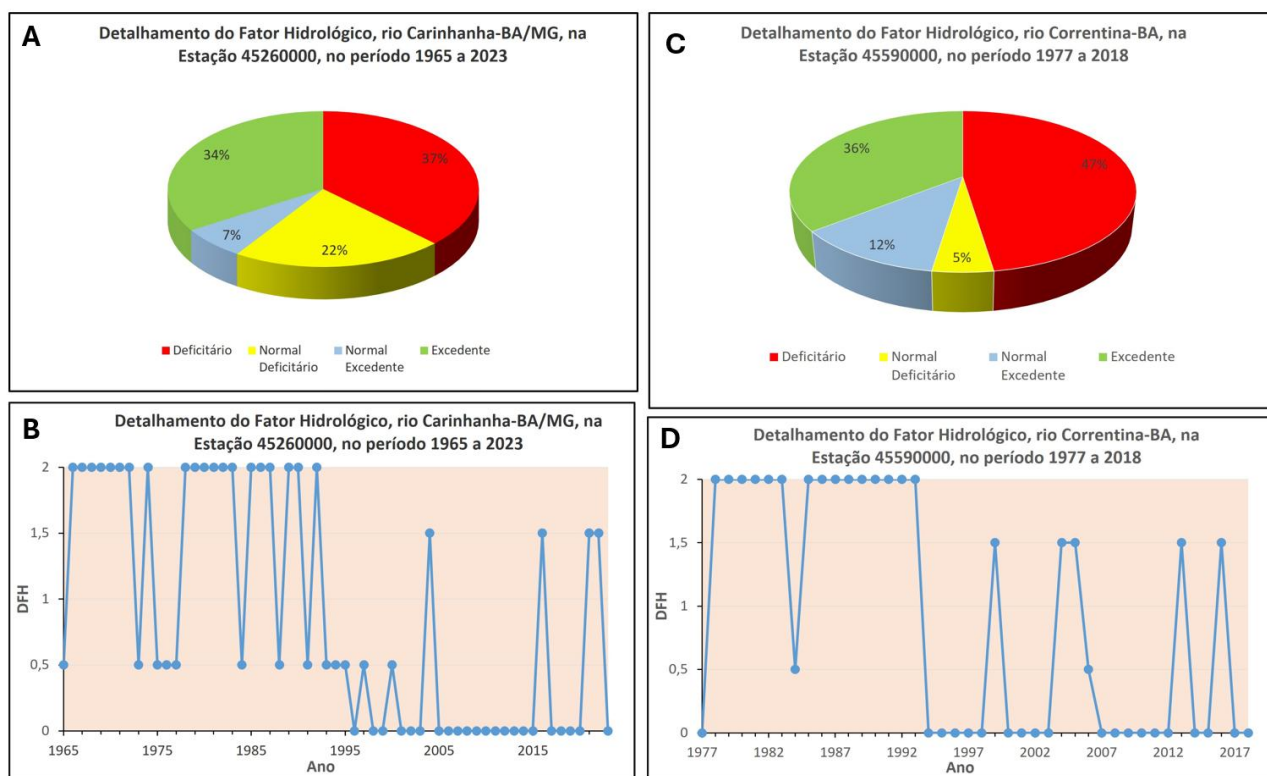


Fonte: Os Autores (2025)

A análise do regime hidrológico do rio Carinhanha (Figura 6 – A e B) revela uma distribuição relativamente mais equilibrada entre anos deficitários e excedentes, quando comparado aos demais rios do Cerrado baiano. Os resultados indicam que 37% dos anos da série foram classificados como deficitários e 22% como “normal deficitário”, totalizando 59% do período em situação de escassez, o que significa menores garantias. Em contrapartida, 34% dos anos foram excedentes e 7% “normal excedente”, alcançando 41% de registros de maior disponibilidade hídrica. O gráfico temporal (Figura 6 – B) evidencia esse comportamento, com alternância frequente entre anos deficitários e de maior abundância, sobretudo até a década de 1990. Após esse período, contudo, observa-se tendência de aumento na ocorrência de anos de déficit absoluto, principalmente nos anos 2000, sugerindo mudanças recentes na dinâmica da bacia. O rio Correntina (Figura 6 – C e D), por sua vez, apresenta maior predominância de condições de escassez. Foram registrados 47% de anos deficitários e 5% como “normal deficitário”, totalizando 52% do período sob déficit hídrico. Em contrapartida, 36% dos anos foram excedentes e 12% “normal excedente”, resultando em 48% do período em condições favoráveis. Essa distribuição, bastante próxima do equilíbrio entre déficit e excedência, evidencia certa estabilidade, embora o percentual de anos deficitários seja o mais elevado entre os rios do Cerrado analisados até aqui. O gráfico temporal (Figura 6 – D) corrobora essa leitura, mostrando períodos concentrados de excedência entre o final da década de 1970 e início da de 1990, seguidos por maior frequência de déficits a partir dos anos 2000. Essa mudança no padrão sugere uma transição para condições mais críticas nas últimas

décadas, refletindo tanto a variabilidade climática quanto as possíveis pressões antrópicas sobre a bacia.

Figura 6 – Detalhamento do Fator Hidrológico, rio Carinhanha – BA, Estação 45260000 (A e B) e rio do Correntina – BA, Estação 45590000 (C e D).



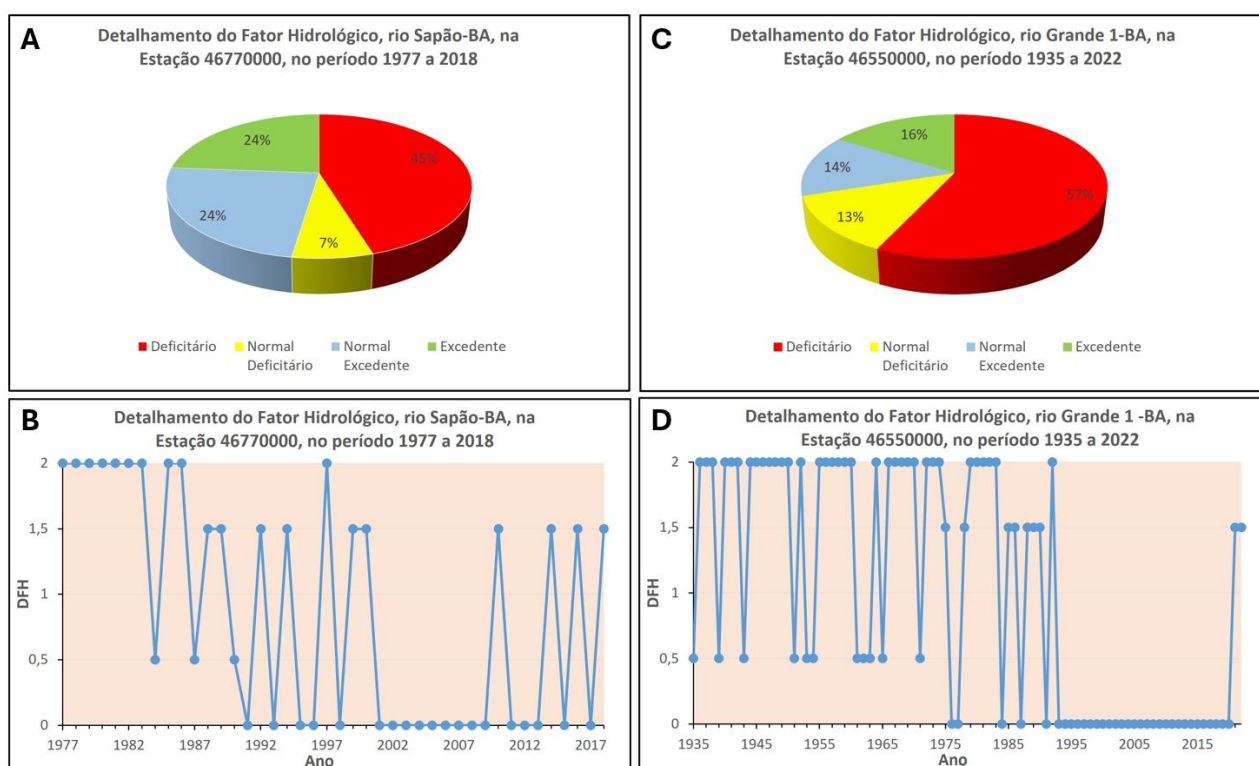
Fonte: Os Autores (2025)

No rio Sapão (Figura 7 – A e B), observa-se predominância de anos classificados como deficitários (45%), seguidos por condições normais excedentes (24%) e excedentes (24%), enquanto os anos normais deficitários representaram apenas 7%. A análise temporal (Figura 7 – B), evidencia que, a partir da década de 1990, ocorre maior frequência de anos deficitários e menor incidência de condições de normalidade. Entre 2000 e 2010, destaca-se a ausência total de anos classificados como excedentes, período marcado pela alternância entre anos “normal excedente” e “deficitário”, com predominância deste último. Esse comportamento indica um padrão de instabilidade hidrológica, no qual os déficits se tornam cada vez mais recorrentes e prolongados. No rio Grande 1 (Figura 7 – C e D), observa-se predominância de anos deficitários (48%), seguidos por condições excedentes (27%) e normais excedentes (14%), enquanto os anos classificados como normais deficitários representaram apenas 11%. A análise temporal (Figura 7 – C e D), demonstra que, a partir da década de 1980, há maior recorrência de anos deficitários, ao passo que os excedentes se tornam menos frequentes e concentrados em intervalos mais curtos. Entre o final da década de 1990 e meados dos anos 2000, nota-se a quase ausência de anos excedentes, com prevalência de períodos deficitários sucessivos. Esse padrão evidencia um regime hidrológico marcado pela intensificação da

escassez, com menor regularidade na ocorrência de condições favoráveis de disponibilidade hídrica.

De forma geral, os rios analisados no bioma Cerrado, como o rio Preto, Grande 2, Carinhanha, Correntina, Sapão e Grande 1, revelam padrões hidrológicos que, embora apresentem maior equilíbrio entre anos deficitários e excedentes em comparação aos rios da Caatinga, também evidenciam sinais de crescente instabilidade nas últimas décadas.

Figura 7 – Detalhamento do Fator Hidrológico, rio Sapão – BA, Estação 46770000 (A e B) e rio do Grande 1 – BA, Estação 46550000 (C e D).



Fonte: Os Autores (2025)

Em conjunto, esses resultados sugerem que, apesar de o Cerrado ser reconhecido como o “berço das águas” do Brasil, a capacidade de recarga natural das bacias vem sendo comprometida, em parte pela pressão antrópica sobre a cobertura vegetal e pelo avanço das mudanças climáticas regionais e uso indiscriminado de corretivos de solos, sem o devido acompanhamento técnico, que promovem a redução da permeabilidade natural do solo. O aumento da frequência de anos deficitários e a redução da regularidade dos excedentes apontam para uma condição de vulnerabilidade crescente, com implicações diretas para a sustentabilidade hídrica e para os usos múltiplos da água nesse bioma estratégico.

Em síntese, tanto nos rios da Caatinga quanto nos rios do Cerrado, verifica-se predominância de condições deficitárias, embora com intensidade e temporalidade distintas. Enquanto na Caatinga esse padrão se associa diretamente à variabilidade

pluviométrica e à alta evapotranspiração, no Cerrado ele se conecta também à perda de áreas de recarga e degradação da vegetação nativa. Esses resultados reforçam a vulnerabilidade hídrica dos dois biomas, sugerindo a necessidade de políticas integradas de conservação e gestão da água, que considerem tanto as pressões climáticas quanto os impactos do uso da terra.

4. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo evidenciam diferenças profundas entre os regimes hidrológicos dos rios da Caatinga e do Cerrado baiano, a partir da aplicação do Detalhamento do Fator Hidrológico (DFH). Nos rios da Caatinga, a predominância significativa de anos deficitários e a raridade de episódios hidrológicamente favoráveis apontam para um cenário de baixa garantia hídrica, alta vulnerabilidade ambiental e grande desafio para o abastecimento humano, a agricultura e a manutenção dos ecossistemas aquáticos.

Em contraste, os rios do Cerrado apresentaram uma frequência considerável de anos excedentes e normal excedentes, o que revelou, historicamente, maior resiliência hídrica e potencial de recarga. No entanto, análises temporais também indicam que, apesar desse padrão positivo, há uma recente redução de anos verdadeiramente excedentes, fato que pode estar diretamente relacionado ao avanço do desmatamento, fragmentação da paisagem e intensificação do uso dos recursos naturais na região.

Esses achados reforçam a necessidade de políticas públicas e estratégias regionais diferenciadas. Enquanto na Caatinga torna-se imprescindível o desenvolvimento e integração de tecnologias para convivência com a escassez natural, tais como reservatórios, reúso e proteção de áreas de recarga, no Cerrado é urgente ampliar a conservação dos ecossistemas naturais e restaurar áreas críticas, garantindo a continuidade dos serviços ambientais e a segurança hídrica frente às crescentes pressões antrópicas.

Por fim, destaca-se a importância das metodologias utilizadas neste estudo, especialmente o DFH, que permitiram uma avaliação detalhada e comparativa das bacias hidrográficas. Compreender a dinâmica interanual dos regimes hídricos em cada bioma é fundamental para subsidiar a gestão adaptativa dos recursos hídricos e promover uma convivência sustentável com as diferentes realidades climáticas e ecológicas da Caatinga e do Cerrado brasileiros.

REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Brasil. **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. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/VisualizadorPdf?codigoArquivo=169442&tipoMidia=0. Acesso em: 07 abr. 2025.

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

BAHIA. Nº 11.612. Política Estadual de Recursos Hídricos- Lei nº 11.612. . 8 out. 2009. Disponível em: [http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/Lei_11612\[1\].pdf](http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/Lei_11612[1].pdf) . Acesso em: 18 out. 2025.

BRASIL. Lei Nº 9.433/97. Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei Nº 9.433. **Regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989..** 8 jan. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 22 julho 2025.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª edição ed. [S.l.]: Editora Edgard Blucher, 1980.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encostas na Interface com a Geomorfologia. *In: Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos*. 8. ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2008. p. 148.

GONÇALVES, M. J. DE. S. **Gestão Quantitativa das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu no Estado da Bahia – Brasil**. Tese de doutorado— Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2014. Disponível em: acesso em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/21527> . Acesso em 02 maio 2022.

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**, submissão em 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. Disponível em: acesso em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/cadgeoc/article/view/56147/29706>. Acesso em 05 maio 2022

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.

IBGE lança o Mapa de Biomas do Brasil e o Mapa de Vegetação do Brasil, em comemoração ao Dia Mundial da Biodiversidade | Agência de Notícias. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/12789-asi-ibge-lanca-o-mapa-de-biomas-do-brasil-e-o-mapa-de-vegetacao-do-brasil-em-comemoracao-ao-dia-mundial-da-biodiversidade>. Acesso em: 22 ago. 2024.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. Fluvial Processes. *In: Geomorphology*. San Francisco: Freeman, 1964.

MONTENEGRO, Abelardo A. A.; MONTENEGRO, Suzana M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. **Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações**, n. 1ª edição, p. 25–52, 10 abr. 2012.

MOREIRA, M. C.; SILVA, D. D. da. **Atlas hidrológico da bacia hidrográfica do rio Grande**. Porto Alegre - RS: Editora Gazeta, 2010.

NOVO, E. M. L. de M. Ambientes fluviais. *In*: **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SUGUIO, Kenitiro. **Água**. [S.l.]: Holos, 2006.



INVESTIGAÇÃO GEOFÍSICA PARA IDENTIFICAÇÃO DO COMPORTAMENTO DA SATURAÇÃO DE NÍVEIS SUBTERRÂNEOS E POSSÍVEL LOCAÇÃO DE POÇO NO MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO DOS CAMPOS – BA

GEOPHYSICAL INVESTIGATION FOR IDENTIFICATION OF
GROUNDWATER SATURATION BEHAVIOR AND POSSIBLE WELL
SITING IN SÃO GONÇALO DOS CAMPOS, BAHIA, BRAZIL

Suzan Sousa de Vasconcelos

suzan.vasconcelos@ufba.br

Leonardo Martins Santana

Leomartins2203@outlook.com

Joelson da Conceição Batista

jdbatista@ufba.br



Resumo

Este trabalho avalia a aplicação integrada dos métodos de eletrorresistividade e Radar de Penetração no Solo (GPR) na caracterização hidrogeofísica da subsuperfície da Fazenda Bicudo, em São Gonçalo dos Campos (BA), com o objetivo de subsidiar a locação de poços tubulares. Foram adquiridos dados de eletrorresistividade com arranjo dipolo-dipolo em duas linhas e perfis de GPR nas mesmas direções, permitindo interpretação conjunta. Os resultados indicam níveis aquíferos rasos associados a zonas mais condutivas e variações de permissividade dielétrica compatíveis com zonas saturadas. A integração dos métodos reduz ambiguidades interpretativas e aumenta a confiabilidade na identificação dos níveis saturados e da estrutura subsuperficial, demonstrando o potencial da abordagem integrada em estudos hidrogeofísicos aplicados à prospecção de água subterrânea.

Palavras-chave: Hidrogeofísica; Métodos geofísicos; Saturação; Eletrorresistividade; GPR.

Abstract

The study of groundwater distribution and, consequently, the characterization of saturated zones for well siting are addressed in this work, which evaluates the integrated application of electrical resistivity and Ground Penetrating Radar (GPR) methods for subsurface investigation at Fazenda Bicudo, in São Gonçalo dos Campos (Bahia, Brazil), near the BR-101 highway. Electrical resistivity surveys using the dipole-dipole array were conducted along two transverse lines, as well as GPR profiles acquired in the same directions, allowing data correlation. The integrated interpretation reduced ambiguities and increased reliability in characterizing water distribution at different depths, demonstrating the effectiveness of the combined approach in the hydrogeophysical analysis of the study area.

Keywords: Hydrogeophysics, Geophysical Methods, Saturation, Electrical Tomography Resistivity (ERT), GPR

1. INTRODUÇÃO

A Assembleia Geral das Nações Unidas reconhece o acesso à água como direito humano essencial à vida digna. Além da importância direta para a saúde, a água é insumo crítico para a produção de alimentos, a criação de animais e o saneamento. No Brasil, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) utiliza indicadores, como o Índice de Segurança Hídrica (ISH), para monitorar o acesso à água, apontando diferenças regionais significativas, com menores índices no Nordeste e no Norte.

No Nordeste brasileiro e, em particular, na Bahia, a disponibilidade hídrica é fortemente condicionada pelo clima semiárido, marcado por irregularidade das chuvas e estiagens recorrentes. Nesse cenário, a gestão hídrica depende do uso integrado de recursos superficiais (rios e açudes) e subterrâneos (poços tubulares e aquíferos), que exercem papel estratégico no abastecimento humano e no suporte às atividades agropecuárias (ANA, 2020; CPRM, 2018b).

Embora o Nordeste concentre parcela relevante da população brasileira, a região dispõe de pequena fração da disponibilidade hídrica superficial do país, com grande parte do volume concentrado na Bacia do Rio São Francisco (ANA, 2018). Em São Gonçalo dos Campos, situado em zona de transição entre o Recôncavo e o semiárido, a utilização de águas subterrâneas assume relevância para o abastecimento local e para as atividades agropecuárias, sobretudo em períodos de déficit pluviométrico. A perfuração de poços e a captação em aquíferos locais constituem alternativas essenciais para complementar fontes superficiais e fortalecer a segurança hídrica municipal (Governo da Bahia, 2021).

Nesse contexto, a Hidrogeofísica apresenta-se como alternativa eficiente para inferir características hidrogeológicas da subsuperfície por métodos não invasivos, subsidiando a locação e a perfuração de poços, bem como a delimitação de zonas de proteção e a remediação de áreas impactadas. Em investigações rasas, os métodos geoeletricos são amplamente utilizados por sua sensibilidade a porosidade, permeabilidade, saturação, presença de sais e argilas, que influenciam a resistividade elétrica. Complementarmente, variações de permissividade dielétrica associadas ao teor de água podem ser investigadas pelo Radar de Penetração no Solo (GPR), especialmente em aquíferos rasos.

Este trabalho avalia os resultados da aplicação integrada da eletrorresistividade e do GPR em duas linhas de aquisição na Fazenda Bicudo, no município de São Gonçalo dos Campos (BA). Estudo anterior na área (Miranda, 2018) discutiu a aplicação do método VLF para caracterização hidrogeológica. Aqui, busca-se complementar informações e reduzir ambiguidades interpretativas, analisando a viabilidade de implantação de um poço tubular na área.

2. Área de Estudo

A área de estudo integra uma fazenda localizada no município de São Gonçalo dos Campos (Figura 1), situada às margens da Rodovia Governador Mário Covas (BR-101), a cerca de 7 km da área urbana.

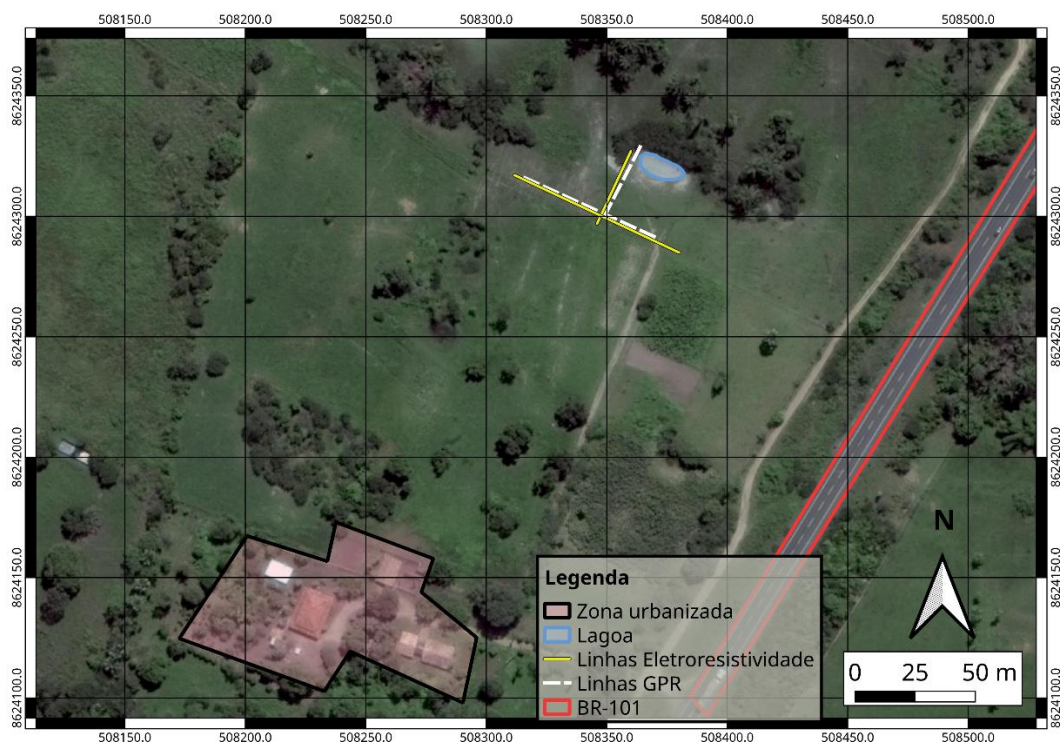


Figura 1: Localização da área de estudo (*datum* Sirgas 2000).

Fonte: De autoria própria, 2025.

São Gonçalo dos Campos localiza-se no Centro-Norte baiano, a aproximadamente 108 km de Salvador, integrando a Região Metropolitana de Feira de Santana. O município possui população de 39.513 habitantes (Censo 2022) e área de 294,768 km², com densidade demográfica de 134,05 hab/km² (IBGE, 2023). Seu território abrange 13% de Caatinga e 87% de Mata Atlântica, inserindo-se na Região Hidrográfica Atlântico Leste (IAS, 2023).

Do ponto de vista hidrográfico, o município é banhado pelo Rio Jacuípe e apresenta contribuição de drenagens locais, com destaque para os rios Sergi, Jacuípe e Subaé (INFOSANBAS, 2023). A área específica de estudo é rural e depende de poços para captação de água subterrânea destinada ao consumo, à irrigação e à dessedentação animal.

2.1 Geologia da área de estudo

Na região, predominam rochas do embasamento cristalino, com ocorrência de unidades atribuídas ao Complexo Caraíba e à Formação Santa Luz, além de intrusões granitóides sin- a tardi-tectônicas (CPRM, 2018a). O Complexo Caraíba é constituído por ortognaisses, com suíte bimodal em fácies granulito. O polo félsico é formado por gnaisses enderbíticos, charnoenderbíticos e, por vezes, charnockíticos; o polo básico apresenta lentes gabro-dioríticas. Feições migmatíticas são frequentes.

No município de São Gonçalo dos Campos e adjacências, ocorrem fácies litológicas bem definidas. Destacam-se gnaisses bandados miloníticos, quartzitos, mármores (incluindo olivina-mármore), rochas calcissilicáticas, metamáficas e

metaultramáficas, além de ortognaisses e migmatitos, que são abundantes nessa unidade (CPRM, 2018a).

A Leste torna-se marcante a presença de migmatitos, associados à Formação Santa Luz, com ortognaisses migmatíticos tonalíticos e granodioríticos, contendo enclaves máficos e ultramáficos.

O recobrimento sedimentar regional inclui o Grupo Barreiras, caracterizado por arenitos argilosos a conglomeráticos, argilitos e conglomerados que recobrem o embasamento cristalino. Durante o trabalho, consultou-se a base de poços do município (CPRM, 2018b), observando-se predominância de poços em contexto cristalino, com ocorrência de água em profundidades rasas (aproximadamente 14 a 30 m), em alguns casos a partir de 7 m.

3. HIDROGEOFÍSICA: PROPRIEDADES HIDRÁULICAS E ELÉTRICAS DAS ROCHAS

Em estudos hidrogeofísicos, a compreensão das propriedades físicas das rochas é determinante para interpretar adequadamente dados de campo. Propriedades hidráulicas (por exemplo, porosidade e condutividade hidráulica) e elétricas (como resistividade e condutividade) são fundamentais para a caracterização qualitativa e quantitativa de reservatórios subterrâneos. Em geral, as propriedades elétricas apresentam elevado contraste em meios rasos, sendo amplamente exploradas em investigações de água subterrânea.

3.1 Porosidade

A porosidade (ϕ) (Equação 1) é uma das propriedades mais importantes no estudo de água subterrânea, pois expressa a capacidade de armazenamento de fluidos pelo meio poroso. Define-se como a razão entre o volume de vazios (V_v) e o volume total da rocha (V_t) dada em porcentagem, isto é

$$\phi = \frac{V_v}{V_t} \quad \text{Equação 1 (Heinemann; Mittermeir, 2013).}$$

Do ponto de vista hidráulico, Lima (2014) distingue: (i) porosidade total, (ii) porosidade interconectada e (iii) porosidade efetiva, esta última relacionada ao volume de vazios disponível ao escoamento. Quanto à origem, a porosidade pode ser primária (formada durante a sedimentação) ou secundária/induzida (resultante de processos posteriores, como fraturamento e dissolução).

Em termos petrofísicos, Schopper (1982) descreve tipos como porosidade intergranular, intercristalina/intragranular, fissural/fraturada e vugular, que podem ocorrer isoladamente ou em associação, influenciando o armazenamento e a transmissividade do aquífero.

3.2 A Condutividade Hidráulica

A condutividade hidráulica (K) expressa a capacidade do solo ou da rocha em permitir a passagem de água através de poros e fraturas. Trata-se de parâmetro-chave em hidrogeologia aplicada, influenciando vazão de poços, velocidade de transporte de contaminantes e resposta hidromecânica do meio. Em geral, materiais arenosos exibem

maior K devido à maior conectividade porosa, enquanto argilas tendem a valores menores.

A Lei de Darcy pode ser expressa por $Q = -K \cdot A \cdot (\Delta H/L)$ (Equação 2), em que Q é a vazão (m³/s), A a área de fluxo (m²), ΔH a diferença de carga hidráulica (m) e L a distância no sentido do fluxo (m). A condutividade hidráulica depende, entre outros fatores, da porosidade efetiva, distribuição de tamanho de poros, tortuosidade e restrições geométricas no meio.

3.2 A Lei de Archie e resistividade elétrica

A Lei de Archie constitui fundamento clássico para relacionar resistividade elétrica de meios porosos saturados a parâmetros como porosidade e saturação de água, sendo amplamente empregada em hidrogeologia e geofísica aplicada. A Lei de Archie para Resistividade Aparente, é expressa pela fórmula:

$$R_a = \rho_w \cdot a \cdot \varphi^{-m} \cdot S_w^{-n} \quad \text{Equação 3,}$$

onde R_a é a resistividade aparente, ρ_w é a resistividade do fluido saturante, a , m , e n são parâmetros empíricos que dependem das características do meio poroso e do fluido, φ é a porosidade do meio e S_w é a saturação de água. Em meios com significativa fração argilosa, a aplicabilidade deve ser avaliada com cautela devido à condução superficial.

4. METODOLOGIA GEOFÍSICA

Foram aplicados os métodos de eletrorresistividade e Radar de Penetração no Solo (GPR), ambos não invasivos, adequados para investigação rasa e com boa relação custo-benefício. A estratégia de aquisição buscou maximizar a correlação espacial entre as duas metodologias por meio de linhas coincidentes/perpendiculares, reduzindo ambiguidades interpretativas.

4.1 Método da Eletrorresistividade

O método da eletrorresistividade (ER) baseia-se na estimativa da resistividade elétrica do meio a partir da injeção de corrente no solo por eletrodos e da medição das diferenças de potencial resultantes (Telford et al., 1990). A técnica é amplamente utilizada em engenharia e hidrogeologia para identificar variações laterais e verticais de propriedades elétricas, mapeando contatos litológicos, fraturas, nível d'água e, em alguns casos, plumas de contaminação (Kearey et al., 2002; Braga, 2008).

A resistividade elétrica é parâmetro sensível a compactação, porosidade, permeabilidade, fraturamento, saturação e composição físico-química dos fluidos e da matriz rochosa (Braga, 2016). Em sedimentos, a resistividade tende a diminuir com o aumento do teor de água e de sais dissolvidos, e pode ser ainda menor em materiais argilosos.

Considerando um condutor homogêneo de comprimento L e seção A , a resistência elétrica pode ser expressa por $R = \rho \cdot (L/A)$. A relação entre densidade de corrente (\mathbf{J}) e campo elétrico (\mathbf{E}) é dada por $\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$, em que σ é a condutividade elétrica.

Para aquisição geométrica em superfície, destacam-se duas abordagens: (i) Sondagem Elétrica Vertical (SEV), visando variação unidimensional em profundidade; e (ii) caminhamento elétrico, visando variações bidimensionais com maior sensibilidade a heterogeneidades laterais, como fraturas em aquíferos fissurais.

4.2 Método de Radar de Penetração no Solo (GPR)

O *Ground Penetrating Radar* (GPR) é um método eletromagnético que investiga a subsuperfície por meio da emissão de pulsos e do registro de reflexões geradas em interfaces com contraste de propriedades elétricas/dielétricas. A profundidade de investigação e a resolução dependem da frequência da antena e da atenuação do meio: frequências mais altas aumentam a resolução, porém reduzem o alcance; frequências mais baixas ampliam a penetração, com menor detalhamento.

A resolução e a profundidade de investigação do GPR dependem da frequência das ondas utilizadas: frequências mais altas proporcionam maior detalhamento espacial, porém com menor alcance em profundidade, enquanto frequências mais baixas permitem maior penetração, com menor resolução. Devido a essas características, o GPR é amplamente empregado em estudos geológicos, arqueológicos, ambientais e de engenharia civil, sendo uma ferramenta eficiente para o mapeamento detalhado da subsuperfície rasa.

No método de GPR, a propagação das ondas eletromagnéticas é controlada principalmente pela permissividade dielétrica (ϵ), pela permeabilidade magnética (μ) e pela condutividade elétrica (σ) dos materiais investigados. Essas propriedades físicas estão diretamente relacionadas às equações fundamentais do eletromagnetismo e são essenciais para a compreensão da velocidade de propagação, da atenuação e dos mecanismos de reflexão das ondas eletromagnéticas no subsolo (Telford et al., 1990; Keller; Frischknecht, 1966).

A permissividade dielétrica (ϵ) expressa a capacidade de um material armazenar energia elétrica quando submetido a um campo elétrico. Ela é definida pela relação entre o deslocamento elétrico (\mathbf{D}) e o campo elétrico (\mathbf{E}), dada por:

$$\mathbf{D} = \epsilon \cdot \mathbf{E} \quad \text{Equação 6,}$$

sendo $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$, onde ϵ_0 é a permissividade do vácuo ($8,85 \times 10^{-12}$ F/m) e ϵ_r é a permissividade dielétrica relativa do material. No contexto do GPR, a permissividade dielétrica é o principal parâmetro responsável pelos contrastes entre camadas, pois controla a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas no meio, expressa por: $v = 1 / \sqrt{(\mu \cdot \epsilon)}$. Variações na permissividade dielétrica estão fortemente associadas ao teor de água, à porosidade e à composição dos materiais geológicos, sendo fundamentais para a identificação de interfaces geológicas e estruturas subsuperficiais (Telford et al., 1990).

A permeabilidade magnética (μ) descreve a resposta do meio à aplicação de um campo magnético, relacionando o campo magnético (\mathbf{B}) ao campo magnetizante (\mathbf{H}) por meio da expressão:

$$\mathbf{B} = \mu \cdot \mathbf{H} \quad \text{Equação 7,}$$

onde $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$, sendo μ_0 a permeabilidade magnética do vácuo ($4\pi \times 10^{-7}$ H/m) e μ_r a permeabilidade relativa. Em materiais geológicos comuns, μ_r é geralmente próxima de 1, o que faz com que a permeabilidade magnética tenha influência secundária no comportamento das ondas de GPR quando comparada à permissividade dielétrica. Ainda assim, ambas as propriedades contribuem para a definição da velocidade de propagação e da impedância eletromagnética do meio (Keller e Frischknecht, 1966).

5. POÇOS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA E DIRETRIZES GEOFÍSICAS

A perfuração constitui etapa final da prospecção de um poço tubular, formando um trajeto vertical que conecta a superfície aos níveis aquíferos. Após a perfuração, a completação inclui revestimento e instalação de filtros nos intervalos mais favoráveis à captação, considerando vazão e qualidade da água. Tradicionalmente, a perfilagem geofísica intrapozo subsidia esse processo; contudo, neste estudo discute-se o uso de métodos de superfície (ER e GPR) como alternativa para indicar, de forma preliminar, intervalos potenciais e orientar o “projeto de poço”.

5.1 Tipos de Poços

Neste trabalho adota-se a classificação proposta por Vasconcelos (2014), que distingue os poços utilizados para captação de águas subterrâneas em dois grandes grupos: poços escavados e poços tubulares. Os poços escavados incluem as modalidades cacimba, cacimbão e poço amazonas, enquanto os poços tubulares são classificados em freáticos e artesianos, estes últimos subdivididos em jorrantes e não jorrantes. Essa tipologia abrange a maior parte dos sistemas de captação subterrânea empregados no Brasil:

- Poços escavados: são aqueles construídos manualmente, geralmente por meio de esforço comunitário, representando uma das formas mais antigas de captação de água subterrânea. São comuns em sedimentos não consolidados, como aluviões, e em áreas rebaixadas entre dunas nas regiões costeiras. Em zonas rurais sem acesso à rede pública de abastecimento, constituem importante alternativa local de suprimento hídrico. Em geral, apresentam profundidades inferiores a 15 m, podendo, em alguns casos, ultrapassar 50 m.
- As cacimbas caracterizam-se pela ausência de revestimento lateral, enquanto os cacimbões possuem revestimento e diâmetros entre 0,5 m e 5 m. Já os poços amazonas distinguem-se por apresentarem diâmetro superior a 5 m e revestimento parcial ou total, diferindo dos cacimbões principalmente pelo tamanho (VASCONCELOS, 2014; DA CACH, 1975).
- Poços tubulares: são poços revestidos por tubos de PVC ou aço, com diâmetro inferior a 1 m, usualmente entre 2" e 18", sendo mais comuns os de 6" e 8". De acordo com a posição da carga hidráulica do aquífero, classificam-se em freáticos e artesianos (VASCONCELOS, 2014).

Os poços freáticos captam água de aquíferos livres. Já os poços artesianos exploram aquíferos confinados e subdividem-se em não jorrantes, quando o nível potenciométrico está abaixo da superfície topográfica e exige bombeamento, e jorrantes, quando o nível potenciométrico se encontra acima da superfície, permitindo o fluxo natural da água até a superfície.

5.2 Diretrizes geofísicas para o projeto de poço

A interpretação geofísica após a locação do poço é aplicável e propícia para estabelecer diretrizes e critérios para obter o máximo das potencialidades do aquífero. A eficiência é um dos fatores mais importantes, pois influenciará no custo/benefício e vida útil do poço (Giampa, 2013).

Assim pode-se a través da geofísica indicar o tipo de aquífero quanto a forma do espaço poroso de armazenamento (porosidade intergranular, fissural ou cárstico), pode-se ainda indicar topo e base dos níveis saturados ou zonas de maior vazão e desta forma direcionar os projetos de completação e instalação de filtro no poço.

6. RESULTADOS

As linhas de levantamento de eletrorresistividade foram posicionadas de modo perpendicular, assim como as de GPR, sendo que há relação de paralelismo entre os levantamentos com as duas metodologias, o que foi planejado a fim de identificar estruturas ou níveis saturados correlacionáveis (Figura 2).

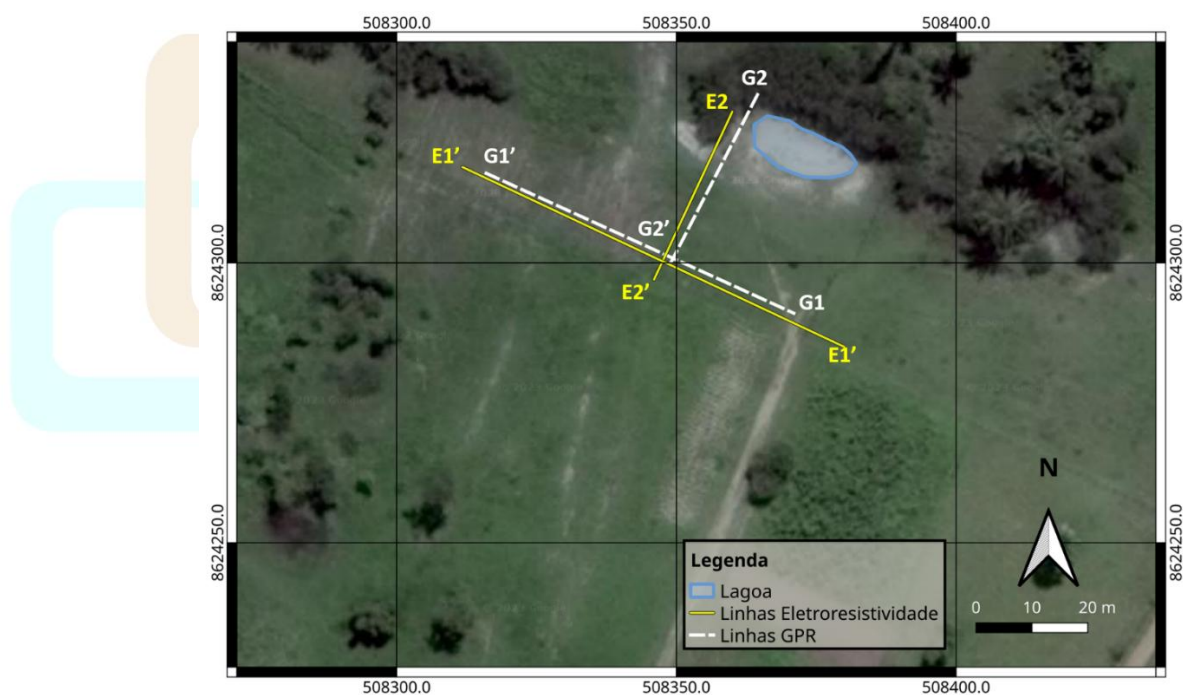


Figura 2: Posicionamento das linhas de eletrorresistividade e GPR e destaque para a proximidade da lagoa (*datum* Sirgas 2000).

Fonte: De autoria própria, 2025.

A seção E1–E1' (Figura 3) atingiu aproximadamente 12 m de profundidade de investigação, permitindo identificar horizontes com alternância de camadas condutivas e resistivas. Observa-se uma camada superficial de solo (espessura < 1 m) relativamente mais condutiva (aprox. 1–4 $\Omega \cdot m$) entre 17 m e 67,5 m, atribuída à influência de águas meteóricas. Adjacente, identifica-se uma porção mais compacta e resistiva (> 30 $\Omega \cdot m$), interpretada como material menos poroso e, portanto, com menor conteúdo de água intersticial.

O primeiro nível aquífero (porção 2) é interpretado como granular e encontra-se separado de um nível mais profundo por uma camada associada à rocha cristalina (porção 3, aproximadamente entre 5 e 9 m), que se mostra descontinuada após cerca de 60 m ao longo da linha. Essa descontinuidade pode estar relacionada a fraturamento intenso ou zona de alteração. Um aquífero mais profundo, parcialmente confinado, é interpretado com topo variando entre 10 e 11 m.

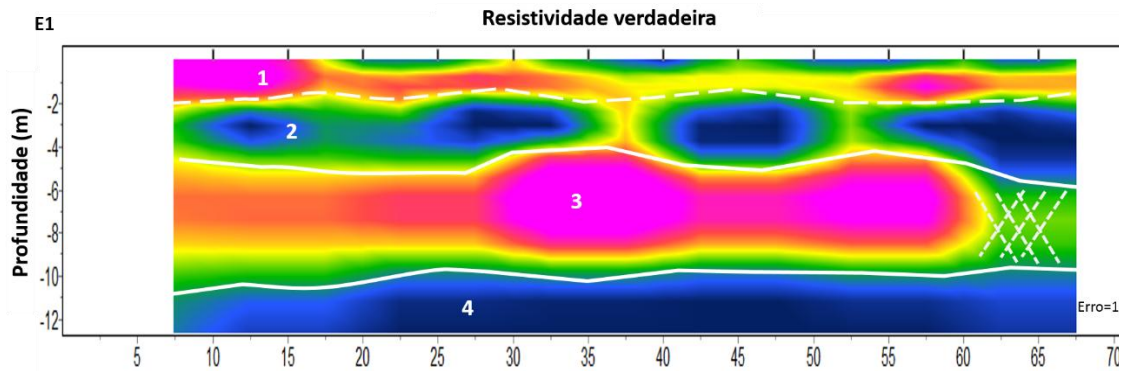


Figura 3: Sessão de resistividade verdadeira da linha E1-E1'. A linha pontilhada indica o nível saturado do terreno.

Fonte: De autoria própria, 2025.

Na linha E2-E2' (Figura 4), com aproximadamente 30 m de extensão (direção NE-SO), distinguem-se duas camadas principais. A camada superficial estende-se da superfície até cerca de 1,5-2 m de profundidade e apresenta maior compactação, interpretada como equivalente à camada 1 observada em E1-E1'. A variação topográfica sugere que, na porção mais baixa do terreno, próxima à lagoa, há deposição contínua de sedimentos provenientes das áreas mais elevadas, resultando em solo menos compactado e com resistividade suscetível à saturação por chuvas e à evaporação.

A camada subjacente apresenta resistividades mais baixas, interpretadas como associadas ao aquífero raso, com nível saturado destacado entre 1,5 e 2 m.

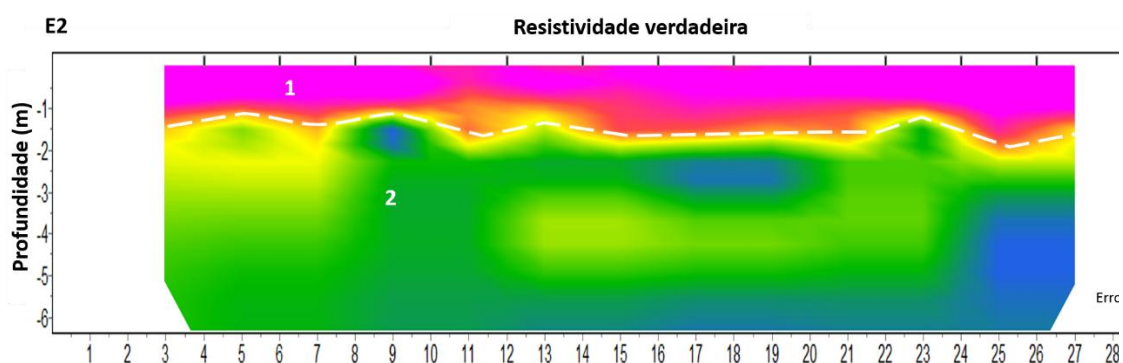


Figura 4: Sessão de resistividade verdadeira da linha E2-E2' de eletrorresistividade. A linha pontilhada indica o nível saturado do terreno.

Fonte: De autoria própria, 2025.

Os dados de GPR apresentados nas Figuras 5 e 6 são resultantes de um processamento simples, constituído de: (i) correção de tempo zero e correção estática; (ii) remoção de background por filtragem; e (iii) conversão tempo-profundidade,

transformando a escala vertical de tempo (ns) para profundidade (m). Assim no radargrama G1–G1' (Figura 5) observa-se investigação até, aproximadamente, 9 m de profundidade ao longo de 72 m de extensão. É possível distinguir a variação de espessura de uma camada superficial, mais espessa na porção SE e afinando em direção NO, com espessura aproximada variando de ~1,8 m a ~0,5 m.

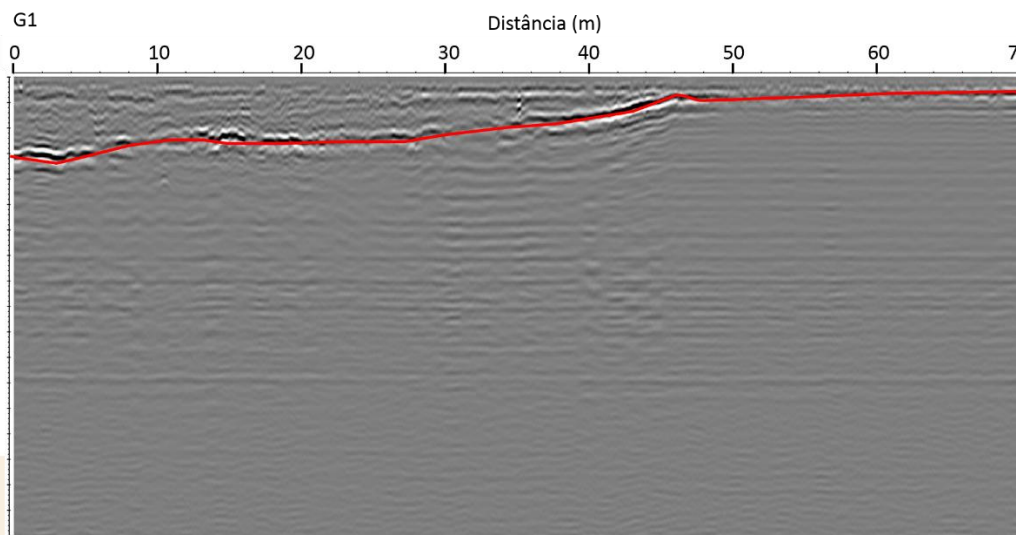


Figura 5: Linha interpretada G1-G1' de GPR.
Fonte: De autoria própria, 2025.

No radargrama G2–G2' (Figura 6), com cerca de 35 m de extensão e alcance aproximado de 6 m, distingue-se igualmente uma camada superficial sobre uma camada adjacente. A camada superficial é mais delgada na porção NE e torna-se mais espessa em direção SO, com variação aproximada de ~0,5 m a ~1,4 m.

6.1 Interpretação conjunta dos resultados

Na interpretação conjunta de E1–E1' (Figura 3) e G1–G1' (Figura 5), considera-se a variação topográfica com tendência de mergulho na direção SE–NO de aproximadamente 2,46 m. Esse mergulho auxilia a compreensão da seção geoeétrica, em que se interpreta maior porosidade e suscetibilidade à ação das chuvas na porção mais baixa do terreno (NO), refletindo-se em menores resistividades. O GPR indica variação no contato entre a primeira e a segunda camadas, sugerindo detalhamento de interface que a eletrorresistividade, isoladamente, não discrimina com a mesma nitidez.

A terceira camada é associada à rocha cristalina; a redução de resistividade à direita da seção pode indicar alteração e/ou fraturamento. Essa interpretação é consistente com relato do proprietário, que descreve ocorrência de “rocha dura” a aproximadamente 6 m em poço próximo. O nível aquífero mais profundo parece parcialmente confinado e possivelmente conectado ao aquífero livre por zona de fraturamento na camada 3 (Figura 3).

Para E2–E2' (Figura 4) e G2–G2' (Figura 6), a topografia mostra mergulho SE–NO de aproximadamente 2,34 m em direção à lagoa artificial, interpretada como alimentada por fluxo subterrâneo e com profundidade aproximada entre 1,5 e 2 m. O

GPR indica nível saturado mais raso à NE, próximo à lagoa, em consonância com a distribuição de resistividades na seção geoeétrica. Como o perfil GPR alcança cerca de 6 m, não foi possível avaliar a camada de rocha cristalina nessa linha.

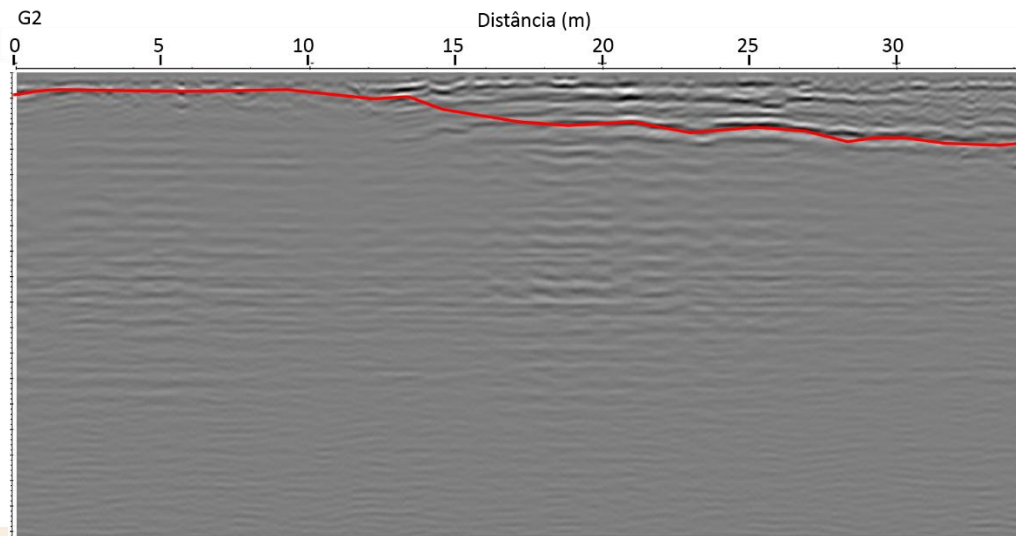


Figura 6: Linha interpretada G2-G2' de GPR.

Fonte: De autoria própria, 2025.

7. CONCLUSÕES

A aplicação de métodos geoeétricos em estudos hidrogeológicos é amplamente reconhecida na literatura, uma vez que a resistividade elétrica constitui uma propriedade física diretamente relacionada a parâmetros hidrogeológicos importantes. De forma complementar, o método GPR destaca-se por ser versátil, não invasivo e de alta resolução, permitindo detalhamento estrutural e estratigráfico em subsuperfície. Assim, a utilização integrada de eletroresistividade e GPR reduz ambiguidades interpretativas, principalmente ao confirmar a presença e a geometria do nível saturado.

Neste trabalho, o emprego acoplado desses métodos para a locação de poço na Fazenda Bicudo (São Gonçalo dos Campos, Bahia) mostrou-se satisfatório, permitindo caracterizar um nível saturado raso influenciado pela lagoa próxima às linhas de levantamento, sujeito a variações sazonais associadas à pluviosidade e estiagem. Além disso, a eletroresistividade evidenciou com maior clareza um nível mais profundo associado ao aquífero subterrâneo, interpretado como aquífero confinado, especialmente bem marcado na seção E1-E1'. A partir dos resultados integrados, a indicação mais favorável para perfuração de poços tubulares é a região correspondente à porção assinalada como 4 na Figura 3, com recomendação de instalação do filtro nesse intervalo. Caso seja prevista a perfuração de apenas um poço, a melhor localização sugerida é na posição aproximada de 65 m ao longo da seção, por também indicar uma possível zona de fratura que favorece a conectividade hidráulica entre os dois níveis aquíferos.

REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 2018–2020. Disponível em:

[Conjuntura dos Recursos Hídricos — Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos](#) Acesso em: 31 out 2024.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Dados, informações e produtos do Serviço Geológico do Brasil. Brasília: CPRM, 2018a. Disponível em: https://geosgb.sgb.gov.br/geosgb/index_en.html. Acesso em: 15 abr. 2018.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS). Brasília: CPRM, 2018b. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/>. Acesso em: 16 abr. 2018.

GIAMPÁ, C. E. Q.; GONÇALES, V. G. Águas subterrâneas e poços tubulares profundos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

G1 BAHIA. População de São Gonçalo dos Campos (BA) é de 39.513 pessoas, aponta o Censo do IBGE. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2023/06/28/populacao-de-sao-goncalo-dos-campos-ba-e-de-39-513-pessoas-aponta-o-censo-do-ibge.ghtml>. Acesso em: 3 nov. 2023.

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Salvador: Governo do Estado da Bahia, 2021. Disponível em: https://www.ba.gov.br/inema/plano-estadual-rh?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 06 jan 2026.

HEINEMANN, Z.; MITTERMEIR, G. Fluid flow in porous media. Cham: Springer, 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados: São Gonçalo dos Campos. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/sao-goncalo-dos-campos.html>. Acesso em: 3 nov. 2023.

INFOSANBAS. São Gonçalo dos Campos: informações hidrográficas. 2023. Disponível em: <https://infosanbas.org.br/municipio/sao-goncalo-dos-campos-ba/>. Acesso em: 3 nov. 2023.

IAS. Informações ambientais e socioeconômicas (IAS). 2023. (Conforme citado no texto).

KELLER, G. V.; FRISCHKNECHT, F. C. Electrical methods in geophysical prospecting. Oxford: Pergamon Press, 1966.

LIMA, O. A. L. Propriedades físicas das rochas: bases da geofísica aplicada. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geofísica, 2014.

MIRANDA, D. L. S. Utilização do VLF e caminhamento elétrico no estudo de aquífero e poços de água na Fazenda Bicudo em São Gonçalo dos Campos–BA. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geofísica) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

SANTOS, C. B. Caracterização do impacto na qualidade das águas subterrâneas causado pela disposição dos resíduos sólidos urbanos no aterro municipal da cidade de

Feira de Santana–BA. 2004. 188 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

SCHOPPER, J. R. Porosity of sedimentary rocks. Stuttgart: Schweizerbart, 1982.

TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E. Applied geophysics. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E.; KEYS, D. A. Applied geophysics. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.

VASCONCELOS, M. B. Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura. *Águas Subterrâneas*, v. 28, n. 2, p. 1–12, 2014.



PRÁTICAS FORMATIVAS DA EDUCAÇÃO DO CAMPO: DIÁLOGOS ENTRE SABERES TRADICIONAIS, AGROECOLOGIA E ESTUDOS DA LINGUAGEM E DO DISCURSO

TRAINING PRACTICES IN RURAL EDUCATION: DIALOGUES BETWEEN TRADITIONAL KNOWLEDGE, AGROECOLOGY AND STUDIES OF LANGUAGE AND DISCOURSE



Rozilene Pereira da Silva

E-mail: rozilene.pereira@ufvjm.edu.br

Anielli Fabiula Gavioli Lemes

E-mail: anielli.lemes@ufvjm.edu.br

Juliana Nogueira Pontes Nobre

E-mail: juliananobre@ufba.br

José Cláudio Luiz Nobre

E-mail: jose.nobre@ufvjm.edu.br

0

Resumo

Este artigo explora as práticas formativas da Educação do Campo, articuladas pelos Saberes Tradicionais e pela Agroecologia, com uma interface nos estudos da Linguagem e do Discurso. Fundamentado em autores como Paulo Freire, Roseli Caldart, José Jorge de Carvalho e Paul Little, o trabalho apresenta experiências desenvolvidas na Licenciatura em Educação do Campo da (LEC/UFVJM), destacando a parceria com movimentos sociais e o compromisso com a educação contextualizada. A análise da linguagem e do discurso, inspirada em autores como Orlandi, Pêcheux, Bakhtin e Foucault, indica como os sentidos são construídos e disputados nesse contexto, especialmente em relação às contranarrativas sobre o desenvolvimento e a mineração no Vale do Jequitinhonha. Os resultados evidenciam a importância da articulação entre saberes tradicionais e agroecologia e a valorização do protagonismo das comunidades e os conhecimentos de Mestres e Mestras de Saberes.

Palavras-chaves: Educação do Campo; Agroecologia; Saberes Tradicionais; Linguagem; Discurso.

Abstract

This article explores the formative practices of Rural Education, articulated by Traditional Knowledge and Agroecology, with an interface between the studies of Language and Discourse. Based on authors such as Paulo Freire, Roseli Caldart, José Jorge de Carvalho, and Paul Little, the work presents experiences developed in the Bachelor's Degree in Rural Education at LEC/UFVJM, highlighting the partnership with social movements and the commitment to contextualized education. The analysis of language and discourse, inspired by authors such as Orlandi, Pêcheux, Bakhtin, and Foucault, indicates

how meanings are constructed and contested in this context, especially in relation to counternarratives about development and mining in the Jequitinhonha Valley. The results highlight the importance of the articulation between traditional knowledge and agroecology and the valorization of the protagonism of communities and the knowledge of Masters of Knowledge.

Keywords: Education of the countryside; Agroecology; Traditional Knowledge; Language; Discourse.

1 INTRODUÇÃO

A Educação do Campo, enquanto campo de conhecimento e prática social, emerge como uma resposta às demandas históricas e às especificidades dos sujeitos que vivem e produzem no meio rural. Ela se configura como um projeto político-pedagógico que busca a valorização dos saberes locais, a promoção da justiça social e ambiental, e a construção de uma sociedade mais equitativa. Nesse contexto, a articulação com os Saberes Tradicionais e a Agroecologia torna-se fundamental, uma vez que estes são pilares que sustentam a educação contextualizada, acolhedora e transformadora. E a compreensão de como esses saberes se entrelaçam e se manifestam na linguagem e no discurso é crucial para desvelar as dinâmicas de poder, as resistências e as possibilidades de construção de novas realidades.

Neste artigo propõe-se aprofundar a discussão sobre práticas formativas desenvolvidas no âmbito da Educação do Campo, com foco na experiência da Licenciatura em Educação do Campo da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). São iniciativas educacionais promovidas em parceria com movimentos sociais e comunidades, que em buscado consolidar um modelo de educação que integra pesquisa, ensino e extensão, e promove o diálogo entre o conhecimento acadêmico e os saberes tradicionais. A relevância dessa abordagem reside na capacidade de reconhecer e dar visibilidade aos conhecimentos ancestrais, por vezes marginalizados pelos modelos educacionais eurocêntricos, e de integrá-los aos currículos escolares, favorecendo-se a criação de ambiente de aprendizagem inclusivo e sustentável.

Ressalta-se que 3 professores do Curso integram a Comissão do Encontro de Saberes da UFVJM, cuja principal função é promover a inclusão de mestras e mestres dos saberes tradicionais no ensino, pesquisa e extensão da universidade, construindo ‘pontes’ entre estes saberes e o conhecimento científico e realizando ações, como eventos, projetos e rodas de conversa para valorizar e divulgar essas tradições. Um desses projetos intitulado “Educação do campo: saberes e práticas de formação nas relações discursivas entre trabalho, educação, letramentos e agroecologia”, com fomento da FAPEMIG é um projeto de pesquisa associado a extensão e ensino é realizado por grupo de professores estudiosos da educação do campo da UFVJM, UEMG, UFTM, em parceria com movimentos e organizações sociais do campo.

O que se apresenta aqui resulta de um esforço interdisciplinar de construção de diálogo na interface entre a Educação do Campo, os Saberes Tradicionais e a Agroecologia com os estudos da Linguagem e do Discurso. (i) A linguagem, nesse contexto, é concebida como um espaço de construção de sentidos, de negociação de identidades, de manifestação de ideologias e identificação de contradições e disputas sociais. Assim, (ii) analisar os discursos que circulam nesse campo permite compreender como as narrativas dominantes podem ser questionadas e como as contranarrativas são forjadas, especialmente em temas sensíveis como o desenvolvimento regional e os impactos da mineração. (iii) A Agroecologia, por sua vez, representa um paradigma que integra dimensões ecológicas, sociais, econômicas e culturais, e sua difusão e apropriação

dependem intrinsecamente da forma como é enunciada e compreendida nos diferentes contextos educacionais.

Uma multiplicidade de perspectivas pode compor a força de um trabalho interdisciplinar na Educação do Campo. Neste que realizamos, cujo objetivo principal é analisar práticas formativas da Educação do Campo que articulam os Saberes Tradicionais e a Agroecologia, evidenciando a interface com os estudos da linguagem e do discurso, podemos listar cinco objetivos específicos: (i) apresentar e discutir as experiências promovidas no seio da Licenciatura em Educação do Campo da UFVJM, com ênfase nas parcerias e projetos que visam consolidar o compromisso universitário com os movimentos sociais pela terra, autonomia popular e direito à educação contextualizada; (ii) Explorar a valorização dos conhecimentos ancestrais e a integração desses saberes aos currículos escolares, analisando como essa abordagem contribui para a criação de ambientes de aprendizagem inclusivos, relevantes e sustentáveis; (iii) investigar a Agroecologia como matriz pedagógica, examinando como ela promove a consciência crítica sobre os impactos ambientais e sociais e incentiva práticas sustentáveis, com base no respeito ao patrimônio cultural rural; (iv) analisar a construção de sentidos e as dinâmicas discursivas presentes nas contranarrativas sobre o desenvolvimento e a mineração no Vale do Jequitinhonha, a partir da perspectiva da linguagem e do discurso; e finalmente, (v) evidenciar a importância da relação entre Saberes Tradicionais, Agroecologia e Educação do Campo para os estudos da linguagem e do discurso, destacando o protagonismo das comunidades rurais na construção de um futuro mais equitativo.

Dois pontos são bastante relevantes nessa proposta: (i) a verificação de como a Análise Linguístico-discursiva revela as complexidades das relações de poder e as estratégias de resistência presentes nas comunidades rurais e contribui para uma compreensão mais aprofundada do papel da linguagem na construção de identidades e na transformação social; (ii) a evidência da importância de se consolidar uma rede colaborativa entre instituições, movimentos e organizações sociais, auxiliando na identificação, problematização e proposição de ações e materiais didático-pedagógicos que apoiem as escolas e comunidades na construção de caminhos em direção aos princípios da educação do campo e da agroecologia. Isso porque um trabalho dessa natureza (re)conhece, preserva, valoriza, visibiliza e legitima nos currículos escolares o patrimônio cultural e a memória viva de homens e mulheres do Campo, representados pelos seus sujeitos (mestres e mestras de saberes) em temáticas cruciais como escassez hídrica, degradação ambiental, produção de alimentos e desigualdade socioespacial, etc..

2 BREVE APANHADO TEÓRICO-FILOSÓFICO

Nesta seção, evidenciaremos aspectos teórico-filosóficos que fundamentam o trabalho coletivo da educação do campo de construção de conhecimento. Sem negar a existência de outras formas de trabalho presentes no coletivo do Curso, coloca-se, aqui, em evidência o que está na interface de questões relativas à perspectiva agroecológica da Educação do Campo, ao Encontro de Saberes e às construções linguístico-discursivas.

2.1. Encontro de saberes: uma perspectiva intercultural

O conceito de “Encontro de Saberes” tem ganhado proeminência no debate acadêmico e nas práticas educacionais, especialmente no contexto da Educação do Campo. Ele se refere a um projeto que visa promover o diálogo e a integração entre o saber acadêmico-científico e os saberes tradicionais e populares, buscando romper com a

hegemonia de um único modelo de conhecimento e valorizar a pluralidade epistemológica (Carvalho, 2021). O Encontro de Saberes é uma proposta para formar profissionais com conhecimentos interculturais, promovendo o reconhecimento e a visibilidade de conhecimentos ancestrais e sua integração ao ensino formal e aos currículos universitários.

José Jorge de Carvalho, um dos principais idealizadores do projeto “Encontro de Saberes” no Brasil, argumenta que essa iniciativa busca a inclusão de mestres e mestras das culturas tradicionais na docência universitária, reconhecendo o “notório saber” desses indivíduos. Essa abordagem desafia a hierarquia tradicional do conhecimento, que historicamente privilegiou o saber ocidental e científico em detrimento das cosmovisões e práticas de povos indígenas, quilombolas, camponeses e outras comunidades tradicionais. A ideia de “notório saber para mestres dos povos e comunidades tradicionais” é uma “revolução no mundo acadêmico brasileiro” (Carvalho, 2021), pois legitima formas de conhecimento que antes eram invisibilizadas.

O diálogo de saberes, inerente ao conceito de Encontro de Saberes, não implica uma simples justaposição de conhecimentos, mas sim uma interação dinâmica e respeitosa, onde cada forma de saber é reconhecida em sua validade e contribuição. Paul Little aborda os conhecimentos tradicionais no marco da intercientificidade, sugerindo que diferentes sistemas de conhecimento podem coexistir e enriquecer-se mutuamente Little (2010). Essa perspectiva é crucial para a construção de uma educação que seja verdadeiramente libertadora e contextualizada, como preconizado por Paulo Freire. Por sua vez, este autor, cujas ideias são centrais para a Educação do Campo, enfatiza a importância do diálogo como ferramenta pedagógica e política. Para Freire, o conhecimento é construído coletivamente em um processo de práxis, que envolve ação e reflexão (Freire, 1993).

O “saber de experiência feito”, termo freiriano, ressalta a validade do conhecimento adquirido pela vivência e pela prática, que muitas vezes é o alicerce dos saberes tradicionais. Freire (1987) afirma que “Ninguém educa ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo”. Essas palavras evidenciam a relevância de valorizar a ancestralidade e a memória viva dos mestres e mestras de saberes como um ponto de partida para a construção de um futuro mais justo e autônomo pautado em uma “Pedagogia do Oprimido”, em que se defende uma educação que promova a conscientização e a libertação, onde o diálogo é a base para a construção de um conhecimento crítico e transformador.

No contexto da Educação do Campo, o Encontro de Saberes se manifesta em diversas práticas formativas, em experiências que demonstram como a aproximação entre universidade, escolas e comunidades camponesas pode gerar um ambiente de aprendizagem plural e transformador (...) rico em saberes sobre plantas medicinais, técnicas de manejo da terra, gastronomia, entre outros, comumente desvalorizados pela ciência acadêmica, mas, inegavelmente, fundamentais para a sobrevivência das comunidades e para a manutenção de suas identidades (Carvalho, 2021). Essa interação, então, promove a construção de novas narrativas e a ressignificação do papel da escola e da universidade no campo.

Assim, o Encontro de Saberes, portanto, é uma filosofia que permeia a Educação do Campo, buscando a descolonização do pensamento e a construção de uma universidade mais plural e antirracista. E, ao reconhecer a validade de múltiplas epistemologias, ele abre caminho para uma educação capaz de promover a autonomia e o protagonismo dos sujeitos do campo no seio dos seus territórios.

2.2 Educação agroecológica: ciência do movimento de lutas e conquistas

Neste contexto da Educação do Campo, a Agroecologia se configura, essencialmente, como um campo científico, um movimento social e uma prática que busca a construção de sistemas alimentares justos, saudáveis e ecologicamente equilibrados (Caldart, 2012). Ela emerge como um eixo articulador fundamental, que promove consciência crítica sobre os impactos ambientais e sociais dos modelos agrícolas convencionais e incentiva a adoção de práticas que respeitem o meio ambiente e fortaleçam os territórios.

Enquanto movimento social, a Agroecologia representa a luta por soberania alimentar, reforma agrária, justiça social e ambiental. Ela é impulsionada por organizações camponesas, movimentos sem-terra, comunidades indígenas e quilombolas, que veem na Agroecologia uma alternativa ao agronegócio e um caminho para a construção de um rural mais justo e sustentável. Assim, a Agroecologia une “ciência, prática, discurso e movimento social” (Caldart, 2012), evidenciando a natureza multifacetada desse campo. Essa dimensão política da Agroecologia é crucial para a Educação do Campo, pois ambas compartilham o compromisso com a transformação social e a emancipação dos sujeitos do campo.

Miguel Altieri, um dos expoentes da Agroecologia, destaca, também, a importância de resgatar e valorizar os conhecimentos tradicionais dos agricultores, que muitas vezes contêm soluções adaptadas e resilientes para os desafios locais (Altieri, 2002). Essa perspectiva dialoga diretamente com o conceito de Encontro de Saberes, pois reconhece a sabedoria acumulada por gerações de camponeses como um pilar essencial para uma produção de vida que busca a saúde do solo, da água, dos alimentos e das pessoas. A Agroecologia, nesse sentido, oferece um modelo de desenvolvimento que contrasta com o modelo predatório imposto pela mineração, por exemplo, que muitas vezes desconsidera os impactos ambientais e sociais a longo prazo (Carvalho, 2021).

A formação agroecológica, como eixo articulador, pode desenvolver ações sustentáveis que respeitem o meio ambiente e fortaleçam os territórios, promovendo uma consciência discursiva e crítica sobre os impactos ambientais e sociais dos métodos agrícolas convencionais (Carvalho, 2021). E, pela consciência dos sujeitos, a interface entre Agroecologia e Educação do Campo é um campo fértil para a construção de conhecimentos e práticas educativas transformadoras, pois Aquela (a agroecologia) pode fornecer os ‘conteúdos’ e os princípios para uma educação que seja relevante para a realidade do campo, enquanto esta (a Educação do Campo) oferece o arcabouço pedagógico para que esses conhecimentos sejam construídos e apropriados pelos sujeitos. Em outras palavras, práticas agroecológicas, enraizadas na cultura e na experiência das comunidades, servem como inspiração para a construção de currículos e materiais didático-pedagógicos que reflitam a riqueza e a diversidade do conhecimento camponês.

Vale ressaltar que a Educação do Campo no Brasil se constitui a partir das lutas sociais dos movimentos camponeses por uma educação que reconheça e valorize suas especificidades culturais, sociais e econômicas. Não se trata de uma educação “no campo”, mas sim “do campo”, ou seja, uma educação que nasce das demandas e dos sujeitos do campo, construída em diálogo com suas realidades e projetos de vida. Caldart (2012), destaca que a Educação do Campo nasceu vinculada aos trabalhadores pobres do campo, aos trabalhadores sem-terra e sem trabalho, que se organizaram para lutar contra a situação em que se encontravam.

A Educação do Campo se constituiu como um movimento social e pedagógico que busca a construção de uma educação pública,

de qualidade social, para os sujeitos do campo, que contemple suas especificidades culturais, sociais, econômicas e ambientais, e que contribua para a superação das desigualdades e para a construção de um projeto de desenvolvimento rural sustentável e justo. (Caldart, 2009, p. 25).

Fica evidente que a trajetória da Educação do Campo é marcada por conquistas significativas, como a criação de cursos de licenciatura específicos, a inclusão de temas relacionados ao campo nos currículos e a valorização dos saberes locais. As experiências da Licenciatura em Educação do Campo da UFVJM, por exemplo, buscam consolidar o compromisso das universidades com ações de pesquisa, ensino e extensão, em parceria com os movimentos de luta pela terra e autonomia popular.

Nesse cenário, práticas educativas contextualizadas evidenciam um esforço pedagógico de resistência e de esperança. Nelas, também se busca fortalecer a identidade camponesa, promover a organização social e capacitar os sujeitos para a defesa de seus direitos e de seus territórios. A articulação com a Agroecologia e os Saberes Tradicionais é fundamental para essa resistência, pois além de proporcionar análise crítica da realidade, também oferece alternativas concretas ao modelo de desenvolvimento hegemônico e fortalece as bases culturais e produtivas das comunidades. Além do mais, a articulação entre Saberes Tradicionais e Agroecologia em práticas formativas da Educação do Campo cria um ambiente discursivo de aprendizagem que é, sobretudo, inclusivo.

Na LEC/UFVJM, a Educação do Campo também se preocupa com a formação de educadores comprometidos com a realidade do campo. Os programas de iniciação à docência e os projetos de pesquisa e extensão são exemplos de como a universidade pode contribuir para a formação de profissionais que atuem de forma crítica e transformadora nas escolas do campo. Essa formação envolve o desenvolvimento de uma consciência política e social, capaz de questionar as desigualdades e de propor caminhos para a construção de condições de vida mais justas aos povos das comunidades.

2.3 A Interface entre Linguagem, Discurso e os Saberes do Campo

A linguagem e o discurso desempenham um papel central na construção e ressignificação dos saberes do campo, bem como na articulação entre a Educação do Campo e a Agroecologia. Pelo discurso, observando-se os movimentos de construção de sentidos, é possível compreender melhor como os indivíduos produzem significado em diferentes situações de comunicação a partir de suas formações ideológicas e discursivas (Carvalho, 2021). Nesse sentido, os estudos linguísticos tornam-se um observatório que evidencia funcionamento da linguagem como um espaço de disputa e de poder, onde as ideologias se materializam e as identidades são forjadas.

Orlandi (2012) afirma, em outras palavras que o discurso é materialidade da ideologia e a materialidade do discurso é expressão linguística. Essa perspectiva é crucial para a busca do entendimento de como os saberes tradicionais, a Agroecologia e a própria Educação do Campo são enunciados, compreendidos e disputados no espaço social. Os sentidos atribuídos a termos como “desenvolvimento”, “progresso” ou “sustentabilidade”, por exemplo, também dependem de posições ideológicas e formações discursivas dos sujeitos que os constroem. Diferentes visões sobre o desenvolvimento, contrastando a perspectiva capitalista da mineração com a visão das comunidades locais,

que priorizam a qualidade de vida, a preservação ambiental e a valorização de seus modos de vida, exemplificam essa disputa.

Isso dialoga com a relação intrínseca entre saber, poder e discurso evidenciada por Foucault (1979 **a e b**), para quem o discurso é (ou constrói, ou resulta de) um conjunto de práticas que formam os objetos de que falam os sujeitos discursivos. Assim também “O discurso não é simplesmente aquilo que manifesta (ou encobre) o desejo; é também aquilo que é o objeto do desejo. Não é simplesmente aquilo que traduz (ou impede) a lei; é aquilo pelo qual e contra o qual se luta, é o poder do qual nos queremos apoderar” (Foucault, 1979b, p. 10).

Esses dizeres ressaltam a dimensão política do discurso, que é um campo de batalha, uma arena (Bakhtin, 1981), onde se disputam verdades e se exercem relações de poder. A análise das contranarrativas produzidas pelas comunidades do campo, que buscam desconstruir discursos hegemônicos e propor novas formas de pensar e agir, é um exemplo claro dessa luta discursiva. Tais contranarrativas, ao destacarem as belezas e riquezas do Vale em contraponto às narrativas de desvalorização, demonstram o poder da linguagem na construção de identidades e na resistência cultural indicada por Carvalho (2021).

Outro aspecto importante das construções discursivas nos territórios campestres se relaciona com o conceito de dialogismo e ideologia nas interações, postulado Mikhail Bakhtin, para quem toda enunciação é dialógica, está sempre em relação com outras enunciações ou conjuntos de ideias (ideológicas, portanto), sejam elas anteriores, simultâneas ou futuras. Para ele,

“A palavra é um fenômeno ideológico por excelência. A palavra é quase sempre a arena da luta de classes. A palavra é o signo social mais sensível. Onde quer que haja um signo, há ideologia. Tudo o que é ideológico possui um significado e remete a algo que está fora de si. Tudo o que é ideológico é um signo. Sem signos não há ideologia” Bakhtin (1981).

Da mesma forma que essa perspectiva bakhtiniana enfatiza que a linguagem é socialmente construída e carregada de ideologias, sendo um espaço de interação e de confronto de vozes, é notável que “Encontro de Saberes” na Educação do Campo se traduz em um “encontro de discursos”, um lugar especialmente criado pelas lutas, onde a linguagem oral e escrita das comunidades ganha espaço e legitimidade, desafiando a primazia da escrita e da linguagem formal acadêmica. E, neste mesmo sentido, a produção de materiais didático-pedagógicos e a realização de atividades que incentivam a expressão dos estudantes por meio de desenhos, poemas e textos, são exemplos de como a Educação do Campo cria um ambiente propício para a manifestação de “diversas linguagens e discursos” (Carvalho, 2021).

Quando se torna objeto de estudo, então, a interface entre linguagem, discurso e os saberes do campo torna-se fundamental para a formação de sujeitos críticos e autônomos, pois ancorados nas próprias realidades, nas próprias visões de mundo, os estudantes do campo, ao analisarem os discursos que os cercam, desenvolvem a capacidade de questionar as ideologias dominantes, de identificar as relações de poder e de construir suas próprias narrativas. Paulo Freire (1983) já apontava para a importância da “leitura do mundo” antes da “leitura da palavra”, ressaltando que a compreensão da realidade social é um pré-requisito para a apropriação crítica da linguagem.

Em suma, a linguagem e o discurso são elementos indissociáveis dos saberes do campo, da Agroecologia e da Educação do Campo. Eles são o terreno onde as disputas de sentido ocorrem, onde as identidades são construídas e onde as possibilidades de transformação social se manifestam. Ao reconhecer e valorizar a pluralidade de vozes e narrativas, a Educação do Campo contribui para a construção de um *modus vivendi* em que todos os saberes têm seu lugar, seu valor e sua voz.

2.4 A Formação de educadores do campo e o compromisso com a autonomia popular

Como se tem mostrado neste texto, a formação de educadores no contexto da Educação do Campo é um processo contínuo e dinâmico. Ela se pauta na construção de uma práxis pedagógica que integra teoria e prática, conhecimento acadêmico e saberes populares, e que se compromete com a transformação social. A Licenciatura em Educação do Campo (LEC) da UFVJM, por exemplo, representa um esforço institucional para formar profissionais capazes de atuar de forma crítica e engajada nas realidades do campo, das águas e das florestas. Essa formação é caracterizada por uma forte articulação com os movimentos sociais, reconhecendo-os como parceiros fundamentais na construção de uma educação contextualizada e libertadora. Uma evidência disso está no próprio Projeto Pedagógico do Curso (2018/2), em que consta à página 35, a instituição de um “Conselho Consultivo”

Constituído por representantes de movimentos sociais, instituições da sociedade civil organizada e órgãos públicos situados na área de abrangência do curso, egressos do PROCAMPO e/ou LEC, discentes da LEC, docentes da LEC e docentes da UFVJM envolvidos diretamente com as temáticas da Educação do Campo. Esse conselho tem a função de promover articulação do curso com os movimentos sociais, egressos e outros atores sociais na discussão do PPC e de políticas relacionadas à Educação do Campo (LEC/UFVJM, 2018, p. 35).

No Curso, o compromisso com os movimentos sociais pela terra e pela autonomia popular é um pilar central da formação. Isso se traduz em ações de pesquisa, ensino e extensão que buscam responder às demandas e necessidades das comunidades camponesas. A busca, nesse sentido, é de a universidade não se posicionar como detentora exclusiva do saber, mas como um espaço de diálogo e colaboração, em que o conhecimento possa ser construído coletivamente.

Ainda que seja uma utopia, essa abordagem permite que os futuros educadores do campo desenvolvam uma compreensão aprofundada das realidades locais, dos desafios enfrentados pelos territórios e das estratégias de resistência e luta por seus direitos. Por isso, um aspecto crucial dessa formação é a valorização do direito à educação contextualizada. Isso significa que os currículos e as práticas pedagógicas são pensados a partir das especificidades do campo, considerando suas culturas, seus modos de vida, suas economias e suas relações com o meio ambiente. A educação contextualizada se caracteriza como uma ressignificação do próprio processo educativo, que se torna relevante e significativo para os sujeitos do campo.

Os programas de iniciação à docência, como o PIBID (Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência), desempenham um papel fundamental nesse processo.

Eles proporcionam aos estudantes da LEC a oportunidade de vivenciar o cotidiano das escolas do campo, de interagir com os professores, os alunos e a comunidade, e de aplicar os conhecimentos teóricos em situações reais. Essas experiências são enriquecedoras, pois permitem que os futuros educadores desenvolvam habilidades pedagógicas, aprimorem sua capacidade de observação e análise, e fortaleçam seu compromisso com a Educação do Campo. E a interação com os Mestres de Saberes, nesse contexto, é uma prática que enriquece significativamente a formação, ao expor os estudantes a conhecimentos e práticas que não são tradicionalmente abordados nos currículos formais.

Além dos programas de iniciação à docência, os projetos de pesquisa e extensão também contribuem para a formação integral dos educadores do campo. A pesquisa permite aprofundar o conhecimento sobre as realidades do campo, identificar problemas e propor soluções. A extensão, por sua vez, possibilita a interação direta com as comunidades, a troca de saberes e a construção de projetos conjuntos que visam ao desenvolvimento local e à melhoria da qualidade de vida. Essas ações conjuntas reforçam o papel da universidade como agente de transformação social e como parceira das comunidades.

Em síntese, a formação de educadores do campo é um processo complexo e desafiador, que exige um compromisso ético e político com as realidades do campo. Ela se pauta na valorização dos saberes locais, na articulação com os movimentos sociais e na construção de uma educação contextualizada e libertadora. Ao formar profissionais capazes de atuar de forma crítica e engajada, a Educação do Campo contribui para o fortalecimento das comunidades e a valorização dos seus sujeitos.

2.5 A Produção de materiais didático-pedagógicos e a valorização dos saberes tradicionais

A produção de materiais didático-pedagógicos na Educação do Campo é um processo que reflete a valorização dos saberes tradicionais e a busca por uma educação que seja relevante e significativa para os sujeitos do campo, pois os materiais produzidos nesse contexto são construídos a partir das realidades, dos saberes e das experiências das comunidades. Essa abordagem garante que o conteúdo seja contextualizado e que os estudantes se sintam representados e engajados no processo de aprendizagem.

Os livretos, por exemplo, são um formato comum de material didático-pedagógico na Educação do Campo. Eles são produzidos de forma colaborativa, envolvendo estudantes, professores, mestres de saberes e membros da comunidade. Essa produção coletiva não apenas democratiza o processo de criação, mas também garante que os materiais reflitam a diversidade de vozes e perspectivas presentes no campo. Os livretos abordam temas variados, como a história das comunidades, as práticas agrícolas tradicionais, as plantas medicinais, a culinária local, as manifestações culturais, entre outros. Ao registrar esses saberes e experiências, os livretos contribuem para a preservação da memória e da identidade cultural das comunidades.

Evidentemente, a valorização dos conhecimentos ancestrais é um princípio fundamental na produção desses materiais. Os Mestres de Saberes são fontes inestimáveis de conhecimento e inspiração. Suas histórias, suas práticas e seus ensinamentos são incorporados aos materiais, enriquecendo o conteúdo e tornando-o mais autêntico e significativo.

Outro aspecto importante da produção de materiais didáticos é o fortalecimento da autonomia dos educadores e das próprias comunidades, uma vez que ao criar seus próprios recursos didáticos, os professores se tornam menos dependentes de materiais

externos e mais capazes de produzir conhecimento a partir das realidades vivenciadas no território. Isso não significa abandonar por completo livros e recursos utilizados nas escolas, mas reforça dois princípios fundamentais: (i) o saber não é algo que vem exclusivamente de fora, mas que é construído coletivamente, a partir das experiências e das necessidades locais; (ii) construir e socializar seus próprios materiais didático-pedagógicos é um indicador do empoderamento das comunidades, dos sujeitos do campo e de sua capacidade de construir seus próprios caminhos para o desenvolvimento territorial, a preservação da memória e o fortalecimento da identidade e dos saberes locais.

3 MATERIAIS, MÉTODOS, TÉCNICAS E RESULTADOS

Dada a natureza e a extensão deste texto, apenas relacionaremos (com rápida menção) alguns materiais produzidos no âmbito deste trabalho de pesquisa e extensão no Curso e evidenciaremos possível efeito de tais produções em atividades de ensino, por exemplo, em Estudos do Texto e do Discurso, que é uma unidade curricular da habilitação de Linguagens e Códigos, e/ou unidades outras unidades da habilitação de Ciência da Natureza. Ambas as habilitações compõem o quadro formativo da Licenciatura em Educação do Campo da UFVJM. Para acesso ao material mencionado, vide links disponibilizados nos anexos.

Aqui é possível apresentar uma rápida análise, em uma abordagem qualitativa, de caráter exploratório e descritivo baseada na interpretação crítica de documentos, que incluem resumos de trabalhos, apresentações, artigos acadêmicos e livretos, produzidos por estudantes, educadores do Curso e parceiros. Tendo esses documentos como objetos de nossa própria produção coletiva, as pesquisas bibliográficas complementares e os debates realizados antes, durante e após tal produção, permitiram aprofundar as discussões teóricas e contextualizar as experiências apresentadas.

Ressalta-se que um elemento central da metodologia deste estudo é a incorporação de princípios dos estudos linguísticos e da Análise do Discurso (AD) na análise das nossas próprias construções. Isso por entendermos que a AD, ao ir além do estudo estruturalista da linguagem, permite compreender como os sentidos são construídos e disputados em diferentes situações comunicativas, a partir das formações ideológicas e discursivas dos sujeitos. Essa perspectiva é particularmente relevante para analisar as contranarrativas que emergem das comunidades do campo em relação a temas como o desenvolvimento e a mineração, por exemplo.

Uma atividade de Prática de Ensino sobre a mineração no Vale do Jequitinhonha, por exemplo, onde discentes da LEC e estudantes da Escola Família Agroecológica de Araçuaí produziram textos e áudios (*spots*) com foco em contranarrativas que destacavam as belezas e riquezas do Vale, em contraponto às narrativas hegemônicas de desvalorização, demonstra a aplicação prática da análise discursiva na identificação de como os indivíduos se constroem e são construídos pela ideologia e pelo discurso.

Um olhar ao conjunto da ópera é possível ter uma visão abrangente das práticas formativas da Educação do Campo, articuladas pela temática dos Saberes Tradicionais e da Agroecologia. Esses documentos aqui mencionados detalham objetivos e ações implementadas na Educação do Campo, incluindo programas de iniciação à docência e projetos de pesquisa e extensão. O legado produzido em atividades do Pibid e do Residência Pedagógica (hoje unificados em um só programa de iniciação à docência: o Pibid Equidade) ofereceram e oferecem, por exemplo, (i) um aprofundamento em sala de aula em contextos de estudos do texto e do discurso, com uma análise de contranarrativas sobre a mineração no Vale do Jequitinhonha, sendo crucial para a compreensão da interface entre linguagem e saberes do campo; (ii) a análise de atividades em escolas, com

foco nos Mestres de Saberes e sua importância para a construção de conhecimentos científicos a partir dos conhecimentos tradicionais, detalhando a comunidade, a escola e as atividades realizadas, como o diagnóstico e apresentação dos mestres de saberes aos estudantes; (iii) a descrição/textualização de vivências de turmas com mestres, ilustrando como os saberes tradicionais são integrados às práticas pedagógicas e como os estudantes expressam suas experiências por meio de textos e desenhos; (iv) a sistematização de levantamentos dos Mestres de Saberes e Fazeres em diversas localidades, documentando conhecimentos tradicionais como a produção artesanal de bolsa de couro de boi, peneiras de bambu, sabão de coco e esteira de bananeira, evidenciando a riqueza e diversidade das práticas ancestrais e a importância da transmissão oral desses saberes; (v) uma compreensão aprofundada das dinâmicas sociais e culturais presentes nas comunidades do campo, com base em atividades de análise interpretativa, buscando identificar padrões, relações e significados emergentes dos documentos, com destaque para elementos significativos que corroboram a interconexão entre Saberes Tradicionais, Agroecologia, Educação do Campo e os estudos da linguagem e do discurso. Eis, então, exemplos da riqueza dos relatos e das experiências contidas nos materiais.

3.1 Resultados da Análise

Os resultados, não só da análise dos documentos, mas sobretudo do uso destes em situação de aula, revelam uma série de pontos cruciais que reforçam a tese central deste artigo. Primeiramente, as experiências da Licenciatura em Educação do Campo da UFVJM demonstram o sucesso da integração entre universidade, escolas e comunidades. A parceria com movimentos sociais e a valorização dos saberes locais resultam em uma educação mais contextualizada e significativa para os sujeitos do campo. Obviamente, há bastante o que se melhorar, pois a formação de educadores comprometidos com própria realidade é dinâmica e exige maior integração de todos, (re)avaliação e ajustes constantes.

Em segundo lugar, a análise e uso dos materiais produzidos sublinha a importância dos Mestres de Saberes como detentores de um vasto conhecimento ancestral, transmitido oralmente e por meio da prática. A integração desses mestres nas atividades escolares não apenas enriquece o currículo, mas também fortalece a identidade cultural dos estudantes e da comunidade. A produção de materiais didático-pedagógicos a partir dessas vivências é um resultado concreto que demonstra a capacidade de transformar o saber popular, tradicional, ancestral em recurso educacional formal.

Terceiro, a Agroecologia se consolida como um pilar fundamental para a Educação do Campo, não apenas como um conjunto de técnicas, mas como uma filosofia de vida que promove a sustentabilidade e a autonomia. A discussão sobre os impactos da mineração, em contraste com a visão agroecológica de desenvolvimento, ilustra a urgência de se adotar modelos que respeitem o meio ambiente e as comunidades. A Agroecologia, nesse contexto, torna-se um campo de resistência e de proposição de alternativas viáveis para a produção de alimentos e a conservação dos recursos naturais.

Por fim, a interface com os estudos da linguagem e do discurso se mostra essencial para compreender as dinâmicas de poder e as estratégias de resistência. As contranarrativas sobre o desenvolvimento evidenciam como na e pela linguagem constroem espaços interativos em que se disputam sentidos e constroem realidades. E nesse sentido, estimular a capacidade e construir competências dos estudantes e das comunidades de produzir seus próprios discursos, questionando as narrativas hegemônicas, é um resultado significativo que demonstra o empoderamento por meio da educação e da valorização de suas vozes. A Educação do Campo, ao promover essa

consciência discursiva, contribui para a formação de sujeitos críticos e engajados na defesa de seus territórios e modos de vida.

Em síntese, a metodologia baseada na análise documental e na perspectiva da Análise do Discurso permitiu desvelar a riqueza das práticas formativas da Educação do Campo, a centralidade dos Saberes Tradicionais e da Agroecologia, e o papel crucial da linguagem e do discurso na construção de uma educação transformadora e emancipadora. Os resultados apontam para a necessidade de continuar investindo em abordagens que valorizem a pluralidade de saberes e vozes, promovendo o diálogo e a construção coletiva de um futuro mais justo e sustentável para as comunidades do campo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo buscou explorar a intrínseca relação entre as práticas formativas da Educação do Campo, os Saberes Tradicionais e a Agroecologia, com uma atenção especial à interface com os estudos da Linguagem e do Discurso. Tratou de ao menos mencionar práticas educativas que evidenciam a riqueza e a complexidade desse campo de conhecimento e atuação, que se configura como um espaço de resistência, construção e transformação social.

Nesse contexto, está claro que o “Encontro de Saberes” não é apenas uma metodologia pedagógica, mas uma filosofia que permeia a Educação do Campo, promovendo o diálogo intercultural e a descolonização do conhecimento. A valorização dos Mestres e Mestras de Saberes, detentores de conhecimentos ancestrais transmitidos de geração em geração, é fundamental para a construção de uma educação contextualizada e significativa. Na Educação do Campo, esses saberes, muitas vezes marginalizados pela academia tradicional, são reconhecidos como pilares essenciais para a autonomia e o protagonismo das comunidades camponesas e dos sujeitos.

Ligado a isso, a Agroecologia, por sua vez, emerge como um campo multifacetado que integra ciência, movimento social e prática e sua articulação com a Educação do Campo oferece um caminho promissor para além da construção de sistemas alimentares justos, saudáveis e ecologicamente equilibrados. A Agroecologia no contexto pedagógico representa a construção de um paradigma educacional que desafia o modelo hegemônico de desenvolvimento, especialmente em face dos impactos socioambientais da mineração, como observado no Vale do Jequitinhonha, e da necessidade de se fortalecerem as bases culturais e produtivas das comunidades, oferecendo alternativas críticas concretas para a sustentabilidade e a soberania alimentar.

Finalmente, é inegável a importância da relação entre Saberes Tradicionais, Agroecologia e Educação do Campo no que diz respeito aos estudos da linguagem e do discurso. A linguagem, nesse contexto, deixa de ser vista como mero veículo ou condição de comunicação e passa a ser compreendida como espaço discursivo privilegiado de construção de sentidos, de negociação de identidades e de manifestação de ideologias. E, nesse sentido, a Análise do Discurso se revela uma ferramenta poderosa para compreender como os discursos hegemônicos são questionados e como as contranarrativas são forjadas pelas comunidades do campo. A capacidade de produzir e circular esses discursos, seja por meio de textos, áudios ou outras formas de expressão, demonstra o empoderamento dos sujeitos e a ressignificação de suas realidades.

Vale um destaque: as experiências apresentadas, como as vivências com mestres de saberes e a produção de materiais didático-pedagógicos a partir dessas interações, ilustram como a Educação do Campo cria um ambiente propício para a manifestação de diversas linguagens e discursos. Ao promover a “leitura do mundo” antes da “leitura da palavra”, a Educação do Campo capacita os estudantes a analisar criticamente as

ideologias dominantes e a construir suas próprias narrativas, fortalecendo sua identidade e seu engajamento na defesa de seus territórios e modos de vida. Essa abordagem de construção coletiva não apenas preserva e valoriza o patrimônio cultural camponês, mas também promove a participação ativa dos sujeitos do campo em temáticas cruciais como escassez hídrica, degradação ambiental, produção de alimentos e desigualdade socioespacial. É um convite à reflexão e à ação, reafirmando o papel transformador da educação na construção de uma sociedade mais dialógica e inclusiva.

Agradecimentos:

FAPEMIG, PROEXC, LEC/UFVJM e Universidades parceiras (UEMG e UFTM).

Referências

ALTIERI, Miguel. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2002.

BAKHTIN, Mikhail. **Marxismo e filosofia da linguagem**. São Paulo: Hucitec, 1981.

CALDART, Roseli Salete. Educação do Campo. In: CALDART, R. S. et al. (Org.). **Dicionário da Educação do Campo**. Rio de Janeiro, São Paulo: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Expressão Popular, 2012. p. 257-265.

CALDART, Roseli Salete. Sobre Educação do Campo. In: SANTOS, Clarice Aparecida dos (org.). **Por uma educação do campo: campo, políticas públicas, educação**. Brasília: InCra/Pronera, 2009. p. 67-86.

CARVALHO, José Jorge de. O Encontro de Saberes como projeto político e pedagógico de decolonização da universidade. In: CARVALHO, J. J. de; ÁGUAS, M. (Org.). **Encontro de Saberes e Decolonização: para uma universidade plural e antirracista**. Salvador: EDUFBA, 2021. p. 21-56.

FOUCAULT, Michel. **Microfísica do poder**. Rio de Janeiro: Graal, 1979.

FOUCAULT, Michel. **A Ordem do Discurso**. São Paulo: Loyola, 1979b.

FREIRE, Paulo. **A importância do ato de ler: em três artigos que se completam**. São Paulo: Autores Associados: Cortez, 1983.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

LITTLE, Paul E. **Conhecimentos tradicionais e interculturalidade: diálogos de saberes**. Brasília: UnB, 2010.

ORLANDI, Eni P. **Análise de Discurso: princípios e procedimentos**. 10. ed. Campinas: Pontes, 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI – UFVJM. **Projeto Pedagógico de Curso da Licenciatura em Educação do Campo.** Diamantina, MG, 2018. Disponível em http://www.ufvjm.edu.br/prograd/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=3079&Itemid=15. Acesso em 30, ago. 2025.

ANEXOS

Anexo A

O acesso ao material mencionado neste artigo está disponível nos links a seguir.

1. livro Educação do Campo, Agroecologia e Mineração nas práticas de ensino dos Semeadores do Jequi que foi fruto de um trabalho coletivo, desenvolvido a partir do desenvolvimento do projeto "Educação do campo: saberes e práticas discursivas envolvendo letramentos, agroecologia e mineração" financiado pela PROEXC-UFVJM, junto com o projeto “Educação do campo: saberes e práticas de formação nas relações discursivas entre trabalho, educação, letramentos e agroecologia” financiado pela FAPEMIG, sistematizando unidades curriculares do Tempo Comunidade da Licenciatura em Educação do Campo (LEC-UFVJM). Esta compilação teve a colaboração direta de estudantes do curso, de estudantes e professores de Escolas Famílias Agrícolas (EFAs) do Vale do Jequitinhonha junto com movimentos sociais populares, utilizando a metodologia da pesquisa-ação, em um movimento de formação-ação.

Acesso em: <https://pedroejoaoeditores.com.br/produto/educacao-do-campo-agroecologia-e-mineracao-nas-praticas-de-ensino-dos-semeadores->

2. O projeto Encontro de Saberes da UFVJM convida toda a comunidade interna e externa à universidade para participar do 2º módulo da disciplina Encantarias do Vale do Jequi, que tem como tema “Ancestralidade, saúde e resistência: saberes Pankararu/Pataxó”.

Acesso em: <https://portal.ufvjm.edu.br/agendas/eventos/2022/2-modulo-da-disciplina-encantarias-do-vale-do-jequi>

3. Artigo resultante de um trabalho coletivo de registro da história de vida e obra da Mestre Lira Marques, referência no Vale do Jequitinhonha e no mundo, como ceramista, pesquisadora de terras, contos, cantos e memórias da região, presentes em sua maestria, nas suas artes e nas suas militâncias por causas sociais. Evidencia-se, aqui, a ancestralidade, que vibra nas suas obras e nos ensina que o saber tanto é constitutivo da chama vital quanto demarca nossa presença no mundo.

Acesso em: <https://revistas.unilab.edu.br/index.php/Antropologia/article/view/1318>

Acesso direto: <https://revistas.unilab.edu.br/index.php/Antropologia/article/view/1318/1164>

4. Artigo que entrelaça elementos da política do Encontro de Saberes no contexto das instituições universitárias no Brasil e, em especial, refletir, a partir da experiência de sua implementação na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como tal política potencialmente gera transformações profundas, de fundamentos epistêmicos a questões estruturais tanto da ordem administrativa, pedagógica quanto das relações dentro do ambiente acadêmico.

Acesso em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/revistamundau/article/view/11014>

5. Um dos diversos resumos apresentados em eventos acadêmicos. Este é intitulado de SABERES ANCESTRAIS: PIBID-UFVJM-LEC, EM BUSCA DA VALORIZAÇÃO E PRESERVAÇÃO DO SABER MEDICINAL NAS COMUNIDADES TRADICIONAIS. Acesso em: <https://www.even3.com.br/anais/sintegra/746789-saberes-ancestrais--pibid-ufvjm-lec-em-busca-da-valorizacao-e-preservacao-do-saber-medical-nas-comunidades-tra>

6. Artigo com recortes teóricos e discussões feitas em sala de aula, na unidade curricular ‘Estudo do Texto e do Discurso’, em diálogo com uma atividade de entrevista de mestres e mestras de saberes em Santo Antônio do Itambé, realizada no âmbito do Programa Residência Pedagógica. Acesso em: <https://educacaobasicarevista.com.br/index.php/ebr/article/view/193>

Anexo B

A seguir, apresentamos exemplos extraídos de materiais produzidos pelos estudantes e analisados sob a perspectiva da Análise do Discurso. Busca-se compreender como os sentidos são produzidos e como as relações de poder se manifestam na linguagem.

Exemplo 1: A valorização dos Mestres de Saberes

No "Livreto 01", a figura dos Mestres de Saberes é central. A apresentação desses mestres e de seus conhecimentos evidencia a valorização dos saberes tradicionais e a sua importância para a comunidade. Um exemplo disso é a descrição do trabalho do Sr. Laércio e da Sra. Lindarcir:

“TRABALHAM COM O MANEJAMENTO DO SOLO, ONDE SÃO PLANTADAS HORTALIÇAS E REMÉDIOS MEDICINAIS, OS QUAIS SÃO USADOS PARA O USO PRÓPRIO E TAMBÉM PASSADOS PARA PESSOAS QUE PROCURAM PARA USO.” (Livreto 01, p. 15)

Este trecho demonstra como o conhecimento tradicional sobre o manejo do solo e o uso de plantas medicinais é uma prática viva e relevante para a comunidade. A análise do discurso aqui revela como a linguagem utilizada no livreto constrói uma imagem positiva e de respeito em relação a esses saberes, conferindo-lhes legitimidade e reconhecimento.

Link:

<https://drive.google.com/file/d/1CzDOAlpwAa2wKxYlqx7k5NUYoMt114VQ/view?usp=sharing>

Exemplo 2: A contra narrativa sobre o desenvolvimento

No "Artigo 1", a análise da contra narrativa sobre o desenvolvimento no Vale do Jequitinhonha é um ponto central. O artigo analisa como os discursos hegemônicos sobre o desenvolvimento, muitas vezes associados à mineração, são questionados e ressignificados pelas comunidades locais. Um exemplo disso é a fala de uma liderança indígena:

“Segundo Cleonice Pankararu, uma das lideranças da aldeia Cinta Vermelha de Jundiba, do município de Araçuaí, como ter desenvolvimento ou progresso sem levar em consideração o ar, a água e o solo em que vivemos?” (Artigo 1, p. 6)

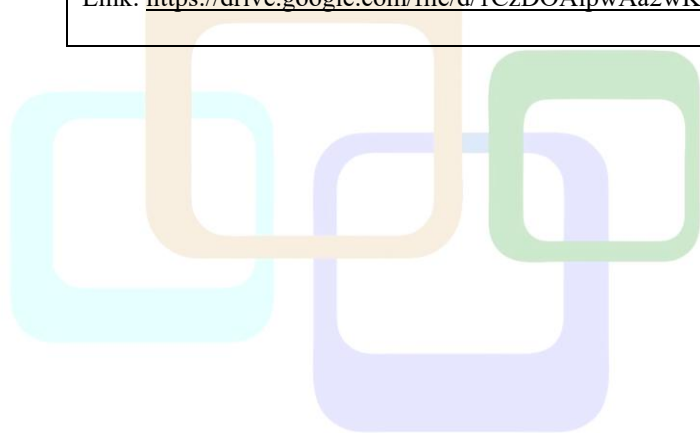
Este trecho evidencia uma visão de desenvolvimento que se contrapõe à lógica puramente econômica, destacando a importância da dimensão ambiental e da qualidade de vida. A análise do discurso aqui permite compreender como a linguagem é utilizada para construir uma crítica ao modelo de desenvolvimento hegemônico e para propor alternativas que sejam mais justas e sustentáveis.

Link: https://drive.google.com/file/d/1VQaZsWLy2pCZ_VeUezH8XYZCD9H7l4uw/view?usp=sharing

Exemplo 3: A produção de materiais didático-pedagógicos

A produção de materiais didático-pedagógicos, como os livretos, é uma prática que reflete a valorização da cultura local e a busca por uma educação contextualizada. No "Livreto 01", a seção "Atividades & Eventos" apresenta uma série de ações realizadas pelos pibidianos na escola, como a "Apresentação musical na Semana de Educação para Vida" e a "Atividade em sala de aula, onde os estudantes desenham os Mestres(as) de saberes da Localidade onde residem". Essas atividades demonstram como a escola se torna um espaço de valorização da cultura local e de diálogo entre diferentes saberes. Estes são apenas alguns exemplos que ilustram como a análise do discurso pode ser utilizada para compreender as práticas formativas da Educação do Campo. A análise dos materiais produzidos revela a riqueza e a complexidade das relações entre Saberes Tradicionais, Agroecologia e Educação do Campo, e a importância da linguagem na construção de novas realidades e de novas possibilidades de futuro.

Link: https://drive.google.com/file/d/1CzDOAlpwAa2wKxYlqx7k5NUYoMt1l4VQ/view?usp=drive_link



ANÁLISE DA DINÂMICA DE ESTABILIDADE DO RIO PARDO-BA, NA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA MASCOTE (53950000)

ANALYSIS OF THE STABILITY DYNAMICS OF THE PARDO-BA RIVER AT THE MASCOTE FLUVIOMETRIC STATION (53950000)

Larissa da Silva Santana

E-mail: 184arissa.stgeo@gmail.com.

PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves

E-mail: mariotaboca@gmail.com

Gilca Garcia de Oliveira

E-mail: gilca.oliveira@gmail.com

Resumo

Este artigo faz parte da dissertação de mestrado, cujo objetivo geral é investigar a dimensão do uso e da apropriação da natureza, através das disputas e conflitos territoriais pelo uso da água. Com este trabalho, objetiva-se analisar a dinâmica de estabilidade do rio Pardo na Estação Fluviométrica Mascote (53950000), litoral sul da Bahia. A metodologia baseou-se na Hidrologia Avançada Experimental (HAE), comparando a cota mínima da base da régua em subperíodos sucessivos, classificando-os como erosão, assoreamento ou estabilidade. Foram utilizados dados hidrológicos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, cobrindo o período de 1937 a 2023. Os resultados indicam que, ao longo de 20 subperíodos, 47% apresentaram erosão, 37% assoreamento e apenas 16% estabilidade. Essa dinâmica reflete não apenas processos naturais, mas também pressões antrópicas, como desmatamento, expansão agropecuária e barramentos, com implicações diretas para a gestão hídrica e a mitigação de riscos socioambientais.

Palavras-chaves: Hidrologia Avançada Experimental (HAE); Dinâmica da estabilidade fluvial; Gestão de águas.

Abstract

This article is part of a master's thesis, whose overall objective is to investigate the extent of nature's use and appropriation through territorial disputes and conflicts over water use. This study aims to analyze the stability dynamics of the Pardo River at the Mascote Fluviometric Station (53950000), on the southern coast of Bahia. The methodology was based on Advanced Experimental Hydrology (AEH), comparing the minimum level of the base of the gauge in successive sub-periods, classifying them as erosion, silting, or stability. Hydrological data from the National Water and Basic Sanitation Agency were used, covering the period from 1937 to 2023. The results indicate that, over 20 sub-periods, 47% showed erosion, 37% silting, and only 16% stability. This dynamic reflects not only natural processes but also anthropogenic pressures, such as deforestation, agricultural expansion, and dams, with direct implications for water management and the mitigation of socio-environmental risks.

Keywords: Advanced Experimental Hydrology (HAE); River stability dynamics; Water management.

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Pardo (BHRP) atravessa os estados de Minas Gerais e Bahia, constituindo-se como uma bacia de nível federal. Seu rio principal percorre 37 (trinta e sete) municípios, dos quais 13 (treze) são mineiros, e 24 (vinte e quatro), baianos, possui cerca de 565 km de desenvolvimento, localizada entre os paralelos -16° 0' 0" S e -

15° 0' 0" S e meridianos -43° 0' 0" O e -39° 0' 0" O. Seu curso fluvial cruza três biomas – Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica – o que lhe confere tamanha singularidade hidrológica e geomorfológica, resultando em regimes fluviais contrastantes, principalmente, em municípios do semiárido, como Cândido Sales-BA.

A subdivisão de seus trechos segue de Montezuma, no seu alto curso, a Águas Vermelhas/Reservatório Machado Mineiro, no médio curso de Cândido Sales a Itapetinga, e no baixo curso de Pau Brasil a Canavieiras onde deságua no Oceano Atlântico. Na margem direita, os principais afluentes são os rios Itaperaba, Mosquito, Ribeirão do Largo, Manjerona, Pateirão, Macarani, Maiquinique, Córrego Angelim, Braço do Sul, Braço do Norte e Salsa. Na margem esquerda, destacam-se os rios Muquém, São João do Paraíso, Catolé Grande, Panelão, Ribeirão do Salitre, Ribeirão da Vereda, Ribeirão da Jiboia, Córrego Angicos, Córrego Brejaubinha e Córrego Panela (Figura 1).

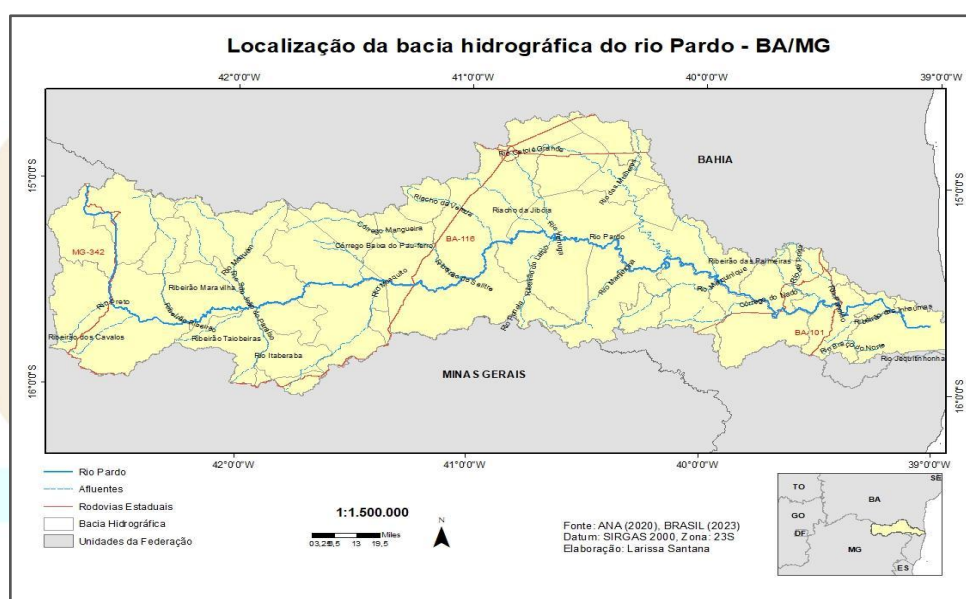


Figura 1: Bacia hidrográfica do rio Pardo
 Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Embora a área da bacia hidrográfica do rio Pardo não esteja totalmente inserida no semiárido, parte de seus municípios baianos – como Cândido Sales, Encruzilhada, Itambé e Itapetinga, encontram-se dentro dos limites oficiais dessa região, caracterizada por baixos índices pluviométricos, alta variabilidade das chuvas e ocorrência recorrente de secas.

As bacias hidrográficas representam não apenas um sistema de drenagem de água, mas também um componente vital para o equilíbrio ecológico, a sobrevivência das comunidades e a sustentabilidade. A conceituação de bacia hidrográfica varia desde a definição de área drenada por um rio principal, até conceituações que seguem a abordagem sistêmica, convergindo comumente para unidade física/territorial/espacial, que drena água (de rios e chuvas), sedimentos e materiais dissolvidos, que resultam num leito único exutório (MACHADO E TORRES, 2012).

A dinâmica fluvial apresenta variabilidade espacial e temporal, condicionada tanto por fatores climáticos, geológicos e geomorfológicos, quanto pela ação antrópica

(CUNHA, 2011; CASSETI, 2005). Assim, compreender sua estabilidade exige relacionar processos naturais a pressões sociais, políticas e econômicas. Nesse cenário, analisar a estabilidade fluvial do Rio Pardo é essencial não apenas para compreender sua dinâmica natural, mas também para compreender como essas irregularidades se relacionam com vulnerabilidades sociais e conflitos pelo uso da água.

Nesse contexto, o monitoramento hidrológico assume papel estratégico, permitindo compreender a variação temporal e espacial das vazões, subsidiando a gestão sustentável da água e a prevenção de riscos socioambientais; a qualidade e a quantidade das águas; o desenvolvimento de diversos setores econômicos, como, geração de energia, irrigação, navegação e indústria, além do projeto, manutenção e operação de infraestrutura hidráulica de pequeno e grande porte (TUNDISI, 2014).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se como metodologia a Hidrologia Avançada Experimental (HAE), desenvolvida por Gonçalves (2021), que dá subsídio para a avaliação quantitativa das águas superficiais e sua interação com as águas subterrâneas, em bacias hidrográficas, junto a avaliação da estabilidade, a qual se dá quando se compara o valor da cota mínima da base da régua do subperíodo superior com o valor do subperíodo, imediatamente inferior, podendo desta forma caracterizar o subperíodo, como sendo de: erosão, quando a cota posterior é menor que a anterior; assoreamento, quando a cota posterior é maior que a anterior; estável, quando a cota posterior é igual a cota anterior.

Além da classificação dos subperíodos em erosão, assoreamento e estabilidade a partir da comparação entre cotas mínimas da base da régua, utilizou-se também a lâmina d'água mínima crítica como indicador hidromorfológico, obtida pela subtração entre a cota mínima crítica da água na régua e a cota mínima da base da régua, expressa em centímetros (cm).

Para isso acessamos o banco de dados digital do Portal HidroWeb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), com uma periodicidade superior a 30 anos. Dentre as estações disponíveis, optou-se pela Estação fluviométrica de Mascote (código 53950000), localizada na coordenada $-15,5686^{\circ}\text{S} / -39,3044^{\circ}\text{O}$, pois esta estação, armazena dados que datam desde 31 de março de 1936, contudo, para a análise deste estudo, considerou-se o período de janeiro/1937 a dezembro/2023, 87 (oitenta e sete) anos divididos em vinte subperíodos. Além disso, a Estação encontra-se no baixo curso do rio, sendo passível de acúmulo de sedimentos transportados, e também sob influência das barragens e reservatórios presentes na bacia hidrográfica.

Foram utilizados os dados de cotas e curva de descarga, baixados do site da ANA e transferidos para o Microsoft Excel, para tratamento (consolidação e preenchimento de lacunas), de modo a excluir dados repetidos e a complementar dados faltantes, através da média aritmética e progressão aritmética de seus extremos, e produção de gráficos a partir dos dados consolidados. As cotas utilizadas correspondem à cota mínima crítica da água do rio e a cota mínima da base da régua, expressas em centímetros (cm).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estado da Bahia ocupa posição de destaque na Rede Hidrometeorológica Nacional, sendo o segundo estado com o maior número de estações fluviométricas e pluviométricas de monitoramento. Em 2023, registrava 213 estações fluviométricas e 287 estações pluviométricas. No Brasil, são mais de 23 mil estações, sob responsabilidade de diversas entidades, e destas, 4.762 estações se encontram sob responsabilidade da

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), sendo 2.834 estações pluviométricas e 1.928 fluviométricas (ANA, 2024). Tal monitoramento se faz necessário, tendo em vista o papel essencial da água para a vida, exigindo assim a adoção de ações e estratégias eficientes para a regulação de seu acesso, uso e distribuição. Além disso, o monitoramento hidrológico é estratégico diante da recorrência de secas e cheias.

No contexto baiano, estes fenômenos podem ser acentuados pela grande variabilidade de regime hídrico, sob influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), apresentando desde secas severas no semiárido até inundações, como: a seca de 1877-1880, que foi uma das mais devastadoras, resultando em, aproximadamente, 500 mil mortes no Nordeste, o que representava cerca de 10% da população da região na época; a seca de 1951-1952, ocasionando a redução do efetivo de 14 para 8 milhões de cabeças dos rebanhos de criação (IBGE, 2012); a seca de 2012, no qual, 1.171 municípios estiveram em situação de emergência por conta da prolongada estiagem na Região Nordeste; a seca de 2023, com 147 municípios em situação de emergência e mais de 1,8 milhão de pessoas afetadas; e mais recentemente em 2024, onde a seca se intensificou, afetando 58% do território nacional (CEMADEN, 2024), a Bahia sofreu perdas na agricultura e pecuária, com produção de café, banana e outras culturas sendo afetadas, além de perdas de gado e crise no abastecimento de água (Miranda, 2012). Fatores como o El Niño e a La Niña, desmatamento e mudanças climáticas contribuíram para a gravidade da situação.

Assim como episódios de enchentes ocasionados por tempestades, trazendo consigo outras problemáticas, como: deslizamentos, contaminação, inundações de córregos, alagamentos ou mesmo fatalidades. Em ambos os casos, o monitoramento contínuo é determinante para assegurar não apenas o acesso à água potável, mas também a alimentação e a segurança das populações.

Os rios são sistemas abertos e dinâmicos, que buscam equilíbrio dinâmico, alternando fases de erosão, transporte e deposição (SCHUMM, 1977; CHRISTOFOLETTI, 1981). A partir da avaliação de estabilidade fluvial, é possível analisar as vazões existentes na calha do rio, como também estabelecer relações dos efeitos dessas vazões que causam assoreamento e erosão no leito do rio, em um processo de correspondência ao equilíbrio entre processos geomorfológicos, geológicos, climáticos e antrópicos, que acontecem dentro e fora do rio.

No caso do rio Pardo, no trecho pertencente ao cerrado, a dinâmica fluvial pode apresentar um aumento no fluxo durante o período chuvoso. Ao atravessar a Caatinga, o rio se insere em um contexto semiárido, caracterizado por chuvas irregulares e concentradas, e vegetação arbustiva adaptada a este regime hídrico. A morfodinâmica é marcada por eventos erosivos que podem se tornar intensos durante as cheias e pela deposição rápida de sedimentos quando a energia do fluxo diminui, gerando assoreamento localizado. Na Mata Atlântica, predominam condições climáticas mais úmidas, com precipitação relativamente bem distribuída ao longo do ano. Contudo, apresenta áreas de desmatamento ou uso agrícola intensivo, ocasionando aumento no aporte sedimentar.

No estudo em questão, o enfoque se detém à calha do rio e especificamente na Estação 53950000. O Quadro 1 nos mostra os subperíodos, cota mínima da base da régua, cota crítica mínima da água na régua, lâmina d'água mínima crítica e a análise da estabilidade.

Quadro 1 – Subperíodos, cota mínima da base da régua, cota crítica mínima da água na régua, lâmina d'água mínima crítica e a análise da estabilidade, na estação Mascote (53950000)

Nº de Subperíodos	Subperíodos	Cota Mínima da Base da Régua	Cota Crítica Mínima da Água na régua	Lâmina d'água Mínima Crítica	Análise da Estabilidade
1	01_1937_11_1942	20	28	8	-
2	12_1942_12_1959	10	10	0	Erosão
3	01_1960_12_1968	0	0	0	Erosão
4	01_1969_02_1975	0	4	4	Estável
5	03_1975_07_1981	10	10	0	Assoreamento
6	08_1981_10_1985	0	9	9	Erosão
7	11_1985_11_1986	40	40	0	Assoreamento
8	12_1986_09_1991	0	0	0	Erosão
9	10_1991_10_1996	90	94	4	Assoreamento
10	11_1996_04_1997	100	100	0	Assoreamento
11	05_1997_02_1999	100	107	7	Estável
12	03_1999_10_2000	110	118	8	Assoreamento
13	11_2000_07_2006	70	76	6	Erosão
14	08_2006_02_2010	70	72	2	Estável
15	03_2010_11_2014	40	46	6	Erosão
16	12_2014_07_2016	10	14	4	Erosão
17	08_2016_02_2017	20	25	5	Assoreamento
18	03_2017_11_2018	30	35	5	Assoreamento
19	12_2018_12_2021	25	28	3	Erosão
20	01_2022_12_2023	24	51	27	Erosão

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Os dados analisados a partir da cota mínima da base da régua, apresentam de forma simplificada, a dinâmica de estabilidade da Estação 53950000, composta por momentos de erosão (47%), assoreamento (37%) e estabilidade (16%), como podem ser observados na Figura 2.

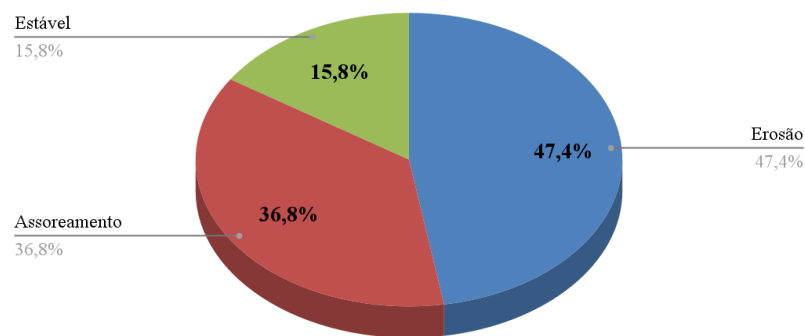


Figura 2 – Dinâmica de Estabilidade na Estação 53950000 - Mascote-BA, no período de janeiro/1937 a dezembro/2023, no Rio Pardo.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Em contextos de gestão, a comparação contínua entre as medidas na régua fluviométrica e o limiar crítico permite identificar episódios de risco morfodinâmico e embasar decisões sobre restrição de captações (p.ex. para irrigação) ou medidas mitigadoras (liberação controlada de vazões, obras de estabilização). Quando o sistema hídrico apresenta lâminas d'água inferiores ao limiar crítico, ocorre redução da energia de transporte e alteração na capacidade de suporte de sedimentos e habitats, o que pode desencadear processos de erosão do leito, rebaixamento do canal, assoreamento localizado e perda de conectividade longitudinal e lateral do sistema fluvial.

A Figura 3 mostra a evolução da lâmina d'água crítica mínima no período de 1937 a 2023, sua interpretação se dá pela diferença entre a cota mínima na base da régua e a cota crítica mínima da água na régua, como um indicador limiar da estabilidade fluvial.

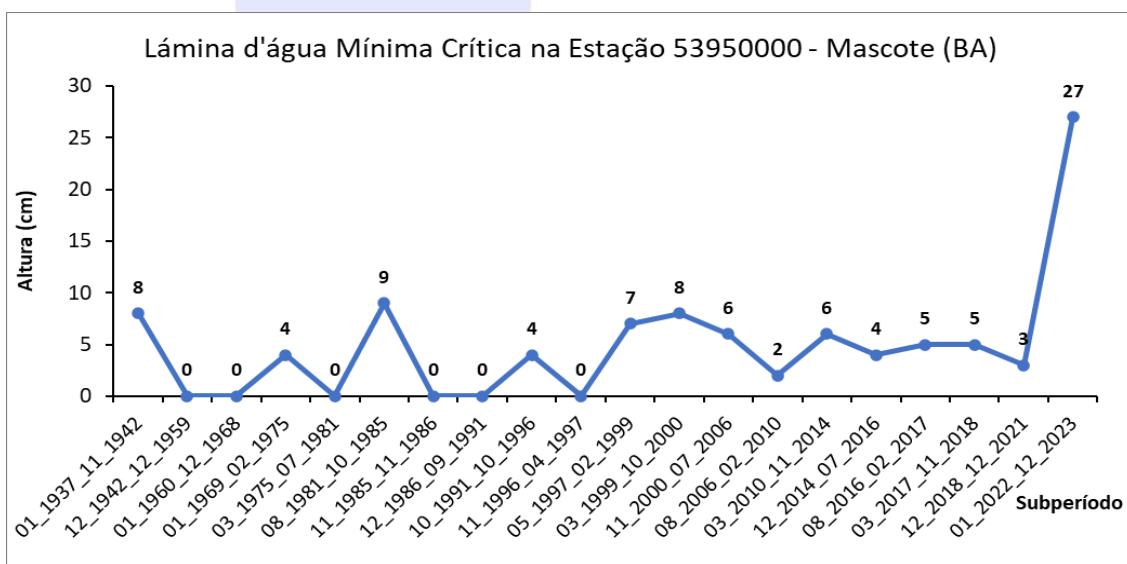


Figura 3 – Lâmina d'água crítica mínima na Estação Mascote, no período de 1937 a 2023, no rio Pardo

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

No subperíodo 20 (01_2022-12_2023), há um indicativo de aumento da lâmina d'água crítica mínima, que atingiu seu maior valor crítico mínimo, com 27 cm (acima da média histórica). Isso corresponde a um ambiente com um fluxo que garante o transporte de sedimentos e a recarga de margens, e abaixo da mínima, o leito do rio estará em desequilíbrio. Esse salto pode estar relacionado a diferentes fatores: (i) aumento da frequência e intensidade de eventos extremos de precipitação, em consonância com os cenários de mudanças climáticas; (ii) incremento no assoreamento ou represamento do rio, reduzindo a capacidade de escoamento; (iii) impactos de obras de infraestrutura hídrica, como barramentos, que alteram a morfodinâmica local.

Quanto a precipitação média mensal (mm) a BHRP, apresenta um padrão sazonal marcante, típico de regiões que apresentam um regime pluviométrico concentrado nos meses de verão, em que os maiores índices de precipitação ocorrem entre novembro e março, com destaque para os meses de dezembro (150,4 mm) e janeiro (142,4 mm). Esses meses também registram os picos de vazão fluvial, com 199,0 m³/s e 156,1 m³/s, respectivamente, indicando uma forte correlação entre o volume de chuvas e a resposta hidrológica da bacia (Figura 4).

Figura 4 – Relação Precipitação x Vazão na Estação Fluviométrica 53950000 (Mascote - BA) e da Estação Pluviométrica 1542003 (Montezuma - MG)

Mês	Precipitação (mm)	Vazão (m ³ /s)	Mês
Janeiro	142,4	156,1	Janeiro
Fevereiro	98,8	115,0	Fevereiro
Março	66,9	97,0	Março
Abril	37,1	89,8	Abril
Maiο	14,9	54,5	Maiο
Junho	6,2	46,2	Junho
Julho	4,4	51,3	Julho
Agosto	3,4	44,1	Agosto
Setembro	16,1	37,5	Setembro
Outubro	64,0	53,3	Outubro
Novembro	124,5	117,1	Novembro
Dezembro	150,4	199,0	Dezembro

Fonte: ANA, 2025. Elaborado pelos autores, 2025.

Nos meses de estação seca, que se estendem aproximadamente de maio a setembro, há uma significativa redução nos índices pluviométricos, com valores mínimos em agosto (3,4 mm) e julho (4,4 mm). A vazão também apresenta queda acentuada nesse período, atingindo o valor mínimo de 37,5 m³/s em setembro, o que denota a alta dependência da bacia em relação à precipitação direta, com pouca capacidade de retenção ou recarga sustentada nos períodos de estiagem.

Essa variação entre precipitação e vazão revela uma vulnerabilidade hídrica da BHRP, sobretudo em contextos de intensificação do uso da água para fins agroindustriais e energéticos, onde a demanda permanece constante ou crescente, independentemente da

oferta natural. Além disso, a baixa capacidade de armazenamento natural, combinada à carência de infraestrutura de regulação e à ocupação desordenada do solo, tende a agravar a escassez durante o período seco, intensificando conflitos pelo uso da água e pressionando os sistemas de gestão e distribuição.

4. CONCLUSÕES

Diante da análise de dados, evidencia-se uma instabilidade, expressa pela alternância entre assoreamento e erosão. O assoreamento do leito do rio pode estar associado à remoção da cobertura vegetal; à compactação do solo, comum em áreas de pastagem e agricultura intensiva; bem como a presença de barragens, que impacta na redução da sua competência de transporte de sedimentos, pela redução da vazão da água, ao retê-la. Já a erosão do leito do rio se deve ao aumento da vazão e ou a redução de sedimentos, aumentando a capacidade de transporte de sedimentos menores, essa redução de sedimentos pode estar associada a presença de barragens na bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica do rio Pardo, enfrenta diversos desafios, como o desmatamento em topos de morros e de nascentes; esgotos e depósito de lixo sem tratamentos; e modelos de agropecuária, irrigação, mineração e uso do solo inadequados. Por sua vez, a falta de uma gestão participativa e a ausência de instrumentos eficazes de regulação contribuem para a intensificação de vulnerabilidades socioambientais, principalmente em contextos de escassez hídrica, desmatamento e monocultura.

Reiteramos que o monitoramento e análise de dados é imprescindível, assim como a necessidade de ampliação de estudos que incorporem variáveis de uso da terra, clima e hidrossedimentologia, a fim de subsidiar estratégias de gestão hídrica mais eficazes, perpassando o planejamento, a preservação e a governança das águas na bacia hidrográfica do rio Pardo.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal da Bahia - Instituto de Geociências e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2024**. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2024. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura2024_04122024.pdf. Acesso em 21 ago. 2025

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 jan. 1997, seção I, p. 470-474.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **HidroWeb - Sistema de Gerenciamento de Dados Hidrometeorológicos**. Brasília, DF: ANA, 2023b. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb>>. Acesso em: 01 set. 2024.

CASSETI, W. **Geomorfologia**. Goiânia: Editora da UFG, 2005.

CEMADEN. Monitoramento de secas e impactos no Brasil. **Boletim: Outubro de 2021**. Ano 05, Número 41. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/monitoramento-de-secas-e-impactos-no-brasil-outubro2021/>. Acesso em: 08 set. 2023

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188p

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. da (org.) **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 10ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p. 211-252.

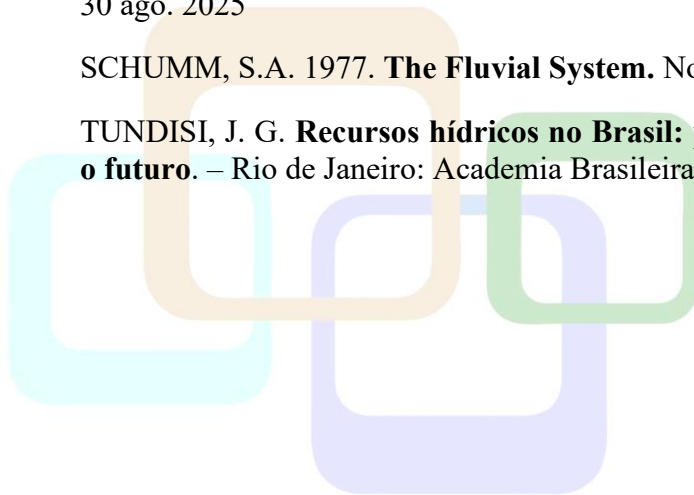
GONÇALVES, M. J. S. **Hidrologia Avançada Experimental: uma metodologia para avaliação quantitativa das águas superficiais e interface com as águas subterrâneas em bacias hidrográficas**. Salvador, Bahia, setembro, 2021, 150 p.

MACHADO, Pedro José de Oliveira; TORRES, Filipe Tamiozzo Pereira. **Introdução à hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

MIRANDA, L. **A seca na Bahia**. SEAGRI: 2012. Disponível em: http://www.seagri.ba.gov.br/sites/default/files/4_socioeconomia01v9n2.pdf. Acesso em 30 ago. 2025

SCHUMM, S.A. 1977. **The Fluvial System**. Nova Iorque: Wiley. 338p.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro**. – Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014. 76p



ANÁLISE DA GARANTIA DE VAZÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO REAL (BAHIA/SERGIPE) COM USO METODOLOGIA HIDROLOGIA AVANÇADA EXPERIMENTAL

ANALYSIS OF THE WATER FLOW GUARANTEE IN THE REAL RIVER BASIN (BAHIA/SERGIPE) WITH THE USE OF ADVANCED EXPERIMENTAL METHODOLOGY

Pedro Inocência Santos de Oliveira Lima

E-mail: pedrosato222@outlook.com

PhD. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves

E-mail: mariotaboca@gmail.com

Dr. Antonio Puentes Torres (*in memoriam*)

E-mail: puentes@ufba.com

Resumo

A bacia hidrográfica do rio Real (BHRR) está localizada nos estados da Bahia e Sergipe, sendo caracterizada como uma bacia de gestão compartilhada entre os dois estados e de nível federal. Este trabalho procura avaliar a disponibilidade hídrica, através do estudo da garantia hídrica, na Estação fluviométrica de código 50290000, em Jandaíra - BA, e identificar a existência de impactos nas vazões disponíveis, após o início de operação da barragem Capim Duro, no ano de 2003. Para isso foram utilizadas as ferramentas da metodologia Hidrologia Avançada Experimental (HAE), aplicando dados diários de vazões, do período de 1966 a 2021. Os resultados obtidos revelam que ocorreu redução das vazões garantidas a 100% entre 07/2021 e 12/2014, período em que a barragem já operava e diminuição do volume de vazões garantidas a 90% no período de 01/2015 a 12/2021.

Palavras-chaves: Barragem Capim Duro; Curva de Permanência (CP); Curva de garantia; Vazões; Recursos Hídricos.

Abstract

The Real River Basin (BHRR) is located in the states of Bahia and Sergipe, and is characterized as a shared management basin between the two states and at federal level. The aim of this study was to assess hydric availability by studying the water guarantee at the fluviometric Station codified 50290000, in Jandaíra - BA, and to verify whether there were any impacts on available flows after the Capim Duro dam began operating in 2003. To do this, the tools of the Advanced Experimental Hydrology (HAE) methodology were used, applying daily flow data from 1966 to 2021. The results revealed that there was a reduction in flows guaranteed at 100 % between 07/2021 and 12/2014, when the dam was already operating, and a reduction in the volume of flows guaranteed at 90 % between 01/2015 and 12/2021.

Keywords: Capim Duro Dam; Permanency Curve (PC); Guarantee Curve; Water flow; Water resources.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à manutenção da vida no planeta e um elemento estratégico para o desenvolvimento socioeconômico. No Brasil, o gerenciamento dos recursos hídricos é regido pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e estabelece a bacia hidrográfica como a unidade territorial para seu planejamento e gestão. Podemos conceituar a bacia hidrográfica como uma área geograficamente delimitada por divisores de água, na qual toda a precipitação é drenada superficialmente para um curso d'água principal e seus afluentes até um único ponto de saída, denominado exutório (Christofoletti, 1980). A compreensão da dinâmica hidrológica nesta unidade de planejamento é, portanto, fundamental para garantir o uso múltiplo e sustentável da água, viabilizando a tomada de decisões e a resolução de conflitos pelo seu uso.

A bacia hidrográfica do rio Real (BHRR) está situada nos estados de Sergipe e Bahia entre os paralelos $-10^{\circ}25'3''S$ e $-11^{\circ}38'48''S$ e meridianos $-38^{\circ}36'58''O$ e $-37^{\circ}22'56''O$, perpassando pela mesorregião do Nordeste Baiano e duas mesorregiões do Estado de Sergipe, a do Agreste e a do Leste, como pode ser observada na Figura 1.

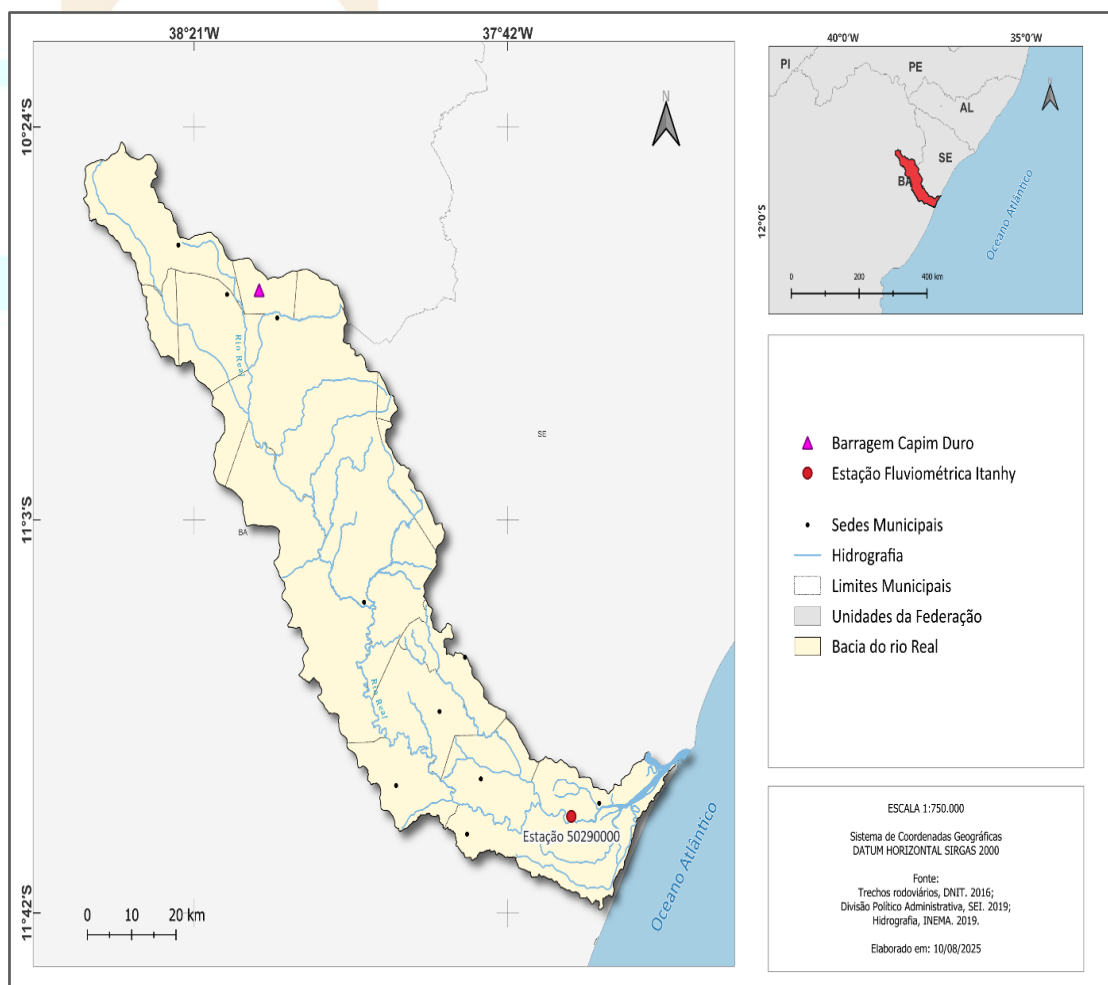


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Real
Fonte: DNIT (2016), SEI (2019), INEMA (2019). Os autores, 2025.

A BHRR pertence à região de planejamento e gestão das águas – RPGA XIII, Bacia Hidrográfica do Rio Real, inserida na sub-bacia 50 da Região Hidrográfica do Atlântico Leste, sendo uma bacia de gestão compartilhada entre os estados da Bahia e Sergipe. A BHRR é limitada ao sul pela bacia do rio Itapicuru e ao norte pela bacia do rio Vaza-Barris. A bacia tem área total de 8.946,67 km², onde se distribuem 27 municípios, com população estimada em 810.129 hab. (Codevasf/IBGE, 2020), o rio Real, que marca a divisa entre Bahia e Sergipe, nasce entre os municípios de Poço Verde/SE e Heliópolis/BA e deságua no oceano Atlântico na vila de Mangue Seco, em Jandaíra/BA, e tem como principais afluentes os rios Mocambo e Baixa do Tubarão.

O rio Real tem suas nascentes principais localizadas em áreas de clima semiárido, e, segundo a classificação climática de Köppen (1931) passando por áreas de clima tropical de savana e tropical de monção no percurso até o exutório no litoral norte da Bahia e sul de Sergipe entre os povoados de Pontal (SE) e Mangue Seco (Bahia).

O objetivo desse estudo é observar as possíveis alterações no período pré (1966 - 2002) e pós-construção e operação da barragem Capim Duro (2003 - 2021), localizada no município de Cicero Dantas – Bahia, e a evolução da disponibilidade da garantia das vazões no período estudado (1966 - 2021), assim, compreendendo a dinâmica hídrica e disponibilizando informações úteis ao planejamento e gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Real (BHRR).

2. MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

A metodologia usada no trabalho foi aplicada a partir da utilização de dados quantitativos, tendo como base a metodologia desenvolvida por Gonçalves (2014), intitulada Hidrologia Avançada Experimental (HAE), como pode ser observada na Figura 2.

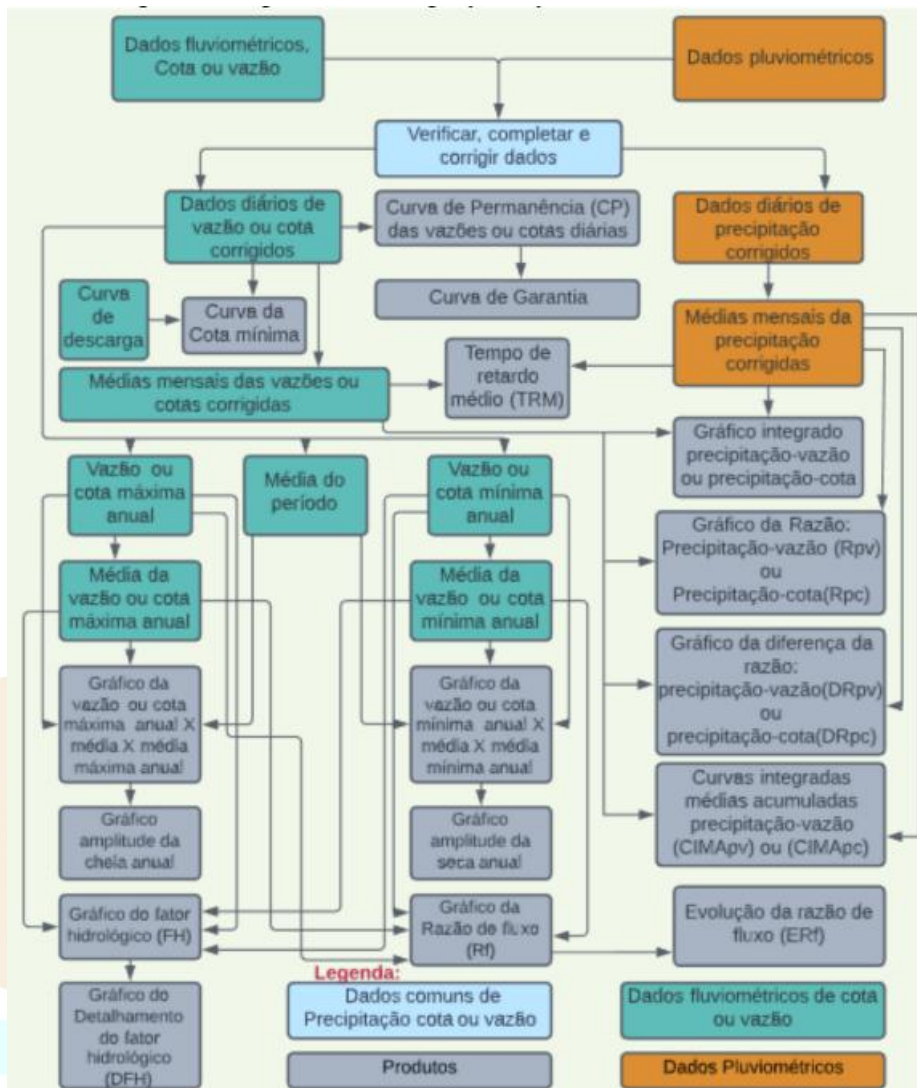


Figura 2 – Fluxograma da HAE

Fonte: Gonçalves (2020).

A fim do desenvolvimento eficaz do fluxo de trabalho, a pesquisa foi dividida em diferentes etapas, para se chegar aos resultados pretendidos: a compilação de bibliografia e obtenção dos dados quantitativos, a revisão destes dados coletados, que após sistematização e consolidação geraram gráficos, que facilitam a interpretação dos mesmos.

O tratamento de informações dos aspectos físicos da BHRR, especialmente, em relação à hidrologia, se deu pela verificação dos dados fluviométricos, esses dados foram obtidos a partir do acesso ao banco de dados digital pertencente à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o *HidroWeb*, com a coleta dos dados disponíveis na seção de séries históricas de vazões, no período de 1966 a 2021 na Estação fluviométrica Itanhy, de código 50290000, localizada no município de Jandaíra – BA, próxima a foz da bacia hidrográfica. Esse período estudado foi dividido em 4 (quatro) subperíodos informados de acordo com os dados da planilha da curva de descarga, que se relaciona com às variações dos aspectos físicos ao longo dos anos avaliados.

Após a coleta de dados de vazão e cota foi necessário colocá-los em ordem crescente e verificá-los devido a probabilidade da existência de lacunas com dados em

branco e linhas repetidas, que tem influência sobre o resultado da pesquisa. Foi realizado o preenchimento das lacunas ausentes e correção de existentes que apresentavam incoerências através do método de média aritmética e progressão aritmética, consistidas na subtração entre os valores preenchidos, prosseguido da divisão do valor encontrado na subtração pelo número de intervalos que faltam ser preenchidos acrescido de mais 1 unidade, no programa Excel, propriedade da Microsoft.

Com os dados diários das vazões e cotas corrigidos, é possível elaborar os gráficos das curvas de permanência diárias, que possibilita trazer interpretações a respeito da disponibilidade hídrica ao decorrer do ano e trazer dados sobre a garantia das mesmas.

As vazões máximas anuais são obtidas por meio das séries históricas, com o valor da maior vazão em cada ano hidrológico, assim é feita uma tabela, para o cálculo da vazão média máxima anual, é feita a soma dos valores, dividida pela quantidade de anos do período, da mesma forma é feito para os valores das vazões mínimas, mas se utiliza os menores valores encontrados das vazões anuais. Para se calcular a vazão média se utiliza todas as médias das vazões mensais e se divide pelo número de dados do período ou calcula-se as médias históricas do período de cada mês, soma e divide-se por 12 (Quadro 1).

Quadro 1 – Classificação das Vazões Médias.

Data	Vazão máxima	Vazão média máxima	Vazão mínima	Vazão média mínima
1966	683,481	207,4	0,155	0,87
1967	632,012	207,4	0,774	0,87
1968	11,955	207,4	1,904	0,87
1969	752,544	207,4	1,904	0,87
1970	111,015	207,4	1,273	0,87
1971	4,32	207,4	0,887	0,87
1972	61,103	207,4	0,403	0,87
1973	243,314	207,4	0,264	0,87
1974	346,524	207,4	0,484	0,87
1975	659,784	207,4	1,572	0,87
1976	157,316	207,4	1,419	0,87
1977	220,888	207,4	1,419	0,87
1978	186,381	207,4	2,083	0,87
1979	356,133	207,4	1,136	0,87
1980	300,839	207,4	1,136	0,87
1981	171,476	207,4	0,669	0,87
1982	340,206	207,4	0,484	0,87
1983	32,182	207,4	0,403	0,87
1984	67,998	207,4	0,264	0,87
1985	406,585	207,4	0,329	0,87
1986	346,524	207,4	1,572	0,87

1987	330,861	207,4	0,403	0,87
1988	346,524	207,4	0,774	0,87
1989	565,713	207,4	1,572	0,87
1990	34,538	207,4	1,572	0,87
1991	100,181	207,4	1,893	0,87
1992	95,743	207,4	2,268	0,87
1993	22,731	207,4	0,507	0,87
1994	218,476	207,4	0,415	0,87
1995	53,615	207,4	0,608	0,87
1996	57,821	207,4	0,332	0,87
1997	359,371	207,4	0,717	0,87
1998	115,865	207,4	0,835	0,87
1999	197,49	207,4	0,717	0,87
2000	208,991	207,4	2,468	0,87
2001	47,686	207,4	1,549	0,87
2002	45,104	207,4	1,256	0,87
2003	295,04	207,4	1,124	0,87
2004	312,64	207,4	0,774	0,87
2005	140,182	207,4	0,577	0,87
2006	157,316	207,4	0,577	0,87
2007	77,894	207,4	1	0,87
2008	47,686	207,4	1	0,87
2009	238,217	207,4	0,577	0,87
2010	76,452	207,4	1,256	0,87
2011	57,783	207,4	1,256	0,87
2012	13,722	207,4	0,012	0,87
2013	248,477	207,4	0,003	0,87
2014	124,229	207,4	0,49	0,87
2015	195,476	207,4	0,356	0,87
2016	28,736	207,4	0,051	0,87
2017	152,959	207,4	0,01	0,87
2018	14,41	207,4	0,129	0,87
2019	73,699	207,4	0,012	0,87
2020	375,829	207,4	0,099	0,87
2021	88,614	207,4	0,883	0,87

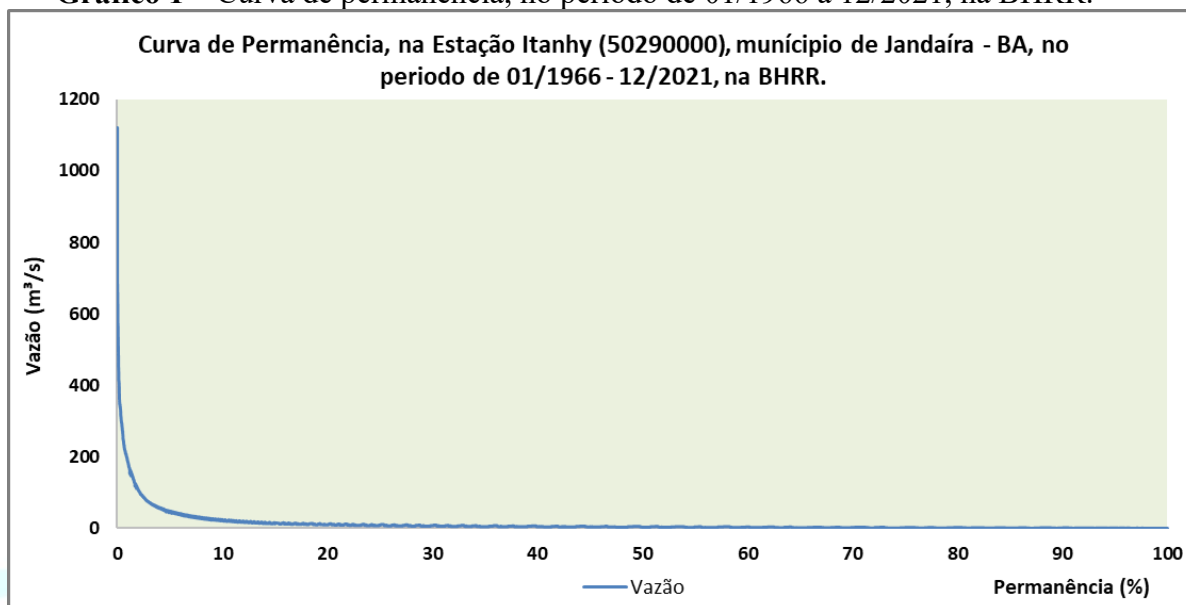
Fonte: ANA (2023). Os autores, 2025.

Com os dados da curva de permanência, é possível calcular a curva de garantia de vazões, que permitiu inferir sobre a quantidade de água disponível na área em que a estação fluviométrica que os dados trabalhados foram obtidos. Foram selecionados e organizados todos os valores diários de vazão e cota, hierarquizados em ordem decrescente de vazão. O tratamento dos dados consistiu na seleção dos valores de 0 (maiores vazões) a 100% (menores vazões) em intervalos de 10 em 10%, a fim de se construir os gráficos de curva de garantia das vazões.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A curva de permanência expressa a permanência da vazão em função percentual de dias analisados para a BHRR, na estação Itanhy (50290000), no período de 1966 a 2021. O Gráfico 1, mostra que as maiores vazões apresentam um período de permanência menor que 10% dos dias no ano, ou seja, 36,5 dias. Isso revela a possibilidade de alto escoamento superficial na estação e pode apontar para uma alta demanda hídrica.

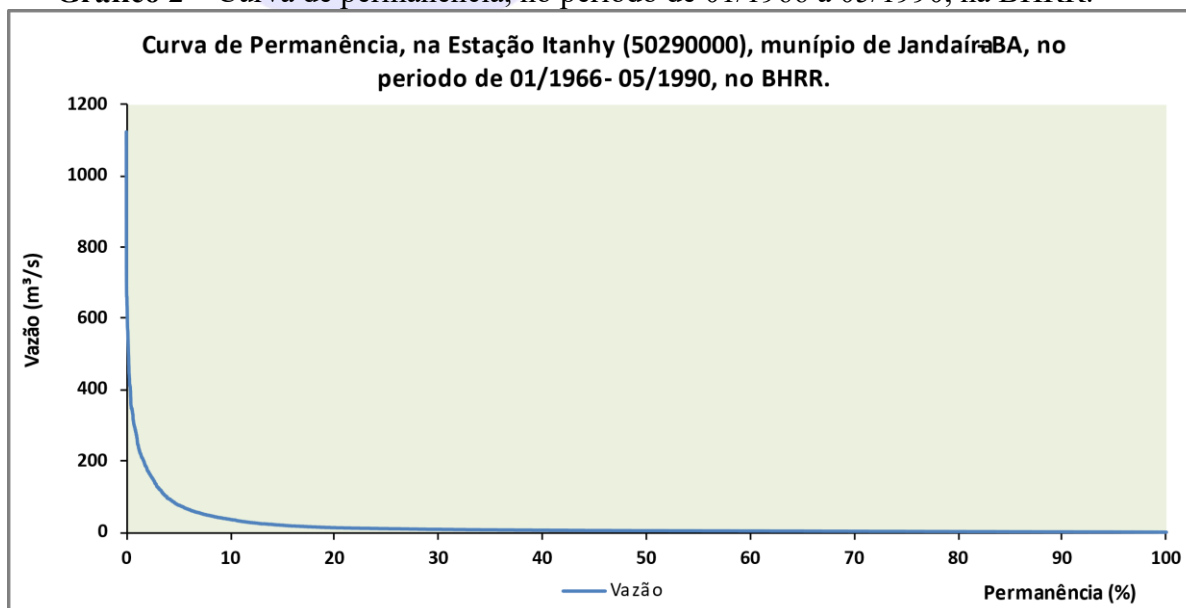
Gráfico 1 – Curva de permanência, no período de 01/1966 a 12/2021, na BHRR.



Fonte: ANA (2023). Os autores.

Com a análise dos Gráficos 2, 3, 4 e 5 da curva de permanência por períodos, como sugerido pela curva de descarga, é possível observar a oscilação nas vazões superiores a 100 m³/s. No primeiro momento como mostrado no Gráfico 2, as permanências referentes as maiores vazões tem um percentual um pouco acima 15% de dias no ano, aproximadamente 54,7 dias.

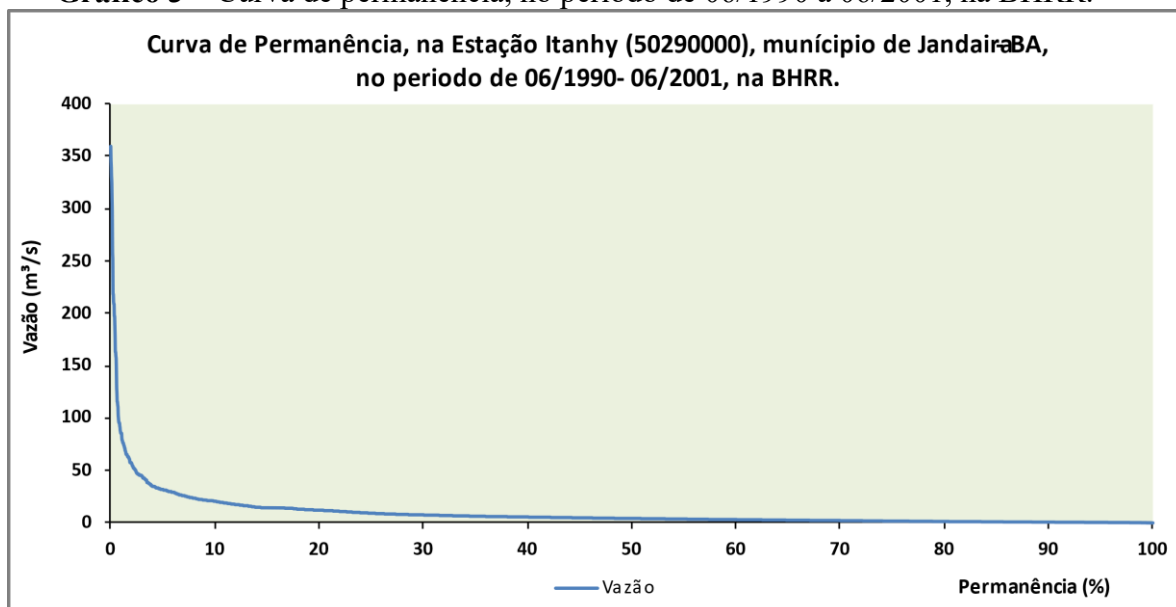
Gráfico 2 – Curva de permanência, no período de 01/1966 a 05/1990, na BHRR.



Fonte: ANA (2023). Os autores.

No segundo período (Gráfico 3) há uma diminuição deste percentual e as vazões superiores a 100 m³/s passaram a ter um tempo menor de 5-10% de dias no ano.

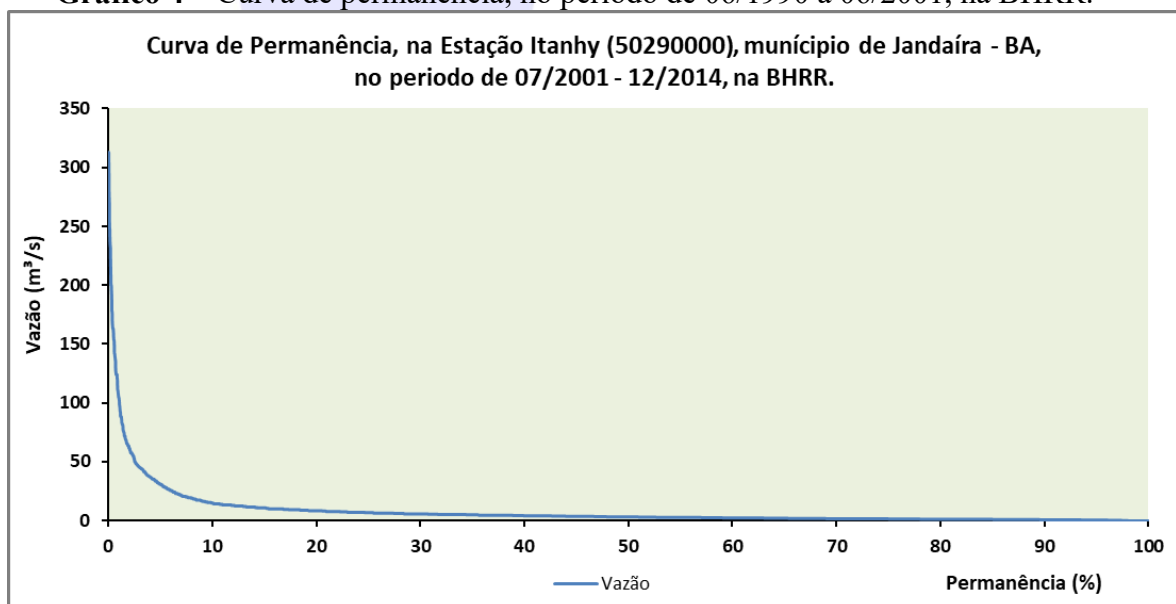
Gráfico 3 – Curva de permanência, no período de 06/1990 a 06/2001, na BHRR.



Fonte: ANA (2023). Os autores.

No terceiro período (Gráfico 4), se nota a redução das vazões novamente, e a sua permanência continuou entre 5-10% de dias no ano.

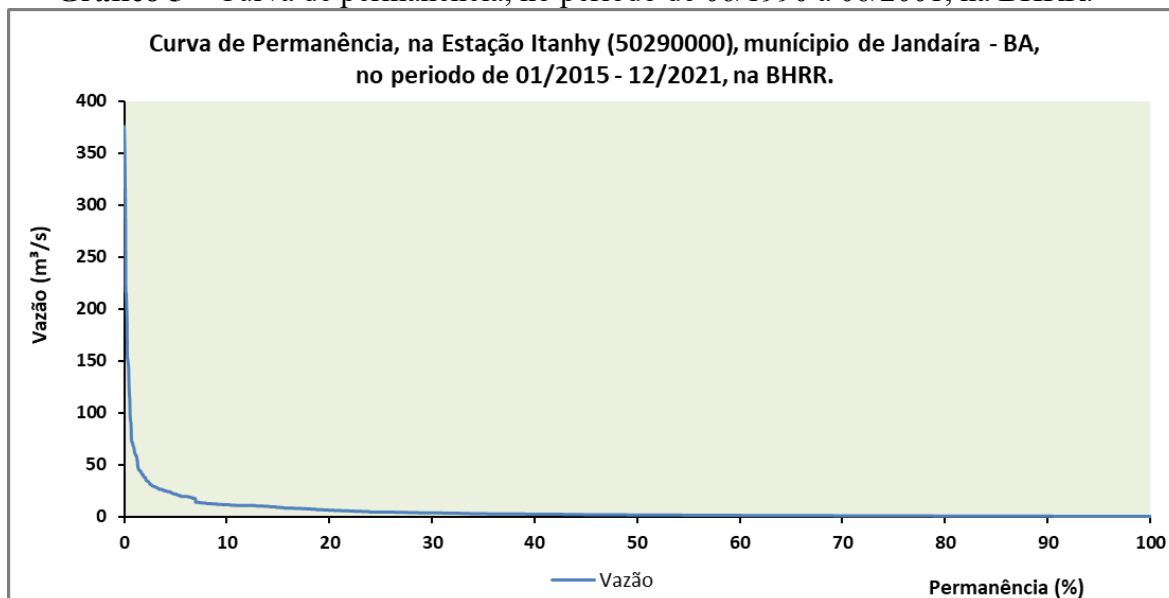
Gráfico 4 – Curva de permanência, no período de 06/1990 a 06/2001, na BHRR.



Fonte: ANA (2023). Os autores.

No Gráfico 5 se observa que as vazões superiores a 100 m³/s passaram a ser menos de 2-3% do tempo anual na bacia, as vazões menores permanecem por mais tempo, assim como no período geral estudado na BHRR (1966 - 2021).

Gráfico 5 – Curva de permanência, no período de 06/1990 a 06/2001, na BHRR.

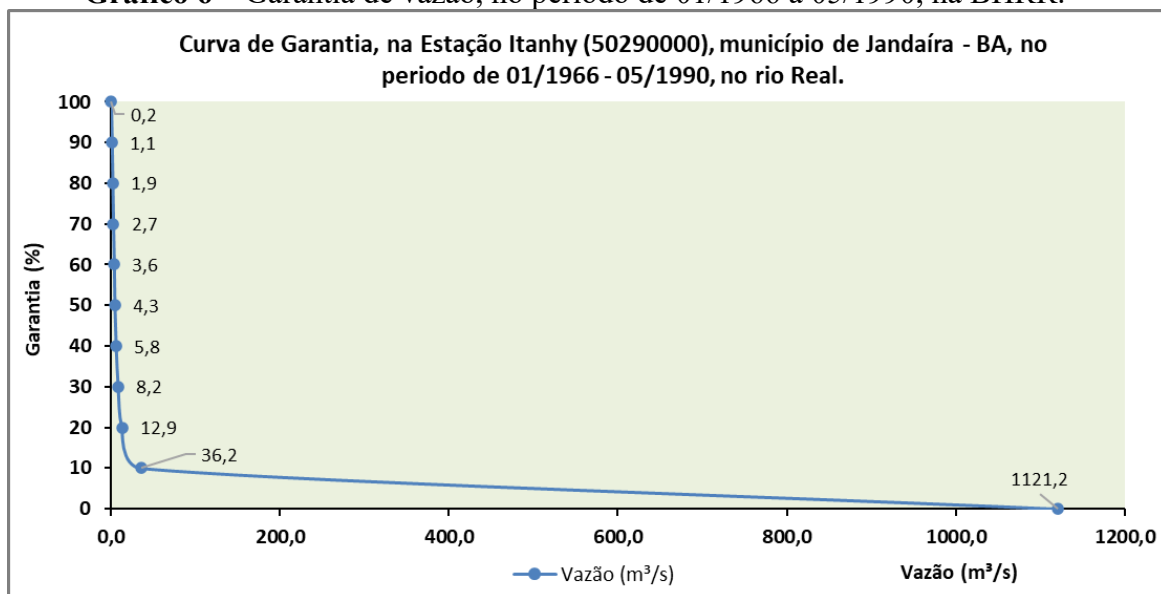


Fonte: ANA (2023). Os autores.

Já através da curva de garantia de vazões, é possível prever a quantidade de água disponível no leito do rio para diversos usos como o abastecimento humano, agricultura, indústrias, entre outros. Com o tempo os valores de vazão registraram reduções significativas, o que pode se dá por diversos fatores associados à dinâmica da BHRR.

No gráfico 6, é observado a garantia de vazão do período de janeiro de 1966 a maio de 1990, onde há a garantia de 90% para 1,1 m³/s, uma redução alta comparado as vazões garantidas a 0% (1.121 m³/s), que são relativas às maiores vazões registradas no período.

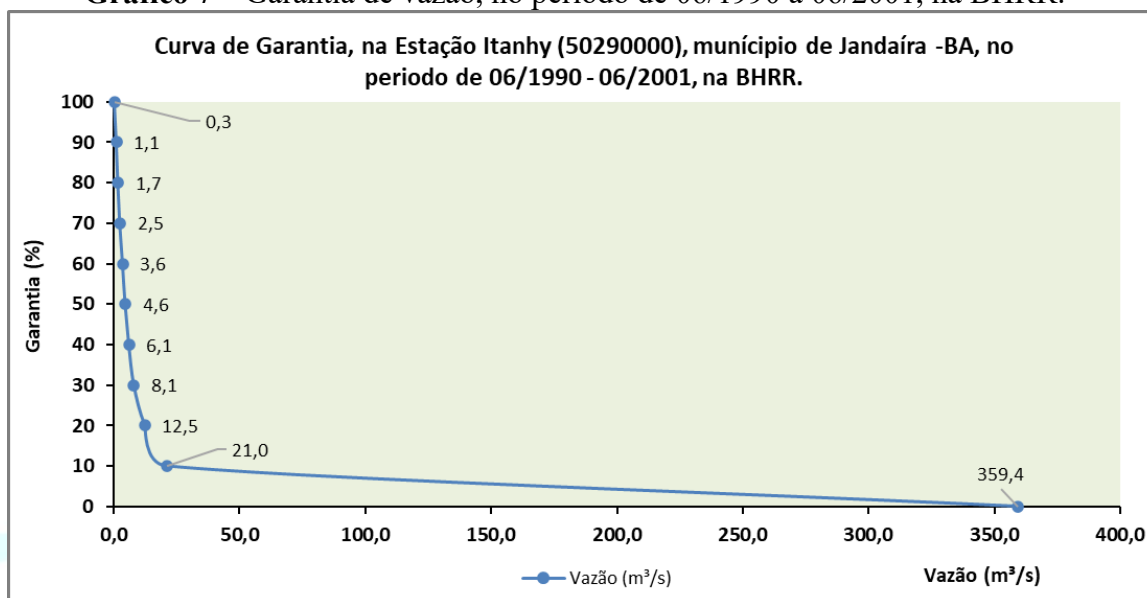
Gráfico 6 – Garantia de vazão, no período de 01/1966 a 05/1990, na BHRR.



Fonte: ANA (2023). Os autores.

No Gráfico 7, há vazões máximas de 359,4 m³/s, no período de junho de 1990 a junho de 2001, o que representa uma redução considerável comparado ao primeiro período, porém na garantia de 80% temos o mesmo valor de 1,1 m³/s de água.

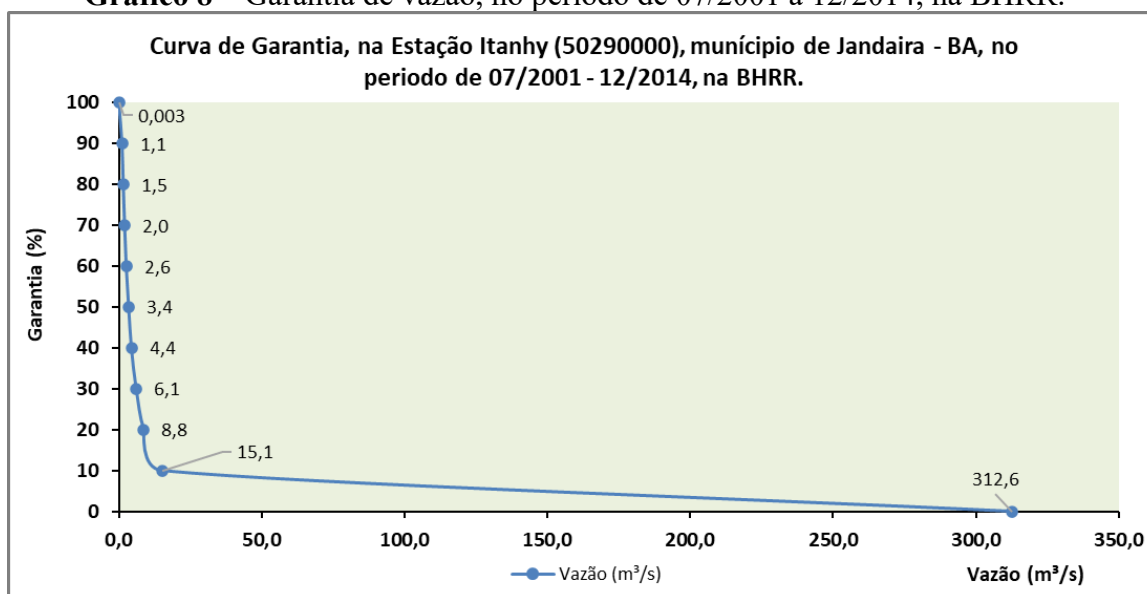
Gráfico 7 – Garantia de vazão, no período de 06/1990 a 06/2001, na BHRR.



Fonte: ANA (2023). Os autores.

No terceiro período, são registrados os menores valores de vazões garantidas a 100 e 0%, respectivamente 0,003 e 312,6 m³/s, registrando o mesmo valor de 1,1 m³/s garantidos a 90% (Gráfico 8). Esse período coincide com o início da operação da barragem Capim Duro, em 2003, o que indica que não houve capacidade da barragem em regularizar as vazões do rio.

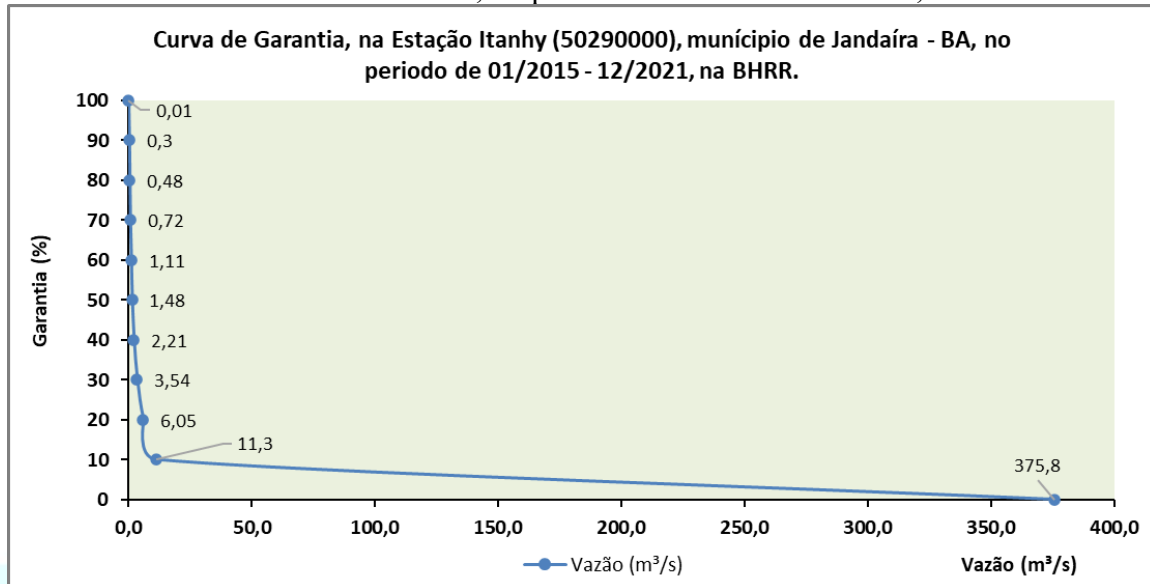
Gráfico 8 – Garantia de vazão, no período de 07/2001 a 12/2014, na BHRR.



Fonte: ANA (2023). Os autores.

No gráfico 9, referente ao quarto e último período, as vazões garantidas a 100 e 0%, respectivamente 0,01 e 375,8 m³/s, apresentam aumento em seus valores comparados ao período anterior, porém a vazão garantida a 90% (0,3 m³/s) diminuiu, o que indica uma possível alteração na dinâmica superficial da BHRR nesse período (2015 - 2021).

Gráfico 9 – Garantia de vazão, no período de 01/2015 a 12/2021, na BHRR.



Fonte: ANA (2023). Os autores.

4. CONCLUSÕES

A Hidrologia Avançada Experimental, desenvolvida por Gonçalves (2014), possibilita compreender o comportamento hídrico e avaliar de forma quantitativa as águas da Bacia Hidrográfica do Rio Real, trazendo alguns pontos como:

A redução das vazões máximas e mínimas na BHRR, na Estação Itanhy (50290000), observado também na sua garantia de vazão. Já a curva de permanência, indica que as grandes vazões permanecem por pouco tempo na bacia, o que ressalta a necessidade de armazenamento dessa água para usos futuros e regularização do fluxo das vazões durante o ano.

A curva de garantia de vazão nos três primeiros períodos, de 01/1966 a 05/1990, de 06/1990 a 06/2001, e, de 07/2001 a 12/2014, indica que com uma garantia de 90% se tem uma vazão de 1,1 m³/s. No último período, de 01/2015 a 12/2021, a curva de garantia de vazão indica que com a garantia de 90%, se tem uma vazão de 0,3 m³/s.

Como resultado, as vazões no Q₉₀ sofreram redução de 1,1 m³/s (período de 1966 a 2014) para 0,3 m³/s (período de 2015 a 2021), equivalente a 72,73% (0,8 m³/s).

O rio demonstra baixas vazões por se originar e manter-se por boa parte de seu percurso em áreas de clima semiárido, mas a diminuição das mesmas também pode ser atribuída a outros fatores, como eventos climáticos extremos, o aumento do uso dos recursos hídricos na região e a dinâmica de ocupação de uso e ocupação do solo em sua área.

Assim, é importante ressaltar que devido a indisponibilidade de alguns dados e os resultados obtidos neste trabalho, há necessidade de instalar mais estações Pluviométricas e Fluviométricas na BHRR, a fim do adensamento de áreas monitoradas, para melhor planejamento dos recursos hídricos no futuro da bacia.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais ao Observatório das Águas da Bahia (OBA-BA) através do espaço cedido para realização da pesquisa e orientação do trabalho, e, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio através da bolsa PIBIC de iniciação científica para o projeto de pesquisa “Dinâmica das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Real (Bahia/Sergipe)” na Universidade Federal da Bahia (UFBA).

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA, 2023. **Rede Hidrometeorológica Nacional - SNIRH**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 2 mar. 2025.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA - CODEVASF. **Bacia hidrográfica do Rio Real**. Disponível em: < <https://www.codevasf.gov.br/area-de-atuacao/bacia-hidrografica/real> >. Acesso em: 12 mar. 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Malha Rodoviária Federal: Trechos Rodoviários**. Brasília, DF, 2016. Dados geoespaciais em formato *shapefile*. Acesso em: 9 set. 2024.

GONÇALVES, M. J. de S. **Estudo hidrológico do rio Parnaíba, na bacia hidrográfica do rio Parnaíba, visando a compreensão da dinâmica fluvial e a garantia hídrica para a tomada de decisão utilizando a metodologia: Hidrologia Avançada Experimental**. 2020. Apresentação em Power Point.

_____. **Gestão Quantitativa das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu no Estado da Bahia – Brasil**. 2014. 168 f. Tese (Doutoramento) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/21527>. Acesso em: 6 jun. 2025.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (INEMA). **Base de Dados da Hidrografia do Estado da Bahia**. Salvador, 2019. Dados geoespaciais em formato *shapefile*. Acesso em: 9 set. 2024.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science**. Berlin: Walterde Gruyter, 1931. 388p.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). **Divisão Político-Administrativa: Limites Municipais do Estado da Bahia**. Salvador, 2019. Dados geoespaciais em formato *shapefile*. Acesso em: 9 set. 2024.

