

IMPACTOS AMBIENTAIS NOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS EM JUAZEIRO DO NORTE - CE: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

David Gonzaga Lemos¹;

Faculdade de Tecnologia CENTEC - FATEC CARIRI (FATEC Cariri), Juazeiro do Norte, CE.

<http://lattes.cnpq.br/3625098275183003>

Anielle dos Santos Brito²;

Faculdade de Tecnologia CENTEC - FATEC CARIRI (FATEC Cariri), Juazeiro do Norte, CE.

<http://lattes.cnpq.br/7523803980086935>

Samila Barbosa Lisboa³;

Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, PI.

<http://lattes.cnpq.br/9197772691531276>

Rildson Melo Fontenele⁴.

Faculdade de Tecnologia CENTEC - FATEC CARIRI (FATEC Cariri), Juazeiro do Norte, CE.

<http://lattes.cnpq.br/9114260410299837>

RESUMO: As águas subterrâneas têm sido constantemente contaminadas por agentes altamente prejudiciais à saúde, elevando o nível de compostos na água, tornando a sua ingestão inapropriada. O maior risco de um aquífero ser contaminado está relacionado ao tipo de uso e as circunstâncias atuais, favorecendo a sua vulnerabilidade. Desta forma, o presente trabalho apresenta uma descrição e análise crítica do cenário atual da cidade de Juazeiro do Norte, no Estado do Ceará, dando ênfase as principais atividades de degradação das águas subterrâneas. Avaliando a caracterização da degradação dos recursos hídricos, a origem dos agentes degradantes, os tipos de poluentes, seu potencial, o alto número de pontos de captação de água na cidade até as consequências dessa degradação. Aborda-se, ainda, propostas de sustentabilidade dos aquíferos, com a exposição de medidas mitigadoras de impactos negativos, tais como: o controle da perfuração de poços tubulares profundos através de uma gestão integrada dos órgãos responsáveis pela pesquisa e emissão de outorgas, programas de educação ambiental, ações efetivas de reuso da água, aplicação efetiva da legislação existente sobre a manutenção da qualidade da água subterrânea e, ainda, adoção de mecanismos mais eficazes de fiscalização tanto da exploração das águas subterrâneas quanto das atividades que degradam as mesmas. A metodologia adotada foi a revisão de literatura sobre o tema, fundamentada em artigos científicos, relatórios dos órgãos responsáveis pela gestão e pesquisa, e teses de pós-graduação.

PALAVRAS-CHAVE: Degradação dos recursos hídricos. Poços. Urbanização.

ENVIRONMENTAL IMPACTS ON UNDERGROUND WATER RESOURCES IN JUAZEIRO DO NORTE - CE: AN INTEGRATIVE REVIEW

ABSTRACT: Groundwater has been constantly contaminated by agents that are highly harmful to health, raising the level of compounds in the water, making its intake inappropriate. The greatest risk of an aquifer being contaminated is related to the type of use and current circumstances, favoring its vulnerability. Thus, the present work presents a description and critical analysis of the current scenario in the city of Juazeiro do Norte, in the State of Ceará, emphasizing the main activities of groundwater degradation. Evaluating the characterization of the degradation of water resources, the origin of the degrading agents, the types of pollutants, their potential, the high number of water collection points in the city and the consequences of this degradation. Proposals for the sustainability of aquifers are also discussed, with the presentation of measures to mitigate negative impacts, such as: control of the drilling of deep tubular wells through integrated management of the bodies responsible for research and issuance of grants, environmental education, effective water reuse actions, effective application of existing legislation on maintaining the quality of groundwater and, also, adoption of more effective mechanisms for monitoring both the exploitation of groundwater and activities that degrade it. The methodology adopted was a literature review on the topic, based on scientific articles, reports from bodies responsible for management and research, and postgraduate theses.

KEY-WORDS: Degradation of water resources. Urbanization. Wells.

INTRODUÇÃO

A água é um elemento fundamental para a sobrevivência de todas as formas de vida no planeta Terra. Neste sentido as águas subterrâneas desempenham um papel importante no desenvolvimento de uma região, devido a sua disponibilidade e qualidade (PENA, 2019).

Estima-se que a disponibilidade de água subterrânea no Brasil seja em torno de 14.650 m³/s e, da mesma forma como ocorre com as águas superficiais, sua distribuição pelo território nacional não é uniforme e as características hidrogeológicas e produtividade dos aquíferos são variáveis, ocorrendo regiões de escassez e outras com relativa abundância (ANA, 2021).

A exploração de água subterrânea no Ceará tem crescido cada vez mais. Isto se deve aos longos períodos de estiagem, a redução da área de recarga e a evaporação dos reservatórios de águas superficiais que vêm sofrendo um grande impacto. Mesmo com a construção de novos reservatórios, a implantação de infraestruturas de transferência hídrica

como adutoras e canais, o abastecimento populacional, atividades agrícolas, a geração de energia elétrica, entre outras atividades que dependem de água não têm sido atendidas em sua totalidade. Em decorrência disso, se intensifica cada vez mais o investimento do poder público e a iniciativa privada na exploração de águas subterrâneas.

A região da Bacia Sedimentar do Araripe apresenta alta taxa de exploração de suas águas subterrâneas, onde a maior parte do volume é destinado ao abastecimento humano, industrial e a irrigação (COGERH, 2017), que se deve ao desenvolvimento da região o qual tem produzido grandes impactos sobre os mananciais superficiais e subterrâneos. Sendo estes impactos do tipo quantitativo, quando o rebaixamento do nível de água dos aquíferos ocorre em face da superexploração do manancial e da redução das áreas de recarga, e qualitativo, quando o manancial é contaminado por poluentes.

As águas subterrâneas têm sido contaminadas por efluentes agrícolas, urbanos e industriais, os quais têm contribuído para a elevação dos níveis de nitrato (NO_3^-) a valores não toleráveis, vindo a ser na atualidade o poluente de ocorrência mais frequente nesses mananciais (SILVA, 2020).

A poluição/contaminação das águas subterrâneas pode estar relacionadas com as atividades humanas e/ou por processos naturais, como por exemplo o descarte diretamente em solo de matérias primas, produtos, efluentes ou substâncias tóxicas, lixões e aterros mal operados; atividades de extração de minerais que expõe o solo deixando-o vulnerável a todos os tipos possíveis de poluição principalmente o contato direto das chuvas ácidas e também fluidos de maquinários utilizados nas extrações.

A falta de saneamento básico é predominante em todo o município em estudo. É comum vermos o lançamento de resíduos sólidos e líquidos em locais a céu aberto, sendo facilmente levados pelas precipitações até corpos hídricos e obviamente contaminando diretamente estes.

Diante deste cenário, o presente trabalho levanta alguns problemas e destaca a situação atual da quantidade e qualidade da água subterrânea disponível para consumo humano. Diante do exposto surge seguinte questionamento: Quais os fatores de degradação que podem causar impactos na qualidade e na quantidade das águas subterrâneas urbanas? E quais são esses impactos?

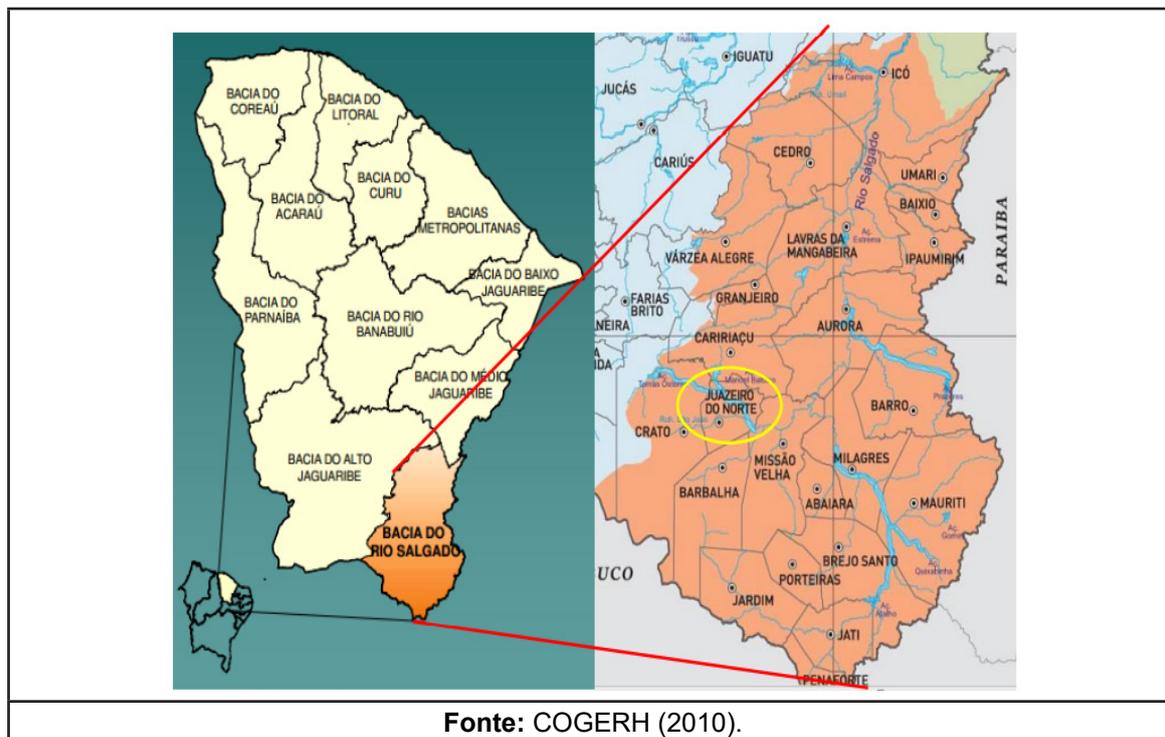
METODOLOGIA

Descrição da área em estudo

O município de Juazeiro do Norte, localizado no Estado do Ceará, compreende uma área de 248,8km² e os limites geográficos compreendendo entre Caririçu, Crato, Barbalha e Missão Velha (Figura 04). É distante 528 km da capital Fortaleza e possui uma população de aproximadamente 286.120 habitantes. (IBGE, 2022).

A Bacia do Araripe, mais comumente chamada de Bacia do Salgado forma uma vasta área sedimentar composta por sequencias alternadas de arenitos, siltitos, calcários, argilitos e folhelhos, podendo alcançar uma espessura da ordem de 1.600 m e com uma área de drenagem de 12.865 km². A litoestratigrafia heterogênea permite a formação de alternância de aquíferos, aquíferos e aquícludes (CPRM, 2016).

Figura 04. Mapa do Ceará com destaque no município de Juazeiro do Norte.



O município é abastecido em sua totalidade por água subterrânea, pois o rio Batateira que margeia o município já chega aos domínios municipais, poluído pelo lançamento de esgotos domésticos *in natura* do município do Crato, bem como efluentes industriais e do matadouro público municipal que se localiza entre os municípios de Crato e Juazeiro do Norte (SILVA, 2013; SABIÁ, 2008).

Delineamento da pesquisa

Este trabalho classifica-se como uma Revisão Integrativa (RI). Este é um método que proporciona a síntese do conhecimento fundamentando a prática e a qualidade da evidência, tem uma abordagem ampla referente às revisões, permitem a inclusão de estudos experimentais e não experimentais para uma compreensão aprofundada da temática investigada.

A RI foi realizada em seis etapas distintas claramente descritas, esse método tem a finalidade de reunir e sintetizar resultados de pesquisa sobre um delimitado tema ou

questão, favorecendo o aprofundamento do estudo investigado.

A primeira etapa envolve a definição do tema selecionado e a hipótese ou questão de pesquisa, a segunda etapa compreende o estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão para busca dos estudos na literatura, a terceira etapa diz respeito à definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados, a quarta etapa envolve a avaliação dos estudos incluídos na revisão integrativa, a quinta etapa corresponde à interpretação dos resultados e por fim, a sexta etapa inclui a apresentação da revisão permeando a síntese do conhecimento.

Sendo assim, realizou-se pesquisas em artigos científicos, teses de doutorado, bem como relatórios da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará – COGERH sobre o cenário dos recursos hídricos subterrâneos regional.

Pode-se, então, fazer um levantamento dos principais impactos ambientais de degradação das águas subterrâneas na região do Cariri, os quais foram classificados sobre os critérios de ordem, espaço, tempo, dinâmica, qualitativamente e magnitude. E com base nestas informações, foram propostas possíveis medidas mitigadoras dos impactos mais significativos.

Análise dos resultados

Com os dados obtidos de pesquisas já realizadas na literatura científica, foi elaborada uma matriz de interação que associou as variáveis principais com as possíveis consequências negativas à saúde da população usuária das águas de abastecimento público.

As análises da magnitude das variáveis 1 e 2, do nível de risco e de relevância necessários para interpretação da Matriz, serão baseadas em adaptações de pesquisas realizadas por Boldrim e Cutrim (2014) que realizaram esse método de Leopold para verificação de impactos ambientais em águas subterrâneas que eram destinadas a abastecimento público.

A escala de magnitude será: inexistente (-), baixo (1), médio (3) e alto (5). A maior pontuação será “5”.

Os níveis de riscos foram baseados nas seguintes porcentagens: 0% a 20% (reduzido), 21% a 40% (admissível), 41% a 60% (mediano), 61% a 80 % (significativo) e 81% a 100% (elevado), Boldrim e Cutrim (2014).

A relevância, segundo os autores supracitados e Sousa et al. (2011) é calculada pela seguinte Equação 01:

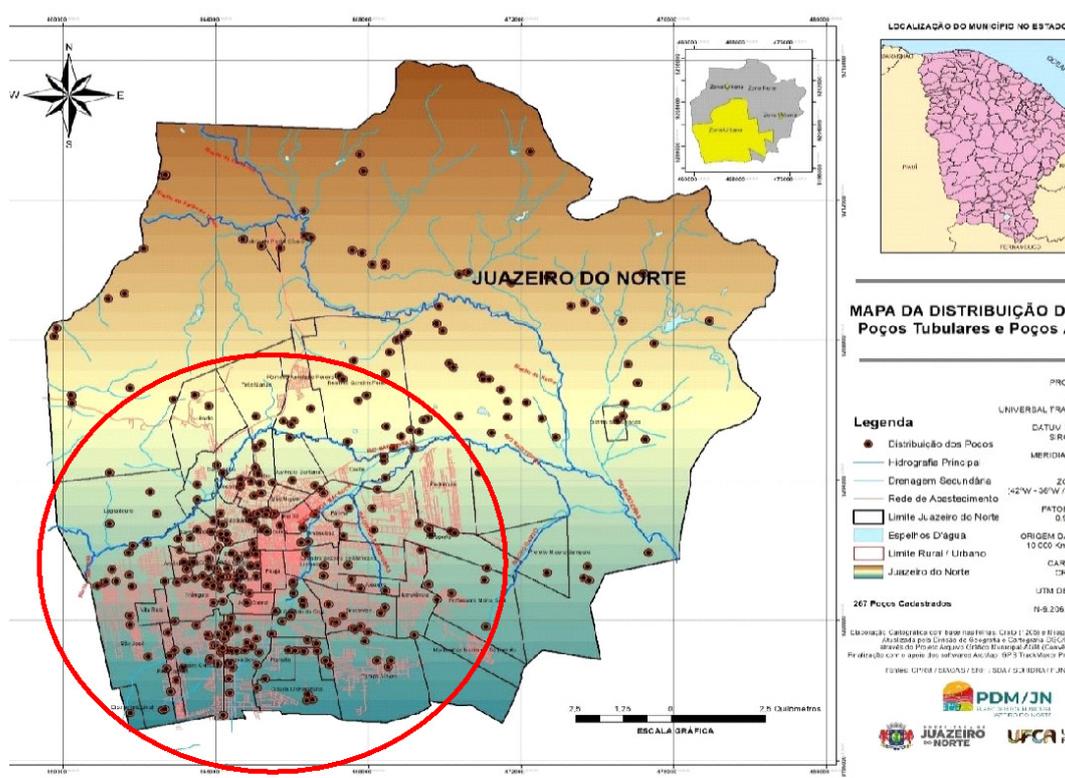
$$\text{Relevância} = \frac{\sum \text{das relevâncias}}{\sum \text{total das possíveis relevâncias}} \times 100$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Abastecimento das áreas urbanizadas por poços tubulares

No levantamento da pesquisa qualitativa foi obtido um total de 48 poços monitorados no ano de 2019, dados esses fornecidos pela CAGECE. Essas áreas possuem maiores índices populacionais. Os bairros que contém monitoramento e são abastecidos por esses poços são: José Geraldo da Cruz, Limoeiro, Lagoa Seca, Jardim Gonzaga, Aeroporto, Frei Damião, Socorro, Pedrinhas, São José, Betolândia, Pirajá, João Cabral, Novo Juazeiro, São José, Campo Alegre, Frei Damião, Planalto, Vila Três Marias, Tiradentes e Brejo Seco, conforme Figura 05.

Figura 05. Poços monitorados em Juazeiro do Norte.



Fonte: CPRM (2022).

Os bairros que contém o maior número de poços para abastecimento público são: Limoeiro, Lagoa Seca e Frei Damião com 06 poços em cada localidade.

Esses bairros situam-se em áreas próximas a rios e riachos poluídos e contaminados como o riacho dos Macacos, riacho das Timbaúbas, riacho dos Porcos e riacho Salesianos que recebem frequentemente o lançamento de esgotos a céu aberto sem tratamento prévio. Além dessa problemática existe o despejo de resíduos sólidos domiciliares como resíduos da construção civil em áreas próximas aos setores de abastecimento público.

Vale ressaltar que devido ao processo de uso e ocupação do solo, retirada da mata ciliar associados a falta de saneamento básico de eficiência, os riscos de infiltração de poluentes e contaminação das águas subterrâneas se tornam uma realidade comprovada em maiores números de poços que são avaliados quantitativamente pelos órgãos responsáveis pelo monitoramento ou por pesquisadores da área de Saneamento Ambiental e Engenharia Sanitária.

Variáveis de impactos nas águas subterrâneas urbanas

Para avaliar os possíveis impactos ocasionados as águas subterrâneas urbanas em Juazeiro do Norte, foi elaborada a Matriz de Leopold (LEOPOLD et al., 1971). A Tabela 01 aponta as principais variáveis coletadas de forma qualitativa, baseada nos achados de pesquisas publicadas por Gomes (2019), Bispo (2015) e Silva (2013).

Tabela 01. Atividades de impactos ambientais em Juazeiro do Norte – CE.

Ordem	Variáveis	Ordem	Variáveis
1	Resíduos sólidos	10	Fossas negras
2	Esgotos domésticos	11	Lagoas de estabilização
3	Esgotos industriais	12	Distância entre poços e fontes poluidoras
4	Cemitérios	13	Poluição das águas superficiais
5	Compactação do solo	14	Urbanização
6	Drenagem urbana	15	Resíduos da construção civil
7	Fossa séptica	16	Pluviometria
8	Criação de animais	17	Estiagem
9	Captação de água		

Cada variável pode causar impactos positivos ou negativos nas águas subterrâneas. Os impactos positivos são aqueles que contribuem para manter a quantidade e a qualidade das águas subterrâneas, como a fossa séptica e a pluviometria.

Fossas sépticas construídas de acordo com as normas específicas NBR 13969/99, favorece menores riscos de contaminação das águas subterrâneas, pois o princípio de funcionamento dessa tecnologia acontece quando a matéria orgânica contida no esgoto domiciliar se deposita no fundo do sistema, formando o lodo, fazendo com que ao final do esgoto tratado por anaerobiose fique clarificado, com menor quantidade de matéria orgânica, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e sólidos em suspensão e sedimentáveis.

Quanto às condições pluviométricas, favorecem a saturação do solo e recarga dos aquíferos subterrâneos, garantindo a possibilidade de reserva para usos futuros.

As demais atividades como: Lançamentos de resíduos sólidos, de esgotos domésticos a céu aberto, resíduos da construção civil, proximidades dos poços tubulares de cemitérios, associados aos períodos de estiagem, contribuem para maiores concentrações dos

poluentes nos corpos aquáticos subterrâneos devido a presença de substâncias químicas presentes nesses resíduos, como também o necrochorume e os microrganismos. Essas condições podem propiciar sérios riscos à saúde da população.

Outros problemas comumente encontrados com a urbanização é a presença de fossas negras e as distâncias entre os poços tubulares. Muitas não seguem o estabelecido pela legislação vigente NBR 13969/99, na qual enfatiza que a distância mínima deve ser de 15 metros.

As lagoas de estabilização são fundamentais para o tratamento dos esgotos coletados e tratados de áreas mais urbanizadas em Juazeiro do Norte, porém a manutenção do sistema deve ter maior regularidade, evitando rachaduras ou qualquer problema operacional. O princípio de funcionamento das Lagoas de Juazeiro do Norte é do tipo Australiano: Lagoa anaeróbia, lagoa facultativa e lagoa de maturação. Esse tipo de arranjo que trabalha com processo anaeróbio e facultativo em termos de eficiência de remoção de DBO, a faixa típica situa-se entre 75 e 85%. Com relação a remoção de coliformes, pode-se alcançar até 99,9% de eficiência (IERVOLINO, 2019). Por essa razão é importante ressaltar que aspectos construtivos e operacionais devem ser constantemente analisados para que evite riscos de poluição e contaminação das águas superficiais.

As variáveis 2 (Tabela 02) apontam os possíveis impactos ambientais listados na pesquisa qualitativa.

Tabela 02. Variáveis 2: Possíveis de impactos ambientais em Juazeiro do Norte – CE.

Ordem	Variáveis
1	Metais pesados (MP)
2	Pesticidas (P)
3	Nitrato (NO ₃ ⁻)
4	Fósforo (F)
5	Carbono orgânico total (COT)
6	Redução de carga (RC)
7	Redução de reservas (RR)
8	Microbiológico (MB)

Matriz de Leopold

A partir das variáveis 1 e 2 (Tabelas 01 e 02), foi elaborada a Matriz de Leopold (Tabelas 03 e 04) para identificação dos impactos ambientais referente a qualidade e quantidade das águas subterrâneas urbanas.

Impactos ambientais na qualidade das águas subterrâneas urbanas

Para análise na Matriz de Leopold com a interação entre as variáveis de qualidade das águas foram considerados 06 (seis) impactos negativos: metais pesados (MP), pesticidas (P), nitrato (NO_3^-), fósforo (F), Carbono Orgânico Total (COT) e Microbiológico (MB). As quantificações dos impactos na qualidade das águas subterrâneas estão expostas na Tabela 03.

Para o valor de corte, em destaque na coluna “Relevância %”, foi a partir de 70% para todas as variáveis, considerando assim uma maior probabilidade de ocorrer o risco para a saúde da população.

Tabela 03. Matriz de Leopold para qualidade das águas subterrâneas urbanas em Juazeiro do Norte-CE.

Variáveis 1	Quantificação dos impactos ambientais							Total Magnitude	VM da Magnitude	Relevância (%)	Nível de risco
	MP	P	NO_3^-	F	COT	MB					
Resíduos sólidos	3	-	-	-	3	5	11	15	73	Significativo	
Esgotos domésticos	3	-	5	5	5	5	23	25	92	Significativo	
Esgotos industriais	5	-	-	-	-	3	8	10	80	Significativo	
Cemitérios	1	-	5	3	5	5	19	20	95	Elevado	
Drenagem urbana	1	-	3	3	3	5	15	20	75	Significativo	

Fossa séptica	-	-	-	3	1	3	7	10	70	Significativo
Fossas negras	-	-	5	5	5	5	20	20	100	Elevado
Lagoas de estabilização	-	-	3	5	5	3	16	20	80	Significativo
Distância entre poços e fontes poluidoras	-	3	3	3	1	5	15	15	100	Elevado
Poluição das águas superficiais	5	5	5	5	5	5	30	30	100	Elevado
Resíduos da construção civil	3	-	-	-	-	1	4	10	40	Admissível
Total da Magnitude	21	8	29	32	33	45				
VM da Magnitude	21	15	30	34	35	45				
Relevância %	100%	53%	96%	94%	94%	100%				
Nível de risco	Elev.	Med.	Elev.	Elev.	Elev.	Elev.				

*VM da Magnitude – Valor Máximo da Magnitude; * Elev. – Elevado; * Med. – Mediano; *MP- Metais pesados; P – pesticidas; NO₃⁻ - Nitrato; F- Fósforo; COT – Carbono Orgânico Total; MB- Microbiológico

Os resultados obtidos para a qualidade da água subterrânea urbana indicam que as interações com as variáveis 1 que apontaram riscos elevados foram: cemitérios, fossas negras, distância entre poços e fontes poluidoras e poluição das águas superficiais. É possível verificar também que os riscos foram elevados para: metais pesados, nitrato, fósforo, COT e microbiológico.

De acordo com Silva (2020), coletas de amostras de águas de poços tubulares em bairros supracitados nessa pesquisa realizadas no período de novembro de 2017 e 2018 e abril de 2019, apresentaram valores acima do estabelecido pela legislação vigente. Os resultados podem estar relacionados com as fontes de poluição, ausência de esgotamento sanitário e aproximação com dois cemitérios (Anjo da Guarda e São João Batista situados no bairro Novo Juazeiro).

Outro agravante é o uso de fossas negras, prática bastante comum. Devido a sua forma rudimentar de construção e a inexistência de qualquer medida de proteção sanitária, essas constituem alto risco de contaminação direta das águas subterrâneas. Outra problemática é o esgoto doméstico que geralmente é despejado em fossas negras instaladas muito próximas aos poços, ou então é despejado a céu aberto no quintal da residência.

A poluição das águas superficiais, segundo pesquisas de Silva (2013), Bispo (2015) e Franca (2019) em rios e riachos de Juazeiro do Norte está causando a contaminação das águas subterrâneas por infiltração. Silva (2013) ao estudar os solos do sistema de drenagem dos rios da região, verificou que os esgotos domésticos, os resíduos sólidos despejados de forma inadequada e os esgotos industriais, estão contaminando as águas superficiais e o solo com metais pesados, nutrientes e carbono orgânico.

Essa situação é bastante agravante e traz riscos severos à saúde pública e as reservas de águas subterrâneas da região.

Franca e Gomes (2019), analisaram a qualidade das águas superficiais e das águas de alguns poços em Juazeiro do Norte e obtiveram como resultados altos teores de nitrato nessas águas, implicando em ausência de saneamento básico quanto a coleta e tratamento de esgotos domésticos e o lançamento desses de forma “*in natura*” no solo.

Dessa forma, a qualidade das águas para o consumo acabam sendo afetada por apresentar microrganismos causadores de doenças como: diarreias, verminoses e parasitoses. Para Silva (2020), a presença de nitrato é um indicativo da presença de uma má qualidade microbiológica das águas.

As principais fontes potenciais de contaminação subterrâneas são: os lixões; uso de substâncias tóxicas; atividades inadequadas de armazenamento, manuseio e descarte de matérias primas, efluentes e resíduos em atividades industriais, como indústrias químicas, petroquímicas, metalúrgicas, eletroeletrônicas, alimentícias, galvanoplastias e etc.; atividades minerárias que expõem o aquífero; vazamento das redes coletoras de esgoto; o

uso incorreto de agrotóxicos e fertilizantes; e outras fontes dispersas de poluição.

Com a deficiência das redes coletoras, grande parte do esgoto doméstico e industrial acaba sendo lançado diretamente nos cursos fluviais, sem qualquer tratamento, comprometendo a disponibilidade de água potável nos mananciais. O uso de agrotóxicos, fertilizantes, pesticidas e outros produtos químicos aplicados em larga escala para aumentar a produtividade das lavouras, provoca a contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas por meio das águas pluviais (OSHIRO, 2020).

Análises foram feitas em poços tubulares em Juazeiro do Norte e mostraram que a qualidade da água é afetada, de acordo com os pesquisadores, principalmente em poços localizados em áreas altamente urbanizadas. Apesar disso, os resultados obtidos mostraram que 18,2% e 81,8% dos poços tinham águas com qualidade regular e boa, respectivamente, o que não inviabiliza o consumo desde que a água seja submetida a um tratamento convencional. Mas segundo Francisco de Paula, eles servem como um alerta, para que sejam elaboradas políticas de gestão que não permitam o aumento dos índices de elementos nocivos (ASCOM FUNCAP, 2021).

Segundo as diretrizes da RESOLUÇÃO CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008 Art. 20, os órgãos ambientais em conjunto com os órgãos gestores dos recursos hídricos deverão promover a implementação de Áreas de Proteção de Aquíferos e Perímetros de Proteção de Poços de Abastecimento, objetivando a proteção da qualidade da água subterrânea.

Impactos ambientais na quantidade das águas subterrâneas urbanas

Segundo a Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009, define diretrizes para orientação e a preservação das águas subterrâneas, visando a sua integridade natural minimizando uma degradação mínima. Assegurando melhor qualidade e quantidade desse patrimônio natural.

Sobre a quantidade das águas subterrâneas urbanas, foram considerados impactos em sua recarga e em suas reservas. As reservas ainda foram diferenciadas entre reserva permanente, reserva renovável e reserva explotável. Define-se como reserva permanente um volume de água não alterado por um tempo bem mais prolongado do que outros setores, na questão da quantidade e qualidade em um armazenamento subterrâneo como os aquíferos, sendo muito importante, pois é uma estratégia para suprir anos mais escassos. Define-se como reserva renovável e reserva explotável volumes de águas subterrâneas que podem ser alterados devido a escoamentos superficiais oriundas de corpos de águas superficiais e precipitações, estes são importantes para o abastecimento de populações e por isso precisam de melhor acompanhamento nas questões de preservação da sua integridade. Pode-se verificar uma estimativa das quantificações através da Tabela 04.

Tabela 04. Matriz de Leopold para quantidade das águas subterrâneas urbanas em Juazeiro do Norte-CE.

Variáveis 1	RC	RR			Total Magnitude	VM da Magnitude	Relevância (%)	Nível de risco
		Renovável	Permanente	Esgotável				
Compactação do solo	5	1	-	2	8	10	40%	Admissível
Criação de animais	1	1	-	2	4	10	40%	Admissível
Captação de água	-	3	-	3	6	10	60%	Mediano
Urbanização	3	3	-	5	11	15	73%	Significativo
Pluviometria	-	3	-	-	3	10	30%	Admissível
Estiagem	5	5	5	5	20	20	100%	Elevado
Total da Magnitude	14	16	5	17				
VM da Magnitude	15	20	10	20				
Relevância %	93%	80%	50%	85%				

Nível de risco	Elev.	Sign.	Med.	Elev

* RC- Redução de carga; RR – Redução de reservas

Os resultados obtidos para a quantidade da água subterrânea urbana indicam que as interações com as variáveis 2 que apontaram riscos elevados foram: estiagem (elevado) e urbanização (significativo). Esses riscos foram associados à redução de recarga e redução de reserva.

A estiagem influencia negativamente na quantidade das águas subterrâneas. Essa variável foi considerada um impacto negativo de magnitude cinco para a recarga do aquífero, cinco para a reserva renovável, cinco para a reserva permanente e cinco para a reserva explorável. Essa variável foi classificada com um nível de risco elevado para a quantidade das águas subterrâneas.

Levando em conta uma estiagem agressiva em um certo período e por tempo prolongado, impactando obviamente em uma diminuição do volume dos reservatórios podendo chegar ao volume morto e levando a uma maior demanda na captação de água em poços, principalmente para a irrigação. Esse impacto é um fator preocupante principalmente para cidades como a de estudo, onde as suas maiores fontes de abastecimento são através de poços.

As águas subterrâneas é um recurso muito usado em indústrias, comércios, condomínios e outros, por meio de poços tubulares. Esses são os principais causadores da baixa extrema dessas águas profundas.

Em relação aos tipos de impactos, receberam nível de risco elevado e significativo, respectivamente, relacionados às reservas renovável e explorável, (BOLDRIM E CUTRIM, 2014). A reserva renovável pode sofrer impacto devido aos processos de estiagem, enquanto que a reserva explorável pode ser impactada principalmente pela urbanização.

Os principais processos de urbanização que afetam as reservas de águas subterrâneas são: uso e ocupação do solo sem planejamento urbano, ocupação de áreas de zoneamento ambiental (ZE), desmatamento, compactação do solo e poluição das águas e do solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a pesquisa de revisão integrativa e a aplicação da Matriz de Leopold foi possível verificar que:

- a) A qualidade das águas subterrâneas em Juazeiro do Norte possui um alto risco de contaminação microbiológica, sendo que as principais fontes de contaminação são: cemitério, fossas negras, distância entre as fossas e os poços tubulares e a poluição das águas superficiais. Além desses fatores, também apresentaram riscos elevados propiciados pelas concentrações de metais pesados, nitratos, fósforos e carbono orgânico;
- b) Quanto à sua quantidade, os maiores impactos estão relacionados às reservas permanente e renovável do aquífero, que são impactadas principalmente pelos períodos de estiagem e urbanização;
- c) Verificou ainda que a aplicação da Matriz de Leopold se mostrou bastante eficiente para identificação dos impactos na qualidade e quantidade das águas subterrâneas, sendo uma ferramenta aplicável para outras formas de pesquisa.

Os níveis de risco apresentados pela matriz para cada variável são essenciais para a interpretação dos resultados obtidos, bem como para auxiliar os gestores responsáveis na adoção de medidas mitigadoras desses impactos.

DECLARAÇÃO DE INTERESSES

Nós, autores deste artigo, declaramos que não possuímos conflitos de interesses de ordem financeira, comercial, político, acadêmico e pessoal.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional das Águas. **Disponibilidade hídrica subterrânea por UGRH**. Catálogo metadados da ANA. Ed. Conjuntura 2021. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/8e1ea4da-bdc1-4614-8182-2d53af90cc72>>. Acesso em: 18 mar 2022.

ASCOM FUNCAP. **Estudo no Cariri demonstra qualidade da água em poços usados pela população**. Disponível em: <<https://www.ceara.gov.br/2021/07/05/estudo-no-cariri-demonstra-qualidade-da-agua-em-pocos-usados-pela-populacao/>>. Acesso em: 05 jul 2021.

BISPO, T. B. **Uso e ocupação do solo**: níveis de qualidade de água, solo e sedimento de fundo no município de Juazeiro do Norte-CE. 2015. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável) – Universidade Federal do Cariri, Juazeiro do Norte, 2015.

BOLDRIM, M.T.N. CUTRIM, A.O. Avaliação de impactos potenciais nas águas subterrâneas urbanas de SINOP(MT) usando a Matriz de Leopold. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 33, n. 1, p. 89-105, 2014.

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do estado do Ceará. **Cartilha informativa hidroambiental. Vamos conhecer o Salgado**. 2010. Online. <www.cogerh.ce.gov.br>.

csbhalsgado.com.br/cartilha_salgado>. Acesso em: 18 fev 2021.

COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Estudo quantitativo das águas subterrâneas da Bacia do Araripe**. Estado do Ceará, Fortaleza - CE. 2017. Disponível em: <<https://portal.cogerh.com.br/estudos-qualiquantitativos-das-aguas-subterraneas-da-bacia-do-araripe-2016-2017/>>. Acesso em: 15 dez 2021.

GOMES, M. C. R.; FRANCA, R. M. Uso da análise multivariada para subsidiar no monitoramento da qualidade da água subterrânea na bacia sedimentar do Araripe, sul do Estado do Ceará. **Geociências**, v. 38, n. 1, p. 195-205, 2019.

IBGE. **CENSO DEMOGRÁFICO 2022**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/juazeiro-do-norte/panorama>>. Acesso em: 05 fev 2024.

IERVOLINO, L.F. **Lagoas de estabilização**. In: Portal Tratamento de Água. 2019. Disponível em: <[https://tratamentodeagua.com.br/artigo/lagoas-estabilizacao/#:~:text=As%20lagoas%20podem%20ser%20classificadas,anaer%C3%B3bios\)%3B%20aer%C3%B3bios%3B%20e%20matura%C3%A7%C3%A3o](https://tratamentodeagua.com.br/artigo/lagoas-estabilizacao/#:~:text=As%20lagoas%20podem%20ser%20classificadas,anaer%C3%B3bios)%3B%20aer%C3%B3bios%3B%20e%20matura%C3%A7%C3%A3o)>. Acesso em: 18 jan 2021.

LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F. E.; HANSHAW, B. B.; BALSLEY, J. R. **A procedure for evaluating environmental impact**. Geological Survey: Washington, 1971.

PENA, R. F. A. **“Consumo de água no mundo”**; Brasil Escola. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/consumo-agua-no-mundo.htm>>. Acesso em: 18 mar 2022.

SABIÁ, R. J. **Estudo do padrão de emissão de poluentes para o enquadramento de rios intermitentes: Estudo de caso do Rio Salgado, CE**. (Tese) Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará. 120p, 2008.

Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Caracterização hidroquímica das águas subterrâneas na bacia sedimentar do Araripe. **XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. 2016.

SILVA, C. J. C. **Influência antrópica na composição dos sedimentos da rede de drenagem natural em Juazeiro do Norte – CE**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável) – Universidade Federal do Cariri, 130f, 2013.

SILVA, L. B. **Qualidade da água subterrânea que abastece Juazeiro do Norte – CE: relação com cobertura de esgoto e densidade populacional**. (Dissertação), Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande. 178f, 2020.

SOUSA, R. N.; VEIGA, M. M.; MEECH, J.; JOKINEN, J.; SOUSA, A. J. A simplified matrix of environmental impacts to support an intervention program in a small-scale mining site. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, p. 580-587, 2011.