

# NOTA TÉCNICA

---

Nº 87 – Dezembro/2025

## Contas Econômicas Ambientais da Água do Ceará - 2019

**ipece** INSTITUTO  
DE PESQUISA  
E ESTRATÉGIA  
ECONÔMICA  
DO CEARÁ

**22**  
ANOS



**CEARÁ**  
GOVERNO DO ESTADO  
SECRETARIA DO  
PLANEJAMENTO E GESTÃO

## Governador do Estado do Ceará

Elmano de Freitas da Costa

## Vice-Governadora do Estado do Ceará

Jade Afonso Romero

## Secretaria do Planejamento e Gestão – SEPLAG

Alexandre Sobreira Cialdini – Secretário

Sidney dos Santos Saraiva Leão - Secretário Executivo de Gestão de Compras e Patrimônio

José Garrido Braga Neto - Secretário Executivo de Gestão de Pessoas

Naiana Corrêa Lima Peixoto - Secretária Executiva de Planejamento e Orçamento

Daniel de Carvalho Bentes - Secretário Executivo de Modernização e Governo Digital

Francisca Rejane Araujo Felipe Pessoa de Albuquerque - Secretária executiva de Planejamento e Gestão Interna

## Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE

### Diretor Geral

Alfredo José Pessoa de Oliveira

### Diretoria de Estudos Econômicos – DIEC

Ricardo Antônio de Castro Pereira

### Diretoria de Estudos Sociais – DISOC

José Meneleu Neto

### Diretoria de Estudos de Gestão Pública – DIGEP

José Fábio Bezerra Montenegro

### Gerência de Estatística, Geografia e Informações – GEGIN

Rafaela Martins Leite Monteiro

## Nota Técnica – Nº 87 – Dezembro/2025

### DIRETORIA RESPONSÁVEL:

Diretoria de Estudos Econômicos – DIEC

### Elaboração:

#### Equipe Técnica do IPECE:

Nicolino Trompieri Neto (Analista de Políticas Públicas)

Ana Cristina Lima Maia (Assessora Técnica)

Rafaela Martins Leite Monteiro (Gerente da GEGIN)

#### Equipe Técnica da Quadrante Consultoria Econômica LTDA:

Claudio Monteiro Considera (Coordenador)

Roberto Luis Olinto Ramos

João Bosco de Azevedo

Frederico Sérgio Cunha

Juliana Carvalho da Cunha Trece

O Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) é uma autarquia vinculada à Secretaria do Planejamento e Gestão do Estado do Ceará. Fundado em 14 de abril de 2003, o IPECE é o órgão do Governo responsável pela geração de estudos, pesquisas e informações socioeconômicas e geográficas que permitem a avaliação de programas e a elaboração de estratégias e políticas públicas para o desenvolvimento do Estado do Ceará.

**Missão:** Gerar e disseminar conhecimento e informações, subsidiar a formulação e avaliação de políticas públicas e assessorar o Governo nas decisões estratégicas, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do Ceará.

**Valores:** Ética, transparência e impessoalidade; Autonomia Técnica; Rigor científico; Competência e comprometimento profissional; Cooperação interinstitucional; Compromisso com a sociedade; e Senso de equipe e valorização do ser humano.

**Visão:** Até 2025, ser uma instituição moderna e inovadora que tenha fortalecida sua contribuição nas decisões estratégicas do Governo.

Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE)

Av. Gal. Afonso Albuquerque Lima, s/n | Edifício SEPLAG | Térreo Cambéba

| Cep: 60.822-325 |

Fortaleza, Ceará, Brasil | Telefone: (85) 2018-2639

www.ipece.ce.gov.br

## Sobre a Nota Técnica

A Série **Notas Técnicas** do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) tem como objetivo a divulgação de trabalhos técnicos elaborados pelos servidores do órgão, detalhando a metodologia empregada para análise de temas de interesse do Estado do Ceará.

Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE  
2025

Nota técnica / Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) / Fortaleza – Ceará: IPECE, 2025

ISSN: 2594-8733

1. Economia Brasileira. 2. Economia Cearense. 3. Aspectos Econômicos. 4. Aspectos Sociais. 5. Mercado de Trabalho. 6. Finanças Públicas. 7. Gestão Pública.

## Nesta Edição

A presente Nota Técnica tem como objetivo apresentar a metodologia de cálculo das Contas Econômicas Ambientais da Água do Ceará em 2019. A metodologia foi desenvolvida pela empresa Quadrante Consultoria Econômica LTDA, no âmbito do Projeto de Apoio à Melhoria da Segurança Hídrica e Fortalecimento da Inteligência na Gestão Pública do Estado do Ceará, sendo uma operação de Financiamento de Projeto de Investimento (*Investment Project Financing* – IPF) contratado pelo Governo do Ceará junto ao Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento, com acompanhamento e supervisão da equipe técnica do IPECE responsável pelo desenvolvimento desse projeto.

O objetivo desta Nota Técnica é apresentar a metodologia de cálculo das Contas Econômicas Ambientais da Água do Ceará para o ano de 2019, detalhando os procedimentos adotados para a mensuração dos estoques e fluxos hídricos, bem como para a construção das Tabelas de Recursos e Usos em unidades físicas e híbridas.

O desenvolvimento da metodologia de cálculo das Contas Econômicas Ambientais da Água reside na necessidade de mensurar, de forma sistemática e integrada, os estoques, fluxos e usos da água no território cearense, evidenciando as interações entre o meio ambiente e a economia. Ao incorporar dimensões físicas e monetárias, as contas ambientais da água permitem avaliar a intensidade do uso do recurso hídrico, identificar setores mais demandantes, subsidiar estratégias de segurança hídrica e fortalecer a capacidade do Governo do Ceará em promover uma gestão eficiente e sustentável desse recurso estratégico.

## Introdução

A água constitui um recurso natural essencial para a manutenção da vida, o funcionamento dos ecossistemas e o desenvolvimento das atividades econômicas, assumindo papel estratégico na formulação e avaliação de políticas públicas, especialmente em regiões caracterizadas por restrições hídricas. No contexto do semiárido brasileiro, e em particular no Estado do Ceará, a disponibilidade e a gestão sustentável dos recursos hídricos representam desafios históricos, intensificados pela irregularidade das precipitações, pelas elevadas taxas de evaporação e pela crescente demanda associada ao crescimento populacional e à expansão das atividades produtivas. Nesse cenário, torna-se fundamental dispor de instrumentos analíticos capazes de integrar informações ambientais e econômicas, permitindo uma visão abrangente sobre o uso da água e seus impactos sobre o desenvolvimento regional.

A elaboração das Contas Econômicas Ambientais da Água do Ceará insere-se nesse esforço de aprimoramento da base informacional para o planejamento público, ao adotar um arcabouço metodológico alinhado às recomendações internacionais do Sistema de Contas Econômicas Ambientais – Marco Central (SCEA-MC). A justificativa central deste trabalho reside na necessidade de mensurar, de forma sistemática e integrada, os estoques, fluxos e usos da água no território cearense, evidenciando as interações entre o meio ambiente e a economia. Ao incorporar dimensões físicas e monetárias, as contas ambientais da água permitem avaliar a intensidade do uso do recurso hídrico, identificar setores mais demandantes, subsidiar estratégias de segurança hídrica e fortalecer a capacidade do Governo do Ceará em promover uma gestão eficiente e sustentável desse recurso estratégico.

O objetivo geral desta Nota Técnica é apresentar a metodologia de cálculo das Contas Econômicas Ambientais da Água do Ceará para o ano de 2019, detalhando os procedimentos adotados para a mensuração dos estoques e fluxos hídricos, bem como para a construção das Tabelas de Recursos e Usos em unidades físicas e híbridas. Como objetivos específicos, busca-se: (i) descrever a base conceitual e metodológica que orienta a contabilidade ambiental da água; (ii) estimar os estoques iniciais e finais das diferentes categorias de recursos hídricos; (iii) identificar as principais adições e reduções nos estoques ao longo do período analisado; e (iv) analisar os padrões de uso da água pelas atividades econômicas e pela população, contribuindo para o diagnóstico da situação hídrica do Estado.

Além desta introdução, o trabalho está organizado em seções que refletem a lógica do sistema de contas ambientais da água. A primeira seção apresenta os fundamentos conceituais das Contas

Econômicas Ambientais da Água e a contextualização da dinâmica hídrica do Estado do Ceará. Em seguida, são detalhadas as Contas Físicas, contemplando os estoques de águas superficiais, subterrâneas e no solo. Na sequência, são apresentadas as Tabelas de Recursos e Usos em unidades físicas, seguidas da Tabela de Recursos e Usos Híbrida, que integra informações físicas e monetárias. Por fim, o documento reúne as principais referências bibliográficas que sustentam a metodologia e as análises desenvolvidas.

## 1. Contas Econômicas Ambientais da Água

A água é um elemento fundamental para garantir a integridade dos ecossistemas e da vida humana, na produção e oferta de alimentos e na manutenção de atividades econômicas. A água está em movimento contínuo através dos processos de precipitação, evaporação, escoamento superficial, infiltração e escoamento para o mar. O ciclo natural da água, o ciclo hidrológico, envolve conexões entre a atmosfera, os oceanos e a superfície e a subsuperfície terrestre.

Contudo as pressões da ação humana vêm impactando na oferta e na qualidade da água, limitando em muitos locais a disponibilidade desse recurso. Esse fator associado às condições climáticas adversas aumenta a pressão sobre os recursos hídricos e levam muitos países e regiões a sofrerem com a escassez de água.

As Contas Econômicas Ambientais da Água, baseadas em um quadro conceitual que busca a organização das informações hidrológicas<sup>1</sup> e econômicas no que diz respeito ao recurso hídrico, seguindo diretrizes internacionalmente debatida e apresentada através do Sistema de Contas Econômicas Ambientais para a Água – Sistema de Contas Econômicas Ambientais - Marco Central (SCEA-MC) (ONU, 2012), busca analisar a contribuição dos recursos hídricos para a economia e o impacto das atividades econômicas sobre tais recursos na natureza.

O SCEA-MC propõe o estabelecimento de um padrão para a realização e organização das estatísticas de ativos ambientais, como recursos hídricos, de acordo com a estrutura do Sistema de Contas Nacionais (SCN) de modo a criar condições para a extração de um conjunto de estatísticas e indicadores para o monitoramento da performance econômica e ambiental, úteis no gerenciamento dos recursos hídricos.

---

<sup>1</sup> “Hidrologia é a ciência que trata da água na Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas e sua reação com o meio ambiente, incluindo sua relação com as formas vivas” (Definição do U.S. Federal Council of Service and Technology, citada por Chow, 1959, apud Tucci, 2000).

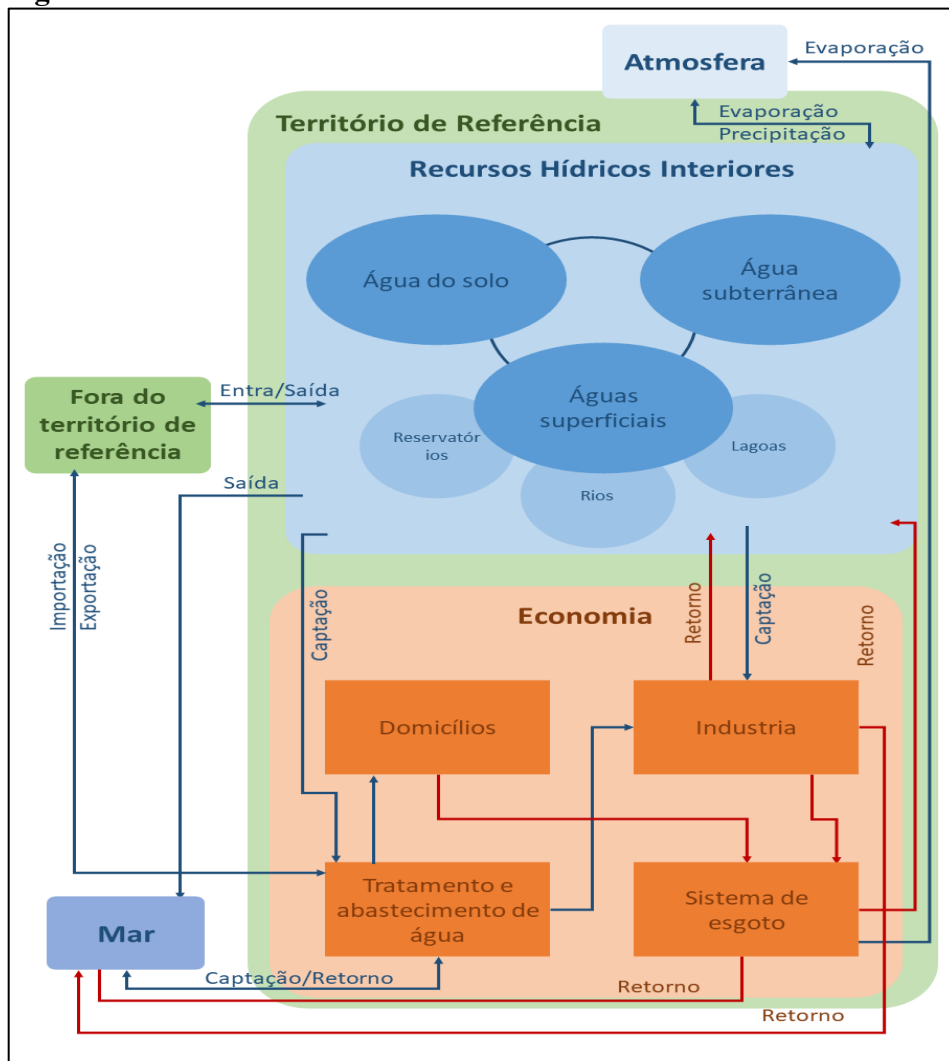
As reservas (ou ativos) de água são classificadas no SEEA-Água como: águas superficiais, águas subterrâneas e águas no solo.

As águas superficiais são subdivididas em reservatórios artificiais, lagos, rios, neve, gelo e geleiras, entre outros. As mudanças nas reservas de água são devidas aos fluxos de água no meio ambiente ou aos fluxos entre a economia e o meio ambiente.

Mudanças nas reservas também podem ser o resultado de um melhor entendimento sobre esse recurso, por exemplo, a descoberta de novos aquíferos ou a reavaliação dos recursos hídricos interiores já identificados.

Vale aqui uma importante observação: a água do rio costuma se apresentar na forma de corrente, mas também pode ser considerada uma reserva em momentos específicos. No entanto, o volume de reserva de um rio em qualquer momento é geralmente muito pequeno em comparação com o volume que flui durante um ano.

**Figura 1** – Fluxos entre os recursos hídricos e a economia



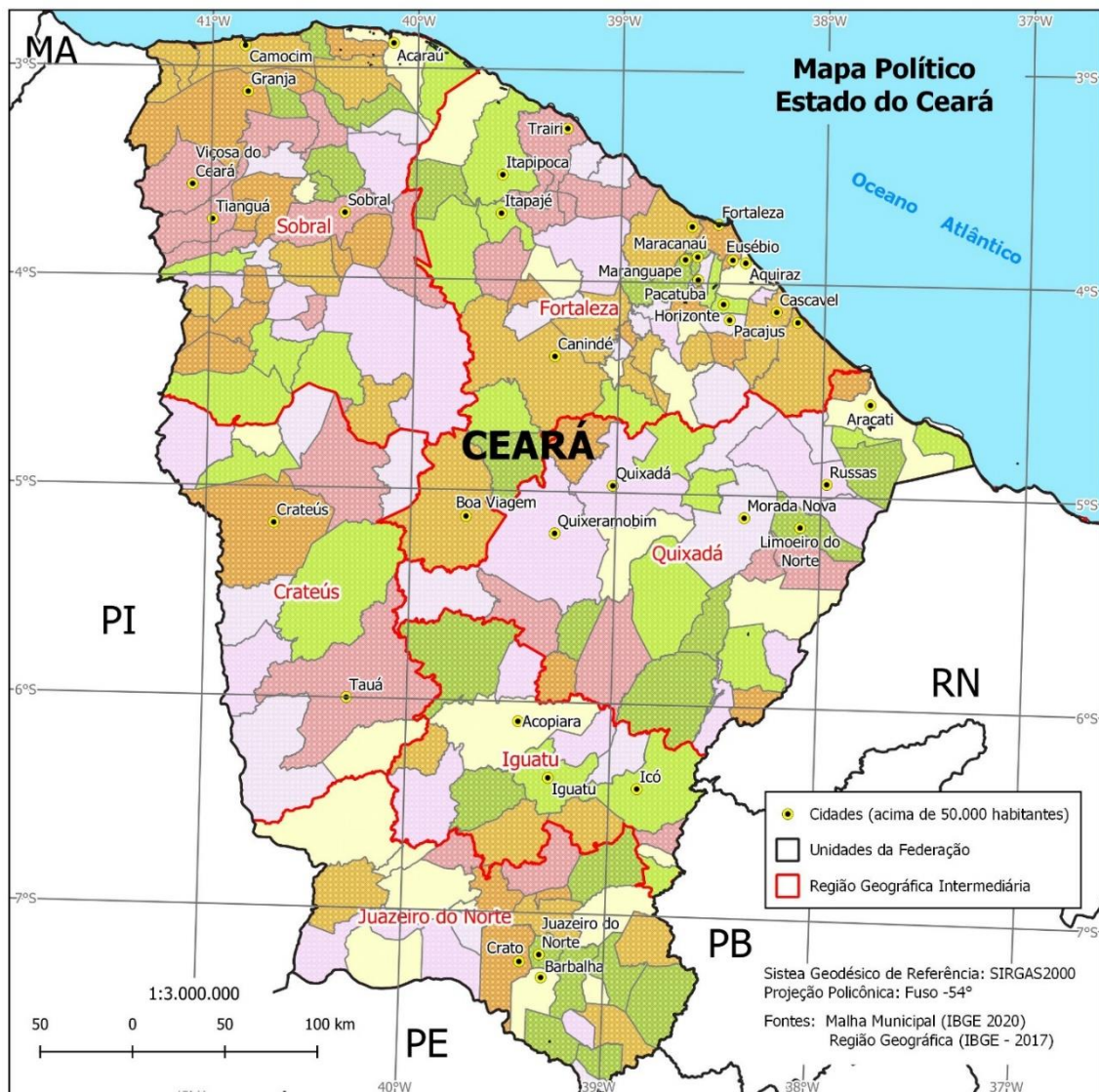
Fonte: Elaboração própria a partir do SCEA-MC (ONU, 2012, p. 20)

A figura 1 apresenta, graficamente, os principais fluxos entre os recursos hídricos de um recorte territorial e a economia, com ênfase nas captações e retornos da água por meio do seu fluxo natural e pelo seu uso na economia.

### 1.1. O Estado do Ceará e sua dinâmica hídrica.

O Estado do Ceará integra a região semiáridas brasileira, onde o balanço hídrico é deficitário, devido a fatores climáticos como a ocorrência irregular de chuvas, altas taxas de evaporação devido especialmente a alta incidência de radiação solar (OLIVEIRA, 2019). A situação de escassez foi agravada historicamente por recorrentes eventos de seca registrados, por exemplo nos períodos entre 1710-1711, 1723-1729, 1744-1745, 1777-1778, 1808-1809, 1824-1825, 1835-1837, 1844-1845, 1877-1879, 1982-1883, 1997-1998.

**Mapa 1: Mapa político do estado do Ceará**

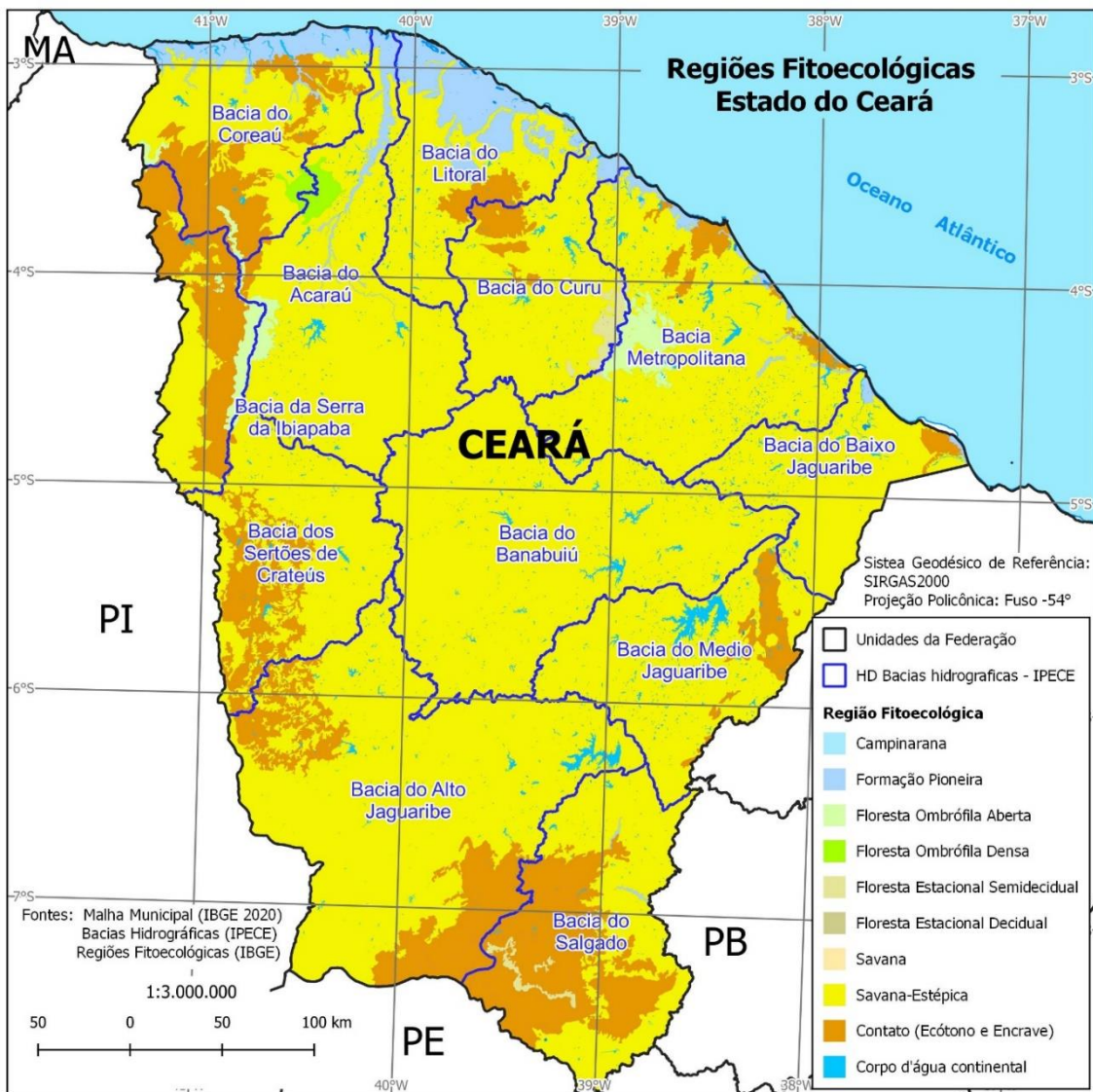


Fonte: Elaboração própria (2025).

No debate sobre a disponibilidade natural de água na região, e especificamente no estado do Ceará, é recorrente na literatura a abordagem sobre os baixos índices de precipitação, com médias anuais entre 500 e 850 mm, estando mais de 70% das chuvas concentradas em 4 meses do ano (janeiro a abril) (ARAÚJO, 2012).

Contudo outras características se agregam e se inter-relacionam ao balanço hídrico da região, como a cobertura vegetal predominantemente de caatinga; solos rasos, característicos do embasamento cristalino, predominante com baixa permeabilidade, pequena capacidade de armazenamento subterrâneo e mais susceptíveis à erosão; e rios, em sua maioria, intermitentes devido especialmente a chuvas mal distribuídas espacialmente e ao longo do ano.

**Mapa 2:** Mapa de Regiões Fitoecológicas do estado do Ceará

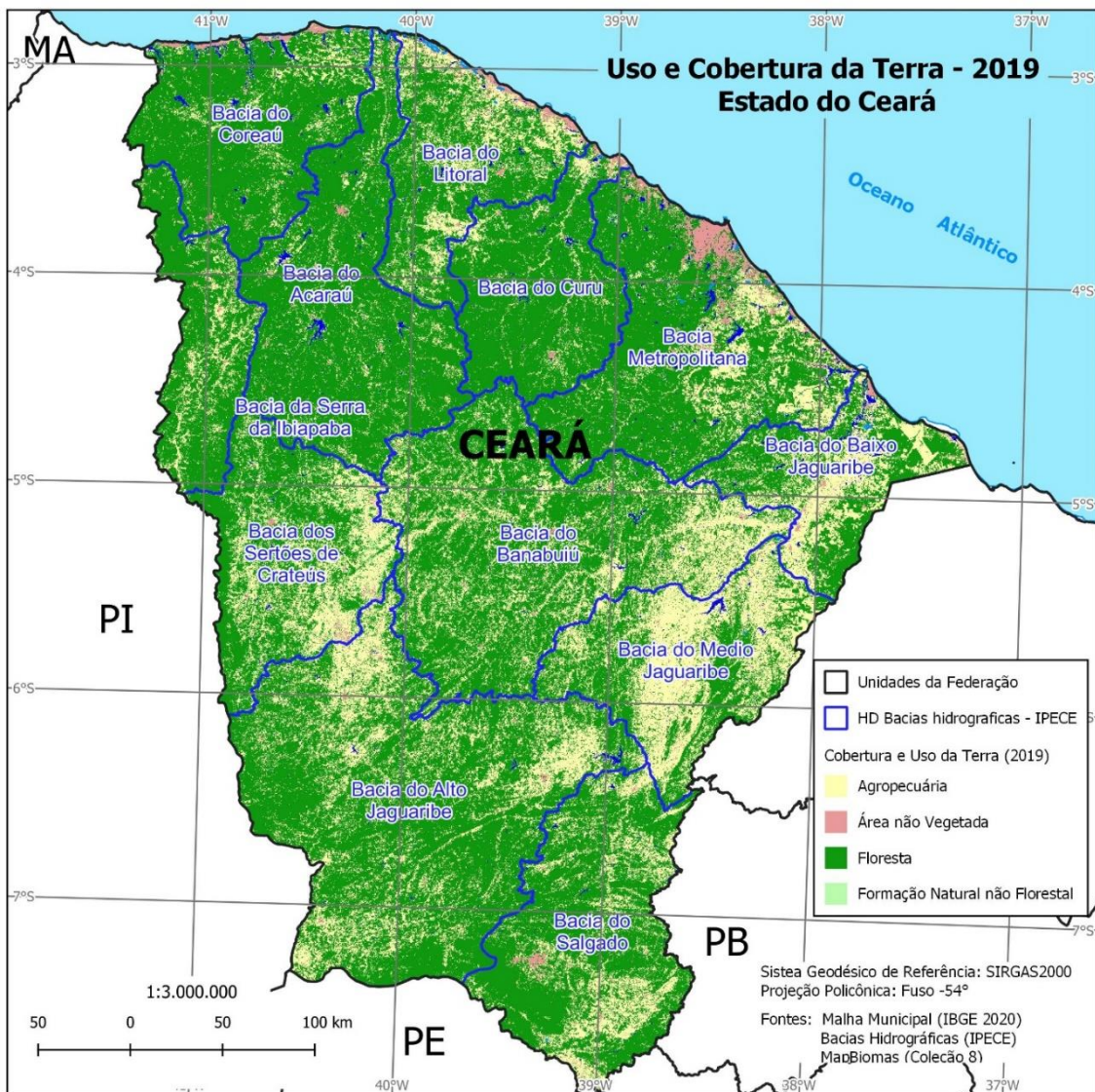


Fonte: Elaboração própria (2025).

Vale apontar também, que é possível identificar diferentes aspectos decorrentes da escassez de água, como sugerem Mishra e Singh (2010): A seca meteorológica que é diretamente associada ao

déficit de precipitação; a seca hidrológica que refere-se ao impacto dos déficits de precipitação no abastecimento de água, tais como o escoamento, os níveis dos reservatórios e dos lagos e o rebaixamento do lençol freático; a seca agrícola diretamente associada aos impactos na agricultura dos fatores ambientais de déficits de precipitação, déficits hídricos do solo, redução de água subterrânea ou níveis de reservatórios necessários para a irrigação; e a seca socioeconômica notada no impacto das condições de escassez na oferta e demanda de alguns bens econômicos e na precarização das condições sociais.

**Mapa 3: Cobertura e Uso da Terra – 2019**



Fonte: Elaboração própria (2025).

Dessa forma, estratégias para a gestão da água devem sempre considerar as especificidades ambientais, contudo a administração do recurso impacta diretamente em aspectos sociais, políticos e econômicos não necessariamente relacionados com a água, mas com todos os setores que dela se utilizam. Reconhecendo a importância dos recursos hídricos pela variedade de funções que exerce,

da manutenção da vida humana e dos ecossistemas à produção de alimentos, geração de energia e base de processos produtivos diversos, e diante do quadro hídrico geral da região em que se insere o estado do Ceará, foi criada em 1993, a COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, assumindo a missão de gerenciar os recursos hídricos de domínio do estado do Ceará.

A COGERH tem como uma de suas principais atividades o monitoramento quantitativo e qualitativo dos reservatórios, a operação e manutenção das estruturas hídricas e o apoio aos Comitês de Bacias, com vistas a promover a gestão participativa da água, em uma visão integrada em bacias hidrográficas.

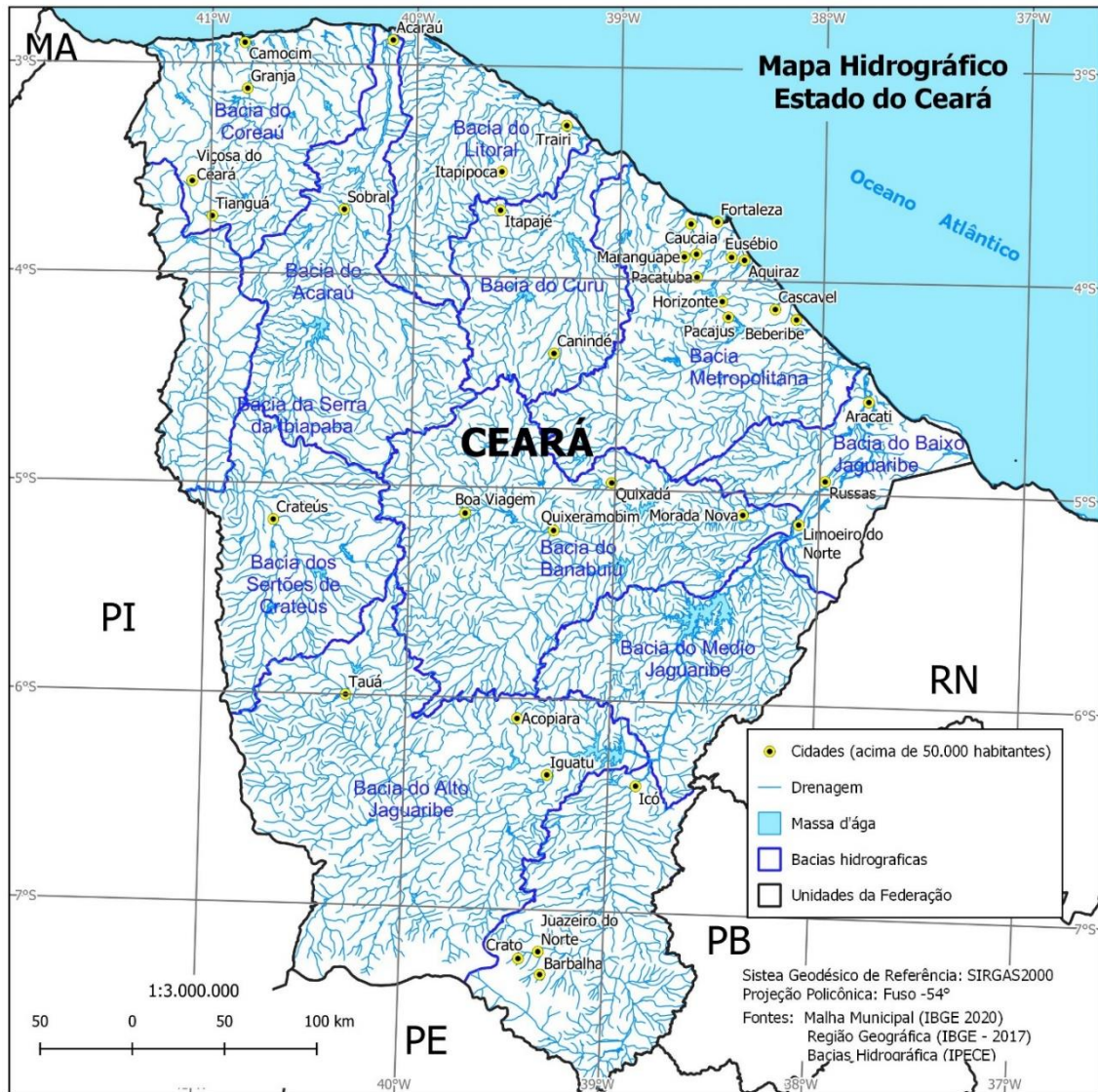
Com a Lei 14.844 de dezembro de 2010, foram estabelecidas as diretrizes e princípios da Política Estadual de Recursos Hídricos. A ação da COGERH passa a estar diretamente associada à gestão dos recursos hídricos tendo como premissas fundamentais a descentralização e o gerenciamento participativo das águas, através da operacionalização dos Comitês de Bacias.

Os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH) foram definidos pela lei estadual nº 14.844 como “entes regionais de gestão de recursos hídricos com funções consultivas e deliberativas, atuação em bacias, sub-bacias ou regiões hidrográficas”. Eles são compostos por representantes da sociedade civil, das prefeituras e dos órgãos de Governo.

O Estado do Ceará, segundo o Plano Estadual dos Recursos Hídricos, está dividido em 12 Bacias Hidrográficas, contando com 155 reservatórios monitorados pela COGERH e distribuídos entre as bacias hidrográficas do estado, com capacidade para armazenamento de 18.620 hm<sup>3</sup>.

Segunda a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, das 12 regiões hidrográficas do estado, apenas quatro apresentaram um volume armazenado pelos açudes monitorados acima de 30% distribuídos na região Centro-Norte do estado, localizados nas bacias do Coreaú, Litoral, Baixo Jaguaribe e Serra da Ibiapaba. No entanto, 100 reservatórios permanecem com abastecimento abaixo de 30%, sendo cerca de 45 reservatórios registrados com volume morto ou seco. A região Centro-Sul, onde a situação de abastecimento é mais crítica, abriga três açudes que concentram em torno de 60% da reserva hídrica do Ceará, Castanhão, Orós e Banabuiú.

Mapa 4: Bacias Hidrográficas



Fonte: Elaboração própria (2025).

Mais recentemente, no âmbito internacional, ganhou destaque o conceito de segurança hídrica, definido pela (WATER-UN, 2013) como:

A capacidade da população ter acesso sustentável à água em quantidade e qualidade adequadas para a manutenção da vida e do bem-estar humano, garantindo o desenvolvimento das atividades econômicas, garantindo a proteção contra doenças de veiculação hídrica e desastres associadas à água, bem como a preservação dos ecossistemas.

Balizado por este conceito, a contabilidade ambiental apresenta-se como fundamental no apoio às estratégias para a gestão da água, considerando as especificidades ambientais, a oferta do recurso, às diferentes demandas sobre este e os impactos nos diferentes setores humanos e da economia, assim como na manutenção dos ecossistemas.

## 2. Contas Físicas

Conforme o Marco Central do Sistema de contas econômicas ambientais (ONU, 2012) os conceitos das contas físicas de ativos ambientais são:

Contas físicas de ativos são geralmente elaboradas para tipos de ativos específicos, porque geralmente cada ativo será registrado em unidades diferentes. Isso significa que a agregação de diferentes ativos em termos físicos geralmente não é possível. Embora a agregação geralmente só seja possível em termos monetários, os lançamentos das contas de ativos em termos físicos são essenciais na elaboração de estimativas monetárias quando nenhuma transação de ativos ambientais ocorre.

Idealmente, as estimativas dos estoques iniciais e finais de um ativo devem ser elaboradas com informações relacionadas com as datas de referência do período contábil. Se as informações em relação a essas datas não estiverem diretamente disponíveis, as informações relevantes podem precisar ser ajustadas em termos de tempo. De quando em quando, surgiram novas informações que levam a uma alteração dos pressupostos subjacentes a um conjunto de estimativas. Quando informações adicionais são incorporadas, é importante que as estimativas continuem a refletir as quantidades e os valores que razoavelmente podem ser esperados nas datas de referência

As contas físicas de ativos de recursos hídricos devem ser compiladas por tipo de recurso hídrico e devem contabilizar tanto o estoque de água no início e no fim do período contábil quanto às mudanças no estoque de água. Essas contas são geralmente compiladas em termos de milhões de metros cúbicos de água.

Mudanças no estoque de água devem considerar adições no estoque, reduções no estoque e outras mudanças no estoque

### 2.1. Reservatórios

O Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR) foi criado em 2013 com o “intuito de conceber um sistema operacional que reunisse e organizasse os dados operativos dos reservatórios do Brasil”<sup>2</sup>, sendo a principal fonte de informação acerca das condições de operação desses reservatórios. Suas informações são disponibilizadas através de uma plataforma web que permite o acompanhamento da operação dos principais reservatórios do Brasil.

O SAR é dividido em 3 módulos: i. Sistema Interligado Nacional (SIN); ii. Nordeste e Semiárido; e iii. Outros Sistemas Hídricos. O módulo Nordeste e Semiárido do SAR “reúne as

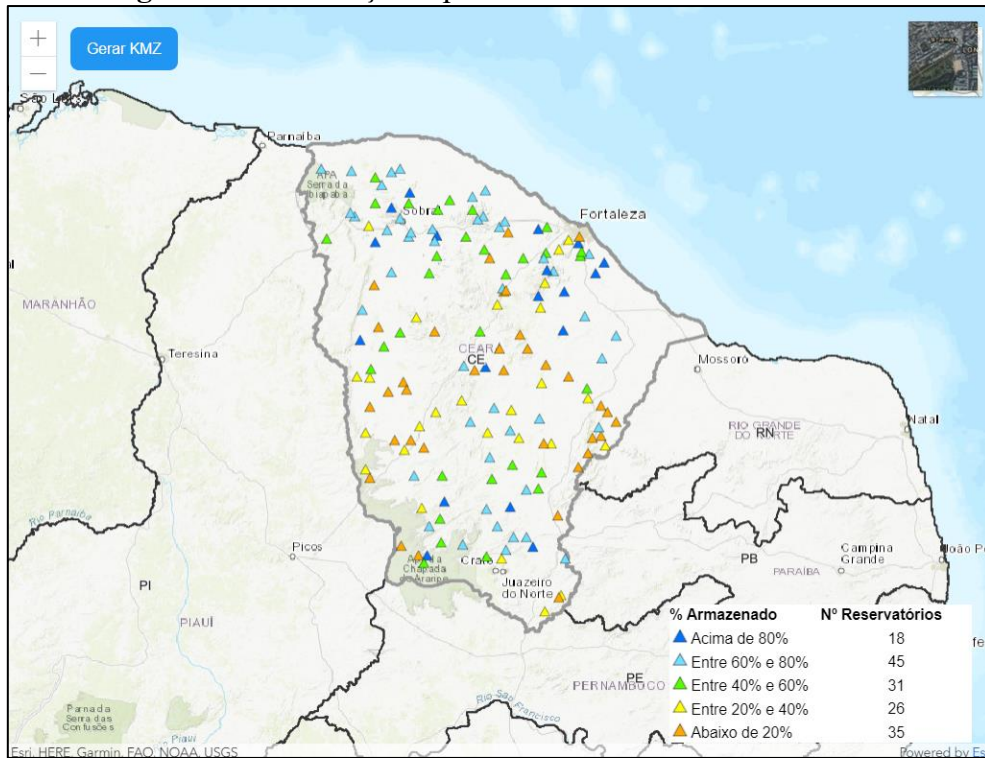
---

<sup>2</sup> <https://www.ana.gov.br/sar/sobre-o-sar>

informações de mais de 500 reservatórios nos nove estados da Região Nordeste e em Minas Gerais, acompanhados pela ANA, com capacidade total próxima a 40 bilhões de m<sup>3</sup><sup>3</sup>. Sendo assim, é possível acompanhar, temporalmente, os volumes de água armazenados nos reservatórios por estado.

A Figura 2 apresenta a visualização do SAR no estado do Ceará, contemplando a distribuição espacial dos reservatórios e o % de água armazenada.

**Figura 2:** Visualização espacial do SAR no estado do Ceará<sup>4</sup>



Fonte: Elaboração própria (2025).

Para o cálculo do estoque inicial (01 de janeiro de 2019) e para o estoque final (31 de janeiro de 2019) foi gerado 2 tabelas, uma para cada data, com as informações dos reservatórios no estado do Ceará a Tabela 1 e a Tabela 2 apresentam o resumo para a Bacia Taperoá.

**Tabela 1:** Reservatórios na Bacia Taperoá no dia 01 de janeiro de 2019

Reservatório	Município	Capacidade (hm <sup>3</sup> )	Cota (m)	Volume (hm <sup>3</sup> )	Volume (%)
CANOAS	ASSARÉ	69,25	378,74	5,44	7,86
JATOBÁ II	IPUEIRAS	6,24	261,58	1,98	31,73
SANTO ANTÔNIO	IRACEMA	0,83	46,73	0,01	1,2
SÃO JOSÉ III	IPAPORANGA	7,96	94,7	0,77	9,67

Fonte: Elaboração própria (2025).

<sup>3</sup> <https://www.ana.gov.br/sar/nordeste-e-semiarido>

<sup>4</sup> <https://www.ana.gov.br/sar/nordeste-e-semiarido/ceara>

**Tabela 2:** Reservatórios na Bacia Taperoá no dia 31 de dezembro de 2019

Reservatório	Município	Capacidade (hm <sup>3</sup> )	Cota (m)	Volume (hm <sup>3</sup> )	Volume (%)
CANOAS	ASSARÉ	69,25	380,22	7,8	11,26
SÃO JOSÉ III	IPAPORANGA	7,96	97,72	3,81	47,86
JATOBÁ II	IPUEIRAS	6,24	264,44	4,37	70,03
SANTO ANTÔNIO	IRACEMA	0,83	48,01	0,03	3,61

Fonte: Elaboração própria (2025).

O estoque inicial e o estoque final foram calculados pelo somatório da coluna “volume (hm<sup>3</sup>)”, sendo o estoque inicial, no dia 01 de janeiro de 2019, igual a **1.987,37 hm<sup>3</sup>** e o estoque final, no dia 01 de janeiro de 2019, igual a **2.684,11 hm<sup>3</sup>**.

## 2.2. Demais Massas d'Água

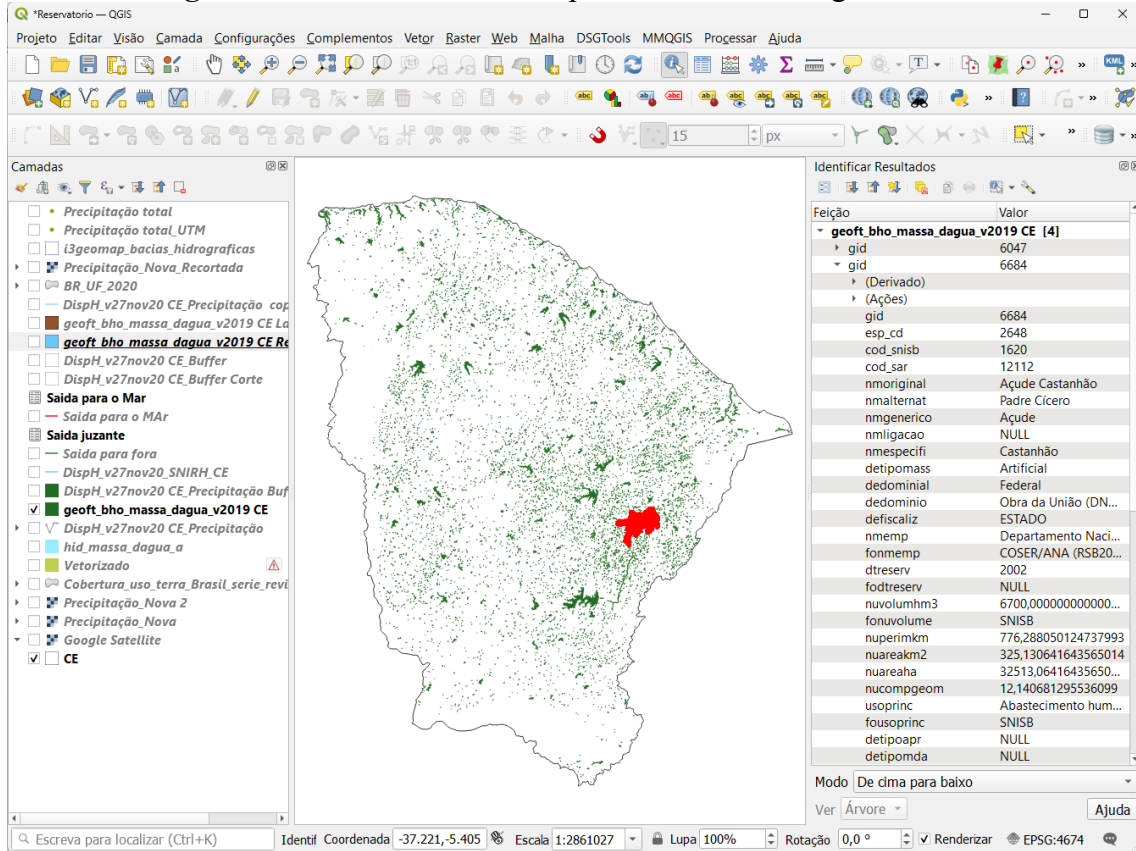
Para as demais massas d'água foi utilizado a base de dados geoespacial de Massas d'Água da ANA<sup>5</sup>, versão 2019. Nesta base de dados, as massas d'água possuem um conjunto de atributos, inclusive o que identifica se a massa d'água está no SAR (FIGURA 3), sendo assim as massas d'água sem código SAR serão utilizadas para o cálculo dos estoques inicial e final, porém a base de dados não possui informações sobre o volume de água das massas d'água não cadastradas no SAR.

Para estimar o volume de água das demais massas d'água foi utilizado um coeficiente de volume que é estimado pela razão entre a capacidade total do reservatório do SAR (hm<sup>3</sup>) e o sua respectiva área (km<sup>3</sup>).

$$CoeVolume = \frac{Volume}{Área} \quad (1)$$

<sup>5</sup> <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/7d054e5a-8cc9-403c-9f1a-085fd933610c>

**Figura 3: Base de Dados Geoespacial de Massa d'Água da ANA**



Fonte: Elaboração própria (2025).

Para avaliar se os dados contidos no SAR podem ser utilizados para estimar o volume das demais massas d'água foram comparados os volumes máximos de cada reservatório do SAR contido na base de dados das massas d'água. Das 147 massas d'água 105 tiveram diferenças menores que 0,1%. Refazendo a avaliação para os 105 restante foram definidos coeficientes de volume para o Estoque Inicial e para o Estoque Final (TABELA 3).

**Tabela 3: Estoque estimado das demais massas d'água**

Referência	Reservatórios utilizados	CoeVolume	Área Total das demais massas d'água	Volume estimado
01/01/2019	91	0,9271	1.368,653	1.268,878
31/12/2019	97	1,4655	1.368,653	2.005,761

Fonte: Elaboração própria (2025).

## 2.3 Rios

A disponibilidade hídrica refere-se ao quantitativo de água disponível em uma determinada região durante um período específico e tendo como influência padrões de precipitação, evaporação, consumo humano e das atividades econômicas, entre outros.

Estimar a disponibilidade hídrica é crucial para a gestão dos recursos hídricos eficiente, em especial sua correlação com o abastecimento de água para consumo humano, agricultura irrigada, indústria de transformação, mineração e geração de energia.

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) é uma autarquia federal “sob regime especial, com autonomia administrativa e financeira, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e vinculada ao Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, com a finalidade de implementar, em sua esfera de atribuições, a Política Nacional de Recursos Hídricos e de instituir normas de referência para a regulação dos serviços de saneamento básico.” (BRASIL, 2023).

A ANA é responsável por acompanhar a situação dos recursos hídricos do Brasil, coordenando a Rede Hidrometeorológica Nacional que capta, com o apoio dos estados e outros parceiros, informações como **nível, vazão e sedimentos dos rios** ou quantidade de chuvas. Em colaboração com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), define as regras de operação dos reservatórios das usinas hidrelétricas<sup>6</sup>.

Sendo a Disponibilidade Hídrica Superficial a vazão mínima de referência para fins de gestão e representa a oferta de água a ser considerada no Balanço Hídrico, que consiste exclusivamente na relação entre a oferta de água superficial e a demanda por essa água em diversas atividades humanas, sendo o principal dispositivo de orientação das atividades de gestão dos recursos hídricos. (ANA, 2020).

A ANA, na sua Nota Técnica nº 75 de 2020 (ANA, 2020), define que nos trechos de rio em geral a disponibilidade hídrica é a vazão  $Q_{95}$ <sup>7</sup> (anual ou mensal) e nos trechos de rio a jusante de barramentos é a vazão mínima defluente, estabelecida na regra operativa do reservatório, somada ao incremento de vazão  $Q_{95}$  destes trechos.

Nos lagos dos reservatórios, a NT nº 75, a disponibilidade é o potencial de regularização reduzido da vazão defluente mínima. Nos lagos de reservatórios ligados ao setor elétrico (UHes,

<sup>6</sup> <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional>

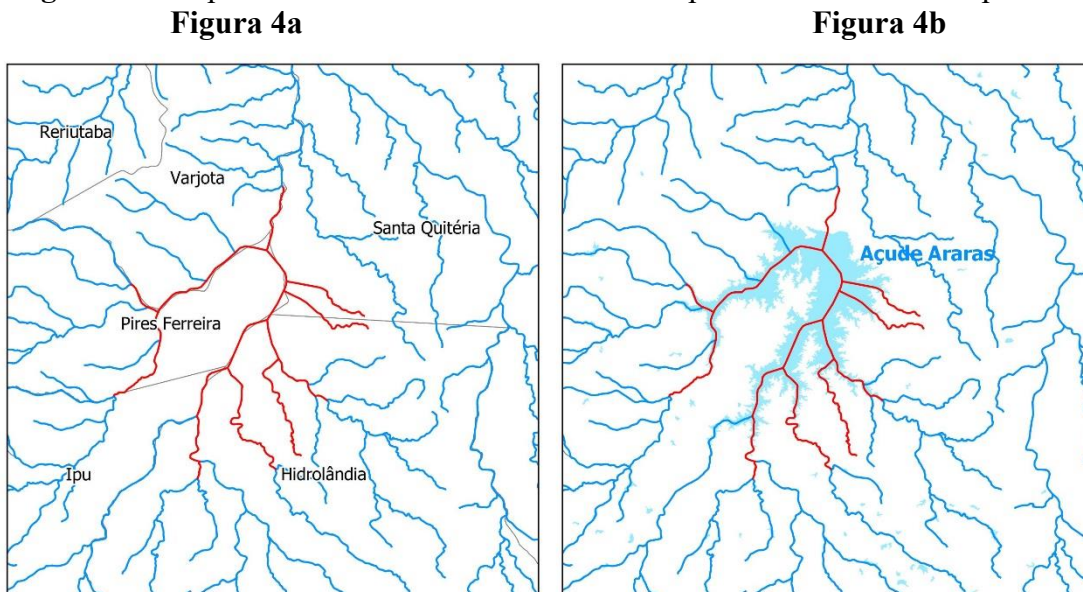
<sup>7</sup> Relacionada a uma garantia de 95% da vazão média diária com 95% de permanência, podendo ser anual ou mensal.

CGHs e PCHs) considera-se como disponível a vazão  $Q_{95}$  estimada para o local da barragem, como se o reservatório não existisse. Nos casos de operação a fio d'água, não se considera a alteração de fluxo para jusante, como acontece nos demais reservatórios. Nos casos em que, mesmo havendo geração de energia, há valores de disponibilidade predefinidos para o lago do reservatório, esses valores são assumidos em detrimento à regra.

A Disponibilidade Hídrica Superficial é disponibilizada através de arquivos geoespaciais<sup>8</sup> com informações sobre cada trecho de rio, incluindo as representações lineares internas aos reservatórios e lagos, elaborados na escala 1:1.000.000. Para identificar os trechos dentro de algum reservatório, a base de dados geoespacial possui um campo denominado “COLAGO”, tal que, se o trecho estiver dentro de algum dos reservatórios considerados, o campo recebe o valor de identificação do reservatório, o valor zero indica que o trecho não está em um lago.

A Figura 4 apresenta a base de dados geoespacial da Disponibilidade Hídrica Superficial, na Figura 4a, os trechos de rios em azul receberam o valor “0” no atributo “COLAGO” e os trechos em vermelho o valor “3180” que é o identificador da represa. A Figura 4b incorpora as informações geoespaciais de massa d'água, confirmando a funcionalidade do atributo “COLAGO”.

**Figura 4:** Campo COLAGO na base de dados da disponibilidade hídrica superficial

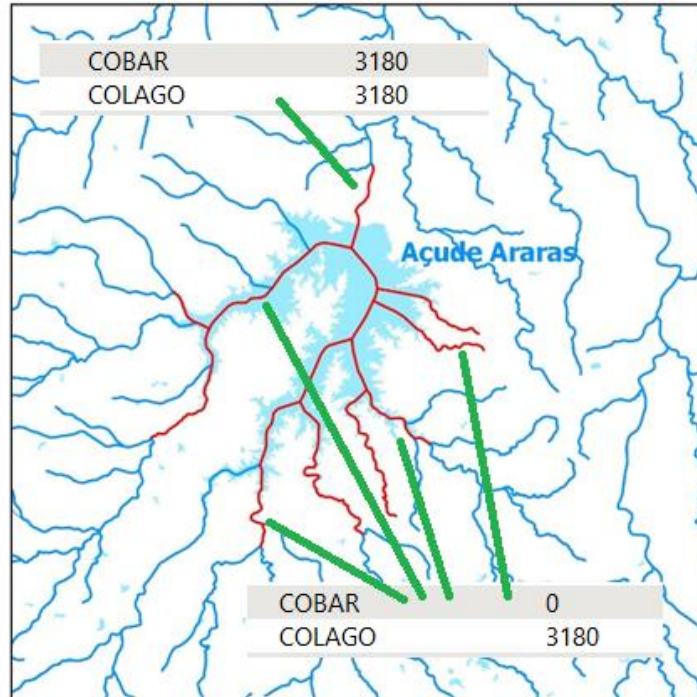


Fonte: Elaboração própria (2025).

<sup>8</sup>. <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/7ac42372-3605-44a4-bae4-4dee7af1a2f8>

Outro atributo importante é o “COBAR”, pois identifica o trecho do maciço da barragem e recebe o valor de identificação do reservatório, conforme Figura 5.

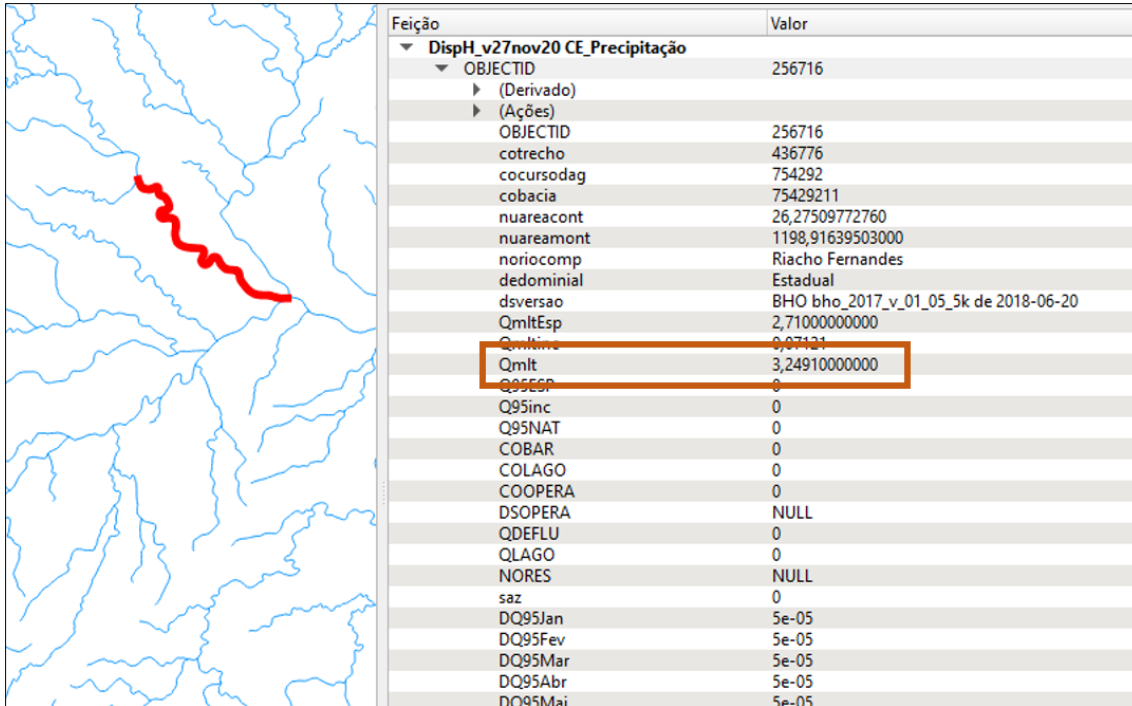
**Figura 5:** Campo COBAR na base de dados da disponibilidade hídrica superficial



Fonte: Elaboração própria (2025).

Eliminando os trechos com codificação dos reservatórios e do maciço da barragem, bem como das demais massas d’água os trechos restantes foram utilizados para a estimativa do volume de água. Como os trechos têm sua representação gráfica pela geometria linear, foram estimados os volumes pela sua vazão média em m<sup>3</sup>/s de cada trecho. A Figura 6 demonstra o atributo da vazão média de cada trecho.

**Figura 6: Vazão média em m<sup>3</sup>/s por trecho**

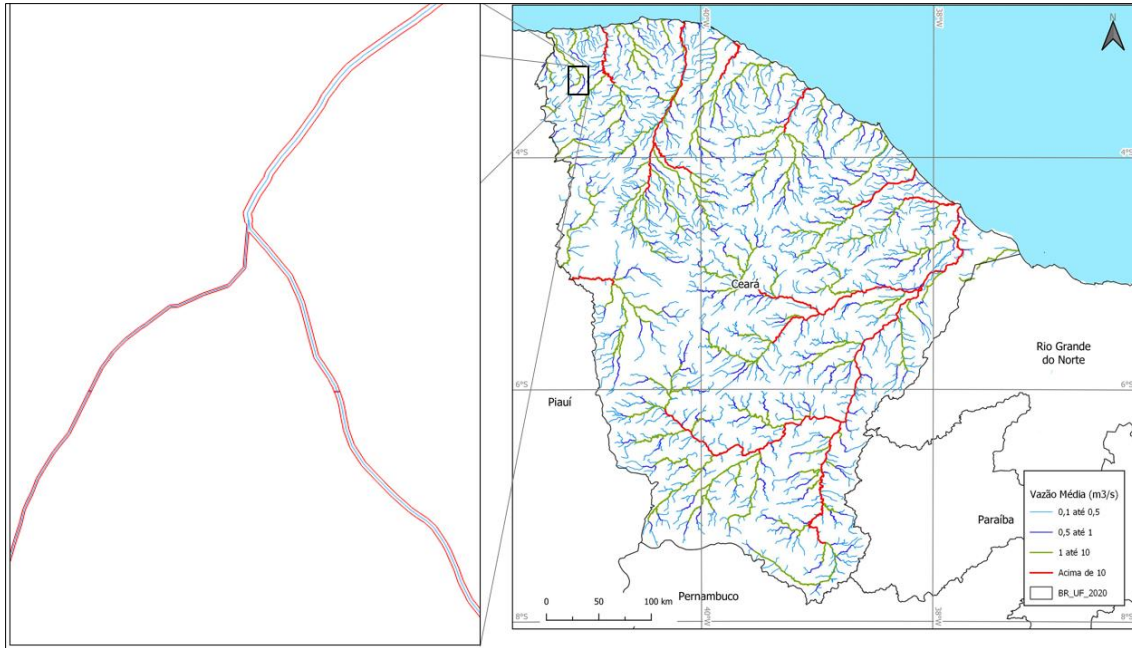


Fonte: Elaboração própria (2025).

Para estimar a área dos trechos de rios foram criados *buffers*, cuja o raio é definido pela vazão média. Trechos com vazões inferiores a 0,1 m<sup>3</sup>/s não foram considerados.

Vazão Média de 0,1 m <sup>3</sup> /s até 0,5 m <sup>3</sup> /s	Buffer de 1 m
Vazão Média de 0,5 m <sup>3</sup> /s até 1,0 m <sup>3</sup> /s	Buffer de 2 m
Vazão Média de 1,0 m <sup>3</sup> /s até 5,0 m <sup>3</sup> /s	Buffer de 5 m
Vazão Média acima de 10,0 m <sup>3</sup>	Buffer de 10 m

**Figura 7:** Estimativa da área dos rios pela vazão média



Fonte: Elaboração própria (2025).

A Figura 7 apresenta o resultado da criação dos buffers e que foram utilizados para o cálculo da área dos buffers, obtendo um valor estimado de 112,530 km<sup>2</sup>. De posse desse valor foi aplicado os Coeficientes de Volumes (EQUAÇÃO 1) para o estoque inicial e final (TABELA 4).

**Tabela 4:** Estoques dos Rios

<b>Estoque Inicial</b>	104,327 hm <sup>3</sup>
<b>Estoque Final</b>	164,913 hm <sup>3</sup>

Fonte: Elaboração própria (2025).

A tabela 5 apresenta o resultado final para as contas físicas das águas superficiais.

**Tabela 5:** Contas Físicas das Águas Superficiais

	<b>Reservatórios SAR</b>	<b>Rios e riachos</b>	<b>Demais massas d'água</b>	<b>Total</b>
<b>Inicial (hm<sup>3</sup>)</b>	1.987,37	104,33	1.268,88	3.360,58
<b>Final (hm<sup>3</sup>)</b>	2.684,11	164,91	2.005,76	4.854,78

Fonte: Elaboração própria (2025).

## 2.4 Águas Subterrâneas

Água Subterrânea ocorre sob a superfície da Terra, acumulada especialmente em camadas porosas de formações geológicas conhecidas como aquíferos. Segundo Silva *et al* (2007), dos poços explorados no Ceará em 2003, 63% estavam no embasamento cristalino, 29% em litologia sedimentar (porosa) e o restante em aluviões e formações cársticas. Apesar do armazenamento de água subterrânea no cristalino, litologia dominante no Ceará, ser limitado, em razão da alta resistência à infiltração nessas estruturas, vários municípios cearenses dispõem desse recurso hídrico subterrânea de maneira significativa, devido a sua ocorrendo a partir do preenchimento em áreas fraturas dessa litologia.

As regiões onde os recursos hídricos do substrato são mais abundantes estão concentradas nas áreas sedimentares. Isto ocorre devido à porosidade e permeabilidade destas rochas, que as transformam em excelentes corpos armazenadores.

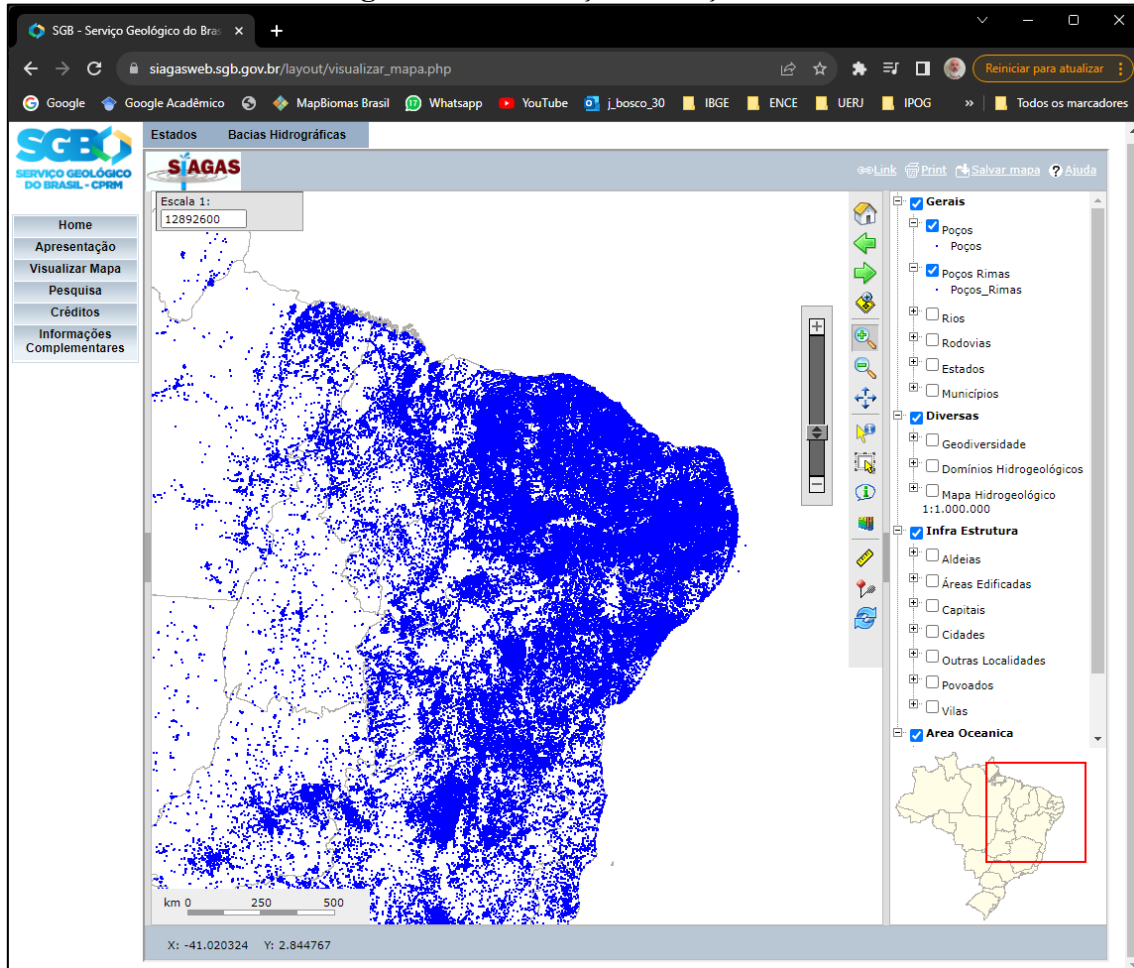
Estudo desenvolvido pela CPRM em parceria com a Universidade Federal do Ceará (UFC) apontou que a Bacia Sedimentar do Araripe localizada na região do Cariri, sul do Ceará, constituindo-se na maior e mais importante bacia hidrogeológica do Estado, com as melhores unidades armazenadoras de água subterrânea, representadas pelos aquíferos Rio da Batateira, Missão Velha e Mauriti (VERÍSSIMO, CAVALCANTE e AGUIAR, 2007). Nessa área localiza-se uma das regiões mais populosas do estado, definida como Região Metropolitana do Cariri, a partir do aglomerado urbano formado entre os municípios de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha, somando-se a esses os municípios limítrofes de Caririaçu, Farias Brito, Jardim, Missão Velha, Nova Olinda, Santana do Cariri, região localizada na divisa entre o Ceará, Pernambuco, Paraíba e Piauí.

No Estado do Ceará encontram-se ainda aquíferos na porção sedimentar costeira formado por sistemas dunas, paleodunas e formação barreiras. Segunda a Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará (SRH), as águas de poços em terrenos cristalinos e no sedimentar costeiro apresenta elevado grau de salinidade. Seu uso para abastecimento fica condicionado a processos de dessalinização, processo já utilizado no Estado desde a década de 90. Por ser para muitas áreas a única água disponível para a população de áreas rurais grau difusas, processo de dessalinização de poços permite a melhor aproveitamento hídrico desse recurso, para assegurar o abastecimento dos rebanhos e para a utilização doméstica secundária (lavar, uso para banho, descarga etc.).

Como a distribuição dos poços é quase homogênea na região Nordeste, conforme Figura 8, a estimativa do volume das águas subterrâneas será uma razão com a área territorial. Na Contas Econômicas da Água (IBGE, 2023) a região nordeste tem um volume de água subterrânea inicial e

final de 14.851.666 hm<sup>3</sup> e 14.876.578 hm<sup>3</sup>, respectivamente. Sendo assim os volumes de água do estoque inicial e final do estado do Ceará é de 1.424.673,050 hm<sup>3</sup> e 1.427.062,779 hm<sup>3</sup>, respectivamente

**Figura 8: Distribuição de Poços - NE**



Fonte: Elaboração própria a partir do Serviço Geológico do Brasil (SGB).

## 2.5. Águas no solo

Para o cálculo da água do solo foi utilizado como base de dados os valores calculados nas Contas Ambientais da Água do IBGE (IBGE, 2023) e o Mapeamento de Cobertura e Uso da Terra do MapBiomas (Coleção 8)<sup>9</sup>. O método consiste na proporção de água no solo e a extensão territorial. Nas Contas de Água do IBGE, a região nordeste possui, no estoque inicial, 355.208 hm<sup>3</sup> de água no solo em 2019 e 332.339 hm<sup>3</sup> no estoque final.

<sup>9</sup> <https://brasil.mapbiomas.org/>

A região Nordeste ocupa um território de 1.552.167,01 km<sup>2</sup>, conforme o IBGE, ao excluir as classes de massa d'água e infraestrutura urbana da cobertura e uso da terra do MapBiomias a área de referência será de 1.530.087,72 km<sup>2</sup>. Aplicando a mesma lógica para a área do estado do Ceará a área sem as classes de massa d'água e infraestrutura urbana é de 146.160,87 km<sup>2</sup>.

Por fim, aplicando a proporcionalidade o estoque inicial e final de água do solo é de **33.931,067 hm<sup>3</sup>** e **31.746,517 hm<sup>3</sup>**, respectivamente.

### **3. Tabela de Recursos e Usos – Física**

A tabela de Recursos e Usos Físicos (TRU-Física) estão relacionados às adições e as reduções do estoque inicial de um determinado recorte geográfico e num período temporal. Nas Contas Ambientais da Água as adições são dadas pelo Consumo Humano, pelas Atividades Econômicas, pela Precipitação e Entrada de Outras Regiões a Montante. As reduções são dadas pelo Consumo Humano, pelas Atividades Econômicas, pela Evaporação, pela saída para o mar e pela saída para outras regiões a jusante.

A Tabela de recursos e usos física se apresenta dividida em duas partes: a primeira parte descrevendo os fluxos do ambiente para a economia, tais como a captação de água pelas indústrias e famílias; a segunda parte descrevendo os fluxos dentro da economia, como a água recebida de outras indústrias, das famílias e do resto do mundo.

Os fluxos físicos são registrados por meio da compilação de tabelas de recursos e usos em unidades físicas de medida. Essas tabelas, comumente conhecidas como TRU Física, são utilizadas para avaliar a forma como uma economia fornece e usa água, e para analisar mudanças nos padrões de produção e consumo ao longo do tempo.

Em combinação com os dados das tabelas de recursos e usos monetárias, permitem que sejam examinadas as mudanças na produtividade e na intensidade do uso de insumos naturais, no caso a água.

#### **3.1. Fluxos do Ambiente**

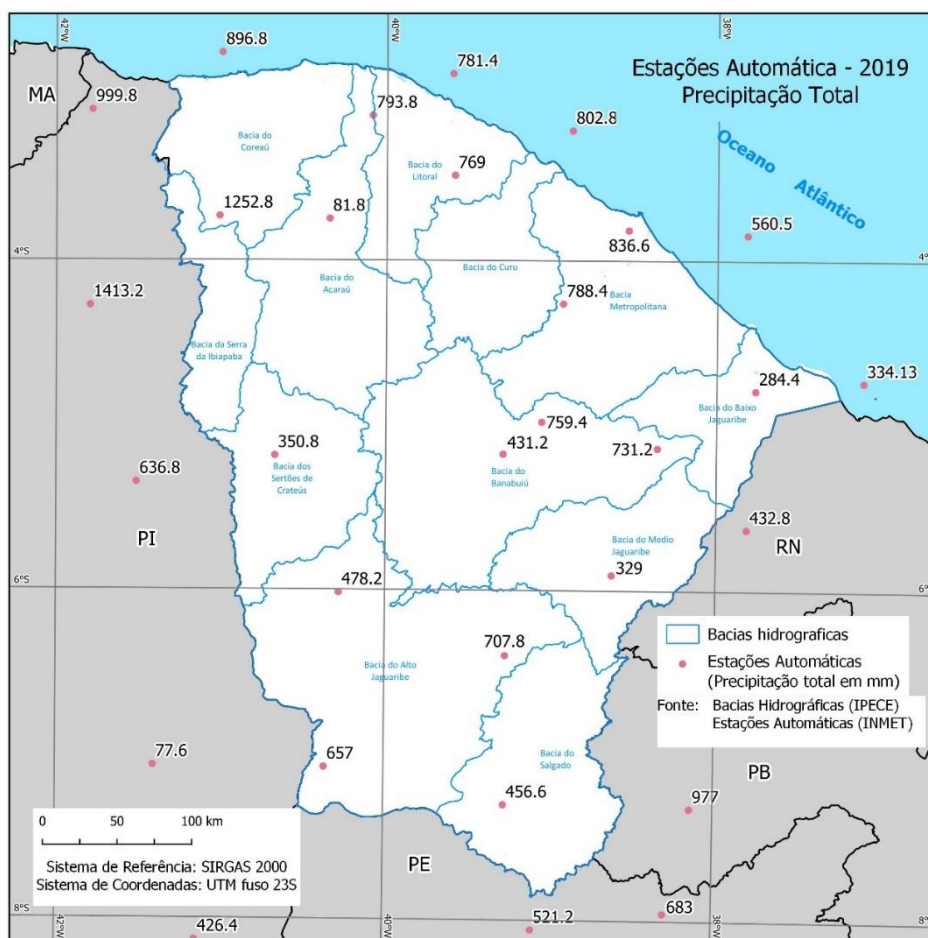
##### **3.1.1. Precipitação**

A precipitação é uma parte fundamental do ciclo hidrológico e refere-se à formação e queda de água da atmosfera na superfície terrestre, incluindo chuva, neve, granizo e outras formas. A quantidade e a sua distribuição variam geograficamente e são influenciadas por fatores como latitude,

altitude, relevo, correntes de ar e a presença de massas de água. A precipitação é um componente da TRU-Física e está associada à entrada de água no estoque calculado inicialmente.

Para estimar sua contribuição foram utilizadas 16 estações automáticas disponíveis no estado do Ceará (A305, A306, A314, A315, A319, A324, A325, A332, A339, A342, A347, A358, A359, A360, A368, A369), .Essas estações foram usadas para estimar a precipitação em todo o território cearense a partir da interpolação dos valores de precipitação máxima de cada estação numa grade regular de 2 km. Para que a estimativa da precipitação total possa ser calculada é necessário incluir estações localizadas fora do estado do Ceará, para isso foram utilizadas 5 estações automáticas no Piauí (A308, A330, A335, A343 e A361), 1 estação automática no Rio Grande do Norte (A340), 1 estação automática na Paraíba (A373) e 2 estações automáticas em Pernambuco (A350 e A370). Mesmo utilizando as estações fora do estado do Ceará, não era possível interpolar os valores perto do litoral, sendo assim, foram estimados 5 valores de precipitação máxima através da triangulação entre as estações perto do litoral, o Mapa 5 apresenta a distribuição espacial das estações.

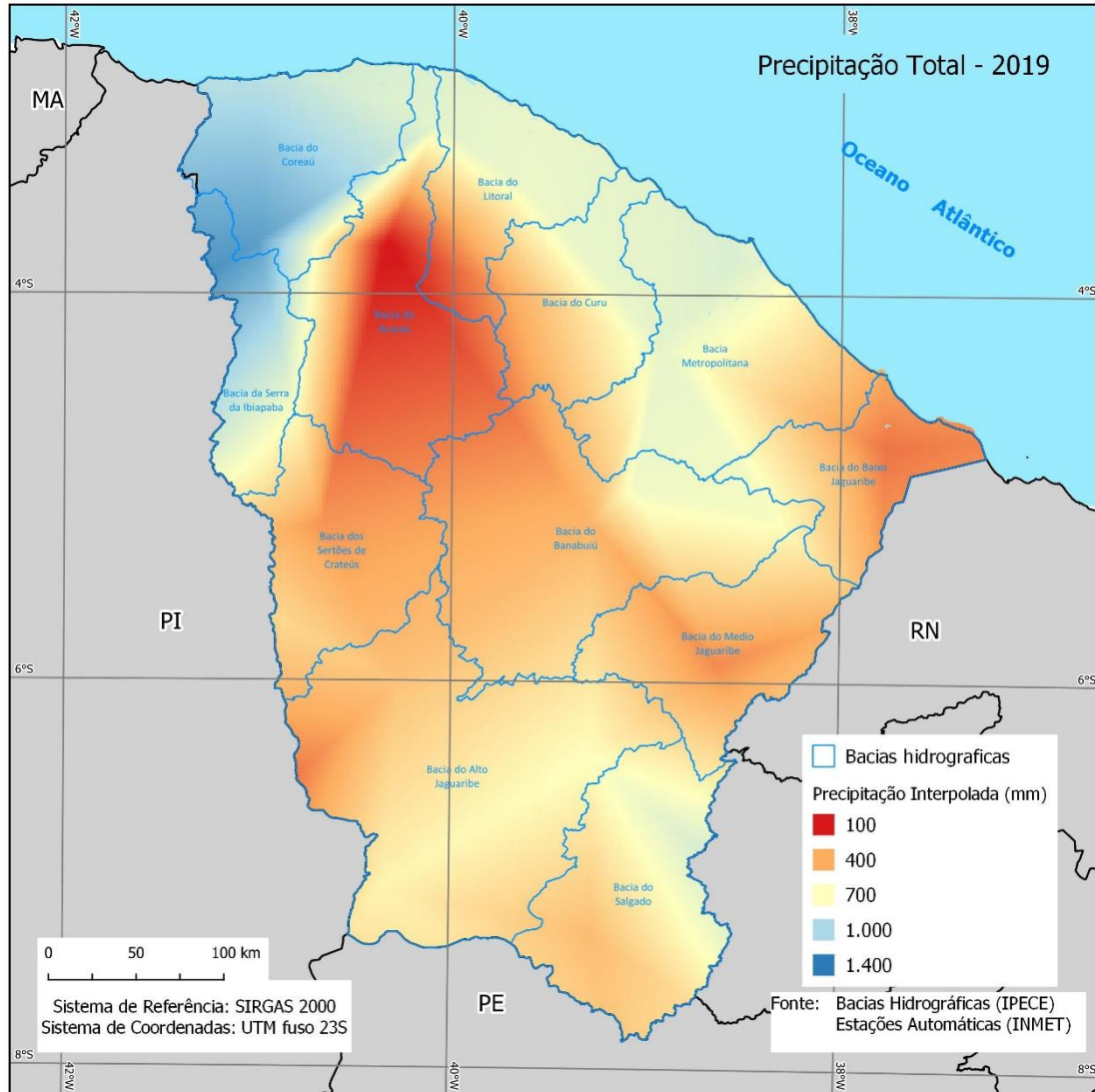
**Mapa 5:** Estações Automáticas do INMET



Fonte: Elaboração própria (2025).

Para a geração da interpolação foi utilizado o Software de tratamento de dados geoespaciais o QGIS, numa grade de 2 km. O Mapa 6 apresenta a interpolação das estações.

**Mapa 6:** Interpolação da precipitação máxima



Fonte: Elaboração própria (2025).

Utilizando as bases de dados geoespaciais, que definiram os estoques dos reservatórios, dos rios e riachos e das demais massa d'água, sobrepostas a grade de interpolação da precipitação total foram estimadas as entradas de água pela precipitação. As células que não são sobrepostas aos elementos hidrográficos foram contabilizadas ao solo (TABELA 6).

**Tabela 6:** Adições por precipitação

Elementos hidrográficos e solo	Adições
Reservatório (SAR)	838,527 hm <sup>3</sup>
Rios e Riachos	489,977 hm <sup>3</sup>
Demais Massas d'água	673,046 hm <sup>3</sup>
Solo	86.795,060 hm <sup>3</sup>

Fonte: Elaboração própria (2025).

### 3.1.2. Evaporação

A evaporação líquida de massas d'água (EL) é definida pela diferença entre a evaporação real de um espelho de água (evaporação bruta) e a evapotranspiração real esperada para o local do espelho, caso ele não tivesse sido implantado (ANA, 2019). A evapotranspiração real corresponde à água transportada da superfície terrestre para a atmosfera por evaporação do solo e por transpiração das plantas, em condições ambientais reais.

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e a Universidade Federal do Paraná (UFPR) desenvolveram métodos e bases de dados capazes de retratar a evaporação líquida no território brasileiro e disponibilizaram através da publicação “Evaporação líquida de reservatórios artificiais no Brasil” (ANA, 2021). Os valores da taxa de evaporação líquida média diária no ano/mês (mm = 1 L/m<sup>2</sup>) estão disponíveis via catálogo de metadados da ANA<sup>10</sup>.

O cálculo da EL de cada reservatório foi realizado aplicando a taxa de evaporação líquida média de cada mês com a área de cada reservatório<sup>11</sup>, chegando a uma estimativa de **1.721,447 hm<sup>3</sup>** para os reservatórios SAR. Para estimar a EL das demais massas d'água e dos rios, foi aplicado um coeficiente (CoeEL) obtido entre a área do reservatório SAR e o valor da EL.  $CoeEL = 1,14651$ .

$$CoeEL = \frac{EL}{Área} \quad (2)$$

Aplicando o Coeficiente (CoeEL) a estimativa evaporação líquida das demais massas d'água é de **1.569,174 hm<sup>3</sup>** E dos Rios de **129,017 hm<sup>3</sup>**.

Para estimar a evapotranspiração do solo, foi aplicado a mesma lógica do coeficiente CoeEL, porém usando como a tabela de Estoque da região nordeste das Contas Econômicas da Água do IBGE

<sup>10</sup> <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/c5b45a6e-69df-4a26-9dd9-846160b10e2a>

<sup>11</sup> <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/7d054e5a-8cc9-403c-9f1a-085fd933610c>

(IBGE, 2023). Na tabela de estoque a região nordeste teve uma evapotranspiração real de 4.309.539 hm<sup>3</sup> e com uma área territorial<sup>12</sup> de 1.552.167,009 km<sup>2</sup>, sendo assim o coeficiente para a evapotranspiração real é de 2,7765. Aplicando esse coeficiente na área territorial do estado do Ceará, a evapotranspiração real estimada será de **413.400,360 hm<sup>3</sup>**.

### 3.1.3. Saídas à Jusante e ao Mar

Em hidrologia o termo Jusante e Montante são utilizados para descrever a direção do fluxo da água de um rio ou sua posição ao longo de uma bacia hidrográfica. Jusante se refere à direção descendente do fluxo da água ou a parte inferior do rio, já Montante se refere a direção ascendente do fluxo da água ou da parte superior do rio.

O estado do Ceará está, na grande maioria do seu território dentro da Bacia Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental<sup>13</sup>, não tendo fluxo de água vindo de outros territórios a montante, porém, alguns rios têm seus fluxos de água saindo do estado ou indo para o mar.

Utilizando os dados da Disponibilidade Hídrica da ANA e selecionando os rios com essas características, foram estimados o volume de saída para o mar; **13.247,54 hm<sup>3</sup>** e saída para Jusante; **390,50hm<sup>3</sup>**.

## 3.2 Fluxos da economia

Um uso é considerado consuntivo quando a água é retirada e consumida, parcial ou totalmente, no processo a que se destina, não retornando diretamente ao corpo d'água. O consumo pode ocorrer por evaporação, transpiração, incorporação em produtos, consumo por seres vivos, dentre outras formas. (ANA, 2019)

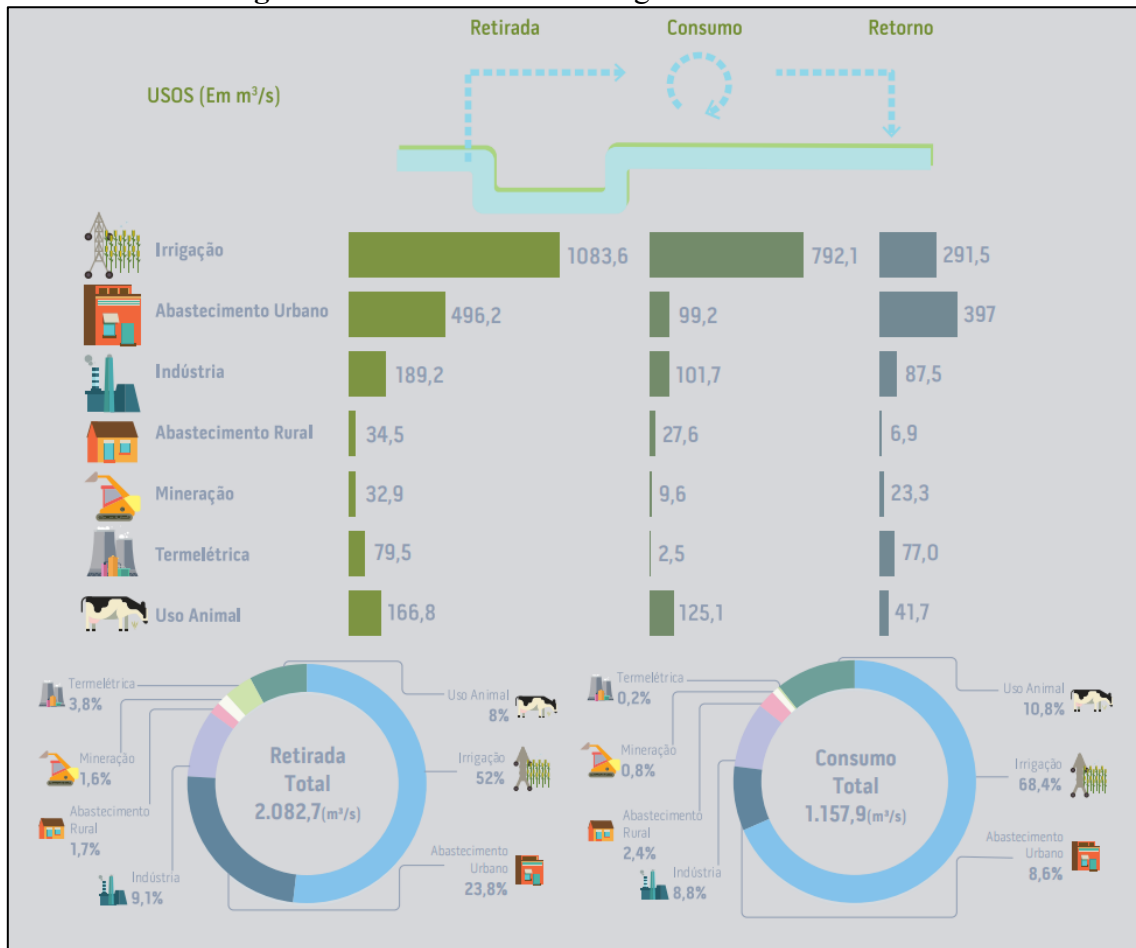
Para garantir a segurança hídricas que garanta um desenvolvimento sustentável no Brasil, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) desenvolveu o Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil (ANA, 2019), como parte de um estudo sobre os usos da água para todos os municípios do Brasil, acompanhando a evolução desde 1931 e com projeções das demanda até 2030, totalizando 100 anos de investigação sobre os usos da água.

<sup>12</sup> <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?edicao=27729&t=acesso-ao-produto>

<sup>13</sup> Primeiro nível da codificação de Ottobacias da ANA

As categorias de usos da água<sup>14</sup> no referido manual são: i. abastecimento humano (urbano e rural); ii. abastecimento animal; iii. indústria de transformação; iv. mineração; v. termoelectricidade; e vi. irrigação. Para cada uso são caracterizadas as vazões de retirada<sup>15</sup>, de consumo<sup>16</sup> e de retorno<sup>17</sup>. A Figura 9 apresenta um resumo da demanda de uso da água no Brasil em 2017. Os valores da vazão de retirada e consumo, para as categorias e para cada município estão disponíveis na tabela disponibilizada pela ANA<sup>18</sup>.

**Figura 9:** Demanda de uso da água no Brasil em 2017



Fonte: ANA (2019).

<sup>14</sup> Usos da água como a navegação, a pesca, o turismo e o lazer não afetam diretamente a quantidade de água local, embora dela dependam, sendo considerados usos não consuntivos, não perfazendo o escopo desse estudo

<sup>15</sup> Montante captado no corpo hídrico

<sup>16</sup> Fração da retirada que não retorna ao corpo hídrico

<sup>17</sup> Fração da retirada que retorna ao corpo hídrico

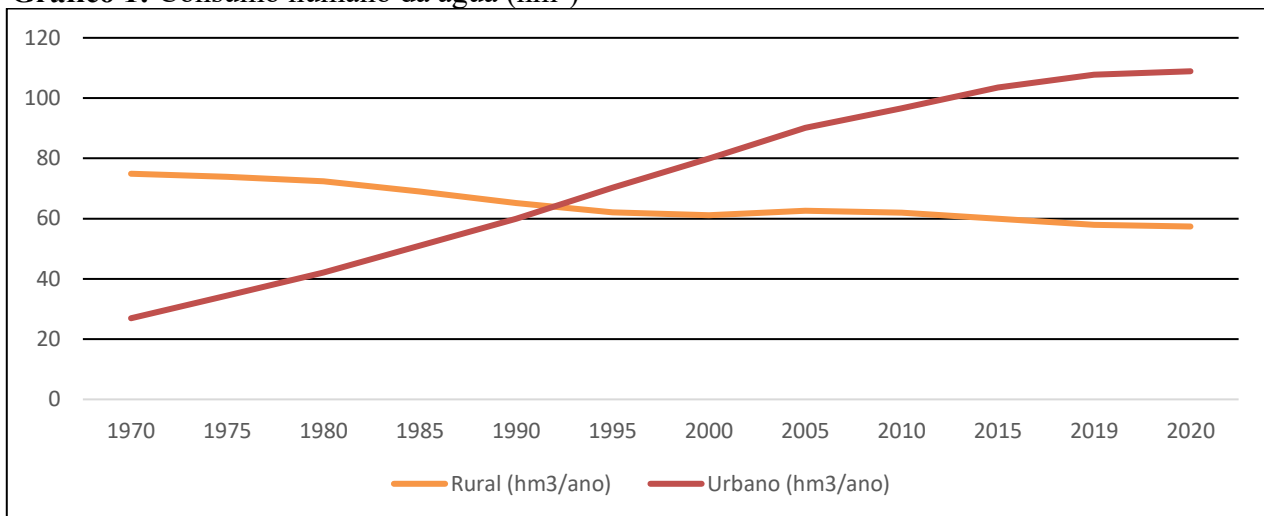
<sup>18</sup> <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/5146c9ec-5589-4af1-bd64-d34848f484fd>

### 3.2.1. Abastecimento Humano

A Lei das Águas (Lei nº 9.433/1997) reconhece o abastecimento humano e a dessedentação animal como usos prioritários da água em situações de escassez. O abastecimento engloba o uso doméstico ou residencial (urbano e rural) e nos setores comercial e de serviços.

O gráfico 1 apresenta a evolução do consumo humano da água pela população urbana e rural, nota-se que o consumo rural vem decrescendo, muito provavelmente em função da migração da população do campo para as cidades nesse período.

**Gráfico 1:** Consumo humano da água (hm<sup>3</sup>)



Fonte: Elaboração própria (2025).

Em paralelo a ANA disponibilizou um arquivo geoespacial com as informações dos Usos Consuntivos da Água por microbacias hidrográficas em 2017. De posse dessas informações geoespaciais foram gerados mapas para cada categoria de uso do estado do Ceará.

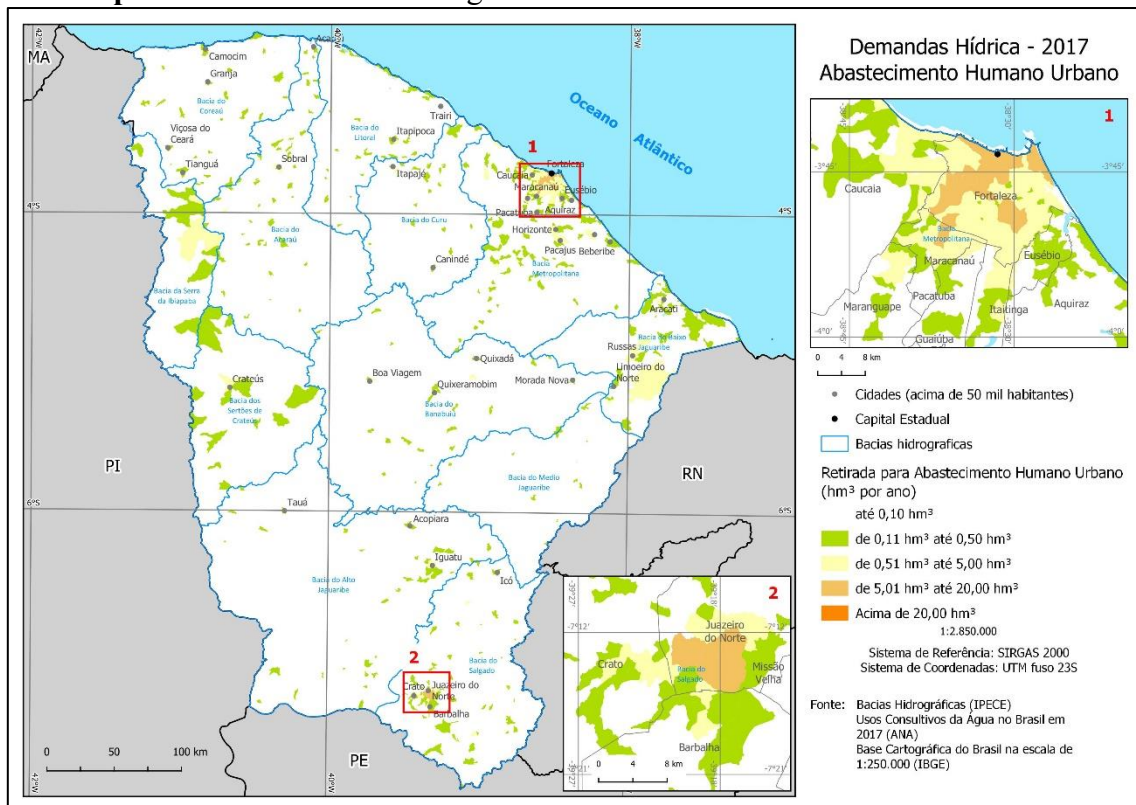
Conforme a publicação do IBGE, Região de Influência das Cidades – 2018 (IBGE, 2020), o arranjo populacional<sup>19</sup> de Fortaleza está classificado como Metrópole Nacional e a próxima hierarquia urbana no Ceará, arranjo populacional de Juazeiro do Norte, é classificado como Capital Regional. Essa classificação é corroborada pela grande concentração de população urbana, sendo as 5 mais populosas do estado, em 2010<sup>20</sup>, as cidades de Fortaleza, Caucaia (compõe o arranjo populacional de Fortaleza), Juazeiro do Norte, Maracanaú (compõe o arranjo populacional de Fortaleza) e Sobral.

<sup>19</sup> Um arranjo populacional é o agrupamento de dois ou mais municípios onde há uma forte integração populacional devido aos movimentos pendulares para trabalho ou estudo, ou devido a contiguidade entre as manchas urbanizadas principais. (IBGE, 2016)

<sup>20</sup> <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/608>

O mapa 7 apresenta as 2 maiores hierarquias urbanas do Ceará com as maiores concentrações de retirada da água para abastecimento humano urbano. Enquanto 90,5%<sup>21</sup> dos domicílios urbanos são abastecidos pela rede geral, no rural apenas 23,0%<sup>21</sup> dos domicílios são abastecidos pela rede geral. Isso pode ser notado no mapa 8, pois a grande maioria dos municípios apresentam baixa retirada de água. Do total de domicílios rurais do estado, 67,6%<sup>21</sup> retiram sua água de poços ou nascentes.

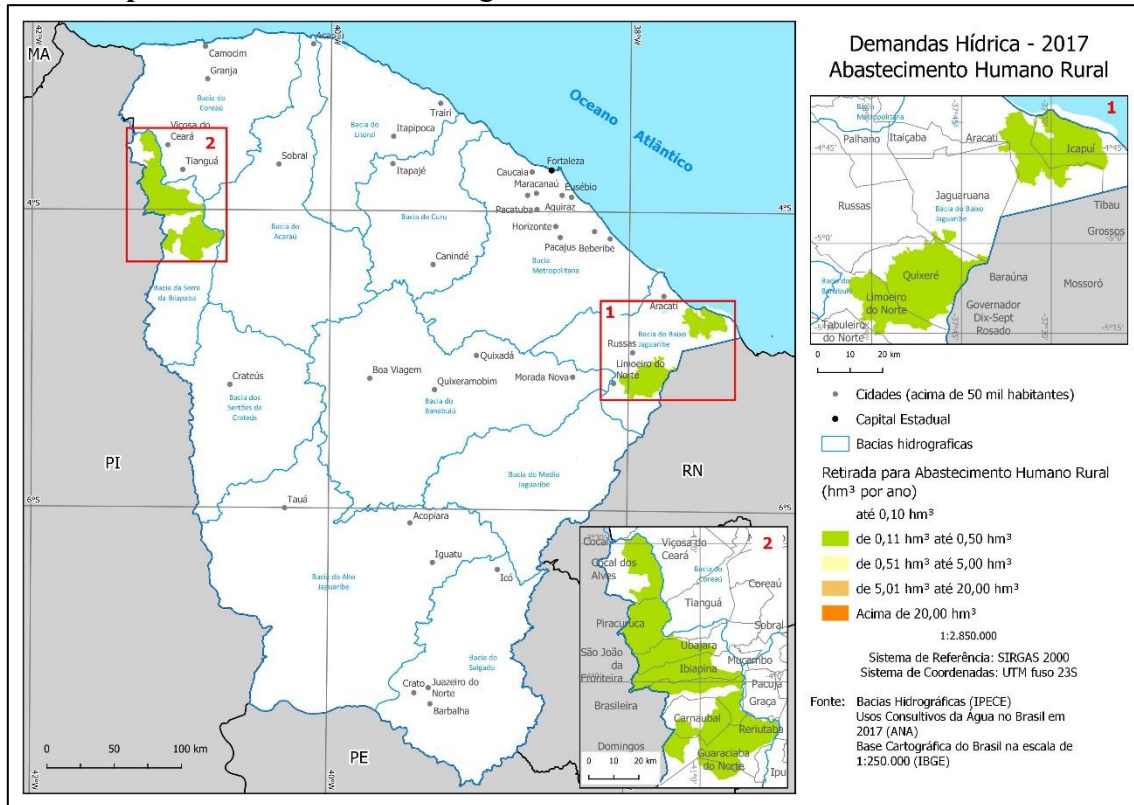
**Mapa 7: Uso Consuntivo da Água no Ceará – Abastecimento Humano Urbano**



Fonte: Elaboração própria (2025).

<sup>21</sup> <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1395>

**Mapa 8: Uso Consuntivo da Água no Ceará – Abastecimento Humano Rural**



Fonte: Elaboração própria (2025).

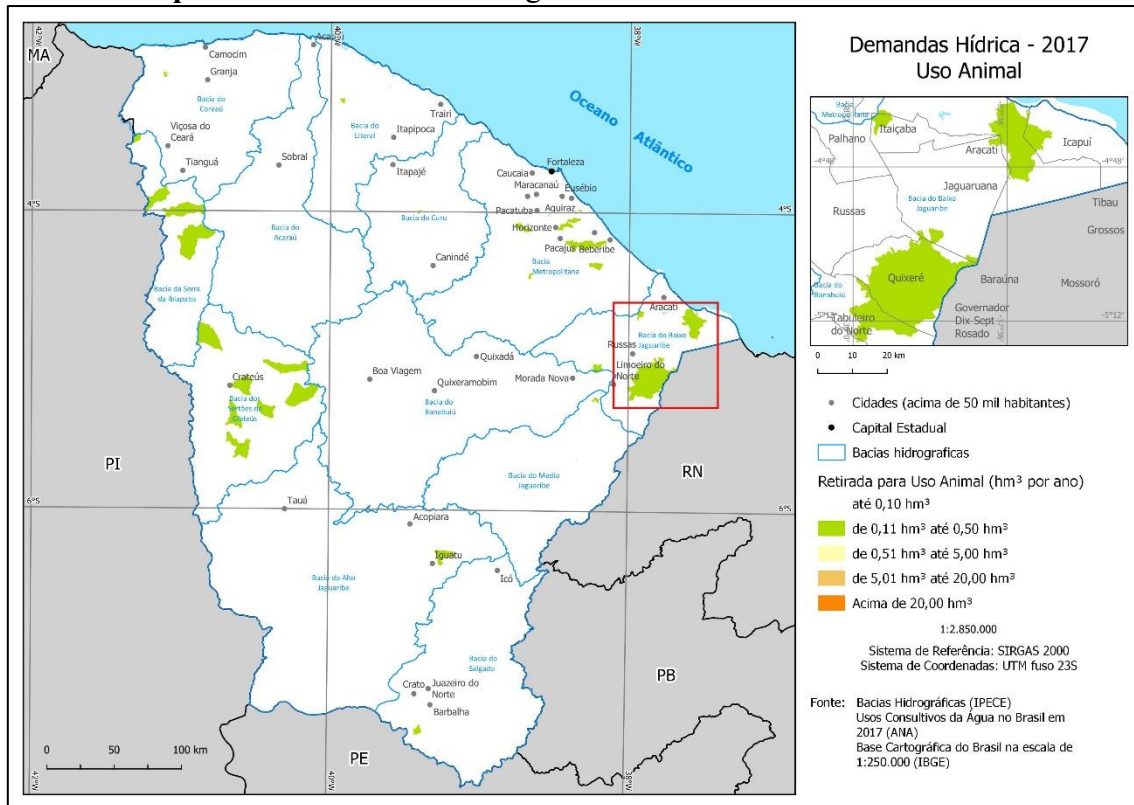
### 3.2.2. Abastecimento Animal

O maior uso consuntivo da água no Brasil em 2019 foi do agronegócio, correspondendo a 77,7%. Como o Brasil possui um dos maiores rebanhos do mundo, a demanda de água nas estruturas de dessedentação, criação e ambiência de animais é elevada.

No cálculo do uso consuntivo da água, a ANA, além das necessidades específicas dos animais (dessedentação), discretizadas por tipo de rebanho, considera o uso da água de forma mais ampla, como para operações lácteas, limpeza de animais e de instalações e outras necessidades de manutenção de estruturas rurais.

Conforme a Pesquisa da Pecuária Municipal<sup>22</sup>, em 2019 o estado do Ceará responde pelo 16º maior rebanho de Bovinos entre os estados do país, possuindo 1,1% do efetivo. Em relação aos demais tipos de rebanho, o estado possui 0,1% de Bubalinos, 2,1% de Equino, 2,8% de Suíno, 10,1% de Caprino, 12,0% de Ovino, 2,1% de Galináceos e 5,0% de Codornas.

**Mapa 9: Uso Consuntivo da Água no Ceará – Abastecimento Animal**



Fonte: Elaboração própria (2025).

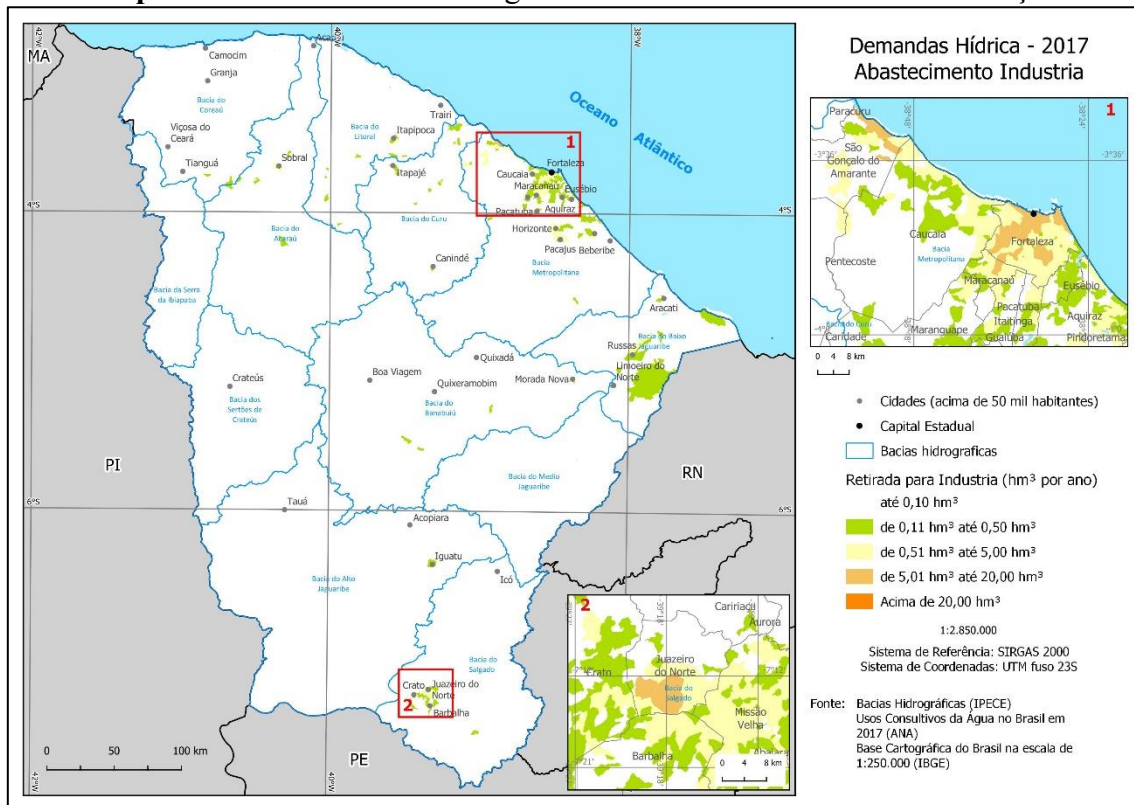
Em relação a Região Nordeste, o Ceará possui 16,1% do rebanho total e 8,7% do rebanho bovino. Esses percentuais indicam valores abaixo da média nacional o que implica numa menor retirada de água para a manutenção e sobrevivência. Conforme o mapa 9 as maiores retiradas de água se encontram nas bacias do Baixo Jaguaribe, dos Sertões de Crateús e da Serra da Ibiapaba.

<sup>22</sup> <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>

### 3.2.3. Indústria de Transformação

A água tem uma grande diversidade de aplicações no setor industrial, dependendo do tipo de produto ou serviço e processos associados. Pode ser aplicada como matéria-prima; reagente e solvente de substâncias sólidas, líquidas e gasosas; na lavagem e retenção de materiais contidos em misturas; como veículo de suspensão; e em operações envolvendo resfriamento e transmissão de calor (ANA, 2019).

**Mapa 10: Uso Consuntivo da Água no Ceará – Indústria de Transformação**



Fonte: Elaboração própria (2025).

O valor adicionado bruto a preços correntes da indústria (Mil Reais) no Produto Interno Bruto (PIB)<sup>23</sup> coloca o estado do Ceará com uma participação de 1,8% do valor adicionado bruto. Entre os municípios destacam-se o município de Fortaleza, Maracanaú, São Gonçalo do Amarante e Caucaia, conforme tabela 7.

<sup>23</sup> <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5938>

**Tabela 7:** Valor adicionado bruto a preços correntes da indústria (Mil Reais)

<b>Posição</b>	<b>Município</b>	<b>Valor (Mil reais)</b>	<b>%do total do estado</b>
1º	Fortaleza	7.859.279	32,2%
2º	Maracanaú	2.705.558	11,1%
3º	São Gonçalo do Amarante	1.944.340	8,0%
4º	Caucaia	1.812.547	7,4%
5º	Eusébio	957.417	3,9%
6º	Sobral	923.953	3,8%
7º	Horizonte	590.779	2,4%
8º	Aquiraz	546.547	2,2%
9º	Juazeiro do Norte	371.779	1,5%
10º	Pacajus	325.158	1,3%
11º	Quixeramobim	309.402	1,3%
12º	Maranguape	300.495	1,2%
13º	Trairi	297.740	1,2%
14º	Aracati	284.393	1,2%
15º	Itapipoca	276.855	1,1%
16º	Pacatuba	258.031	1,1%
17º	Morada Nova	244.420	1,0%
18º	Itarema	217.302	0,9%
19º	Crato	202.236	0,8%
20º	Tianguá	181.979	0,7%

Fonte: Elaboração própria (2025).

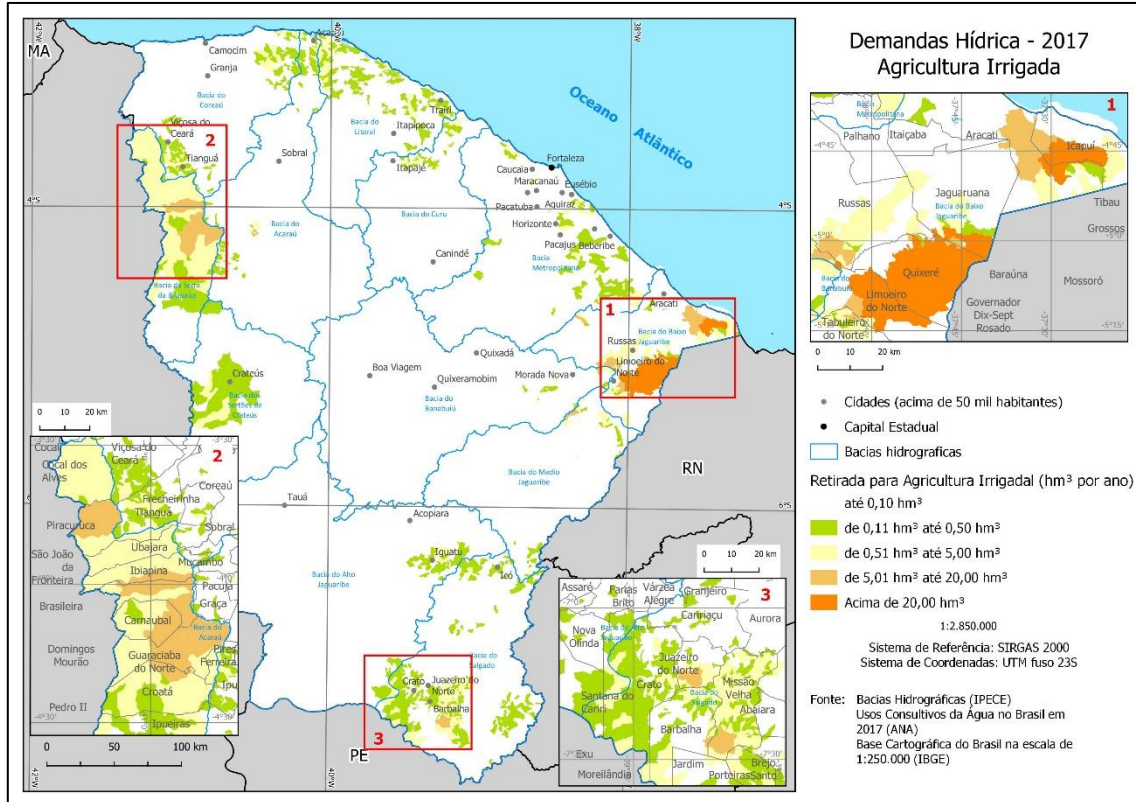
No Mapa 10 estão destacadas as áreas do Estado onde encontram-se os maiores valor de retirada de água pela indústria de transformação. Na bacia Metropolitana, que apresenta os maiores percentuais de retira encontram-se os 5 municípios com os maiores valores adicionados. Os municípios de Juazeiro do Norte e Crato, na bacia do Salgado também se destacam na retirada de água para a atividades industrial.

#### **3.2.4. Agricultura Irrigada**

A agricultura irrigada é o maior uso da água no Brasil e no mundo. A maior parte da área irrigada atual é privada (97%) e a atividade está dispersa por todo o território.

Dos 10 municípios com maiores valores da Produção Agrícola Municipal de 2019, 6 se encontram na área 2 destacada no mapa 11, (Guaraciaba do Norte, Tianguá, São Benedito, Viçosa do Ceará, Ibiapina e Ubajara), e 1 na área 1 (Limoeiro do Norte ) e 1 na região 3 (Missão Velha).

**Mapa 11: Uso Consuntivo da Água no Ceará – Agricultura Irrigada**



Fonte: Elaboração própria (2025).

A tabela 8, apresenta os 10 maiores produtos agrícolas pelo valor da produção em mil Reais, no ano de 2019, com destaque para Banana, Tomate, Maracujá, Milho e Feijão com 14,6%, 14,0%, 11,2%, 10,4% e 9,1% do valor da produção total do estado respectivamente. Esses produtos foram utilizados para gerar a tabela 9, onde constam os 20 municípios do estado com maiores valores de produção

**Tabela 8: Valor da produção (Mil Reais)**

Posição	Produto	Valor da produção
1º	Banana (cacho)	426.407,00
2º	Tomate	407.073,00
3º	Maracujá	326.099,00
4º	Milho (em grão)	301.754,00
5º	Feijão (em grão)	263.900,00
6º	Castanha de caju	256.395,00
7º	Mandioca	193.041,00
8º	Coco-da-baía	157.742,00
9º	Batata-doce	115.158,00
10º	Mamão	108.212,00

Fonte: Elaboração própria (2025).

A bacia da Serra da Ibiapaba concentra os municípios com maiores valores de retirada de água para a agricultura irrigada e os municípios com maiores percentuais do valor de produção do estado: Tianguá, Guaraciaba do Norte, São Benedito, Viçosa do Ceará e Ubajara com 6,3%, 6,2%, 4,1%, 3,5% e 3,3% respectivamente.

**Tabela 9:** Valor da Produção dos 10 maiores produtos por município

Posição	Município	Valor da produção
1º	Tianguá	182.436,00
2º	Guaraciaba do Norte	180.751,00
3º	São Benedito	118.134,00
4º	Viçosa do Ceará	101.595,00
5º	Ubajara	97.438,00
6º	Ibiapina	95.802,00
7º	Limoeiro do Norte	59.890,00
8º	Varjota	58.441,00
9º	Beberibe	55.711,00
10º	Missão Velha	55.229,00
11º	Bela Cruz	53.920,00
12º	Croatá	51.686,00
13º	Ipu	37.322,00
14º	Itapipoca	36.814,00
15º	Camocim	35.127,00
16º	Mauriti	33.671,00
17º	Russas	33.588,00
18º	Paraipaba	32.637,00
19º	Barbalha	31.246,00
20º	Aracati	30.895,00

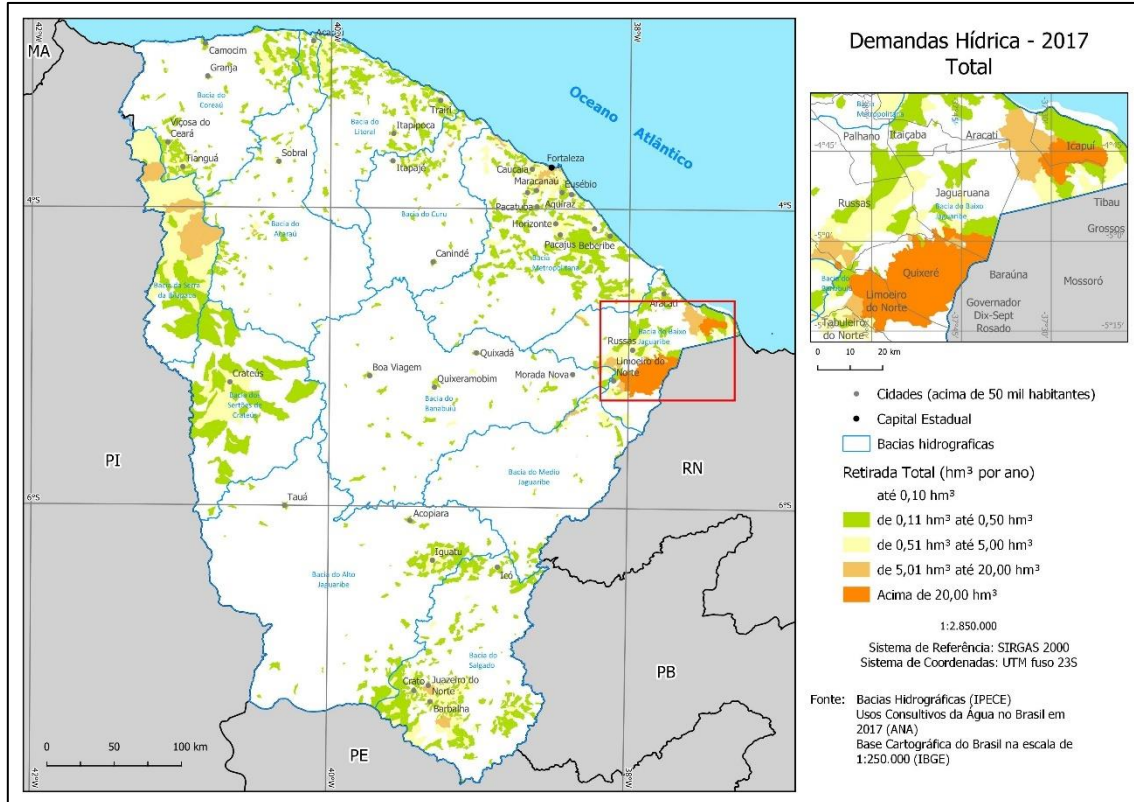
Fonte: Elaboração própria (2025).

### 3.2.5. Demais atividades econômicas

O manual dos Usos Consuntivos da água aborda mais 2 atividades econômicas: Mineração e Termoeletricidade, porém os valores de retirada dessas atividades econômicas são muito pequenos e não tem uma representação espacial compatível com as classes definidas nos mapas anteriores.

Quando se junta todas as 6 atividades econômicas num único mapa (MAPA 12) com suas retiradas totais, este tem uma similaridade com o mapa da Agricultura Irrigada (MAPA 11), comprovando assim o grande papel que essa atividade econômica tem na retirada da água.

**Mapa 12: Uso Consuntivo da Água no Ceará**



Fonte: Elaboração própria (2025).

### 3.3. Tabela de Recurso e Uso Física

Os fluxos calculados do ambiente e da econômica são integrados na tabela de estoque de modo a proporcionar uma única visão que proporcione o entendimento das relações de adição e redução do estoque inicial para o estoque final.

As águas subterrâneas e do solo apresentam os maiores estoques de água no estado, enquanto nas águas superficiais os rios e riachos contribuem com apenas 3,1% do estoque de água no início de 2019 e com 3,4% no final do ano de 2019. Essa variação do estoque das águas superficiais de 3.360,6 hm<sup>3</sup> para 4.854,8 hm<sup>3</sup> se dá pela retirada da água pelas atividades econômicas (1.870,1 hm<sup>3</sup>), pela evaporação (3.419,6 hm<sup>3</sup>) e pela saída da água para o mar e para outras regiões a jusante (13.638,0 hm<sup>3</sup>). Ao longo do ano também é contabilizado as adições da água pelo retorno das atividades econômicas (776,6 hm<sup>3</sup>), pela precipitação (2001,5 hm<sup>3</sup>) e pela entrada de outros recursos do território (14.423,9 hm<sup>3</sup>).

É importante mencionar que a precipitação e a evaporação são os maiores vetores de adição e redução no estoque de água, com valores de 88.796,6 hm<sup>3</sup> e 416.820, hm<sup>3</sup> respectivamente.

Em relação as atividades econômicas a agricultura irrigada tem uma participação de 55,8% da captação da água, seguida pelo consumo humano com 32,7%.

No que se refere ao retorno da água pelas atividades econômicas a natureza, o consumo humano contribui com 57,4%, seguido da agricultura irrigada com 28,1%. É importante ressaltar que os dados da ANA não abordam as condições de retorno da água.

Como apresentado na seção 3.2.4 a agricultura irrigada é utilizada para a produção, em especial de Banana, Tomate, Maracujá, milho e Feijão, sendo a atividade econômica que mais necessita da disponibilidade de água no estado.

A indústria de transformação capta 20,6% da água do estado, sendo 19,7% do total da captação da indústria de transformação na região de Fortaleza<sup>24</sup> e do Crato<sup>25</sup>. Quanto ao retorno, 10,8% da água da indústria de transformação é devolvida ao ambiente, sendo 22,4% do total de retorno do estado na região de fortaleza e do Crato.

---

<sup>24</sup> Aquiraz; Cascavel; Caucaia; Fortaleza; Horizonte; Itaitinga; Maracanaú; Pacajus; Pacatuba; Pindoretama; São Gonçalo do Amarante

<sup>25</sup> Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte

**Tabela 10:** Recursos e Usos Físico do Estado do Ceará

2019		Águas Subterrâneas			Água Subterrânea	Água do solo	Total
		Reservatórios artificiais	Rios e riachos	Lagos			
<b>Estoque Inicial (EI)</b>		<b>1.987,4</b>	<b>104,3</b>	<b>1.268,9</b>	<b>1.424.673,1</b>	<b>33.931,1</b>	<b>1.461.964,7</b>
Adição	Retorno Atividade Econômica (a=a1+a2+a3+a4+a5+a6+a7)	9,9	766,7				776,6
	Abastecimento Urbano (a1)	4,8	426,4				431,3
	Abastecimento Rural (a2)	0,3	14,2				14,5
	Indústria de Transformação (a3)	2,6	81,3				83,9
	Região de Fortaleza (1)	1,3	10,5				11,8
	Região do Crato (2)	0,0	7,0				7,0
	Mineração (a4)	0,0	0,6				0,6
	Geração termelétrica (a5)	0,0	4,0				4,0
	Uso animal (a6)	0,5	23,5				24,0
	Agricultura irrigada (a7)	1,7	216,7				218,4
Precipitação (b)		838,5	490,0	673,0		86.795,060	88.796,6
Entradas (c = c1+c2)		0,0	14.423,9	0,0			
Entradas de outros recursos no território (c1)			14.423,9				
Entrada de outras regiões a montante (c2)		0,0	0,0	0,0			
<b>Total de Adições ao estoque (d=a+b+c)</b>		<b>848,4</b>	<b>15.680,6</b>	<b>673,0</b>		<b>86.795,1</b>	<b>103.997,1</b>
Redução	Captação atividade econômica (e=e1+e2+e3+e4+e5+e6+e7)	17,1	1.853,0				1.870,1
	Abastecimento Urbano (e1)	6,0	533,0				539,1
	Abastecimento Rural (e2)	1,3	71,2				72,4
	Indústria de Transformação (e3)	3,2	107,6				110,8
	Região de Fortaleza (1)	1,5	12,1				13,6
	Região do Crato (2)	0,0	8,2				8,2
	Mineração (e4)	0,1	1,2				1,3
	Geração termelétrica (e5)	0,0	18,0				18,0
	Uso animal (e6)	1,8	82,7				84,5
	Agricultura irrigada (e7)	4,8	1.039,3				1.044,1
Evaporação/evaporação real (f = f1+f2)		1.721,4	129,0	1.569,2		413.400,4	416.820,0
Evaporação (f1)		1.721,4	129,0	1.569,2			3.419,6
Evapotranspiração real (f2)						413.400,4	413.400,4
Saída (g=g1+g2+g3)		0,0	13.638,0	0,0			13.638,0
Saída para o mar (g1)			13.247,5				13.247,5
Saídas para outros recursos do território (g2)							0,0
Saída para outras regiões a jusante (g3)			390,5				390,5
<b>Total de redução no estoque (h=e+f+g)</b>		<b>1.738,6</b>	<b>15.620,0</b>	<b>1.569,2</b>			<b>18.927,08</b>
<b>Outras alterações no volume (i)</b>		1.586,9		1.633,0	2.389,7	-88.979,6	-83.370,0
<b>Estoque final (EF=EI+d-h+i)</b>		<b>2.684,1</b>	<b>164,9</b>	<b>2.005,8</b>	<b>1.427.062,8</b>	<b>31.746,5</b>	<b>1.463.664,1</b>

(1) - Aquiraz; Cascavel; Caucaia; Fortaleza; Horizonte; Itaitinga; Maracanaú; Pacajus; Pacatuba; Pindoretama; São Gonçalo do Amarante e (2) - Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte

#### 4. Tabela de Recurso e Uso Híbrida

As Tabelas de Recursos e Usos Híbridas (TRU Híbrida) apresentam informações físicas e monetárias sobre recursos e usos da água, o resultado é a contabilidade nacional convencional apresentada agregadas às informações físicas sobre captação, fornecimento e uso da água dentro da economia, assim como sobre descargas de água no ambiente. Esse formato integrado é reconhecido como contas “híbridas” porque contêm dados em diferentes unidades de medida.

A ligação entre informações físicas e monetárias estruturada através das contas híbridas é particularmente útil para relacionar a cada setor sua respectiva captação de recursos hídricos, geração de águas residuais e retornos ao ambiente. A parte monetária identifica os produtos e os setores produtivos ligados à água, explicitando ainda os valores gerados a partir da quantidade de água consumida. Constituindo ferramenta útil para obter uma caracterização do sistema econômico da água e para construir conjuntos consistentes de indicadores derivados (ONU, 2012) e (IBGE, 2023).

##### 4.1. Elaboração da TRU Híbrida

O cálculo da retirada de água pela população utilizou a estimativa populacional calculada pelo IBGE para 2019, onde o estado do Ceará teria 9.132.078 habitantes<sup>26</sup>. A estimativa não desagrega urbano e rural, para isso calculou-se a população urbana e a rural pela regressão linear com os valores coletados nos censos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010<sup>27</sup>. O gráfico 2 apresenta a regressão linear da população urbana, possuindo um  $R^2$  de 0,9985.<sup>28</sup>

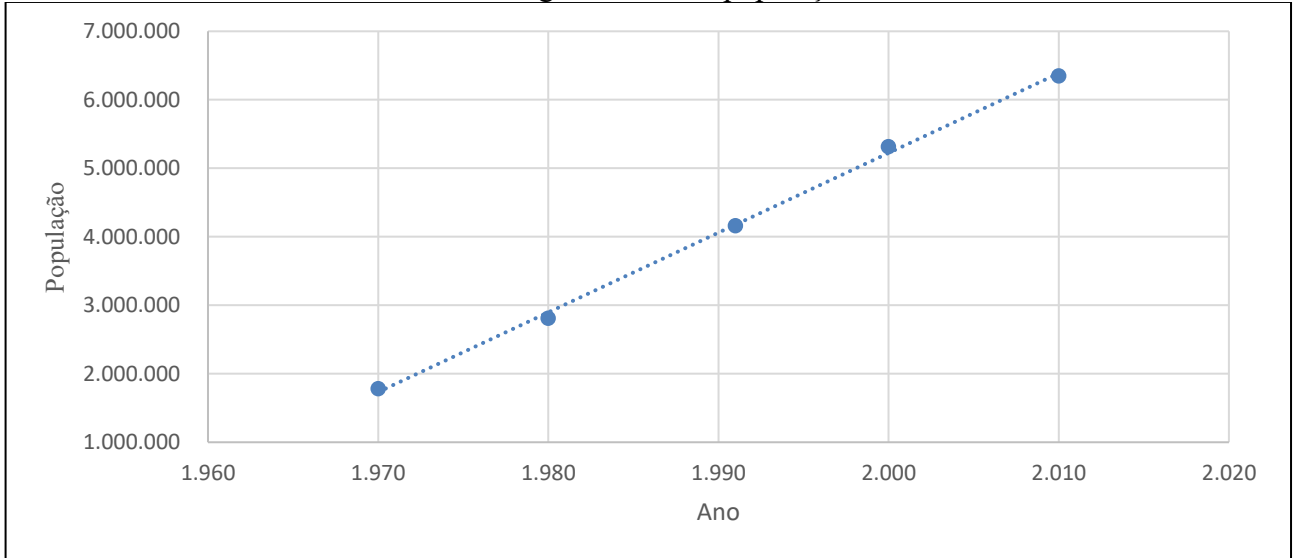
---

<sup>26</sup> <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579>

<sup>27</sup> <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/202>

<sup>28</sup>  $R^2$  é uma medida estatística que define o quão próximo os dados estão da linha de regressão ajustada, sendo os valores 1 e -1 indicam que o modelo explica totalmente a variável.

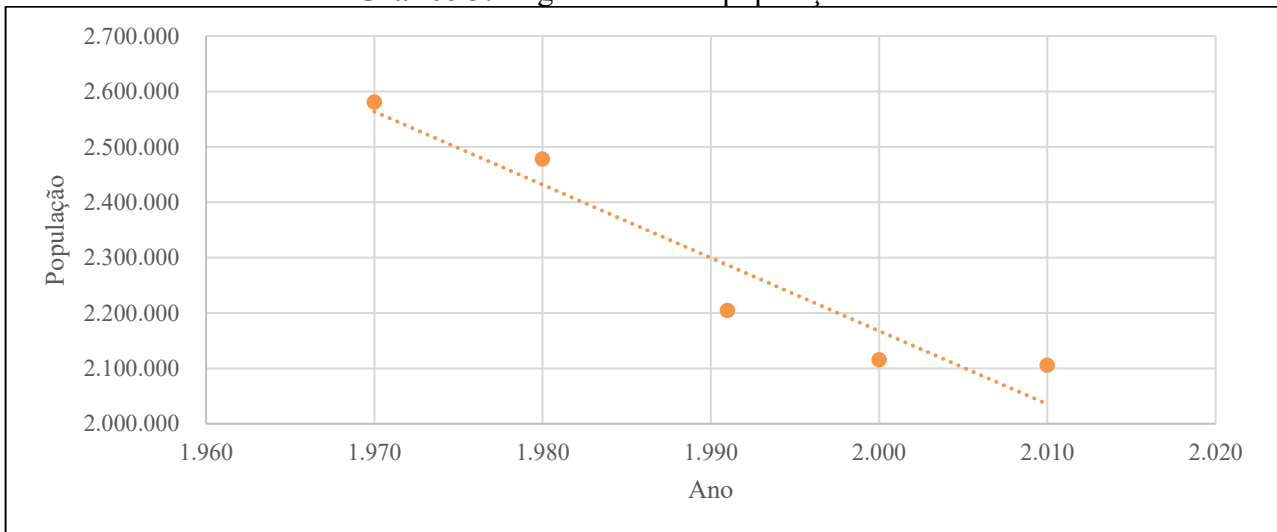
**Gráfico 2: Regressão linear população urbana**



Fonte: Elaboração própria (2025).

O Gráfico 3 apresenta a regressão linear da população rural, possuindo um  $R^2$  de 0,9122.

**Gráfico 3: Regressão linear população rural**



Fonte: Elaboração própria (2025).

As regressões lineares geraram 2 equações (3) e (4) que foram utilizadas para estimar as populações urbana e rural. Após ajuste em relação ao valor total da população os resultados foram: 7.260.213 pessoas na área urbana e 1.871.865 pessoas na área rural.

$$Pop_{urbana} = 116345,337x_{ano} - 227467,1954 \quad (3)$$

$$Pop_{rural} = -13203,2646x_{ano} + 28574014,3837 \quad (4)$$

Aplicando as estimativas populacionais nos valores de retirada de água, para abastecimento humano, a população na área urbana do estado do Ceará consome **203,4 litros per capita por dia** e a população rural, **106,0 litros per capita por dia**.

Para o cálculo do consumo de água pela produção da agricultura, foram utilizados os dados da Produção Agrícola Municipal (PAM) do IBGE<sup>29</sup>. O estado do Ceará teve, em 2019, um valor de produção em mil reais de 2.910.663, o que caracteriza a retirada de **358,7 litros de água para cada R\$1,00 produzido** pela agricultura.

O valor da produção da indústria de transformação, em mil reais no Ceará, foi de 44.140.241 em 2019, conforme a Pesquisa Industrial Anual – Empresas<sup>30</sup> do IBGE. A Indústria de Transformação retirou **2,52 litros de água para cada R\$1,00 produzido**.

A mineração retirou **2,51 litros de água para cada R\$ 1,00 produzido**, conforme a Pesquisa Industrial Anual – Empresas<sup>27</sup> do IBGE.

O Balanço Energético Nacional (BEN) da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), documenta e divulga, anualmente, pesquisas e a contabilidade relativas à oferta e consumo de energia no Brasil<sup>31</sup>. No BEN de 2020 (EPE, 2020), com ano de referência de 2019, o estado do Ceará gerou 7.643 Gw por hora de energia elétrica por termelétrica. Para a **geração de 1 Gw foi retirado 268,4 litros de água**.

**Tabela 11: Rebanho**

<b>Tipo</b>	<b>Rebanho (cabeças)</b>	<b>Coefficiente</b>
Bovinos	2.479.289	0,8632
Bubalinos	1.650	0,0002
Equinos	121.110	0,0095
Suínos	1.179.619	0,0433
Caprinos	1.131.862	0,0222
Ovinos	2.380.481	0,0467
Galináceos - Galinhas	12.745.067	0,067
Galináceos - outros	18.422.391	0,0079
Codomas	855.318	0,0003

Fonte: Elaboração própria (2025).

<sup>29</sup> <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>

<sup>30</sup> <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1849>

<sup>31</sup> <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>

Quando ao consumo de água pela pecuária foram utilizados os dados referentes às quantidades de rebanho foram obtidos pela Pesquisa da pecuária Municipal (PPM)<sup>32</sup> do IBGE e por coeficientes de consumo por tipo de rebanho apresentados na publicação da ANA sobre o uso consuntivo da água (ANA, 2019). A tabela 11 apresenta os rebanhos registrados na PPA de 2019 e os respectivos coeficientes para estimar o consumo para cada tipo de rebanho.

A Tabela 12 apresenta o resumo da Tabela de Uso Híbrido no estado do Ceará no ano de 2019 sintetizando os valores monetários do consumo e abastecimento de água por atividade econômica. Constituindo assim uma ferramenta útil para obter um diagnóstico síntese do sistema econômico da água no Estado, a partir da construção de um conjunto consistentes de indicadores que permitem avaliar a intensidade de uso desse recurso, assim como a produtividade hídrica.

**Tabela 12:** Tabela de Recurso e Uso – Híbrida de 2019

Usos	Valores	Unidades
Abastecimento Humano	183,46	
Abastecimento Urbano	203,43	Litros <i>per capita</i> por dia
Abastecimento Rural	106,00	
Agricultura irrigada	358,71	Litros para cada R\$ 1,00 produzido
Industria de Transformação	2,52	
Mineração	2,51	
Geração termelétrica	268,39	Litros para cada 1 Gw gerado
Uso animal		
Bovinos	80,59	Litros por cabeça do rebanho por dia
Bubalinos	22,70	
Equinos	18,16	
Suínos	8,49	
Caprino	4,54	
Ovinos	4,54	
Galináceos - Galinhas	0,12	
Galináceos - outros	0,10	
Codornas	0,08	

Fonte: Elaboração própria (2025).

Em relação as atividades econômicas a agricultura irrigada consome mais de 70 vezes água do que a indústria de transformação e a mineração juntas, para cada R\$ 1,00 produzido. Esse valor é justificado pela natureza do uso da água pela agricultura, sendo o acesso e uso da água um fator essencial para a produção agrícola. A mesma lógica de consumo se aplica ao uso animal, sendo os

<sup>32</sup> <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>

valores de consumo diretamente associados ao porte do rebanho, sendo o consumo bovino de 80,59 litros de água por dia para 0,08litros de água por dia para o rebanho de codornas.

O valor da produção da indústria de transformação, em mil reais no Ceará, foi de 44.140.241 e da agricultura de 2.910.663, sendo a produção da indústria de transformação 15 vezes maior que a agricultura, porém com um consumo menor da água e se mostrando mais eficiente, economicamente, na sua retirada do meio

A água é um fator importante para as termelétricas, a geração de 1 Gw consumiu 268,39 litros, sendo o segundo maior consumo entre as atividades econômicas analisadas.

## Referências Bibliográficas

ANA. **Manual de Uso Consuntivos da Água no Brasil.**

ANA. **Atualização da Base de Disponibilidade Hídrica Superficial da ANA.**

ANA. **Evaporação líquida de reservatórios artificiais no Brasil.**

ARAÚJO, José. Recursos hídricos em regiões semiáridas. In: **Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações.** Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2012. p. p. 30-43.

BRASIL. **Lei nº 14.600 - 19 de junho de 2023.**

EPE. **Balanco Energético Nacional 2020.**

IBGE. **Arranjos populacionais e concentrações urbanas no Brasil.** 2º ed. ed.

IBGE. **Regiões de influência das cidade: 2018.**

IBGE. **Contas Econômicas da Água: Brasil 2018-2020.**

MISHRA, Ashok K.; SINGH, Vijay P.. A review of drought concepts. **Journal of hydrology**, v. 391, n.1-2, 2010. 2002-2016.

OLIVEIRA, Adriana Cruz de. **A Questão Hídrica e o Desenvolvimento no Semiárido Cearense.**

ONU. **System of EnvironmentalEconomic Accounting for Water.**

ONU. **Sistema de contas econômicas ambientais 2012: marco central.**

SILVA, Fernando J. A. D.; ARAÚJO, Andrea L.; SOUZA, Raimundo Oliveira de. **Águas subterrâneas no Ceará—poços instalados e salinidade, 2007.**

VERÍSSIMO, L. S.; CAVALCANTE, I. N.; AGUIAR, R. B. Recursos Hídricos Subterrâneos da Bacia Sedimentar do Araripe – Zona Leste, Estado do Ceará. **Águas Subterrâneas, 2007.**

WATER-UN. **Water Security & the Global Water Agenda: A UN-Water Analytical Brief.**