

# **O USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO SEMIÁRIDO CEARENSE: REFLEXÕES NECESSÁRIAS**

**CARLOS RENIR SOARES DE ARAÚJO**

**RESUMO** - Este trabalho tem por objetivo analisar a atual situação de uso da água subterrânea no Estado do Ceará, refletindo sobre a história de uso deste recurso e o atual uso e problemas. Atualmente a água de origem subterrânea representa o único meio para o fornecimento de água de qualidade e sem interrupções de ordem climática, principalmente no Nordeste do Brasil. O estado do Ceará é um dos estados que mais se utiliza da água do substrato terrestre para o abastecimento de pequenas, médias e grandes cidades. Apesar de sua importância estratégica, a escavação destes poços não é totalmente orientada, seja para a diminuição de riscos na perfuração, ou para o controle de qualidade e poluição, alvo de muita preocupação, uma vez que o manejo incorreto deste recurso pode acabar por contaminar com diferentes tipos de substâncias tóxicas, o lençol freático, o solo e por uso em irrigação, também as plantas. O estado do Ceará conta com mais de 35 mil poços cadastrados, deste total, quase metade se encontra abandonado.

**PALAVRAS – CHAVE:** ÁGUA SUBTERRÂNEA. POÇOS. CONTAMINAÇÃO.

## **Introdução**

A população do semiárido nordestino, encontra-se imersa em um problema constante e invariavelmente desafiador, a disponibilidade de água ou falta desta, que traz consigo uma história de tragédias sociais e humanitárias.

Através de estudos e pesquisas para se obter uma medida de diminuição dos impactos causados pelas longas estiagens, chegou-se a alternativas relativamente simples de se conseguir água doce de forma constante e sem a necessidade real de armazenamento, trata-se da perfuração do subsolo com o objetivo de se alcançar o lençol freático e por sua vez, alcançar a água ali armazenada. Tais operações, tem se intensificado nos últimos anos, principalmente nas áreas rurais de municípios presentes na região do semiárido nordestino, estando em evidência neste trabalho, o semiárido cearense.

É a partir deste cenário, que este trabalho de pesquisa foi desenvolvido,

objetivando produzir uma reflexão mais profunda e ao mesmo tempo ampla, sobre a temática do uso das águas subterrâneas no Estado do Ceará, procurando delinear as principais causas e efeitos deste processo e o estado atual de escavações, poços e projetos para a obtenção de água subterrânea.

Este trabalho se faz importante pela necessária análise e reflexão da atual situação de uso da água subterrânea no estado do Ceará, se traduzindo em pesquisas sobre os poços escavados no estado, bem como a situação destes e os impactos ambientais ocasionados pela disseminação desenfreada de poços profundos.

Com base em várias leituras acerca do problema aqui discutido, esta pesquisa foi dividida em três partes principais. A primeira etapa se deu pelo levantamento de leituras necessárias a pesquisa, a segunda, se deu pela coleta de dados em vários meios de pesquisas, tais como livros, teses e artigos, com a terceira e última etapa, sendo a análise e discussão destes dados.

O presente trabalho foi realizado tendo como base principal o livro “águas doces do Brasil” de autoria de Aldo da Cunha Rebouças, Benedito Braga e José Galizia Tundisi. No desenvolvimento do trabalho, foi utilizado além das leituras anteriormente citadas, uma série de artigos e dados disponibilizados em meios eletrônicos, como os sites de órgãos governamentais. Foram utilizados estudos e documentos fornecidos pela COGERH (Companhia de Gestão de Recursos Hídricos), disponíveis em sua página eletrônica. Além, foi feita a análise de uma série de pequenos mapas que detalharam a organização e localização das principais áreas de extração de águas subterrâneas no Estado do Ceará. Utilizou-se de documentos, mapas e artigos adquiridos em vários órgãos, tais como: IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará), SRH (Secretaria de Recursos Hídricos), CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) e SEMACE (Superintendência Estadual do Meio Ambiente).

## **Revisão Bibliográfica**

As águas subterrâneas fazem parte da História humana e se apresentam como essenciais no ciclo hidrológico em todo o globo terrestre. Entende-se por água subterrânea, toda a água que se encontra no subsolo terrestre, tendo esta denominação entrado em “vigor” no início da década de 1960.

Os primeiros vestígios da utilização das águas subterrâneas datam de 12.000 a.c.

Acredita-se que os primeiros poços foram construídos na China medieval, com a utilização de um pórtico construído a base de bambu, o qual sustentava uma vara com ponteira de ferro e que, com um cinzel, batiam no solo para perfurar o poço (DINIZ, 2004). Ainda segundo o mesmo, “o interesse geral na perfuração de poços, substituindo a escavação, foi despertado no século XII, quando se perfurou com sucesso um poço em Artois, França, em 1126. A palavra artesiano deriva do nome dessa localidade”. (DINIZ, 2004, p. 4)

Desde o início, a captação de água subterrânea, tornou-se uma das importantes possessões do ser humano primitivo, principalmente pela variabilidade climática de várias regiões do planeta. Rebouças (2006), discutindo o papel da Mesopotâmia na evolução das técnicas de obtenção de água subterrânea, destaca que,

Com o decorrer do tempo, as necessidades de sobrevivência induziram desenvolvimentos extraordinários do conhecimento, como meios para se levantar grandes pesos, utilização de rolos, roldanas e rodas, desenvolvimento de técnicas agrícolas, criação da cerâmica, demonstrações de grande engenhosidade, seja para drenar os pântanos do sul, irrigar suas terras, construir casas de tijolos de barro, seja para mitigar os efeitos da escassez de água e alimentos, na parte norte. (REBOUÇAS, 2006, p. 112)

Tratando do conceito de água subterrânea, Rebouças (2006, p. 111) trata deste de forma ampla, relatando o que se segue,

A partir da década de 1960, a denominação de “águas subterrâneas” para águas do subsolo é considerada mais apropriada, desde que a abordagem evoluiu do objetivo tradicional de determinação das reservas de água disponíveis no subsolo, das vazões de produção das obras de captação ou dos poços tubulares, para uma análise mais abrangentes das suas condições de uso e proteção. (REBOUÇAS, 2006, p. 111)

A maior parte da água doce disponível na terra, com exceção da encontrada nos polos e montanhas, é de origem subsuperficial, ou seja, as águas subterrâneas são a fonte de abastecimento com maior potencial e quantidade na terra. “A zona subsuperficial saturada ou zona freática, representa a fonte de água fresca mais importante do mundo: 21% do total da água doce do planeta ou 97% da água não congelada.” (DUNNE E LEOPOLD, 1978; apud NETTO 2015, p. 127).

Destacando a definição de água subterrânea, Rebouças (2006), refere que as águas subterrâneas podem ser divididas entre o estoque de água subsuperficial, que infiltra por conta dos processos atmosféricos, como a chuva, e a água que preenche a parte subterrânea saturada, sendo esta última, independente dos períodos de pico de chuva e infiltração, considerada propriamente, o manancial subterrâneo. O mesmo autor ainda discute sobre os tipos de origem das águas subterrâneas, sendo elencados três principais: a origem meteórica, originária das precipitações atmosféricas; as águas conatas, remanescentes da

formação de depósitos sedimentares e a água juvenil, proveniente dos processos magmáticos da terra.

No Brasil, principalmente com explosão populacional dos anos 70 e 80, percebeu-se um aumento significativo na demanda de alimentos e água potável, principalmente no meio urbano. Para muitas cidades interioranas do Brasil e principalmente do Nordeste, a única alternativa para a captação de água se dá por meio de barragens ou açudes, dependendo essencialmente do período chuvoso de cada região para o abastecimento dos reservatórios. O resultado foi um maior uso de escavação de poços artesianos em pequenas cidades ou, quando é permitido pelo relevo e condições climáticas, o uso de nascentes naturais de água. Como coloca Rebouças, (1999, apud Silva, et.al 2007, p. 136),

Desde os anos cinquenta do século passado, tem-se atribuído aos reservatórios subterrâneos um papel de destaque no equacionamento do problema de água. Praticamente todos os países do mundo, desenvolvidos ou não, utilizam água subterrânea para suprir suas necessidades.

O clima semiárido, predominante em toda região interiorana dos Estados do Ceará, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Bahia e outros estados, apresenta características que aparecem retratadas pela vegetação xerófila (caatinga), com a presença de escoamento hidrográfico intermitente e solos, em sua maioria, rasos, além de apresentar morfologias agressivas, como os inselbergs. (ALMEIDA, 2016). Tratando especificamente dos recursos hídricos no Nordeste Brasileiro, Gomes (2013, p. 22) diz que:

A exploração racional e sustentável dos recursos hídricos se torna atualmente cada vez mais importante, tendo em vista o crescimento populacional. Tal fato assume grande importância no cenário atual, especialmente em regiões como o Nordeste Brasileiro que apresenta um desequilíbrio entre a oferta e a demanda de água devido a pluviosidade irregular e/ou altas taxas de evaporação.

Sobre o clima tropical quente semiárido, Mendonça e Oliveira (2007, p. 162)

destacam o seguinte:

Durante a maior parte do ano, apresenta redução dos totais pluviométricos mensais e elevadas temperaturas. A variação sazonal da temperatura média não é tão expressiva, o que leva a formação de áreas em que se observam quedas térmicas pouco expressivas na situação de inverno.

Com uma área de pouco mais de 148 mil quilômetros quadrados, o estado do Ceará conta com grande parte desse território sob influência do clima semiárido, tornando-se um dos estados que mais necessitam de fontes seguras e sustentáveis para o fornecimento de água. Possuindo uma população de 9,2 milhões de habitantes, de acordo com estimativas do ano de 2021, é um dos estados do Nordeste com maiores taxas de desenvolvimento econômico e populacional.

É sabido que grande parte do estado se caracteriza como região com grande

instabilidade pluviométrica, ocorrendo um período chuvoso no ano, denominado de quadra chuvosa, se concentrando entre Janeiro a Abril e com pouca incidência de chuvas no restante dos meses. Como colocado pela COGERH (2018).

No estado do Ceará são fundamentais a manutenção hídrica de rios e lagos durante os períodos de estiagens. Estes servem também para equacionar o sistema de distribuição hídrica em alguns municípios e, em muitas localidades, é a única alternativa. Entretanto, no Ceará, o suprimento de água para o atendimento dos usos múltiplos provém dos mananciais superficiais, principalmente, dos açudes que se configuram em função da grande quantidade de açudes existentes no Estado.

A incidência de regiões propícias a exploração de água subterrânea no estado do Ceará, estão localizadas principalmente nas áreas de bacias sedimentares, como exemplo a bacia sedimentar do Araripe, na formação Araripe, sul do Ceará. Grande parte do território cearense é formado pelo embasamento cristalino, ou seja, formado por rochas magmáticas e metamórficas, que dificulta e impacta diretamente o processo de infiltração ou permeabilização da água, devido principalmente, à baixa porosidade das rochas. Como destacado por Silva (2007, p. 137),

O armazenamento no cristalino, litologia dominante no Ceará, é limitado, em razão da alta resistência à infiltração, ocorrendo principalmente quando do preenchimento de regiões abertas, ou fraturas. Para prospecção adequada, é exigido bom reconhecimento estrutural da área, acompanhada de levantamentos geofísicos.

O estado do Ceará pertence a duas regiões hidrogeológicas, a província costeira e o escudo oriental, sendo caracterizado por solos de pequena espessura, se traduzindo em terrenos muito rasos para a sustentação de uma vegetação de grande porte e pouco viáveis para a formação de lençóis freáticos. O território do estado é dividido em 12 grandes bacias hidrográficas, utilizadas principalmente, para organização de políticas voltadas a gestão hídrica.

## **Resultados e Discussão**

Após finalizadas as etapas de leituras e posterior coleta de dados, foi possível verificar os resultados obtidos ao longo da pesquisa e discutidos a frente. Observou-se que as medidas de minimização da escassez de água implantadas durante as décadas de 1950 a 1990, não foram eficazes para tratar o problema de forma constante e estrutural, atuando como medidas atenuadoras naquele período.

A construção de açudes no estado do Ceará, ganhou muita força a partir dos anos 1960, se traduzindo em uma série de políticas governamentais para a produção de obras

faraônicas, que mais tinham ligação político-eleitoral do que medidas de Estado para minimização de um problema que atingia grande parte da população no Ceará, principalmente os mais carentes e residentes das zonas rurais.

Uma das grandes limitações para a utilização de água subterrânea no Ceará, é sua litologia, que dependendo de sua composição, dificulta a absorção e armazenamento da água na superfície ou subterrâneo. Abaixo o mapa mostra a distribuição litológica do Estado do Ceará.

**Figura 1** – Distribuição da litologia que compõe o estado do Ceará



**Fonte:** IPLANCE (1989).

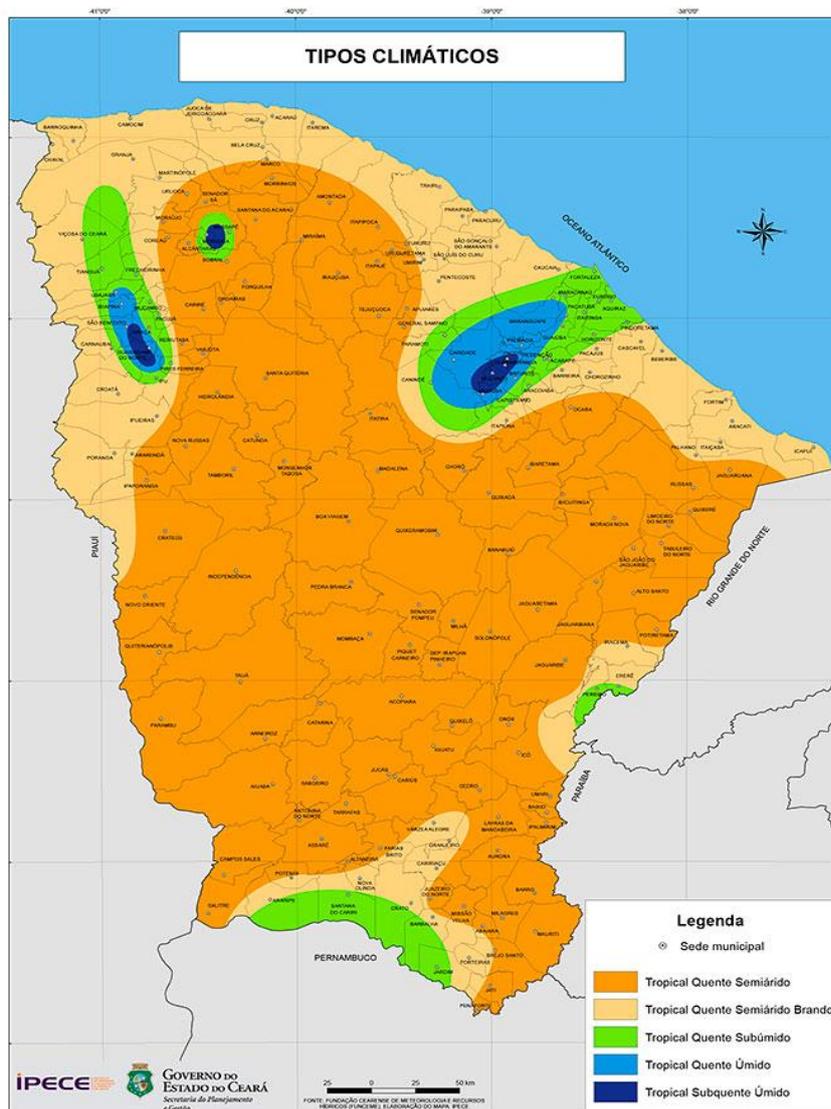
Discutindo a situação, Silva et al. (2007, p. 137) refere que,

Pressões de demanda somadas aos períodos de estiagem prolongada impulsionam a exploração de águas subterrâneas. Por outro lado, há dificuldade em se estimar o verdadeiro potencial dos recursos hídricos subterrâneos. O armazenamento no cristalino, litologia dominante no Ceará, é limitado, em razão da alta resistência à infiltração, ocorrendo principalmente quando do preenchimento de regiões abertas, ou fraturas. Para prospecção adequada, é exigido bom reconhecimento estrutural da área, acompanhada de levantamentos geofísicos. Em geral, regiões de cristalino são consideradas inviáveis ou péssimas fontes de água subterrânea.

Abaixo, o mapa demonstra a distribuição espacial da litologia cearense, focando nas duas principais e mais gerais, o embasamento cristalino, ocupando a maior porção do Estado do Ceará e em menor proporção, a litologia sedimentar, estando representada em grande parte por chapadas e planícies costeiras. É esta predominância de rochas cristalinas no embasamento de grande parte do estado, que dificulta a infiltração e armazenamento de umidade no subsolo e lençol freático. As áreas em escuro no mapa, representam as regiões de predominância sedimentar, com grau de porosidade da litologia com solos, muito mais adequados a infiltração da água e posterior estocagem na zona freática.

Fazendo uma análise acerca do mapa, é visível que nas áreas de litologia cristalina, há uma considerável diminuição das precipitações em relação as áreas de material sedimentar, a exemplo das chapadas sedimentares do Araripe e Ibiapaba. Na análise do próximo mapa, pode-se verificar esta relação climático-geológica.

**Figura 2** – Tipos climáticos do estado do Ceará



Fonte: IPECE, 2017.

Segundo Ribeiro (2013), o Estado do Ceará possuía 20.871 poços cadastrados no SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. Deste total, 19.677 eram poços tubulares, além de 310 fontes naturais e 884 poços amazonas de uso comunitário. De acordo com Silva et al. (2007); apud CPRM (2000), a maioria dos poços escavados no estado do Ceará são de domínio público, constituindo cerca de 53% do total. Segundo os dados da CPRM (2000), mais de 90% dos poços escavados no Estado do Ceará não ultrapassa os 100 metros de profundidade, com alguns chegando a mais de 1.000 metros e outros a menos de 20m de profundidade.

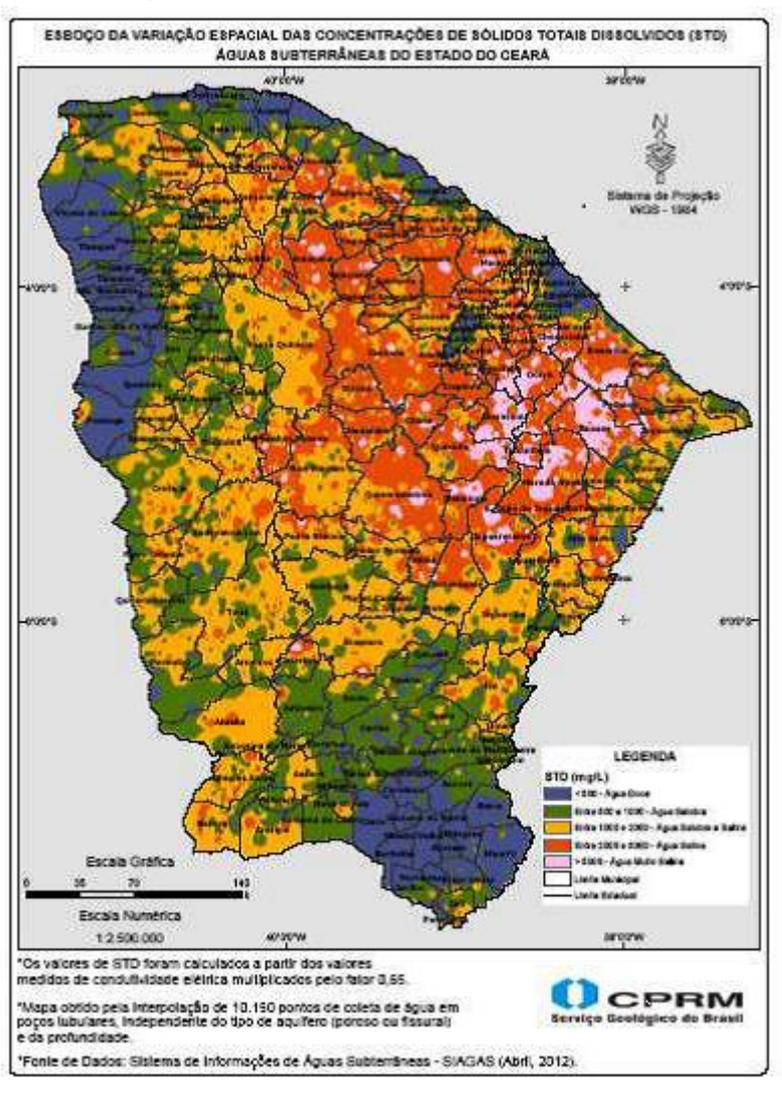
No ano de 2021, constavam no cadastro do SIAGAS (2021) , um total de 35.146 poços escavados no estado do Ceará. Todos os municípios do estado apresentam poços cadastrados, com uma média de 190 poços cadastrados para cada município do estado.

Ainda segundo os dados da CPRM (2000), quase metade dos poços escavados não estão em uso, sendo os motivos mais frequentes, a escassez de água no poço, o soterramento e salinidade da água. Ainda segundo estes dados, cerca de 39% do uso destes poços é para abastecimento de residências, principalmente na capital cearense e cidades de médio porte. Apenas 2,4%, 2,9% e 6,0% são usados por outros setores, sendo estes a Indústria, Agricultura e Pecuária, respectivamente. Cerca de 50% do total de poços em uso são destinados para outras atividades, não especificadas nos dados.

Quanto à qualidade destas águas subterrâneas, examina-se normalmente o grau de impurezas dissolvidas. Como destacado por Silva et.al (2007, p. 149) “o contato da água precipitada com compostos e materiais diversos existentes na atmosfera e na crosta terrestre podem ser solubilizados, compondo o conteúdo dissolvido nas águas de substrato. O processo pode ser descrito como uma separação iônica”.

A água subterrânea extraída de regiões sedimentares, detêm um teor salino menor do que aquelas obtidas em regiões com embasamento cristalino, uma vez que pelo fator da infiltração, a água que percola na rocha sedimentar possui maior filtragem, não armazenando tantas substâncias quanto a água que infiltra em áreas com litologia cristalina. Na figura 3, é destacado o mapa de demonstração da variação espacial de sólidos totais dissolvidos nas águas subterrâneas do Ceará.

**Figura 3** – Variação espacial das concentrações de sólidos dissolvidos nas águas subterrâneas do estado do Ceará.



Fonte: SIAGAS, 2012.

O mapa acima demonstra através das cores, a variação de sólidos dissolvidos nas áreas com águas subterrâneas analisadas, com as cores em verde e azul representando as maiores concentrações de sólidos dissolvidos, enquanto as cores vermelho e branco representam as menores concentrações de sólidos dissolvidos na água subterrânea analisada.

A frente, são disponibilizadas tabelas, sendo divididas em quatro temas principais, com o primeiro tratando de dados gerais acerca dos poços cadastrados no estado; o segundo tema, demonstrando o grau de salinidade nos poços instalados nas diferentes litologias que compõem o estado do Ceará; na terceira seção, é destacado a potabilidade da água proveniente dos poços, sendo detalhados uma série de parâmetros técnicos e no quarto tema, é discutido o grau de salinização da água para o uso na agricultura.

## Características gerais dos poços cadastrados no estado do Ceará

Nesta seção, serão detalhados dados referentes aos poços analisados ao longo do território das bacias do estado do Ceará, contendo informações acerca do tipo de uso dos poços (tabela 1), dos tipos de poços (tabela 2), do perfil dos poços instalados (tabela 3) e da distribuição destes poços no território cearense (tabela 4).

**Tabela 1:** Aspectos gerais das condições de uso de poços existentes no Ceará.

Uso	%	Situação	%	Razão do não funcionamento	%	Tipo de uso	%
Público	53	Em uso	58,1	Improdutivo ou seco	26,4	Doméstico	39,0
		Desativado	16,5	Cimentado	3,3	Industrial	2,4
Privado	47	Abandonado	13,7	Entulhado/soterrado	60,9	Agricultura	2,9
		Não instalado	11,7	Salinizado	9,2	Animal	6,0
				Outras	0,2	Múltiplo	49,7

Fonte: Adaptado de Silva, 2007.

**Tabela 2:** Tipos de poços no Ceará, quanto ao aquífero e construção.

Tipo de aquífero	%	Tipo de Poço (%)		
		Tubular	Amazonas	Fontes naturais
Sedimentar	29,1	97,4	2,0	0,6
Cristalino	62,5	96,2	3,5	0,3
Cárstico	0,8	87,4	12,6	-
Aluvionar	5,6	11,0	88,2	0,8

Fonte: Adaptado de Silva, 2007.

**Tabela 3:** Perfil de poços instalados nas bacias hidrográficas cearenses.

Bacia	Poços em operação (%)	Poços em uso/ 1.000 hab.	Profundidade média (m)	Número de Poços/Km <sup>2</sup>
Acaraú	56	1,73	50,3	0,115
Alto Jaguaribe	47	1,28	51,8	0,053
Banabuiú	46	1,51	44,1	0,073
Baixo Jaguaribe	53	1,91	50,9	0,101
Coreaú	52	1,42	48,2	0,114
Curu	54	2,33	53,8	0,140
Litoral	45	1,30	52,2	0,095
Metropolitana	59	2,40	52,2	0,637
Médio Jaguaribe	54	1,77	45,5	0,055
Parnaíba	61	2,00	47,3	0,082
Salgado	53	1,73	68,2	0,160

Fonte: Adaptado de Silva, 2007.

As características dos poços escavados no Ceará variam conforme a litologia de sua

localização e o tipo climático em que está incluso. Referindo os dados trazidos na tabela 3, Silva (2007, p. 7) destaca que,

Os poços mais profundos ficavam na bacia sedimentar do Araripe, região do Cariri cearense. Os municípios com poços mais profundos foram: Mauriti, Porteiras, Abaiara, Barbalha e Missão Velha, todos com médias superiores a 80 m. Os poços mais rasos ( $P < 20$  m) estavam em: Deputado Irapuan Pinheiro, Tauá, Tarrafas, Quiterianópolis e Monsenhor Tabosa. Nestes municípios, destaca-se a predominância de poços tipo Amazonas (> 50% do total de poços instalados).

Além das características de profundidade dos poços analisados, destaca-se também a capacidade de produção dos poços instalados, sendo destaque neste quesito, a região do Cariri cearense, como citado por Silva (2007, p. 7),

Os municípios cujos poços apresentaram maior capacidade de produção estão localizados em formações sedimentares, nos municípios de Itaiçaba, Barbalha, Porteiras, Mauriti e Missão Velha, todos com vazões médias maiores que 100 m<sup>3</sup>/h. Guaiúba, Banabuiú e Uruburetama apresentaram as menores vazões (< 0,3 m<sup>3</sup>/h). Estes municípios também apresentaram as menores médias de produção específica (< 0,2 m<sup>3</sup>/h.m). Quanto aos municípios com maiores médias de  $Q_e$ , destacaram-se: Porteiras, Missão Velha, Barbalha e Itaiçaba, com valores entre 1 e 2 m<sup>3</sup>/h.m.

**Tabela 4:** Distribuição de poços nas bacias hidrográficas cearenses de acordo com o tipo litológico.

Bacia	Característica litológica dos poços (%)			
	Aluvionar	Cárstico	Cristalino	Sedimentar
Acaraú	11,1	-	13,1	10,7
Alto Jaguaribe	28,3	-	9,5	5,8
Banabuiú	20,1	-	11,7	0,1
Baixo Jaguaribe	2,4	93,0	3,8	11,7
Coreaú	0,9	-	3,6	4,5
Curu	4,0	-	9,0	4,2
Litoral	0,5	-	2,9	6,0
Metropolitana	1,7	-	29,1	21,0
Médio Jaguaribe	6,4	7,0	4,5	-
Parnaíba	23,2	-	8,2	8,1
Salgado	1,4	-	4,5	7,9

Fonte: Adaptado de Silva, 2007.

De acordo com Ribeiro (2013), a análise química destes poços, produzidas e distribuídas pelo SIAGAS são muito amplas, com 10.150 dados de condutividade elétrica inseridos no banco de dados. Os valores são muito variados, desde menores de 100 a maiores de 20.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Estas análises, além de fornecer a condutividade elétrica de cada poço cadastrado, tras também análises físico-químicas, como os parâmetros de alcalinidade total, alumínio (Al), bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ), cálcio (Ca), carbonato ( $\text{CO}_3$ ), cloreto (Cl), dureza total, ferro total (Fe), fluoretos (F), hidróxidos, magnésio (Mg), manganês (Mn),

NH<sub>3</sub>H, nitratos (NO<sub>3</sub>), nitritos (NO<sub>2</sub>), oxigênio dissolvido (OD), potássio (K), sódio (Na), sólidos dissolvidos totais e sulfato (SO<sub>4</sub>).

### Salinidade dos poços analisados no estado do Ceará

Um dos grandes fatores de determinação da qualidade e potabilidade da água, se dá pela quantidade de sódio dissolvido na água. As tabelas 5, 6, 8 e 9 trazem dados adicionais dos poços escavados na litologia cristalina, sedimentar, cárstica e aluvionar, destacando a condutividade elétrica, temperatura, acidez e outros fatores. Na tabela 7, é destacado o grau de salinidade dos poços analisados.

**Tabela 5:** Predominância de salinidade nas águas subterrâneas do cristalino cearense.

Parâmetro	Predominância do grau de salinidade (%)				
	1	2	3	4	5
Condutividade elétrica	2,8	8,3	28,1	22,9	37,9
Dureza total	2,4	2,4	2,0	16,2	77,0
Sódio	4,0	7,1	24,5	13,0	51,4
Cloreto	5,9	5,5	11,1	12,2	65,3

Fonte: Adaptado de Silva, 2007.

**Tabela 6:** Caracterização de águas subterrâneas do cristalino cearense.

Parâmetro	Média	Mediana	Varição	Desvio padrão
Temperatura (°C)	32,5	32,6	30,1 - 34,3	1,5
pH (unidades)	7,80	7,85	6,15 - 8,78	0,43
Bicarbonato (mg HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L)	297,2	294,5	13,4 - 1.324,4	174,6
Carbonato (mg CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> /L)	2,8	1,6	0,0 - 24,7	3,6
Condutividade elétrica (mS/cm)	5,27	3,18	0,11 - 32,82	0,56
Sódio (mg Na <sup>+</sup> /L)	410,1	246,0	14,1 - 2.764,0	451,2
Potássio (mg K <sup>+</sup> /L)	18,8	13,2	1,9 - 136,0	19,6
Dureza total (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	1.179	788	17 - 8.340	1.222
Cálcio (mg Ca <sup>2+</sup> /L)	186,7	121,0	1,6 - 1.472,0	193,7
Magnésio (mg Mg <sup>2+</sup> /L)	170,8	97,4	1,4 - 1.118,4	199,3
Sulfato (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L)	69,9	26,8	0,2 - 1.975,0	176,3
Cloreto (mg Cl <sup>-</sup> /L)	1.241,7	667,0	13,0 - 8.015,0	1.476,5
Nitrato (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L)	14,5	6,79	0,1 - 126,0	19,7

Fonte: Adaptado de Silva, 2007.

**Tabela 7:** Predominância de salinidade nas águas subterrâneas do sedimento cearense.

Parâmetro	Predominância do grau de salinidade (%)				
	1	2	3	4	5
Condutividade elétrica	33,0	37,9	20,2	5,8	3,1
Dureza total	23,9	30,5	15,3	16,7	13,6
Sódio	45,9	26,8	15,8	4,4	7,1

Cloreto	21,4	30,1	24,8	11,1	12,6
---------	------	------	------	------	------

Fonte: Adaptado de Silva, 2007.

**Tabela 8:** Caracterização de águas subterrâneas do sedimento cearense.

<i>Parâmetro</i>	<i>Médi a</i>	<i>Mediana</i>	<i>Varição</i>	<i>Desvio padrão</i>
Temperatura (°C)	31,5	31,2	25,0 – 39,9	2,34
pH (unidades)	7,53	7,63	6,06 - 8,55	0,55
Bicarbonatos (mg HCO <sup>-</sup> /L) <sub>3</sub>	137,6	95,9	5,7 – 461,4	123,5
Carbonatos (mg CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> /L)	1,4	0,4	0,0 - 12,3	2,7
Condutividade elétrica (mS/cm)	3,44	1,20	0,02 – 27,14	6,18
Sódio (mg Na <sup>+</sup> /L)	361,0	128,0	1,3 - 3.785,0	731,0
Potássio (mg K <sup>+</sup> /L)	26,7	12,3	0,7 – 222,0	40,1
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	694	169	3 – 6.661	1.280,0
Cálcio (mg Ca <sup>2+</sup> /L)	100,8	39,6	1,8 – 976,0	182,5
Magnésio (mg Mg <sup>2+</sup> /L)	107,4	25,4	0,9 - 1.012,8	203,4
Sulfato (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L)	48,9	17,8	0,8 – 287,5	73,7
Cloreto (mg Cl <sup>-</sup> /L)	836,0	259,0	3,5 - 7.077,0	1.630,4
Nitrato (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L)	8,2	3,8	0,1 - 37,3	9,4

Fonte: Adaptado de Silva, 2007.

**Tabela 9:** Condutividade elétrica em poços aluvionares e cársticos do Ceará.

<b>Parâmetro estatístico</b>	<b>Litotipo</b>	
	Aluvionar	Cárstico
Média	1,35 mS/cm	1,50 mS/cm
Mediana	1,00 mS/cm	1,51 mS/cm
CV (%)	87	23
Número de poços	778	111

Fonte: Adaptado de Silva, 2007.

### Potabilidade da água nos poços analisados

**Tabela 10:** Poços do cristalino e de bacias sedimentares do Ceará em que as amostras de água atenderam às exigências dos padrões de potabilidade em relação aos principais parâmetros de salinidade, conforme a Portaria 518/04.

<i>Parâmetro</i>	<i>Padrão exigido</i>	<i>% que atendeu ao padrão</i>	
		Cristalino	Sedimentar
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	≤ 500	37	83
Sódio (mg Na <sup>+</sup> /L)	≤ 200	44	91
Cloreto (mg Cl <sup>-</sup> /L)	≤ 250	28	82
Sulfato (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L)	≤ 250	96	97
Nitrato (mg N/L)	≤ 10	64	99
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	≤ 1.000	36	89

Fonte: Adaptado de Silva, 2007.

**Tabela 11:** Cor e turbidez nas águas de poços do Ceará.

Parâmetro estatístico	Cor (UH)	Turbidez (UT)
Média	22	4
Mediana	10	2
CV (%)	150	147

Fonte: Adaptado de Silva, 2007.

### Salinidade dos poços para o uso na agricultura

A avaliação dos valores de RAS (Razão de adsorção de sódio) e CE (Condutividade elétrica) empregando diagrama ou mesmo, tabela de orientação, constitui o procedimento mais difundido para análises técnicas. “A classificação da água deve considerar o uso de longo prazo e os riscos de salinização e sodicização do solo”. (SILVA, 2007). Dessa maneira, os resultados de RAS e de CE são divididos em faixas, conforme o risco de sodicização e de salinização do solo.

**Tabela 12:** Classificação dos níveis de restrição de uso de água na irrigação de acordo valores de CE, RAS e cloreto.

Parâmetro	Nível de restrição ao uso e valores orientadores		
	Nenhu ma	Ligeira ou moderada	Severa
Condutividade elétrica (mS/cm)	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
Razão de adsorção de sódio (RAS)	< 3	3 – 9	> 9
Cloreto (mg/L)	< 106	106 – 319	> 319

Fonte: Adaptado de Silva, 2007.

**Tabela 13:** Classificação e distribuição (%) da salinidade das águas de poços do Ceará quanto à condutividade elétrica.

Classes de CE	Tipo de aquífero			
	Cristalino	Sedimentar	Aluvionar	Cárstico
$C_1$	1,2	25,1	4,7	-
$C_2$	13,9	44,8	29,3	4,8
$C_3$	38,9	20,3	51,4	87,8
$C_4$	46,0	9,8	14,6	7,4

Fonte: Adaptado de Silva, 2007.

**Tabela 14:** Classificação e distribuição (%) da sodicidade e salinidade das águas de poços do Ceará quanto à RAS e STD.

Classes de RAS	Aquífero		Classes de STD	Aquífero	
	Cristalino	Sedimentar		Cristalino	Sedimentar
$S_1$	98,3	98,2	$STD_1$	0,6	8,1
$S_2$	0,8	1,5	$STD_2$	15,0	67,2

$S_3$	0,9	0,3	$STD_3$	45,9	18,3
$S_4$	-	-	$STD_4$	38,5	6,4

Fonte: Adaptado de Silva, 2007.

### Considerações finais

O estado do Ceará possui cerca de 35.146 poços cadastrados pelo SIAGAS, de acordo com dados disponíveis até o ano de 2021. Houve um aumento expressivo no número de poços escavados e registrados em relação a 2012, quando estavam cadastrados 20.871 poços. Este aumento se deu principalmente, devido os recentes períodos de estiagem no semiárido nordestino que, entre outras situações, trouxe ao limite grande parte dos reservatórios de água comumente utilizados no Nordeste, os açudes.

A maior parte dos poços escavados no estado estão presentes em áreas de litologia sedimentar, mais adequada a perfuração e armazenamento de água no subsolo. Por tanto, trata-se de áreas muito utilizadas para a exploração de água subterrânea, trazendo consigo a necessidade de análise e pesquisa para a correta exploração da água subterrânea nestas áreas de litologia sedimentar.

Por sua vez, as escavações feitas no cristalino, cárstico e aluvionar, não são tão expressivas quanto as escavações feitas no embasamento sedimentar, porém, há um uso crescente da água subterrânea nestas áreas, principalmente motivadas pela ineficácia dos reservatórios de água tradicionais, diante da instabilidade pluviométrica. Como coloca Silva et al (2007), a água extraída em poços no cristalino, possuem um maior grau de cloreto, sódio e sólidos totais dissolvidos, o que exigiria o processo de dessalinização desta água, para se manter na qualidade mínima necessária para o consumo humano, como o exigido pelo ministério da saúde.

Outra situação de alerta, está no uso indevido da água para a irrigação, que, se feito de forma incorreta, sem medições ou estudos prévios, pode salinizar o solo, afetando a vegetação, plantações e posteriormente a água que infiltra, trazendo altas concentrações de sal e outras substâncias tóxicas para o subsolo e lençol freático.

O amplo uso de pesticidas e outros produtos tóxicos nas lavouras também traz uma série de malefícios ao solo e subsolo, afetando diretamente a qualidade da água abaixo do extrato terrestre. Para mitigar efeitos destrutivos na utilização destes poços, é necessário planejamento técnico, visando ampliar as medidas de segurança para a perfuração, uso e manutenção destes poços, proporcionando assim, algum nível de segurança para os lençóis freáticos, tão importantes para o abastecimento de grande parte da população cearense.

## Referências

ALMEIDA, Hermes Alves de. **Climatologia aplicada a Geografia**. Campina Grande: EDUEPB, 2016.

COGEHR. **Águas subterrâneas**. Fortaleza, 2018. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/aguas-subterraneas-2/>>. Acesso em: 20 de set. 2020.

COGEHR. **Boletim de Monitoramento dos Poços com Datalogger no Cariri – CE (ano de 2017)**. Secretaria de Recursos Hídricos, Fortaleza: Secretária de Recursos Hídricos, 2017.

COSTA, Ana Cristina Morais da; SANTOS, Marco Aurélio dos. **A gestão dos recursos hídricos no Brasil e a questão da água subterrânea**. In: 1st Joint World Congress on Groundwater. Rio de Janeiro: 2000.

DINIZ, H. N.; BRAGA, M. L. A.; OLIVEIRA, M. C. Q. M.; TANAKA, S. E.; SILVA, V. H. A.; FRANCA, V. C. 2004. **Caracterização hidroquímica das águas subterrâneas no Município de São José dos Campos – uso do software Aquachem**. In: II REUNIÓN DE GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDINAMIENTO TERRITORIAL DEL MERCOSUL, 2004. v. 1. p. 1-12. Montevideú. Resúmen. Montevideú: Easy Planners, 2004.

GOMES, Maria da Conceição Rabelo. **Análise situacional qualitativa sobre as águas subterrâneas de Fortaleza, Ceará – Brasil como subsídio à gestão dos recursos hídricos**. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geologia, Programa de Pós-Graduação em Geologia. Fortaleza: UFC, 2013.

LOBLER, Carlos Alberto; SILVA, José Luiz Silvério da. **Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas do município de Nova Palma, Rio Grande do Sul, Brasil**. Santa Maria: UFSM, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v10n1/1980-993X-ambiagua-10-01-00141.pdf>>. Acesso em: 15 de Jan. 2021.

MENDONÇA, Francisco; OLIVEIRA, Inês Moresco Danni. **Climatologia noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: oficina de textos, 2007.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. Ed. – São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

RIBEIRO, José Alberto. **SIAGAS – Base de Dados do Ceará uma Fonte de Dados de Pesquisa**. In: XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. Fortaleza: 2012.

SILVA, Fernando José Araújo da, et.al. **Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade**. Rev. Tecnol. Fortaleza v.28, n 2, p 136-159. Fortaleza: 2007.

