

## PROPOSTA DE USO DOS RECURSOS SUBTERRÂNEOS PARA A BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE

HELENICE FERREIRA FILGUEIRAS<sup>1</sup>, RAMON DOS SANTOS PEREIRA <sup>2</sup>, SÁVIO DE BRITO  
FONTENELE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduada em engenharia civil, FAPCE, helenice\_filgueiras@aluno.fapce.edu.br;

<sup>2</sup>Graduando em engenharia civil, FAPCE, ramonsantos@aluno.fapce.edu.br;

<sup>3</sup>Dr. em engenharia civil, Prof. Titular FAPCE, savio.fontenele@fapce.edu.br.

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
15 a 17 de setembro de 2021

**RESUMO:** Este trabalho objetivou mostrar o limite máximo de exploração dos recursos hídricos subterrâneos da bacia sedimentar do Araripe estimada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais no ano de 1996 e a melhor localização para implementação de reservatórios superficiais. Nessa localização, foram utilizados dados georreferenciados e informações dos tipos de solos das cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha presentes na literatura. Os resultados demonstraram que os volumes hídricos máximos retiráveis dos sistemas aquíferos da bacia sedimentar do Araripe são de  $129,5 \times 10^6$  m<sup>3</sup> anuais. Ao norte da área analisada, existem solos praticamente impermeáveis e com alto potencial de armazenamento superficial. As áreas identificadas correspondem a 16,26%, totalizando 326,03 quilômetros quadrados espalhada nos municípios do Juazeiro do Norte e Crato.

**PALAVRAS-CHAVE:** Disponibilidade hídrica subterrânea. Armazenamento superficial. População residente.

## PROPOSAL FOR THE USE OF UNDERGROUND RESOURCES FOR THE ARARIPE SEDIMENTARY BASIN

**ABSTRACT:** This work aimed to show the maximum exploitation limit of underground water resources in the Araripe sedimentary basin estimated by the Mineral Resources Research Company in 1996 and the best location for implementing surface reservoirs. In this location, georeferenced data and information on soil types from the cities of Crato, Juazeiro do Norte and Barbalha present in the literature were used. The results showed that the maximum water volumes withdrawable from the aquifer systems in the Araripe sedimentary basin are  $129.5 \times 10^6$  m<sup>3</sup> per year. To the north of the analyzed area, there are practically impermeable soils with high potential for surface storage. The identified areas correspond to 16.26%, totaling 326.03 square kilometers spread over the municipalities of Juazeiro do Norte and Crato.

**KEYWORDS:** Underground water availability. Surface storage. Resident population.

## INTRODUÇÃO

As bacias sedimentares ocupam aproximadamente 48,5% do território brasileiro. Nelas, encontram-se os 27 principais aquíferos do país. Esses aquíferos possuem reservas que em 2010, atendiam em torno de 30 a 40% da população nacional, a através de, aproximadamente, 416 mil poços (Hirata *et al.*, 2010). De acordo com SIAGAS (2020), o Brasil possui uma densidade de 0,04 poços/km<sup>2</sup>. Na região Nordeste (0,11 poços/km<sup>2</sup>), cerca de 50% do seu território localiza-se em áreas onde os recursos hídricos subterrâneos são abundantes (Rebouças, 1997). Contudo, cerca de 60% das águas subterrâneas encontra-se fora da região semiárida, de acordo com análise de dados georreferenciados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2014) referente as bacias sedimentares e do limite do semiárido nordestino da Superintendência do Desenvolvimento do

Nordeste (SUDENE,2017). Ainda assim, o uso de água subterrânea se estende por cerca de 53% do semiárido nordestino ( Aguiar & Moraes Neto, 2015).

O Ceará é formado por 63% da sua área de embasamento cristalino, 29% de litologia sedimentar e o restante se distribui em aluviões e formações cársticas. A litologia sedimentar abriga os aquíferos, utilizados no abastecimento da população. Até o ano de 2003, existia cerca de 23.000 poços, atualmente, de acordo com SIAGAS (2020), o Ceará possui apenas a quinta maior densidade de poços da região Nordeste com 0,18 poços/km<sup>2</sup>, totalizando 27.345 poços. Esse valor representa um crescimento de 18,89% em relação a 2003. Apesar da formação cristalina corresponder a cerca de 63% da área (Silva *et al.*, 2007), nas bordas do Ceará encontram-se áreas com formações sedimentares de elevado potencial hidrogeológico (Cavalcante & Gomes, 2011). Nesse ambiente hidrogeológico, poços apresentam vazões de poucos até 350 m<sup>3</sup>/h. Valores acima dos comuns são encontrados na bacia sedimentar do Araripe em poços no Crato (350 m<sup>3</sup>/h) e Barbalha (348 m<sup>3</sup>/h), ( Cavalcante & Gomes, 2011). Segundo Veríssimo *et al.*, (2007), 95% dos habitantes dessa bacia utilizam água subterrânea para os mais diversos fins (agricultura, indústria e abastecimento público), explotando em média 25,5 m<sup>3</sup>/h por poço.

A extração de água subterrânea, deve-se ser pautada valores máximos retiráveis, pois valores acima dos limites das reservas reguladoras, também conhecida como superexploração, provoca danos ao meio e/ou as reservas do sistema aquífero. Esse fenômeno pode ocasionar a redução da vazão dos corpos hídricos superficiais que recebem contribuições subterrâneas; comprometer a estrutura do aquífero através da retirada de volumes necessários a manutenção da formação (Dora, 2013). Considerando-se a importância das águas subterrâneas para a população da bacia sedimentar do Araripe, faz-se necessário a indicação de um limite máximo de exploração e uma alternativa de suprir volumes superiores aos volumes estabelecidos, visando não limitar o desenvolvimento socioeconômico da região.

## MATERIAL E MÉTODOS

A bacia sedimentar do Araripe - BSA está inserida em pleno sertão nordestino, posicionada entre as coordenadas geográficas: 38°30'00 e 40°55'00 de longitude; 7°10'00" a 7°50'00 de latitude sul. O território abrange parte dos Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí. (Veríssimo & Aguiar, 2005).

Apresenta três sistemas aquífero, o sistema aquífero superior, onde as recargas acontecem por infiltração direta da água proveniente a chuva no topo da chapada, o sistema aquífero médio responsável pelo abastecimento dos poços da região, sua recarga é realizada através das infiltrações diretas e indiretas, facilitada pelas elevadas permeabilidade e porosidade do meio aquífero. A direta ocorre através das precipitações e da contribuição provenientes das fontes do sistema aquífero superior, que escoam superficialmente sobre os sedimentos do pediplano, possibilitando uma infiltração de parte desse escoamento superficial. De maneira indireta, ocorre através das falhas e fraturas do sistema aquífero superior (DNPM, 1996). E o sistema aquífero inferior, que possui sua maior parte confinada pelo sistema aquífero médio e sua recarga é através do processo de infiltração do aquífero médio e das precipitações diretas nas áreas livre de afloramento (Kimura & Loreiro, 2004). A Figura 1 apresenta um esboço do funcionamento desses sistemas aquíferos.

Figura 1. Esboço do funcionamento dos sistemas aquíferos da BSA.



Fonte: Mendonça, 2001

De acordo com Pereira *et al.*, (2019), em 2018 aproximadamente 954.971,00 habitantes de 19 municípios residiam nessa bacia sedimentar. No entanto destaca-se na bacia sedimentar em uma área de 2.005,1 km<sup>2</sup>, Segundo o IBGE (2018), as cidades de Juazeiro do Norte (271.926,0 hab.), Crato (131.372,0 hab.) e Barbalha ( 60.155 hab.), com 463.453 habitantes, no eixo CRA – Crato, JU – Juazeiro do Norte e BAR – Barbalha (CRAJUBAR). Assim temos que aproximadamente 48,53% dos habitantes da bacia estão no CRAJUBAR.

O limite de exploração de água subterrânea será o volume estimado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DPNM) (1996). Enquanto as áreas mais propícias de receberem reservatórios superfícies serão encontradas conforme análise de dados georreferenciados das formações litoestratigráficas do CRAJUBAR, por esta se trata da área de maior concentração populacional da bacia sedimentar, o que reduziria os custos decorrentes do transporte do fluido.

Os dados georreferenciados das formações litoestratigráficas, foram retirados da CPRM, em formato vetorial com coordenadas geográficas SIRGAS 2000. Como primeiro passo, foi realizada a mudança das coordenadas para projetadas SIRGAS 2000 24S. Definidas as coordenadas, a área de estudo foi recortada e atribuídas as informações de profundidade de cada formação mostradas na Figura 1.

As informações de profundidade da área de estudo basearam-se nos dados da DNPM (1996) que afirma que, por se tratar de uma bacia sedimentar, as formações situadas dentro da área de análise possuem geralmente, grandes espessuras com valores acima de 200 cm. Assim todas as formações apresentadas na Figura 1 apresentaram valores elevados de profundidade, com exceção do embasamento cristalino, pois segundo Aguiar *et al.*,(2010), esse tipo de formação, na região semiárida brasileira geralmente são recobertos por solos rasos com valores abaixo de 50 cm e com alto potencial de armazenamento superficial. Assim, as áreas com as melhores condições de armazenamento superficial são as que o embasamento cristalino é aflorante.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo subsuperficial da água se dá por três subprocessos: recarga, armazenamento dinâmico e descarga. Os aquíferos podem ser recarregados de forma direta (infiltração oriunda da precipitação) ou de forma indireta (infiltração em corpos hídricos ou de atividades humanas, como irrigação). Ao chegar na zona saturada, as águas são armazenadas nos espaços entre os sedimentos (poros) e/ou nas fraturas. A descarga natural se dá através do escoamento de base dos cursos d'água, enquanto a artificial ocorre devido ao bombeamento de poços (Dora,2013)

Essa dinâmica é responsável pela determinação de tipos de reservas aquíferas, permitindo conhecer os recursos exploráveis e subsidiar a determinação de políticas para a sua gestão sustentável.

As reservas, segundo Cavalcante (1998), podem ser Renováveis onde o volume que participa do ciclo hidrológico em escala de tempo menor (anual, interanual ou sazonal), localizado entre os níveis máximo e mínimo dos aquíferos livres. O uso dessas reservas deve ser pautado em estratégias preservadoras, por possuírem um elevado potencial de serem poluídas; e Permanentes onde o volume necessário a manutenção da formação, localizando-se abaixo do limite de flutuação sazonal dos aquíferos livres ou dos níveis potenciométricos dos aquíferos confinados. Essas reservas só devem ser utilizadas em situações de escassez hídrica, como medida emergencial.

Os recursos renováveis são tidos como retiráveis, por sua ausência não prejudicar o aquífero e o meio ambiente, ou seja, estão associados a disponibilidade hídrica sustentável do sistema aquífero (DNPM, 1996). Devido ao fato, do sistema superior possuir poucos dados e poços instalados em suas formações, a instituição ficou impossibilitada de encontrar parâmetros representativos, com exceção do coeficiente de armazenamento. Quanto a suas reservas renováveis, essas foram desconsideradas nas reservas exploráveis da região. A Tabela 1 mostra os parâmetros hidrogeológicos e as reservas dos sistemas aquíferos da bacia sedimentar do Araripe.

Tabela 1. Parâmetros hidrogeológicos e reservas.

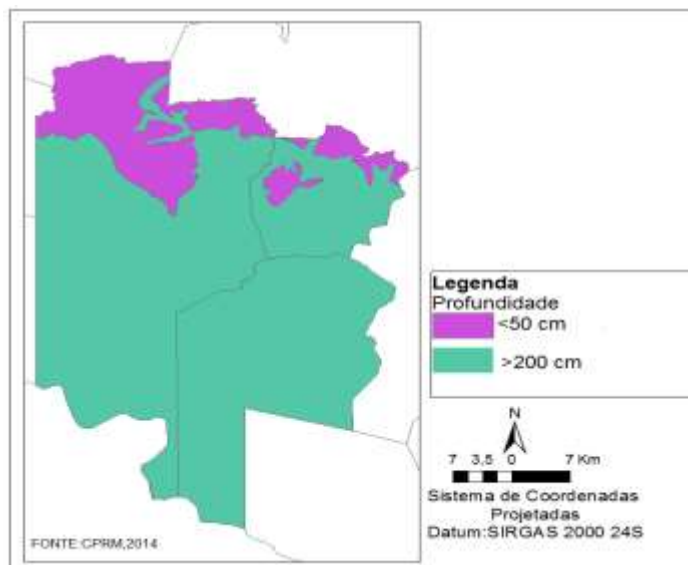
Sistema aquífero	Parâmetros hidrogeológico			Reservas	
	Transmissividade (m <sup>2</sup> /s)	Coefficiente de permeabilidade (m/s)	Coefficiente de armazenamento (s)	Renováveis (m <sup>3</sup> /ano)	Permanentes (m <sup>3</sup> )

<b>Superior</b>	-	-	$1,0 \times 10^{-4}$	$100 \times 10^6$	$10,2 \times 10^9$
<b>Médio</b>	$5 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-4}$	$112 \times 10^6$	$123,93 \times 10^9$
<b>Inferior</b>	$3 \times 10^{-4}$	$4,0 \times 10^{-6}$	$1,0 \times 10^{-5}$	$17 \times 10^6$	$4,9 \times 10^9$
<b>Total</b>				$129,5 \times 10^6$	-

Fonte: DNPM, 1996

Nesse sentido a disponibilidade de recursos hídricos subterrâneos da bacia sedimentar do Araripe corresponde, de maneira conservadora, apenas aos  $129,5 \times 10^6$  m<sup>3</sup> anuais das reservas renováveis dos sistemas. Quanto aos tipos de solos, por se tratar de uma área localizada em uma bacia sedimentar, 83,74% do território central e o sul do CRAJUBAR, possui solos com elevadas espessuras, com exceção de 16,26% ao norte, que apresentam solos rasos recobrimdo um embasamento cristalino praticamente impermeável, cobrindo 326,03 km<sup>2</sup> dos municípios do Juazeiro do Norte e Crato. A Figura 2, abaixo mostra essas definições de espessura.

**Figura 2.** Espessuras dos solos do CRAJUBAR.



## CONCLUSÃO

A exploração das reservas subterrâneas deve ser pautada no conhecimento hidrogeológico dos parâmetros locais e em um volume máximo anual, igual as reservas renováveis. Uma alternativa para o atendimento de demandas superiores a esse volume no CRAJUBAR, poderia ser a instalação de reservatórios superficiais para abastecimento público, preferencialmente nas áreas de embasamento cristalino ao norte, por serem áreas praticamente impermeáveis e rochosas.

## AGRADECIMENTOS

A Faculdade Paraíso do Ceará- FAPCE, pela aprendizagem na vida acadêmica.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. B. et al. Pesquisa hidrogeológica em bacias sedimentares no nordeste brasileiro. Anais dos XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 2010.
- AGUIAR S. C.; J. M. MORAIS NETO. Comprometimento da relevância ambiental da água subterrânea na zona rural do município de Gado Bravo-PB. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM: Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 583-594, 2015.
- CAVALCANTE, I. N. Fundamentos hidrogeológicos para gestão integrada de recursos hídricos na região metropolitana de fortaleza. Tese (Doutorado na área de concentração em recursos minerais e hidrogeologia) -Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998
- CAVALCANTE, I. N.; GOMES, M. da C. R. As águas subterrâneas do Ceará: ocorrências e potencialidades. In: MEDEIROS, C. N.; GOMES, D. D. M.; ALBUQUERQUE, E. L. S.; CRUZ,

- M. L. B. da (org). Os recursos hídricos do Ceará: integração, gestão e potencialidade. Fortaleza: IPECE, 2011. Seção III. P.165-199
- DORA, A. S. Quantificação das reservas renováveis de água subterrânea em bacias hidrográficas a partir de series históricas de vazão: Uma ferramenta para gestão de bacias. Trabalho de conclusão de curso-Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2013.
- DNPM. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto avaliação hidrogeológica da Bacia Sedimentar do Araripe. Programa Nacional de Estudos dos Distritos Mineiros. Distritos Regionais de Pernambuco e Ceará. Recife, 1996.
- HIRATA, R.; ZOBY, J. L. G.; OLIVEIRA, F. R. Água subterrânea: reserva estratégica ou emergencial. In: *Águas do Brasil: análises estratégicas*. 1. ed. São Paulo: Instituto de Botânica, v.1, p. 149-161, 2010.
- IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018. Cidades e estados. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>> Acesso em: 30 mai. 2020
- KIMURA, G.; LOUREIRO, C. DE O. Modelo hidrogeológico do gráben Crato-Juazeiro (CE) –uma nova proposta sobre a conexão hidráulica entre os sistemas aquíferos superior e médio. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2004.
- MENDONÇA, L. A. R. Recursos hídricos da Chapada do Araripe. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 193p, 2001.
- PEREIRA, R. S. FILGUEIRAS, H. F. FONTENELE, S. B Potencial hidrogeológico das bacias sedimentares do Semiárido brasileiro. Anais ... IV Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido – SBRNS, 2019.
- REBOUÇAS, A. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. Estudos Avançados, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.
- SIAGAS. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. 2020. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acesso em: 06 mai. 2020
- SILVA, F. J. A.; ARAÚJO, A. L.; SOUZA, R. O. Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade. Revista Tecnologia, v.28, p.136-159, 2007.
- VERÍSSIMO L. S. et al. Recursos hídricos subterrâneos da bacia sedimentar do Araripe – zona leste, estado do Ceará. Anais dos XV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e I Simpósio de Hidrogeologia do Sul-Sudeste, 2007
- VERISSÍMO, L. S; AGUIAR, R. B., 2005. Hidrogeologia da porção oriental da Bacia Sedimentar do Araripe. Meta A. Diagnóstico do estado da arte. Brasil: CPRM. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/araripe\\_meta\\_A.PDF](http://www.cprm.gov.br/publique/media/araripe_meta_A.PDF)>. Acesso em: 30 mai. 2020.