

IMPACTOS DO AÇUDE CASTANHÃO NA DINÂMICA HIDROLÓGICA DA BACIA DO RIO JAGUARIBE (CE)

Lysander Manuel Cavalcante Barros ¹
Andrea Almeida Cavalcante ²

RESUMO

A bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, no Ceará, apresenta elevada vulnerabilidade ambiental devido às condições de semi-aridez que impõe forte variabilidade pluviométrica associada a uma rala cobertura vegetal (atualmente bastante degradada), além da ocupação antrópica nas margens, agravada pela construção do Açude Castanhão em 2002. Este trabalho objetivou avaliar as alterações hidrológicas decorrentes dessa obra por meio da análise conjunta de séries históricas de pluviometria e fluviometria (1990–2024) em seis estações (Arneiroz, Iguatu, Icó, Jaguaribe, Morada Nova e Peixe Gordo), obtidas na plataforma HIDROWEB da ANA. Os dados foram organizados em planilhas e processados com scripts em Python para gerar estatísticas descritivas, identificar picos de vazão e classificar os escoamentos em faixas adotadas como indicadores de resposta hidrológica. O período foi dividido em três fases: pré-barramento (1990–2001), durante construção (2002–2004) e pós-barramento (2005–2024). Na fase pré-barramento, observou-se predomínio de chuva moderada (maioria dos dias com precipitação abaixo de 50 mm) e escoamentos naturais, com picos anuais de vazão relacionados a eventos pluviométricos extremos (por exemplo, 140m³/s em Arneiroz e 1.409m³/s em Peixe Gordo). Durante a construção, todas as estações exibiram picos abruptos — como 810m³/s em Arneiroz e 2.169m³/s em Iguatu — sem correspondência proporcional nas chuvas, sugerindo influência de operações e de rompimentos de barragens menores. No período pós-barramento, consolidou-se a dissociação entre chuva e vazão, evidenciada pelo aumento médio de 317% nos dias com vazão mínima (0–1m³/s), redução de 76% nos dias com vazões extremas (> 200m³/s) e amortecimento dos picos, mesmo em anos de precipitação intensa (125mm em 2024). Enquanto as estações a montante do Castanhão, como Arneiroz, Icó e Iguatu continuam a apresentar longos períodos de escoamento quase nulo, Peixe Gordo (a jusante) passou a manter maior regularidade, bem como redução de picos extremos. Concluiu-se que a barragem promoveu controle eficaz de cheias, porém impôs perdas na capacidade de resposta natural do sistema fluvial, com repercussões em processos hidrossedimentológicos e ecossistêmicos. Os resultados fornecem subsídios para aprimorar a gestão hídrica regional, recomendando-se a revisão dos critérios operacionais do Castanhão, para a garantia de vazões ecológicas mínimas e o monitoramento contínuo, de modo a conciliar segurança hídrica, sustentabilidade ambiental e usos múltiplos da água no semiárido.

INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe, no semiárido cearense, representa um sistema ambiental crítico onde condições de semi-aridez impõem alta variabilidade pluviométrica e intermitência fluvial (CAVALCANTE, 2012). Sua dinâmica é regida

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual - UECE, ander.barros@aluno.uece.br;

¹ Graduado pelo Curso de Geografia da Universidade Estadual - UECE, andrea.cavalcante@uece.br;



por padrões de flash floods — característicos de rios efêmeros em regiões áridas (AB'SÁBER, 1974 apud LIMA, 2020) — agravados pela degradação da cobertura vegetal da Caatinga, que reduz infiltração e amplia escoamento superficial (SOARES; CAMPOS, 2013), e por pressões antrópicas como desmatamento e mineração (LIMA, 2025). Geomorficamente, a bacia estrutura-se em três compartimentos interligados: o alto curso (vales em "V" com erosão intensa), médio curso (planícies aluviais impactadas por supressão de matas ciliares) e baixo curso (gradiente quase nulo com ecossistemas fluviomarinheiros vulneráveis), conformação que amplifica os efeitos de intervenções hidráulicas (LIMA, 2025).

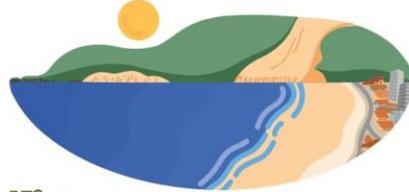
A construção do Açude Castanhão (2002) materializa o paradigma regional da "convivência com a escassez" (ANDRADE, 1981 apud PEREIRA NETO, 2017), porém impõe transformações radicais como a dissociação entre precipitação e vazão, redução de vazões ordinárias ($Q_{1,5}$) e extremas ($Q_{2,33}$) (GONDIM et al., 2008), e supressão de fluxos ecológicos mínimos (PEREIRA; CUELLAR, 2015), configurando uma barreira hidrológica (CAVALCANTE, 2012). Esses impactos tornam-se ainda mais críticos frente a projeções climáticas que indicam redução de 30-37% na precipitação regional até 2040 (GONDIM et al., 2008), intensificando conflitos entre segurança hídrica e sustentabilidade ecológica (LIMA, 2020).

Diante desse contexto, este estudo objetiva quantificar as alterações hidrológicas induzidas pelo Castanhão (2002-2024) em seis postos estratégicos da bacia, analisando: (1) rupturas na relação histórica precipitação-vazão; (2) redução de vazões médias, máximas e pulsos de cheia ($>1.000 \text{ m}^3/\text{s}$); e (3) impactos potenciais de novas barragens previstas no PAE-RH (SRH, 2018). Atualizando a pesquisa pioneira de Cavalcante (2007), os resultados fornecerão subsídios para revisão operacional do reservatório, garantia de vazões ecológicas e gestão integrada de recursos hídricos no semiárido.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe, foco desta pesquisa, situa-se integralmente no semiárido cearense, abrangendo 75.669 km^2 (48% do território estadual) (COGERH, 2015, apud CASTRO et al., 2020) e percorrendo 633 km da



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

nascente em Tauá até a foz em Fortim. Contudo, por décadas acreditava-se que a nascente estava na Serra da Joanhina (Tauá), porém estudos recentes redefiniram sua nascente principal para a Serra das Pipocas (divisa dos municípios de Tauá, Pedra Branca e Independência), a partir do Riacho Carrapateiras, ampliando seu comprimento total para 680 km (CASTRO et al., 2020). Ressalta-se que a definição de nascentes de rios intermitentes, como o Jaguaribe, carece de precisão em documentos oficiais (FELIPPE; MAGALHÃES JUNIOR, 2013, apud CASTRO et al., 2020), justificando a necessidade de homologação pelo IBGE e IPECE.

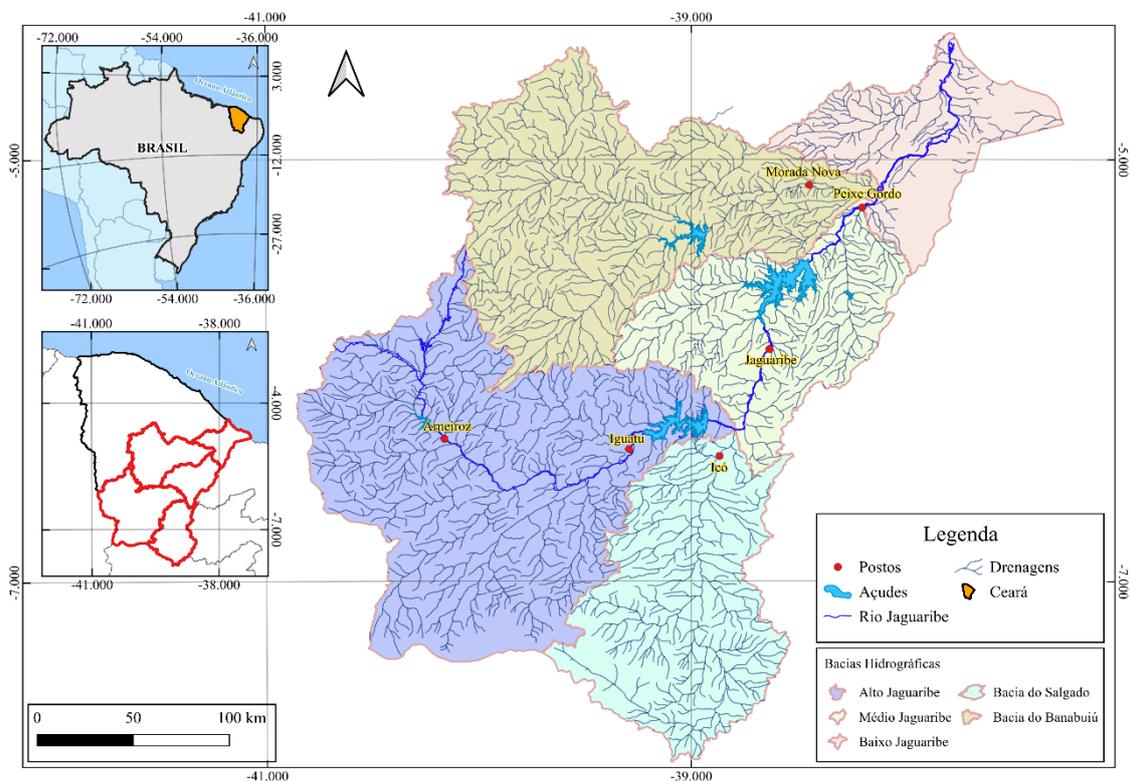


Figura 1 – Mapa de localização dos postos na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe.

Fonte: Elaborado pelo autor. 2025.

Esta pesquisa atualiza e amplia o estudo pioneiro de Andrea Almeida Cavalcante (2007) sobre a morfodinâmica fluvial do rio Jaguaribe a jusante do Castanhão. A metodologia utilizada para identificar as alterações hidrológicas decorrentes da obra do Castanhão, foi baseada na análise de séries históricas (ampliando de 2008 a 2024) de fluviometria e pluviometria de seis postos estratégicos (Arneiroz, Icó, Iguatu, Jaguaribe, Morada Nova e Peixe Gordo), distribuídos no alto, médio e baixo curso da bacia. Os



dados fluviométricos, foram obtidos na plataforma HIDROWEB da ANA (Agência Nacional de Águas) e os dados de pluviometria adquiridos da FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos).

Além disso, foi consultado o PAE – RH (Plano de Ações Estratégicas de Recursos Hídricos do Ceará) realizado no ano de 2018 e desenvolvido pela equipe técnica do SRH (Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará) e de suas vinculadas, como FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), SOHIDRA (Superintendência de Obras Hidráulicas), COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos), CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Ceará) e ADECE (Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará) para obter o levantamento detalhado das obras hídricas, em especial as barragens, previstas para construção no Estado em 2018-2027.

Tratamento de dados

Os dados das séries históricas de fluviometria e pluviometria disponibilizados pela ANA e pela FUNCEME estavam originalmente organizados em planilhas Excel. Para acelerar o processo de atualização dos dados de fluviometria e pluviometria nas planilhas destinadas ao estudo, foi utilizado scripts em Python para organizar as datas e valores dos dados brutos (fluviometria e pluviometria) em ordem do mais antigo para o mais atual. O Python também auxiliou para identificar e gerar um arquivo .txt que relatou os maiores picos de vazão (Q) e maiores precipitações (mm) em cada posto de cada ano e classificar os escoamentos em faixas de resposta hidrológica.

Para a análise dos impactos do Castanhão, aplicaram-se duas abordagens metodológicas complementares. Primeiramente, realizou-se uma comparação estatística entre os períodos anterior e posterior à construção do açude, focada exclusivamente no posto fluviométrico de Peixe Gordo devido à sua posição estratégica a jusante do reservatório, onde os impactos hidrológicos são mais diretos. O período pré-Castanhão considerou dados até 2001 (ano anterior a conclusão da barragem), enquanto o período pós-Castanhão abrangeu de 2002 a 2024, analisando-se média da vazão, vazões máximas e frequência de pulsos de cheia > (eventos com vazão superior a 1000 m³/s, limiar que representa eventos significativos no regime histórico pré-barramento). Em segundo lugar, realizou-se uma análise de frequência de cheias utilizando a distribuição



de Gumbel, aplicada às séries de máximas anuais de vazão de todos os seis postos fluviométricos. Foram calculados os intervalos de recorrência (IR) para 1,5; 2,33; 5; 10; 25; 50; e 100 anos, com ênfase interpretativa nos intervalos de 1,5 e 2,33 anos, por representarem eventos mais frequentes e críticos para a gestão hídrica e dinâmica de alagamentos na bacia.

Com base na consulta do PAE – RH, as barragens previstas para serem construídas no Estado foram: Barragem Jucá (município de Parambu) e Barragem Barriguda (município de Assaré) no Alto Jaguaribe, Barragem Berê (município de Jardim) e Barragem Riacho do Meio (município de Granjeiro) na Bacia do Salgado, Barragem Aroeira (município de Morada Nova) e Barragem Cajazeiras (município de Boa Viagem) na Bacia do Banabuiú. Por meio da tabela do Plano de Ações de Estratégicas de Recursos Hídricos do Ceará foi observado que das barragens planejadas na bacia do Jaguaribe, somente a Barragem Jucá detém processo licitatório da construção finalizado, aguardando somente o início da construção, enquanto as outras barragens não possuem prazo estimado.

Inicialmente, as informações do PAE-RH referentes às barragens planejadas para o Estado estavam representadas em um mapa único, elaborado pela Secretaria de Recursos Hídricos (SRH). No entanto, este mapa contempla todas as bacias hidrográficas do Estado, incluindo outras além da Bacia do Jaguaribe. Essa abrangência total gerava excesso de informação, prejudicando a visualização e o foco específico exigido para a área de estudo principal: a Bacia do Jaguaribe. Para superar essa limitação, elaborou-se no QGIS um novo mapa específico. Este mapa foca exclusivamente na Bacia do Jaguaribe, representando seus segmentos Alto, Médio e Baixo Curso, e inclui suas sub-bacias constituintes: Banabuiú e Salgado. Nele, foram também plotadas as localizações precisas das barragens planejadas que constam no mapa elaborado pela SRH e que foram mencionadas anteriormente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise integrada revelou transformações profundas no regime hidrológico após 2002, com destaque para a progressiva dissociação entre padrões pluviométricos e respostas de vazão. No alto curso, representado pelas estações de Arneiroz, Icó e Iguatu, observou-se um decréscimo significativo na magnitude dos picos de vazão mesmo sob



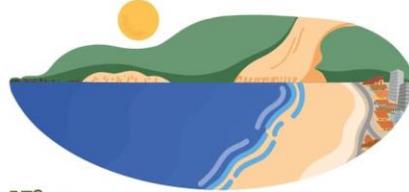
precipitações comparáveis a períodos históricos. Em Arneiroz, por exemplo, o evento extremo de 125mm em 2024 gerou vazão máxima de apenas 24m³/s, valor inferior a 5% dos registros pré-barramento para intensidades pluviométricas similares. Essa tendência foi acompanhada por redução média de 15% nas vazões ordinárias ao longo do trecho superior da bacia.

No médio curso (estação Jaguaribe), identificou-se certa resiliência inicial que rapidamente deu lugar a declínio acentuado. Enquanto picos pré-2000 frequentemente excediam 3.000m³/s (como os 3.408m³/s registrados em 1985), o período pós-2002 registrou apenas eventos isolados acima de 2.000m³/s. O intervalo entre 2012-2017 foi particularmente crítico, com vazões consistentemente abaixo de 250m³/s, coincidindo com a seca mais prolongada do último século no Ceará (Pereira et al., 2023), o que reduziu a vazão média nesse trecho de 55,14m³/s para 47,36m³/s.

Os impactos mais severos manifestaram-se no baixo curso. Em Morada Nova, vazões históricas superiores a 2.000m³/s colapsaram para valores residuais após 2002, com registro inédito de 0m³/s em 2021. O posto de Peixe Gordo, localizado imediatamente a jusante do Castanhão, evidenciou as transformações mais radicais: a vazão média anual sofreu redução catastrófica de 83,7% (874m³/s para 142m³/s), enquanto os períodos com vazões mínimas (<50m³/s) passaram de 28% para 91% dos anos. A análise comparativa demonstrou que eventos pluviométricos significativos geraram respostas hidrológicas drasticamente atenuadas - em 2024, precipitação de 82mm (similar à de 1974, quando ocorreu pico histórico de 5.648m³/s) produziu vazão máxima de apenas 291m³/s, equivalente a 5,1% do valor histórico.

A aplicação da distribuição de Gumbel confirmou alterações críticas nos intervalos de recorrência, particularmente para Q_{1,5} anos (cheia média anual) e Q_{2,33} anos (cheia bienal). Todas as estações registraram reduções sistemáticas, com quedas médias de 22,4% para Q_{1,5} e 11,3% para Q_{2,33}. O cenário mais crítico ocorreu em Peixe Gordo, onde Q_{1,5} reduziu 43,9% (713,09 → 399,8m³/s) e Q_{2,33} diminuiu 25,6% (1.384,8 → 1.030,5m³/s), confirmando o papel do açude como barreira hidrológica eficaz.

Quanto às novas intervenções previstas no PAE-RH, a análise indicou impacto marginal na dinâmica central da bacia. O volume combinado das seis barragens planejadas (Jucá, Barriguda, Berê, Riacho do Meio, Aroeira e Cajazeiras) (145,37hm³) representa apenas 2,17% da capacidade do Castanhão, sendo sua localização em tributários periféricas fator determinante para seu limitado impacto sistêmico. A



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

exceção pontual é a barragem de Aroeira, localizada no crítico baixo curso (Morada Nova), que apresenta potencial para amplificar localmente a escassez hidrológica já severa em Peixe Gordo, embora seu volume (20hm^3) represente apenas 0,3% da capacidade do Castanhão.

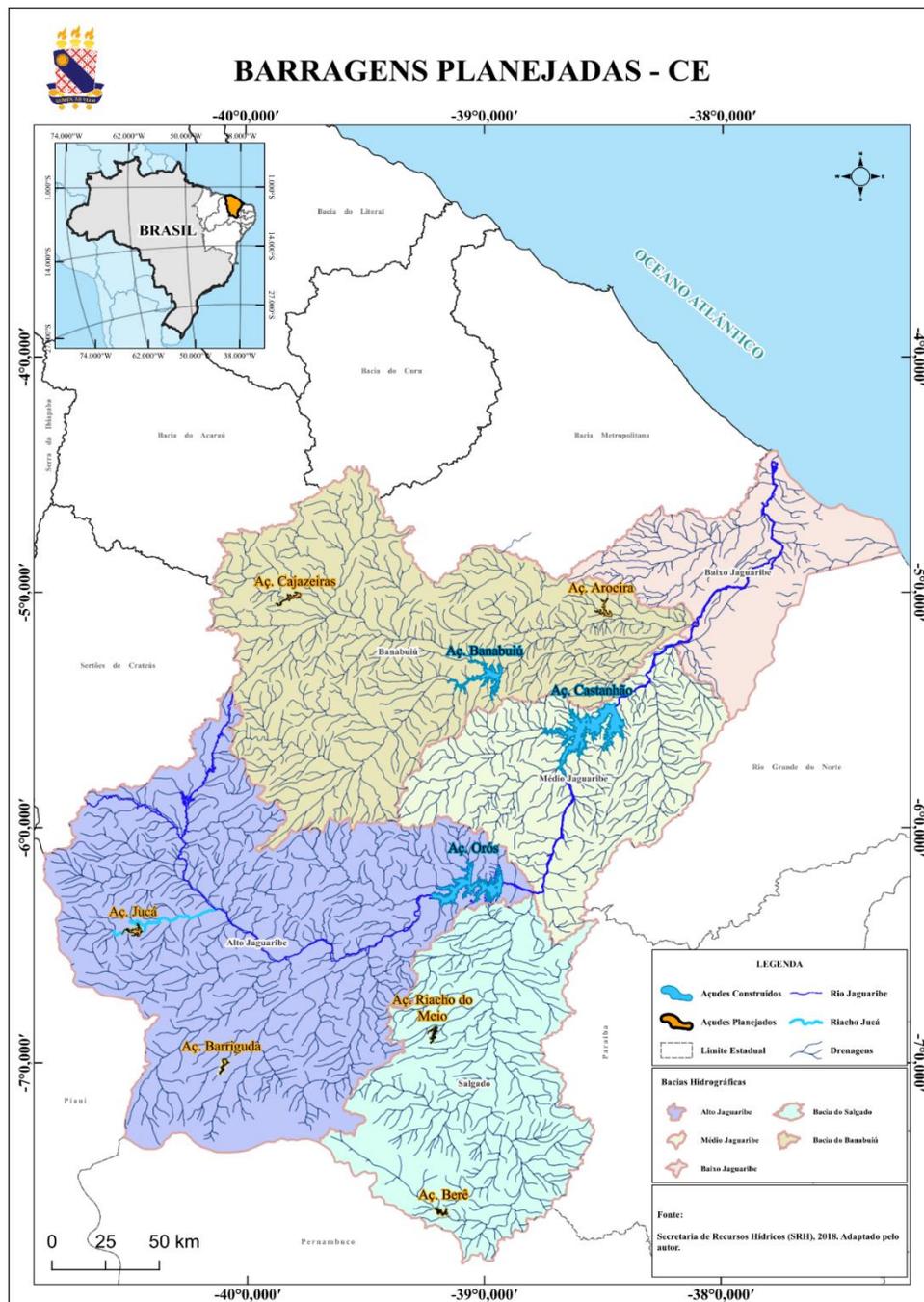


Figura 2 – Mapa de localização das futuras obras hídricas (barragens) na Bacia do Jaguaribe. Elaborado pelo autor, 2025.

Fonte: Secretaria de Recursos Hídricos, 2018.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa demonstra que o Açude Castanhão reconfigurou radicalmente a dinâmica hidrológica da bacia do Jaguaribe, atuando como barreira eficaz que suprimiu a sazonalidade natural e os pulsos de cheia característicos do sistema fluvial semiárido. A supressão completa de eventos superiores a 1.000m³/s após 2010 em Peixe Gordo, combinada com a redução de 83,7% nas vazões médias e o aumento exponencial de períodos com vazões mínimas, evidencia a transformação estrutural imposta pelo reservatório. Essas alterações exigem revisão operacional urgente, priorizando a garantia de vazões ecológicas mínimas que assegurem a recarga de aquíferos, a conectividade fluvial e a integridade de ecossistemas sensíveis no baixo curso.

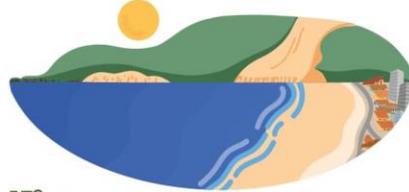
As novas barragens previstas apresentam impacto sistêmico insignificante (<3% da capacidade do sistema existente), embora a localização estratégica da barragem de Aroeira no crítico baixo curso requeira monitoramento contínuo. O estudo oferece um modelo metodológico replicável para bacias semiáridas, integrando análise estatística de séries históricas longas, classificação de escoamentos por faixas de resposta hidrológica e aplicação da distribuição de Gumbel para intervalos de recorrência críticos. Recomenda-se para pesquisas futuras a avaliação integrada dos processos hidrossedimentológicos e o monitoramento dos impactos ecossistêmicos da supressão de cheias, especialmente frente às projeções de redução pluviométrica de 30-37% (GONDIM et al., 2008), que poderão intensificar os atuais desafios de conciliar segurança hídrica e sustentabilidade ecológica no semiárido.

Palavras-chave: Hidrologia, Barragens, Semiárido, Bacia do Jaguaribe, Geomorfologia fluvial.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, V. R. et al. **SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS NO USO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA - PB.** MIX Sustentável, v. 6, n. 3, p. 19–26, 18 jun. 2020.

CAVALCANTE, Andrea Almeida. **Morfodinâmica fluvial em áreas semiáridas: o Rio Jaguaribe à jusante da Barragem do Castanhão, CE- Brasil.** 2012. 228 f. Tese



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

(Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

COSTA, A. et al. **Expedição científica ao alto curso do Rio Jaguaribe, Estado do Ceará: identificação da exata nascente do possivelmente maior rio efêmero do mundo.** Caderno de Geografia, v. 30, n. 63, p. 956, 14 out. 2020.

GONDIM, R. S. et al. **Mudanças climáticas e impactos na necessidade hídrica das culturas perenes na Bacia do Jaguaribe, no Estado do Ceará.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 43, n. 12, p. 1657–1664, dez. 2008.

LIMA, E. C. **GEOMORFOLOGIA E BACIAS HIDROGRÁFICAS SEMIÁRIDAS: A CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ CONFORME A POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS BRASIL.** William Morris Davis - Revista de Geomorfologia, v. 6, n. 1, p. 84–98, 2025.

LIMA, E. C. **PLANEJAMENTO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS SEMIÁRIDAS DO NORDESTE BRASILEIRO.** Revista de Geociências do Nordeste, v. 6, n. 2, p. 91–94, 1 set. 2020.

SILVA; MAIA, R. P. **CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL DO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAGUARIBE, CEARÁ-BRASIL.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 18, n. 3, 11 ago. 2017.

NETO, M. C. P. **PERSPECTIVAS DA AÇUDAGEM NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO E SUAS IMPLICAÇÕES NA REGIÃO DO SERIDÓ POTIGUAR.** Sociedade & Natureza, v. 29, n. 2, p. 285–294, 29 nov. 2017.

SOARES, Rogério Barbosa; CAMPOS, Kilmer Coelho. **Uso e disponibilidade hídrica no semiárido do Brasil.** Revista de Política Agrícola, Brasília, V. 3, n. 3, p. 48-57, 2013.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS (SRH), **PLANO DE AÇÕES ESTRATÉGICAS DE RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.srh.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/90/2018/07/PLANO-DE-ACOES-ESTRATEGICAS-DE-RECURSOS-HIDRICOS-CE_2018.pdf>.